

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENAMBAHAN VARIASI ABU SEKAM PADI PADA BETON BERSERAT SERABUT KELAPA TERHADAP KUAT LENTUR**

**(Studi Penelitian)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas  
Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**LAILAN AJIZAH**

**1907210028**



# **UMSU**

**Unggul | Cerdas | Terpercaya**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Lailan Ajizah

NPM : 1907210028

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Penambahan Variasi Abu Sekam Padi Pada Beton  
Berserat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur.

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 20 September 2023

Dosen Pembimbing

  
Dr. Josef Madipramana, S.T., M.Sc

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

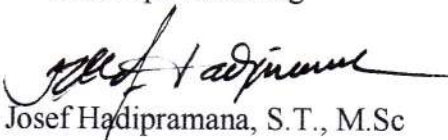
Nama : Lailan Ajizah  
NPM : 1907210028  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisis Penambahan Variasi Abu Sekam Padi Pada Beton Berserat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur  
Bidang : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 September 2023

Mengetahui dan Menyetujui


Dosen pembimbing

  
Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc


Dosen Pemanding I

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pemanding II

  
Wiwin Nurzanah, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Lailan Ajizah  
Tempat, Tanggal Lahir : Tembung, 24 Maret 2001  
Npm : 1907210028  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya berjudul:

**“Analisis Penambahan Variasi Abu Sekam Padi Pada Beton Berserat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur (Studi Penelitian).**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nomaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi berat berupa pembantahan kelulusan atau kesarnajaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 September 2023

Saya menyatakan,



Lailan Ajizah

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS PENAMBAHAN VARIASI ABU SEKAM PADI PADA BETON BERSERAT SERABUT KELAPA TERHADAP KUAT LENTUR**

Lailan Ajizah

1907210028

Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc

Konstruksi yang terjadi di Indonesia semakin meningkat, serta kebutuhan akan bahan penyusun beton juga meningkat. Salah satu kelemahan beton ialah lemah terhadap lentur. Banyak penelitian terdahulu menambahkan bahan tambah alami ataupun buatan untuk meningkatkan kualitas kuat lentur pada beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa pengaruh penambahan kuat lentur pada beton dengan variasi serabut kelapa (SK) dan abu sekam padi (ASP). Penggunaan abu sekam padi pada kasus ini terdiri atas tiga variasi, yaitu 0,3%; 0,5%; dan 0,8% ASP dimana 0,5% SK digunakan pada setiap variasi. Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan kuat lentur berdasarkan jumlah ASP yang digunakan. Kenaikan terbesar terjadi pada variasi 0,8% ASP + 0,5% SK dengan nilai kuat lentur sebesar 5,75 MPa. Namun jika dibandingkan dengan beton kontrol, nilai tersebut merupakan penurunan dari kuat lentur sebesar 4,46%. Penurunan kuat lentur terbesar terjadi pada variasi 0,3% ASP + 0,5% SK dengan nilai 4,61 MPa atau sekitar 23,5% dari beton kontrol. Dengan komposisi yang sama terjadi kenaikan pada kuat tekan beton. Kuat tekan beton meningkat pada variasi 0,3% ASP + 0,5% SK dan 0,5% ASP + 0,5% SK dengan nilai yang sama yaitu 37,29 MPa atau kenaikan sekitar 8,87% dari beton kontrol, namun terjadi penurunan kuat tekan pada variasi 0,8% ASP + 0,5% SK dengan nilai 33,85 MPa atau sekitar 1,16%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar kandungan abu sekam padi (ASP) pada beton, maka kuat lentur beton semakin tinggi, dalam hal ini dapat dilihat pada variasi 0,8% ASP memiliki nilai kuat lentur tertinggi.

Kata kunci : Serabut kelapa, Abu sekam padi, Kuat lentur, Kuat tekan.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF ADDING VARIATIONS OF RICE HUSK ASH TO COCONUT FIBER CONCRETE ON FLEXIBLE STRENGTH

Lailan Ajizah

1907210028

Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc

*Construction taking place in Indonesia is increasing, and the need for concrete building blocks is also increasing. One of the weaknesses of concrete is that it is weak against bending. Many previous studies added natural or artificial additives to improve the flexural strength of concrete. The aim of this research is to determine the effect of increasing the flexural strength of concrete with variations in coconut fiber (SK) and rice husk ash (ASP). The use of rice husk ash in this case consists of three variations, namely 0.3%; 0.5%; and 0.8% ASP where 0.5% SK is used in each variation. The research results showed an increase in flexural strength based on the amount of ASP used. The largest increase occurred in the 0.8% ASP + 0.5% SK variation with a flexural strength value of 5.75 MPa. However, when compared with control concrete, this value is a decrease in flexural strength of 4.46%. The largest decrease in flexural strength occurred in the 0.3% ASP + 0.5% SK variation with a value of 4.61 MPa or around 23.5% of the control concrete. With the same composition, there is an increase in the compressive strength of concrete. The compressive strength of concrete increases in variations of 0.3% ASP + 0.5% SK and 0.5% ASP + 0.5% SK with the same value, namely 37.29 MPa or an increase of around 8.87% from control concrete, however there was a decrease in compressive strength in the variation of 0.8% ASP + 0.5% SK with a value of 33.85 MPa or around 1.16%. Based on these results, it can be seen that the greater the husk ash content (ASP) in the concrete, the higher the flexural strength of the concrete, in this case it can be seen that the variation of 0.8% ASP has the highest flexural strength value.*

*Key words: Coconut fiber, rice husk ash, flexible strength, compressive strength.*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Penambahan Variasi Abu Sekam Padi pada Beton Berserat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur”.

Dimana tugas akhir ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilakukan oleh Mahasiswa/i Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan laporan dan penyelesaian tugas akhir ini, dengan segenap hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada :

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Beton, program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bimbingan, saran serta motivasi yang diberikan.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing I sekaligus sebagai Ketua Program Studi teknik Sipil yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Wiwin Nurzanah S.T, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Rizki Elfrida S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansuri Siregar S.T, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen dan Staf Administrasi di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan

ilmu ketekniksipilan dan membantu penulis dalam menyelesaikan administasi tugas akhir ini.

7. Teristimewa dan tersayang untuk kedua orang tua penulis, Bapak Suyatman dan Ibu Khairani yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Terimakasih penulis berikan kepada diri sendiri yang mampu melewati segala kesulitan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini.
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (HMS FT UMSU) yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan menciptakan memori yang tak terlupakan semasa perkuliahan.
10. Rekan seperjuangan Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2019. Yang telah memberikan perhatian serta dukungan dalam menjalankan perkuliahan. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.


Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penelitian yang dilakukan.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Dan akhirnya kepada Allah SWT penulis serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sempurna.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 20 September 2023

Penulis



Lailan Ajizah



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBINNG	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Manfaat penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Penyusun Beton	6
2.2.1 Semen Portland	6
2.2.2 Agregat Kasar	7
2.2.3 Agregat Halus	8
2.2.4 Air	9
2.3 Abu Sekam Padi	10
2.4 Sabut Kelapa	11
2.5 <i>Accelerator</i>	12
2.6 Beton Serat	12

2.7 Uji <i>Slump</i>	13
2.8 Kuat Tekan	14
2.9 Kuat Lentur	14
BAB 3	17
METODE PENELITIAN	17
3.1 Umum	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan	20
3.3.1 Alat	20
3.3.2 Bahan	21
3.4 Tahapan Pengujian	21
3.4.1 Persiapan Bahan-Bahan Dasar	21
3.4.2 Pengujian Analisa Saringan	21
3.4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	22
3.4.4 Pengujian Kadar Air	22
3.4.5 Pengujian berat Isi	23
3.4.6 Pengujian Kandungan Lumpur	23
3.4.7 Penetapan Benda Uji	24
3.4.8 Perhitungan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	25
3.4.9 Pembuatan Benda Uji	30
3.4.10 Pengujian Slump Test	31
3.4.11 Perawatan Benda Uji	31
3.4.12 Pengujian Kuat Tekan	31
3.4.13 Pengujian Kuat Lentur	32
BAB 4	33
HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Tinjauan Umum	33
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus	33
4.2.1 Analisa Saringan Agregat halus	33
4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat halus	35
4.2.3 Berat Isi Agregat Halus	36
4.2.4 Kadar Air Agregat Halus	36

4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus	37
4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar	38
4.3.1 Analisa Saringan agregat Halus	38
4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	39
4.3.3 Berat Isi Agregat Kasar	40
4.3.4 Kadar Air Agregat Kasar	41
4.3.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar	41
4.4 Perencanaan Campuran Beton	42
4.4.1 <i>Mix Design</i> Beton	42
4.4.2 Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton	48
4.4.3 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	52
4.5 Hasil dan Analisa Pengujian Beton	53
4.5.1 Kuat Tekan Beton	53
4.5.2 Pengujian Kuat Lentur	55
4.6 Pembahasan	61
4.6.1 Pembahasan Kuat Tekan	61
4.6.2 Pembahasan Kuat Lentur	62
BAB 5	64
KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67
DATA RIWAYAT HIDUP	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 : Jenis dan penggunaan semen	7
Tabel 2. 2: Spesifikasi Agregat kasar (SNI 03-2834-2000)	8
Tabel 2. 3 :Batas tiap daerah gradasi pada agregat halus (SNI 03-2834-2000).	9
Tabel 2. 4 : Komposisi kandungan serabut kelapa	12
Tabel 3. 1 : Jadwal penelitian	20
Tabel 3. 2 : Sampel Benda Uji	24
Tabel 3. 3: Faktor pengali untuk deviasi standar (SNI 03-2834-2000)	26
Tabel 3. 4 : Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000)	26
Tabel 3. 5 : Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000)	27
Tabel 3. 6 : perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834-2000)	28
Tabel 3. 7 : Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum (SNI 03-2834-2000)	29
Tabel 4. 1 : Hasil pengujian analisa saringan agregat halus	33
Tabel 4. 2 : Daerah gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000)	34
Tabel 4. 3 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	35
Tabel 4. 4 : Hasil pengujian berat isi agregat halus	36
Tabel 4. 5 : Hasil pengujian kadar air agregat halus	37
Tabel 4. 6 : Hasil pengujian kandungan lumpur pada agregat halus	37
Tabel 4. 7 : Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar	38
Tabel 4. 8 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	40
Tabel 4. 9 : Data hasil pengujian berat isi agregat kasar	40
Tabel 4. 10 : Hasil pengujian kadar air agregat kasar	41
Tabel 4. 11 : Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	41
Tabel 4. 12 : Rekapitulasi <i>mix design</i> beton mutu 25 MPa	47
Tabel 4. 13 : Rekap hasil <i>mix design</i> beton rencana 25 MPa	51
Tabel 4. 14 : Hasil pengujian <i>slump</i>	52
Tabel 4. 15 : Hasil Pengujian Kuat Tekan	54
Tabel 4. 16 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal	55

Tabel 4. 17 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi	56
Tabel 4. 18 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi	58
Tabel 4. 19 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 : Kerucut Abrams	13
Gambar 3. 1 : Flow cart tahapan penelitian	19
Gambar 3. 2 : Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	27
Gambar 3. 3 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000)	30
Gambar 3. 4 : Pengujian Kuat Tekan	31
Gambar 3. 5 : Pengujian Kuat Lentur	32
Gambar 4. 1 : Grafik gradasi agregat halus daerah 2	35
Gambar 4. 2 : Grafik gradasi agregat kasar (Maks 40 mm)	39
Gambar 4. 3 : Hubungan FAS dengan kuat tekan (SNI 03-2834, 2000)	43
Gambar 4. 4 : Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat	44
Gambar 4. 5 : Penentuan berat isi beton basah (SNI 03-2834, 2000)	45
Gambar 4. 6 : Grafik <i>slump test</i>	52
Gambar 4. 7 : Hasil Pengujian Kuat Tekan	54
Gambar 4. 8 curva gaya terhadap waktu beton normal	56
Gambar 4. 9 curva gaya terhadap waktu beton variasi 0,5% SK + 0,3% ASP	57
Gambar 4. 10 curva gaya terhadap waktu beton variasi 0,5% SK + 0,5% ASP	59
Gambar 4. 11 curva gaya terhadap waktu beton variasi 0,5% SK + 0,8% ASP	60
Gambar 4. 12 : Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur	61

## DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kuat tekan saat pengujian	(kg/cm <sup>2</sup> )
$P$	= Beban tekan	(kN)
$A$	= Luas penampang	(cm <sup>2</sup> )
$B$	= Jumlah air	(kg/m <sup>3</sup> )
$C$	= Jumlah agregat halus	(kg/m <sup>3</sup> )
$D$	= Jumlah agregat kasar	(kg/m <sup>3</sup> )
$\sigma_1$	= Kuat lentur benda uji	(Mpa)
$I$	= Jarak (bentang) antara dua garis perletakan	(mm)
$b$	= Tampang lintang patah arah horizontal	(mm)
$h$	= Lebar tampang lintang arah vertikal	(mm)
$a$	= Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan Luar yang terdekat di ukur pada tempat sudut dari bentang	(mm)
$S$	= Deviasi standar	(Mpa)
$\bar{X}_i$	= Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji	(Mpa)
$F_{cr}$	= nilai kuattekan rata-rata	(MPa)
$M$	= nilai tambah margin	(MPa)
$W_h$	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.	
$W_k$	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	
$W_{semen}$	= Jumlah semen	(Kg/m <sup>3</sup> )
$W_{air}$	= Kadar air bebas	(Kg/m <sup>3</sup> )

Fas	= faktor air semen bebas	(m <sup>3</sup> )
Ca	= Absorpsi agregat halus	(%)
Da	= Absorpsi agregat kasar	(%)
Ck	= Kadar air agregat halus	(%)
Dk	= Kadar air agregat kasar	(%)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan konstruksi yang terjadi di Indonesia semakin meningkat serta kebutuhan akan bahan baku semen dan material campuran lainnya juga mengalami peningkatan. Beton merupakan bahan konstruksi yang biasanya digunakan pada bangunan gedung, jembatan, jalan dan konstruksi lainnya. Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2000). Yang mana diketahui kekuatan lentur beton lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekan beton, untuk memperbaiki kekurangan tersebut ada beberapa cara untuk mengatasinya, antara lain dengan menambahkan serat didalam campuran beton baik itu penggunaan serat alami ataupun serat buatan dengan kombinasi abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen.

Penggunaan beton serat dapat mereduksi retak yang timbul akibat beban. Dengan serat, sejumlah beton tertentu mencapai peningkatan sifat serta kekuatan, baik itu kuat lentur maupun kuat tekan (Nawy, 1992). Penggunaan serat beton mampu menyerap energi dan daktilitas, pengendalian retak, dan meningkatkan sifat deformasi. Pasta beton akan semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat (*fiber bridging*) yang saling mengikat disekelilingnya (Purwanto, 2011).

Disisi lain ketersediaan bahan baku yang sejauh ini diperoleh dari alam cenderung mengalami penurunan, khususnya semen. Sedangkan dampak utama dari peningkatan konsumsi semen dan produksi beton ini adalah emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang cukup besar, proses pembakaran bahan kimia dan panas

yang terlibat dalam produksi semen melepaskan CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang sangat besar, dan merupakan 8% dari emisi CO<sub>2</sub> global (Lehne dan Preston, 2018). Maka dari itu, banyak sumber alternatif alami yang bisa digunakan, salah satunya dengan memanfaatkan limbah abu sekam padi. Abu sekam padi merupakan bahan limbah hasil pembakaran sekam padi yang memiliki sifat pozzolan terdiri dari silika reaktif sehingga berbentuk semen (Victor dan Bella septianti, 2019). Kulit sekam terdiri dari 75% bahan mudah terbakar dan 25% berat akan berubah menjadi abu. Abu ini memiliki kandungan silika relative sekitar 85%-90%.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang didapat berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) dengan persentasi 0,3% ; 0,5% ; dan 0,8% terhadap kuat lentur.
2. Bagaimana perbandingan hasil dari kuat lentur beton normal dengan beton variasi abu sekam padi (ASP) 0,3% ; 0,5% ; dan 0,8% dari berat semen dan penambahan serat sabut kelapa sebanyak 0,5% dari berat beton.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) dengan persentasi 0,3% ; 0,5% ; dan 0,8% terhadap kuat lentur
2. Untuk mengetahui perbandingan hasil dari kuat lentur beton normal dengan beton variasi abu sekam padi (ASP) 0,3% ; 0,5% ; dan 0,8% dari berat semen dan penambahan serat sabut kelapa sebanyak 0,5% dari berat beton.

## **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Mengenai perencanaan penelitian ini diperlukan adanya pembatasan permasalahan, yakni :

1. Karakteristik beton yang diuji adalah kuat lentur dan kuat tekan dari hasil penelitian.

2. Bahan tambahan yang digunakan adalah abu sekam padi sebanyak 0.3% ;0,5% ; 0,8% dari berat semen.
3. Campuran beton diberi serat sabut kelapa sebanyak 0,5% dan dipotong dengan panjang 5 cm.
4. Perawatan yang dilakukan adalah *water curing* selama 28 hari.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang terkait,manfaatnya yaitu :

1. Penelitian ini dapat mengurangi dan memanfaatkan limbah sabut kelapa dan abu sekam padi sebagai campuran beton.
2. Hasil penelitian ini nantinya dapat menjadi referensi dalam penggunaan serat sabut kelapa pada konstruksi beton.
3. Penelitian ini dapat menambah pemahaman dalam menganalisis data untuk mengetahui kuat lentur beton setelah ditambahkan abu sekam padi dan serat sabut kelapa.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini akan diuraikan dalam penulisan yang terbagi menjadi lima bab dan tiap-tiap bab tersusun dari beberapa pokok pembahasan sebagai berikut :

#### **Bab 1 Pendahuluan**

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **Bab 2 Tinjauan Pustaka**

Bab ini membahas secara singkat mengenai teori penelitian sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada.

### Bab 3 Metode Penelitian

Bagian bab ini membahas tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan, teknik pengumpulan data, jenis dan sumber data yang diperlukan, serta teknik analisis data.

### Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini menguraikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan analisis perhitungan dan pemecahan masalah dari hasil yang didapatkan.

### Bab 5 Kesimpulan

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan serta berisikan beberapa saran dari penulis.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan salah satu dari berbagai penggunaan bahan terhadap konstruksi yang dipilih karena kemudahan dalam pembentukan, perawatan, dan mudah diterapkan pada beberapa macam bangunan sipil. Beton dibentuk dari campuran agregat halus, agregat kasar dan ditambah dengan pasta semen. Pada masa sekarang beton dibuat atas perencanaan yang teliti, sehingga dapat dioptimalkan kekuatannya, yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang lebih dahulu melalui proses dan diketahui sifatnya. Banyak penelitian diarahkan pada pembuatan beton dengan mutu tinggi.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2000). Menurut (Soesanto, 2019) beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan atau *workability*, faktor air semen (FAS) dan zat tambahan atau *admixture* bila diperlukan. Umumnya beton digunakan untuk struktur bangunan, perkerasan jalan, pondasi, jembatan, dan lainnya. Hal ini dikarenakan beton memiliki berbagai macam kelebihan, antara lain :

- a. Beton mempunyai kekuatan menahan tekanan tinggi.
- b. Bahan baku pembuatan beton berlimpah di Indonesia.
- c. Biaya pemeliharaan yang terjangkau.
- d. Sifatnya yang awet.
- e. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

Disisi lain, beton juga memiliki kekurangan yaitu :

- a. Beton memiliki gaya tarik yang rendah.
- b. Beton dapat mengalami keretakan rambut akibat perubahan suhu.

- c. Beton lebih mudah rusak bila terkena air yang mengandung garam tinggi.
- d. Pada proses pengeringan, beton basah bisa mengalami penyusutan akibat struktur mengerut.

Menurut (Mehta, 1986) isi beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori umum, yaitu :

- a. Beton Ringan (*Light Weight Concrete / LWC*)  
Beton ringan mempunyai berat 1800 kg/m<sup>3</sup>. Pada beton ini terdapat banyak sekali agregat yang diterapkan misalnya agregat sintesis yang diproses atau dibentuk sehingga berubah karakteristik mekanisnya.
- b. Beton Normal (*Normal Weight Concrete*)  
Beton yang mempunyai berat 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> dan mengandung pasir, krikil alam dan batu pecah sebagai agregat.
- c. Beton Berat (*Heavy Weight Concrete*)  
Beton ini selalu digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi yang beratnya > 3200 kg/m<sup>3</sup>.

## **2.2 Material Penyusun Beton**

Material yang digunakan pada campuran beton yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Namun dapat ditambahkan beberapa bahan tambah lain dengan persentase tertentu. Pada campuran ini, akan digunakan Abu Sekam Padi (ASP) sebagai pengganti semen sebagian dan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah alami. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik dan memenuhi syarat, material yang akan digunakan antara lain :

### **2.2.1 Semen Portland**

Semen merupakan suatu bahan pengikat dalam campuran beton yang memiliki sifat *adhesive* dan *kohesif* yang mana suatu reaksi semen mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara agregat. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan

tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049, 2004). Berdasarkan kegunaannya, semen dapat diklasifikasikan kedalam lima jenis, yaitu :

Tabel 2. 1 : Jenis dan penggunaan semen

Jenis	Penggunaan
I	Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
II	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
III	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
IV	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah
V	Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Pada umumnya semen yang sering digunakan ialah semen jenis I atau disebut dengan semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) yang merupakan semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum, seperti bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, antara lain perumahan, gedung-gedung bertingkat, landasan pacu, dan jalan raya.

### 2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran anatar 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834, 2000). Menurut (Dewi, R. 2021) agregat kasar dalam campuran beton berupa batu kerikil, batu pecah, granit, atau beton yang sudah digunakan dan dipecahkan. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat :
  - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
  - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total.
  - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimal 60% berat total, minimum 10% berat total.

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertahan diatas ayakan 4,75 mm. Adapun penjelasan mengenai spesifikasi gradasi agregat melalui tabel berikut :

Tabel 2. 2: Spesifikasi Agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No.4)	95	100

### 2.2.3 Agregat Halus

Aggregat halus merupakan material campuran beton yang berupa butiran pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 3 mm. Menurut (SNI 03-2834-2000) agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya



menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Pasir dapat dibedakan menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus (daerah gradasi I), agak halus (daerah gradasi II), agak kasar (daerah gradasi III) dan kasar (daerah gradasi IV). Untuk melihat batas tiap daerah gradasi disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2. 3 :Batas tiap daerah gradasi pada agregat halus (SNI 03-2834-2000).

Lubang ayakan (mm)	No.	Persentase berat butir agregat lolos ayakan (%)			
		I	II	III	IV
10	3/8	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	65-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

#### 2.2.4 Air

Air merupakan faktor penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Air merupakan pemersatu proses pencampuran antara agregat halus, agregat kasar, semen ataupun bahan tambah lainnya. Air digunakan agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen agar memudahkan pengerjaan (*workability*) dalam proses pembuatan beton. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa adanya air. Jumlah air yang terikat dalam beton dengan faktor air semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Dihitung dari komposit mineral semen, jumlah

air yang diperlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35-37% dari berat semen (Antoni dkk., 2007).

Menurut SNI 03-2847-2000 proses pengikatan, pengerasan atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak seperti bahan yang mengandung oli, asam alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan yang merugikan terhadap beton dan tulangan.
2. Air campuran yang digunakan pada beton prategang atau beton didalamnya tertanam logam aluminium ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan untuk campuran beton.

Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan beton mengalami bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak sempurna. Sebagai akibatnya kualitas beton yang dihasilkan akan berkurang kekuatannya.

### **2.3 Abu Sekam Padi**

Abu sekam padi merupakan limbah hasil pembakaran kulit sekam yang banyak ditemukan di daerah pertanian. Potensi pengembangan abu sekam padi pada bidang teknik sipil didasarkan pada aktivitas pozzolanic yang sangat tinggi dari abu sekam padi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen atau bahan tambahan semen (Bakri, 2008). Menurut (Ash, R. H. 2022) abu sekam padi disebut sebagai *pozzolan* alami karena mengandung senyawa *silica* ( $\text{SiO}_2$ ) yang tinggi. Melalui reaksi antara silika pada abu sekam padi dengan *kalsium hidroksida* ( $\text{CaOH}_2$ ) dari hasil produksi hidrasi semen akan menghasilkan *kalsium silika hidrat* (CSH) yang dapat meningkatkan kekuatan. Kulit sekam padi terdiri dari 75% bahan mudah terbakar dan 25% berat akan berubah menjadi abu.

Abu ini memiliki kandungan silika reaktif sekitar 85%-90%. Abu sekam padi memiliki aktivitas *pozzolanic* yang sangat tinggi sehingga lebih unggul dari SCM (*Supplementary Cementitious Material*) lainnya seperti *fly ash*, *slag*, dan *silica fume* (Bakri, M. 2005). Pada penelitian sebelumnya, penggunaan 10% abu sekam padi sebagai pengganti semen dapat mempengaruhi kekuatan lentur suatu beton dengan kenaikan 2,78% dari beton normal yaitu 7,43 MPa pada umur rendam 28 hari, sedangkan pada penambahan 15% abu sekam padi mengalami penurunan menjadi 3,48 MPa.

Penggunaan bahan pengganti sebagian semen dengan komposisi campuran yang sesuai akan mengurangi jumlah semen yang digunakan sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan penggunaan konsumsi energi fosil bumi pada industri semen. Penggunaan abu sekam padi dengan kombinasi campuran yang sesuai pada semen akan menghasilkan semen yang lebih baik (Sigh et al., 2002). Dan menurut pendapat (Bui et al., 2005) penggunaan abu sekam padi pada komposit semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, mengurangi dampak lingkungan limbah bahan, dan mengurangi emisi karbondioksida.

## **2.4 Sabut Kelapa**

Sabut kelapa merupakan limbah dari buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus. Sabut kelapa memiliki sifat tahan lama, ulet, kuat terhadap air, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama serta tidak dihuni oleh rayap (Isroful, 2009). Serabut kelapa merupakan serat yang mampu menyerap air sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran pada beton segar, dan serat kelapa juga dikenal memiliki kuat tarik yang baik, (Mulyono, 2005).

Banyak sifat beton yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat, diantaranya meningkatkan daktilitas, ketahanan *impact*, kuat tarik dan kuat lentur, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan terhadap susut, ketahanan abrasi, ketahanan terhadap pecahan (*fragmentation*), dan ketahanan terhadap pengelupasan (*spalling*). Namun serat juga memiliki kelemahan yaitu pada proses

pengerjaan, karena serat dapat dengan mudah menggumpal atau mengikat satu sama lain. Komposisi kandungan dalam serabut kelapa dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2. 4 : Komposisi kandunguna serabut kelapa

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

## 2.5 Accelerator

Menurut (Fadillah, Y. 2017) accelerator digunakan untuk memperpendek waktu pengikatan semen. Penggunaan accelerator sendiri biasanya untuk pengecoran beton dalam air, perkerasan basement kedap air, pekerjaan perbaikan ditepi laut pada area pasang surut, atau jika elemen struktur beton yang diperlukan untuk segera dibebani oleh pekerjaan berikutnya dalam kaitan dengan waktu pelaksanaan yang ketat. Hal ini disebabkan karena accelerator berfungsi untuk mempercepat proses penigikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

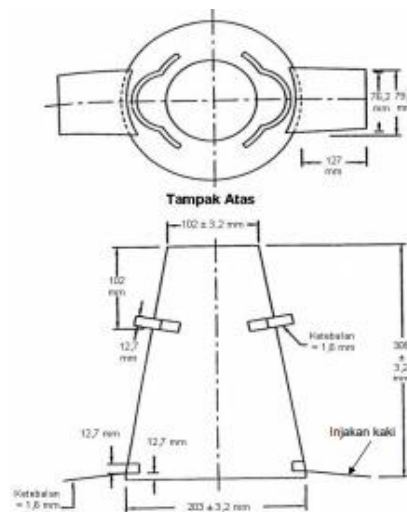
## 2.6 Beton Serat

Beton berserat didefinisikan sebagai bahan beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat yang tersebar secara acak dalam matriks campuran beton segar (Hannant, 1978). Try Mulyono (2003) juga menjelaskan bahwa beton serat merupakan campuran beton ditambah serat, umumnya berupa batang-batang dengan ukuran 5-500 $\mu$ m, dengan panjang sekitar 25mm. Beton serat dapat menggunakan serat alam dan serat buatan. Contoh serat alam seperti serat ijuk, serat sabut kelapa, serat bambu. Sedangkan serat buatan umumnya adalah serat sintetis dari senyawa polimer.

Banyak sekali jenis serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton seperti serat baja, kaca, plastik dan karbon (Suhendro, 1991).

## 2.7 Uji Slump

*Slump* beton merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat (SNI 1972 : 2008 ). *Slump* digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam kerucut Abrams. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan yaitu  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ , dan  $\frac{3}{3}$  dimana masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat pemadat. Setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat. Kemudian cetakan diangkat dan balikkan cetakan lalu ukur perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji. Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui kelecakan pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut.



Gambar 2. 1 : Kerucut Abrams

(SNI 1972 : 2008 )

## 2.8 Kuat Tekan

SNI 03-1974-1990 menyatakan bahwa kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. (Shandy, J. H. S. 2020) menjelaskan pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberi gaya tekan aksial secara bertahap terhadap benda uji silinder, sampai benda uji mengalami keruntuhan. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang benda uji.

Kuat tekan beton yang direncanakan ( $f_c'$ ) adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur yang dipakai dalam perencanaan struktur beton dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa). Penghitungan kekuatan beton dimaksudkan untuk mencari mutu beton dengan menggunakan mesin hidrolik tekan.

Perhitungan untuk memperoleh nilai tekan beton adalah sebagai berikut :

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

dimana :

$f_c$  = Kuat tekan beton ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )

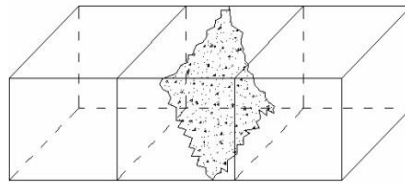
## 2.9 Kuat Lentur

Kuat lentur beton merupakan kemampuan balok yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas (SNI 4431-2011). Misliniyati, R. (2011) menyatakan pengukuran kekuatan tarik lentur digunakan untuk memperkirakan elemen beton yang mengalami retak. Nilai umum yang digunakan adalah modulus rupture, yaitu tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton tanpa

tulangan. Balok yang telah diberi beban akan mengalami perubahan bentuk atau berdeformasi hingga mengakibatkan momen lentur. Momen lentur akan mengakibatkan perlawanan yang terjadi pada material terhadap beban luar dan akan menunjukkan tegangan yang terjadi saat balok mengalami deformasi sehingga tidak dapat melalui tegangan lentur dari bahan yang berasal dari beton (Sulaeman, 2022).

Dalam (SNI 4431-2011) dijelaskan bahwa besarnya kuat lentur beton dapat dihitung berdasarkan dari posisi keretakan yang terjadi pada balok, yaitu :

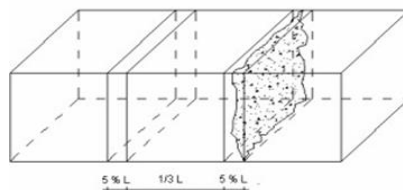
1. Patah pada 1/3 bentang tengah



Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat digunakan persamaan berikut :

$$\sigma_1 = \frac{P \times L}{B \times h^2} \quad (2.2)$$

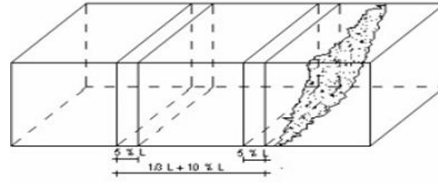
1. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada < 5% dari bentang



Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di luar daerah pusat maka digunakan persamaan berikut :

$$\sigma_1 = \frac{P \times a}{B \times h^2} \quad (2.3)$$

2. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada  $> 5\%$  dari bentang.



Untuk jarak patah diluar 1/3 bentang dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah  $> 5\%$  maka hasil pengujian tidak digunakan.

Dimana :

$\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dibaca pada mesin uji (ton)

I = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = Tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang arah vertical

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat diukur pada 4 sudut dari bentang (mm)



## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Metodologi penelitian adalah suatu langkah dalam memecahkan suatu masalah dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari, dan menganalisis data yang diperoleh.

Penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium adalah sebagai berikut :

##### 1. Data primer

Data ini terdiri dari :

- a. Pemeriksaan bahan dan material
- b. Perbandingan dalam campuran beton (Mix design)
- c. Keleccakan adukan beton segar (Slump)
- d. Pengujian kuat tekan beton
- e. Pengujian kuat lentur beton

##### 2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data berupa literasi yang diperoleh dari sekumpulan buku dan jurnal yang terkait dengan penelitian yang mengacu kepada referensi pembuatan beton berdasarkan :

- a. SNI (Standart Nasional Indonesia) 03-2834-2000 tentang cara pembuatan beton normal.
- b. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku sebagai acuan yang mendukung jalannya penelitian ini.
- c. SNI 4431-2011 tentang cara pengujian kuat lentur beton normal dengan cara dua titik beban.
- d. Laporan praktikum beton, sebagai referensi untuk menunjang dalam penelitian ini.

Sebuah permasalahan yang telah diuraikan akan terjawab dengan dilakukannya penelitian secara bertahap yang sebelumnya sudah dirangkai dalam sebuah metode penelitian. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapan material

Kegiatan ini dilakukan dengan mempersiapkan material-material yang dibutuhkan sebelum dilakukannya pemeriksaan material.

2. Pemeriksaan material

Pemeriksaan yang dilakukan seperti kadar lumpur, kadar air, berat jenis, berat isi, dan analisa saringan.

3. *Mix design*

Dalam tahap ini diperlukan adanya bimbingan oleh dosen pembimbing untuk meminimalisir terjadinya kesalahan perhitungan dalam menganalisa dan merencanakan kebutuhan campuran beton.

4. Pembuatan benda uji

Setelah mempersiapkan proporsi campuran, maka benda uji siap untuk dibuat melalui pencampuran beton dengan mixer.

5. Pencetakan benda uji

Sebelum pencetakan benda uji, dilakukan uji slump terlebih dahulu, kemudian beton segar dimasukkan kedalam cetakan silinder untuk pengujian kuat tekan dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan untuk pengujian kuat lentur dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm.

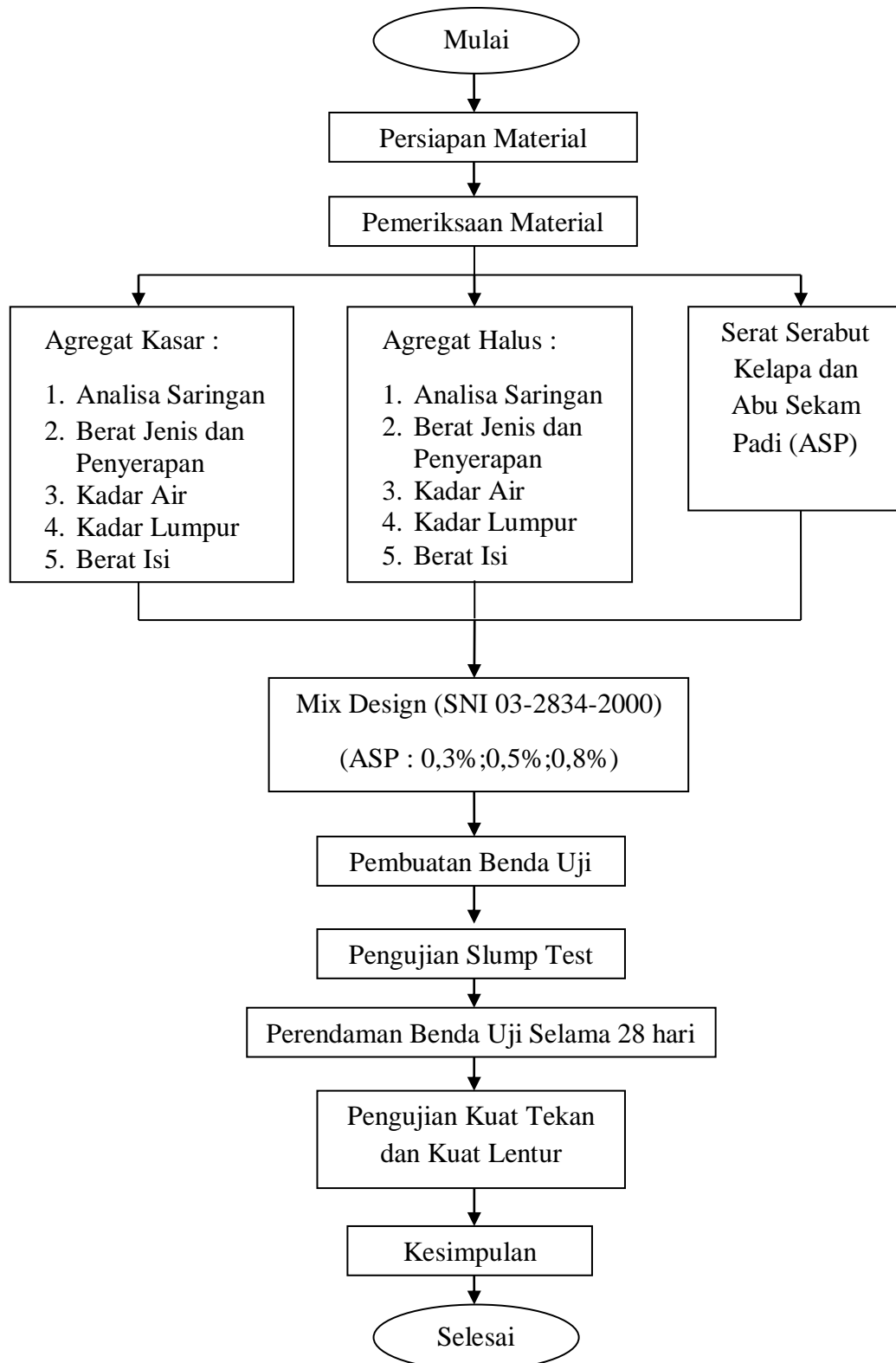
6. Perawatan benda uji

Setelah benda uji dicetak dan dibiarkan selama 24 jam, kemudian beton direndam didalam bak perendaman yang berisikan air biasa selama 28 hari.

7. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur

Setelah beton direndam lalu diangkat dan dibiarkan 24 jam, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat dan kuat lentur beton.

Adapun langkah-langkah penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada diagram berikut.



Gambar 3. 1 : *Flow cart* tahapan penelitian

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Waktu penelitian dilakukan selama 4 bulan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 : Jadwal penelitian

No	Jenis Kegiatan	I		II		III		IV	
		1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4
1	Persiapan bahan	■							
2	Pemeriksaan bahan		■						
3	Perencanaan mix design		■						
4	Pembuatan benda uji			■					
5	Perawatan benda uji				■	■			
6	Pemeriksaan kuat tekan						■		
7	Pemeriksaan kuat tekan							■	

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan maka dalam penelitian ini diperlukan peralatan untuk melaksanakan pengujian terhadap bahan maupun sampel yang akan dibuat. Peralatan yang digunakan meliputi :

1. Satu set saringan dengan nomor ayakan berturut-turut No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100 untuk agregat halus, dan 1<sup>1/2</sup>"", 3/4"", 3/8"", dan No.4 untuk agregat kasar.
2. Timbangan digital
3. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
4. Cetakan benda uji balok 60cm x 15cm x15cm dan silinder 15cm x 30cm
5. Kerucut Abrams
6. Bak perendam
7. Mesin kompres (*compression testing machine*)
8. Mesin uji kuat lentur (*hydraulic concreat beam*)

### **3.3.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen Portland (semen jenis I) dengan merk Semen Andalas 50 kg.

2. Agregat

Agregat kasar (batu split) dan agregat halus (pasir) berasal dari Binjai.

3. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi.

4. Abu sekam padi

Abu sekam padi sebagai pengganti semen pada penelitian ini didapat dari daerah Deli Serdang

5. Serabut kelapa

Serabut kelapa sebagai bahan tambah pada penelitian ini berasal dari Binjai.

### **3.4 Tahapan Pengujian**

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan beberapa tahapan pengujian terhadap material dan bahan dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

#### **3.4.1 Persiapan Bahan-Bahan Dasar**

Pengujian diawali dengan membersihkan material dari kandungan lumpur sehingga dapat terbebas dari unsur-unsur organik lain yang dapat mempengaruhi kualitas benda uji dan dilakukan penjemuran pada material yang basah.

#### **3.4.2 Pengujian Analisa Saringan**

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI 03-1968, 1990). Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 + 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.

- Saringan benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncangkan secara manual ataupun dengan mesin pengguncang selama 15 menit.

Dimana satu set saringan yang digunakan meliputi; 76,2 mm 3” ; 37,5 mm ½” ; 9, mm 3/4” ; 9,5 mm 3/8” ; No 4 4,75 mm ; No 8 ,36 mm ; No 6 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm).

### 3.4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03- 1969, 1990) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{b}{(b-c)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(a-c)} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \left[ \frac{b-a}{a} \right] \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan:

$a$  = berat benda uji kering oven (gr)

$b$  = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)

$c$  = berat benda uji dalam air (gr)

### 3.4.4 Pengujian Kadar Air

Tujuan dilakukannya pengujian kadar air untuk memperoleh angka presentase dari kadar air yang dikandung dalam agregat. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 03-1971, 1990 tentang metode pengujian kadar air agregat dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (3.5)$$

keterangan :

$W_3$  = berat benda uji semula (gram)

$W_5$  = berat benda uji kering (gram)

Dimana urutan proses pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Timbang dan catatlah berat talam ( $w_1$ )
2. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya ( $W_2$ ),
3. Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ),
4. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ ) °C sampai beratnya tetap.
5. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ),
6. Hitunglah berat benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

### 3.4.5 Pengujian berat Isi

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui volume produksi campuran beton, kadar semen yang digunakan dan kadar udara dalam beton pada campuran beton segar. Pengujian dilakukan dengan panduan SNI 03-1973, 1990 dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.6)$$

dengan:

$M_c$  = berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

$M_m$  = berat wadah ukur (kg)

$V_m$  = volume wadah ukur ( $m^3$ )

### 3.4.6 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur pada pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian kandungan lumpur pada pasir dilakukan sebagai berikut :

1. Keringkan pasir yang akan diuji.
2. Timbang bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Timbang pasir sebanyak 100 gram lalu masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
4. Masukkan air pada gelas ukur yang telah diisi pasir hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
5. Kocok gelas ukur  $\pm 15$  kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbang.
6. Percobaan diulangi sampai 5 kali hingga air menjadi jernih.
7. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
8. Masukkan pasir tersebut kedalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 36$  jam.
9. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan lalu timbang.
10. Perhitungan kandungan lumpur berdasarkan persamaan 3.1 berikut.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B_0 - B}{B_0} \times 100\% \quad (3.7)$$

Dimana  $B_0$  = berat agregat sebelum pengujian, dan  $B$  = berat agregat setelah pengujian.

11. Presentase kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5%, jika didapat kadar lumpur dalam pasir lebih dari 5% maka harus dicuci dahulu

### 3.4.7 Penetapan Benda Uji

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa sampel benda uji dengan variable yang telah direncanakan. Adapun sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 2 : Sampel Benda Uji

No	Kode	Serabut kelapa terhadap berat beton	Abu Sekam Padi terhadap berat semen
1	FOS 1	0%	0%
2	FA 1	0,5%	0,3%
3	FA 2	0,5%	0,5%
4	FA 3	0,5%	0,8%



5	FOS 4	0%	0%
6	FA 10	0,5%	0,3%
7	FA 11	0,5%	0,5%
8	FA 12	0,5%	0,8%

### 3.4.8 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dalam penelitian ini menggunakan pedoman (SNI 03-2834-2000) dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah 10% dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Adapun langkah-langkah perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kuat tekan beton yang direncanakan ( $f'c$ ) pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.8)$$

Keterangan :

S = standar deviasi

$x_i$  = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^n X_i}{n} \quad (3.9)$$

Dengan :

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimal 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji), apabila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya sebanyak 15 samapi 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian

deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali berdasarkan tabel 3.3 berikut :

Tabel 3. 3: Faktor pengali untuk deviasi standar (SNI 03-2834-2000)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$F'c + 12 \text{ MPa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
$\geq 30$	1,00

3. Menentukan nilai tambah margin berdasarkan Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 : Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000)

Tingkat Mutu Pekerjaan	M (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Buruk	7,0

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata  $f_{cr}$  berdasarkan persamaan 3.4 berikut.

$$f_{cr} = f'c + S + M \quad (3.10)$$

Keterangan :

$f_{cr}$  = kuat tekan rata-rata perlu (MPa)

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

$S$  = standar deviasi

$M$  = nilai tambah margin

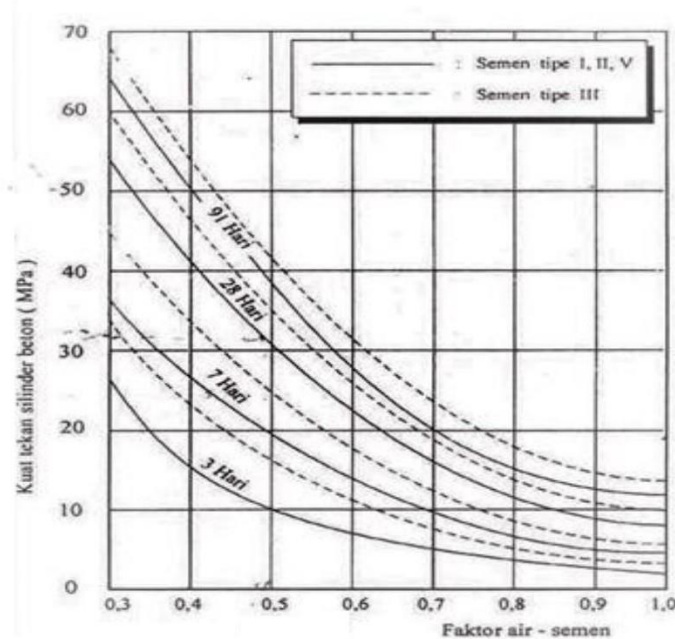
5. Menentukan jenis/tipe semen yang digunakan.

6. Penetapan jenis agregat.

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas dengan menghubungkan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat menggunakan acuan pada Tabel 3.5 grafik serta pada gambar 3.2.

Tabel 3. 5 : Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000)

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (Mpa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3. 2 : Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (SNI 03-2834-2000)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen digunakan apabila nilai yang diperoleh dari butir 7 diatas atau lebih dari batas maksimum.
9. Menetapkan nilai slump.
10. Menentukan ukuran besar butir agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
11. Menentukan nilai kadar air bebas berdasarkan tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 : perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834-2000)

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

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen berdasarkan persamaan 3.5 berikut.

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{f_{\text{as}}} \quad (3.11)$$

Keterangan :

$W_{\text{semen}}$  = jumlah semen (kg/m<sup>3</sup>)

$W_{\text{air}}$  = kadar air bebas

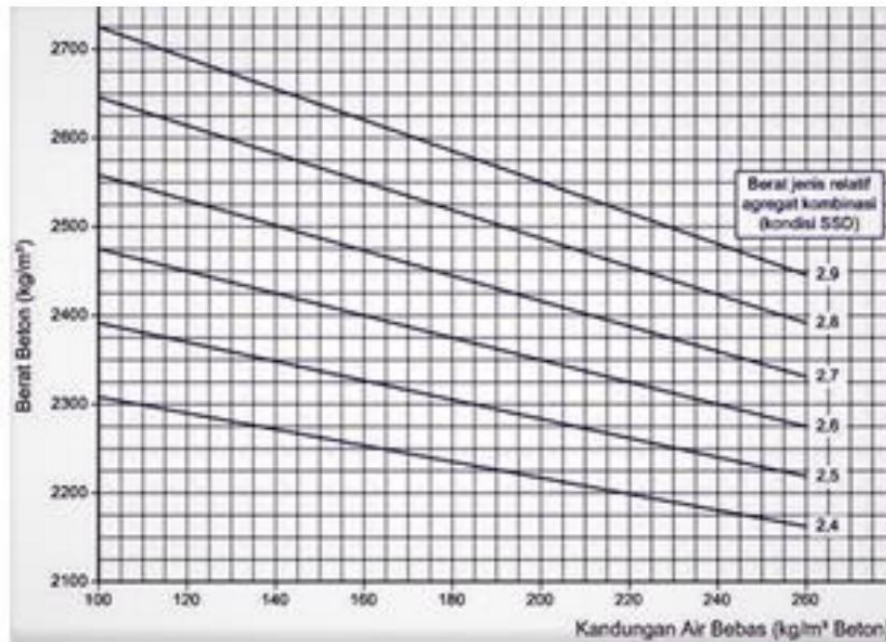
$f_{\text{as}}$  = faktor air semen

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen minimum berdasarkan tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 7 : Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum (SNI 03-2834-2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan : a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	275 325	0,62 0,52
Beton diluar ruang bangunan: a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindungan dari hujan dan terik matahari	325 275	0,60 0,60
Beton masuk kedalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti ganti. b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah. Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan ( atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menghitung berat jenis relative agregat dari data hasil uji laboratorium.
17. Perkiraan berat isi beton berdasarkan Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000)

18. Menghitung kadar agregat gabungan berdasarkan berat jenis beton yang dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
19. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir.
20. Mennghitung kadar agregat kasar yang besarnya alah kadar agregat gabungan yang dikurangi kadar agregat halus.
21. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
22. Mengkoreksi proporsi campuran berdasarkan volume benda uji.

### 3.4.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat sesuai dengan komposisi yang direncanakan untuk mendapat kuat tekan tertentu. benda uji dibuat dengan cetakan berbentuk balok dengan ukuran panjang 600 mm dan lebar 150 mm yang berjumlah 12 buah untuk pengujian kuat lentur. Dan untuk pengujian kuat tekan digunakan cetakan silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm yang berjumlah 12 buah.

### 3.4.10 Pengujian Slump Test

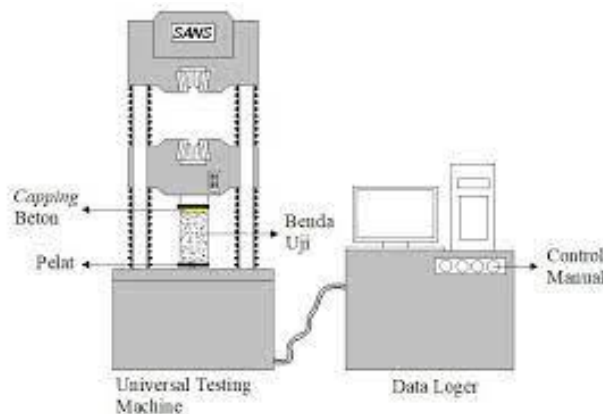
Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui kelecikan pada campuran beton segar yang nantinya berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Semakin besar nilai slump berarti semakin cair adukan beton, sehingga adukan beton semakin mudah dalam melakukan pengerjaannya. Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-1972-2008).

### 3.4.11 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton dilakukan setelah beton keluar dari cetakan, dengan cara merendam benda uji kedalam air sampai umur 28 hari. Setelah dilakukan perendaman maka sampel siap untuk diuji.

### 3.4.12 Pengujian Kuat Tekan

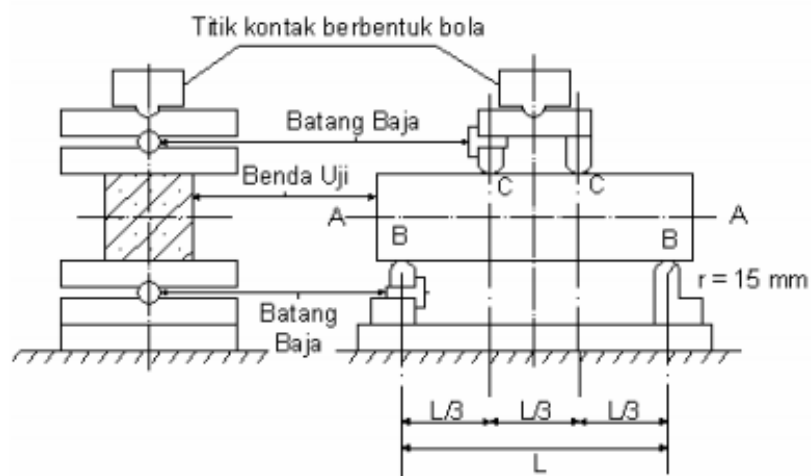
Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-1974-1990). Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan (*compression test machine*) dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum dilakukan ppngujian, benda uji terlebih dahulu ditimbang dan diberikkan *capping* pada kedua bagian permukaannya agar dapat diletakkan berdiri tegak pada alat pengujin kemudian beban tekan diberikkan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 5 sampel.



Gambar 3. 4 : Pengujian Kuat Tekan

### 3.4.13 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 4431-2011. Benda uji diletakkan pada arah memanjang diatas tumpuan alat penguji kemudian beban diatur untuk menghindari terjadinya benturan. Sebelum diuji benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat jenis beton. Setelah diuji hitung lebar dan tinggi tampang lintang patah dari tumpuan. Kemudian menghitung nilai kuat lentur berdasarkan posisi patahnya. Jumlah sampel pengujian yang direncanakan sebanyak 4 sampel.



Gambar 3. 5 : Pengujian Kuat Lentur



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum

Material agregat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan agregat halus yang telah lolos saringan No.8 dan agregat kasar yang telah lolos saringan 1½". Kemudian material agregat dicuci untuk menghilangkan kandungan lumpur dan sampah lainnya, lalu dikeringkan pada lapangan terbuka.

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu terdiri dari tahap persiapan material, pembuatan benda uji dan percobaan pertama. Tahap persiapan pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan jenis agregat. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan buku panduan praktikum beton Program Studi teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### 4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan fisik dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Dalam hal ini agregat halus memiliki peran yang sangat penting dan mempengaruhi kekuatan beton, agar mendapatkan kualitas yang baik maka perlu dilakukan pemeriksaan agregat. Pengujian agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, kadar air, kadar lumpur dan berat isi.

##### 4.2.1 Analisa Saringan Agregat halus

Pengujian analisa saringan dilakukan berdasarkan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 : Hasil pengujian analisa saringan agregat halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Kumulatif	
SNI	ASTM	(gram)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)

9,6	3/8"	0	0	0	100
4,8	No.4	99	4,95	4,95	95,05
2,4	No.8	205	10,25	15,20	84,80
1,2	No.16	387	19,35	34,55	65,45
0,6	No.30	301	15,05	49,60	50,40
0,3	No.50	561	28,05	77,65	22,35
0,15	No.100	330	16,50	94,15	5,85
Pan		117	5,85		0
Total		2000	100	276,10	

Berdasarkan Tabel 4.1, maka nilai modulus halus butir (MHb) / modulus kehalusan dapat dihitung sebagai berikut:

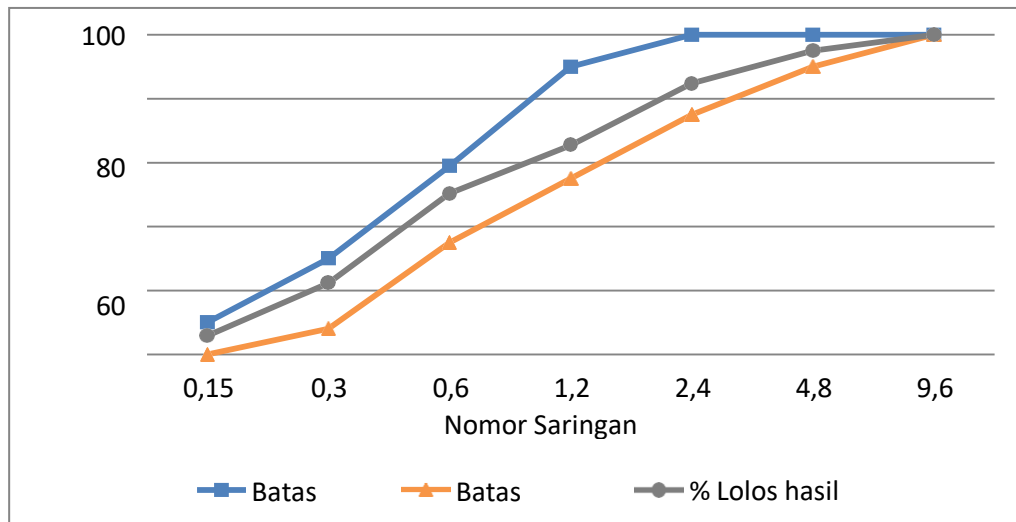
$$\text{Modulus kehalusan (fineness modulus)} = \frac{276,10}{100} = 2,76 \%$$

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat nilai modulus kehalusan sebesar 2,76%. Nilai tersebut masih diizinkan untuk masuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diizinkan sebesar 1,5% - 3,8%. Hasil pengujian ini digunakan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat halus. Penentuan daerah gradasi agregat halus ditetapkan berdasarkan persentasi berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 : Daerah gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000)

Nomor Saringan (No)	Lubang Saringan (mm)	% Lolos Saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
3/8"	9,6	100 – 100	100 – 100	100 – 100	100 – 100
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 gradasi tersebut hasil pengujian analisa saringan untuk agregat halus berada dalam batas daerah II dengan gradasi pasir sedang. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1: Garfik gradasi agregat halus daerah 2

#### 4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat halus

Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), (B)	500	500	500
Berat pasir kering mutlak, (E)	486	464	475
Berat piknometer berisi pasir dan air, (C)	948	943	945,5
Berat piknometer berisi air, (D)	673	665	669
Berat jenis curah = $(E / (B+D-C))$	2,16	2,09	2,13
Berat jenis kering muka = $(B / (B+D-C))$	2,22	2,25	2,24

Berat jenis semu = $(E / (E=D-C))$	2,30	2,49	2,40
Penyerapan air, $[(B - E) / E] \times 100\%$	2,88	7,76	5,32

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh berat jenis kering muka (SSD) sebesar 2,24. Hal ini berarti agregat yang digunakan telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan beton. Berdasarkan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa penyerapan air rata-rata yang terjadi pada agregat halus adalah sebesar 5,32%.

#### 4.2.3 Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Data hasil pengujian berat isi agregat halus ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 : Hasil pengujian berat isi agregat halus

Uraian	Cara lepas	Cara tusuk	Cara penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat contoh	25050	25430	25150	25210	gr
Berat wadah	6400	6400	6400	6400	gr
Berat contoh & wadah	31450	31830	31550	31610	gr
Volume wadah	15458,9	15458,9	15458,9	15458,9	cm <sup>3</sup>
Berat isi	1,62	1,64	1,63	1,63	gr/cm <sup>3</sup>

Didapat rata-rata berat isi dari hasil pengujian diatas sebesar 1,63 gr/cm<sup>3</sup>, berdasarkan SII No..52 – 1980 nilai tersebut masih diperbolehkan dengan batas minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.2.4 Kadar Air Agregat Halus

Kadar air agregat ialah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agreegat dalam keadaan kering. Nilai kadar air digunakan untuk koreksi takaran air pada adukan beton pada pembuatan benda uji. Hasil pengujian dari kadar air agregat halus dapat dilihat ari tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 5 : Hasil pengujian kadar air agregat halus

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6991	7436
Berat contoh SSD	gr	6480	6928
Berat contoh kering oven dan berat wadah	gr	6722	7012
Berat wadah	gr	511	508
Berat air	gr	269	424
Berat contoh kering	gr	6211	6504
Kadar air	%	4,33	6,52
Rata-rata	%	5,43	

Dari pengujian kadar air pada agregat halus yang menggunakan 2 sampel dengan hasil kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6,52% sehingga nilai rata-rata yang didapat sebesar 5,43%.

#### 4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi. Hasil pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4. 6 : Hasil pengujian kandungan lumpur pada agregat halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1)	511	507
Berat pasir kering mutlak (W2), gr	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	995	992
Berat lumpur (W4), gr	16	15
Kadar lumpur, %	3,31	3,09
Kadar lumpur rata-rata, %	3,21	

Menurut (PUBI, 1982) pasir yang bisa digunakan untuk bahan bangunan jika kandungan lumpurnya tidak lebih dari 5%. Dari hasil pengujian pada Tabel 4.6 dapat dilihat kandungan lumpur pada pasir sebesar 3,20%. Hal ini karena pasir tersebut dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan dalam pembuatan benda uji.

### 4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material penyusun beton dengan persentase terbesar dibandingkan material lainnya. Sifat agregat kasar juga penting untuk diketahui karena agregat kasar memberikan pengaruh besar terhadap kekuatan beton yang akan dibuat. Pemeriksaan agregat kasar yang dilakukan sama seperti pemeriksaan agregat halus, yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisa saringan, pengujian kadar air dan kadar lumpur.

#### 4.3.1 Analisa Saringan agregat Halus

Data pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

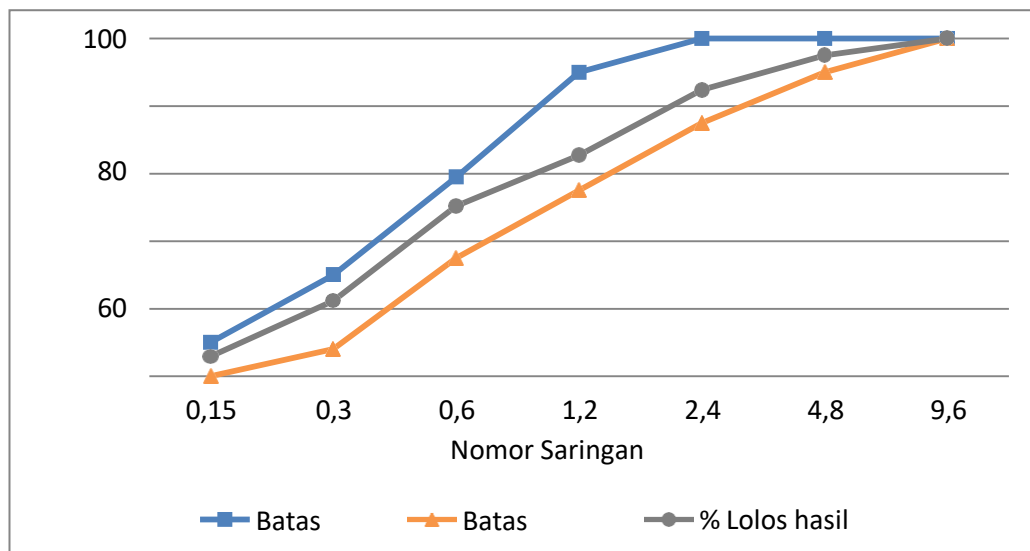
Tabel 4. 7 : Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persen Kumulatif	
SNI	ASTM	(gram)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
76 mm	3"	0	0	0	100
38 mm	1½"	43	2,15	2,15	97,85
19 mm	¾"	561	28,05	30,20	69,80
9,6 mm	3/8"	894	44,70	74,90	25,10
4,8 mm	No.4	472	23,60	98,50	1,50
2,4 mm	No.8	0	0,00	98,50	1,50
1,2 mm	No.16	0	0,00	98,50	1,50
0,6 mm	No.30	0	0,00	98,50	1,50
0,3 mm	No.50	0	0,00	98,50	1,50
0,15 mm	No.100	0	0,00	98,50	1,50
Pan		30	1,50		0
Total		2000	100	698,25	

Berdasarkan Tabel 4.7, maka dapat dihitung nilai modulus halus butir (MHB) / modulus kehausann:

$$\text{Modulus Kehausan (} \textit{fineness modulus} \text{)} = \frac{698,25}{100} = 6,98 \%$$

Hasil pengujian analisa saringan digunakan untuk menentukan daerah gradasi pada agregat kasar. Gradasi yang dihasilkan dari pengujian analisa saringan agregat kasar berada dalam batas yang diisyaratkan yaitu pada daerah gradasi dengan jenis butir maksimum 40 mm. Berikut merupakan grafik hubungan persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 : Grafik gradasi agregat kasar (Maks 40 mm)

#### 4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4. 8 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Uraian	Hasil pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat krikil kondisi jenuh kering muka, (A)	6446	6466	6456
Berat krikil kering mutlak, (B)	6284	6307	6296
Berat krikil dalam air, (C)	4047	4060	4053,5
Berat jenis curah = $(B / (A-C))$	2,62	2,62	2,62
Berat jenis kering muka = $(A / (A-C))$	2,69	2,69	2,69
Berat jenis semu = $(B / (B-C))$	2,81	2,81	2,81
Penyerapan air, $([(A - B) / B] \times 100\%)$	2,58	2,52	2,55

Dari data diatas dapat dilihat hasil pengujian berat jenis jenuh kering muka dengan rata-rata sebesar 2,69. Hal ini berarti agregat yang digunakan telah memenuhi angka berat jenis kering muka normal sebesar 2,2 – 2,7 (SK.SNI.T-15-1990:1)

#### 4.3.3 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Data hasil pengujian berat isi agregat kasar ditunjukkan pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4. 9 : Data hasil pengujian berat isi agregat kasar

Uraian	Cara lepas	Cara tusuk	Cara penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat contoh	22450	22640	23640	22910	gr
Berat wadah	6400	6400	6400	6400	gr
Berat contoh & wadah	28850	29040	30040	29310	gr
Volume wadah	15458,9	15458,9	15458,9	15458,9	cm <sup>3</sup>
Berat isi	1,45	1,46	1,53	1,48	gr/cm <sup>3</sup>

Dari tabel tersebut didapat berat isi rata-rata sebesar 1,48 gr/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan dengan batas minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> (SII No.52-1980).



#### 4.3.4 Kadar Air Agregat Kasar

Data hasil pengujian kadar air yang terdapat pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 : Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	6684	6597
Berat contoh SSD	gr	6191	6029
Berat contoh kering oven dan berat wadah	gr	6588	6541
Berat wadah	gr	493	568
Berat air	gr	96	56
Berat contoh kering	gr	6095	5973
Kadar air	%	1,58	0,94
Rata-rata	%	1,26	

Dari pengujian kadar air agregat kasar diperoleh nilai pada sampel 1 sebesar 1,58% dan sampel 2 sebesar 0,94% sehingga didapat nilai rata-rata sebesar 1,26%.

#### 4.3.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Berikut merupakan hasil dari pengujian kadar lumpur pada agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4. 11 : Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1), gr	494	566
Berat pasir kering mutlak (W2), gr	1500	1500
Berat pasir setelah dicuci dan dioven lagi (W3), gr	1977	2042
Berat lumpur (W4), gr	17	24
Kadar lumpur, %	1,15	1,63
Kadar lumpur rata-rata, %	1,39	

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur didapat persentase kadar lumpur agregat kasar rata-rata 1,39%. Menurut SK-SNI S-04-1989-F nilai yang diizinkan untuk agregat aman digunakan dalam campuran beton sebesar 5%.

#### 4.4 Perencanaan Campuran Beton

##### 4.4.1 *Mix Design* Beton

Pada penelitian ini perhitungan *mix design* mengacu pada (SNI 03-2834, 2000) dengan mutu yang direncanakan yaitu 25 MPa. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *mix design*.

1. Kuat tekan yang direncanakan = 25 MPa
2. Menentukan nilai tambah/margin (M)

Nilai tambah dapat dilihat pada SNI 03-2834, 2000, karena jumlah pengujian yang dibuat adalah 10 buah maka jumlah rata-rata uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c + 12$  MPa).

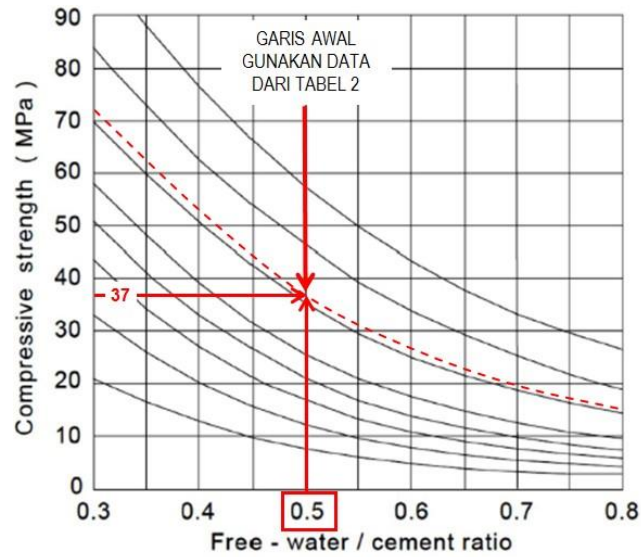
3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) =  $f'_c + M$

$$f_{cr} = 25 + 12$$

$$f_{cr} = 37 \text{ MPa}$$

4. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen Portland tipe 1.
5. Jenis agregat halus yang digunakan, yaitu alami, menggunakan pasir Binjai.
6. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah berasal dari *quarry* Binjai dengan ukuran maksimal 40 mm.
7. Penetapan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Pada Tabel 2.1, jenis semen tipe 1, dengan jenis agregat kasar batu pecah benda uji silinder dan balok memiliki kuat tekan 37 MPa dan kuat lentur 7,81 MPa pada umur 28 hari dan FAS yang digunakan 0,5. Karena kuat tekan yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ) adalah 37 MPa. Maka penarikan garis tidak diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 : Hubungan FAS dengan kuat tekan (SNI 03-2834, 2000)

#### 8. Penetapan Kebutuhan Air

Penentuan kebutuhan air dapat digunakan berdasarkan Tabel 3.6, berikut urutan penentuan kebutuhan air:

- a. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 40 mm.
- b. Penetapan nilai slump, nilai slump berpengaruh terhadap workability, pada penelitian ini penetapan nilai slump sebesar 30-60 mm.
- c. Maka diperoleh:

Batu tak dipecah / alami = 160

Batu pecah (Wk) = 190

$$d. \text{Kebutuhan air} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.1)$$

$$\text{Kebutuhan air} = \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 = 170 \text{ kg/m}^3$$

#### 9. Penetapan jumlah semen minimum.

Berdasarkan tabel 3.6 didapatkan jumlah semen minimum sebagai berikut:

$$\text{Jumlah semen} = \text{kebutuhan air} / \text{fas} \quad (4.2)$$

$$\text{Jumlah semen} = 170 / 0,5$$

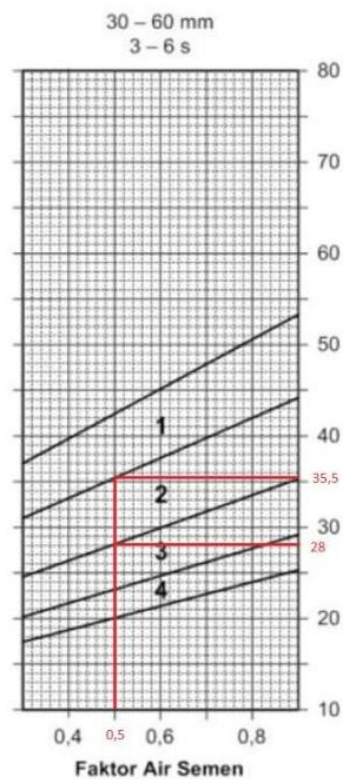
$$\text{Jumlah semen} = 340 \text{ kg/m}^3$$

Kadar semen minimum

Kadar semen minimum dengan jenis pembetonan beton didalam ruangan bangunan serta beton berada pada lingkungan tidak korosif adalah  $275 \text{ kg/m}^3$ . Berdasarkan perhitungan, jumlah semen lebih besar dibandingkan dengan kadar semen minimum maka digunakan jumlah semen  $340 \text{ kg/m}^3$ .

#### 10. Penentuan Persentase Agregat

- Cara menentukan persentase agregat yang pertama yaitu kita harus dapat menentukan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu pada gambar 4.4 dibawah. Pertama menentukan titik faktor air semen (FAS) yaitu 0,5 berdasarkan perhitungan sebelumnya.
- Setelah faktor air semen (FAS) sudah ditentukan lalu menarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu gradasi 2.



Gambar 4. 4 : Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat

- Setelah garis faktor air semen (FAS) sudah bersinggungan dengan garis tegak lurus ke arah kanan, sehingga didapatkan batas dan arah batasnya.

Gambar 4.4: Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat yang digunakan pada penelitian (butir maksimum 40 mm) (SNI 03-2834, 2000)

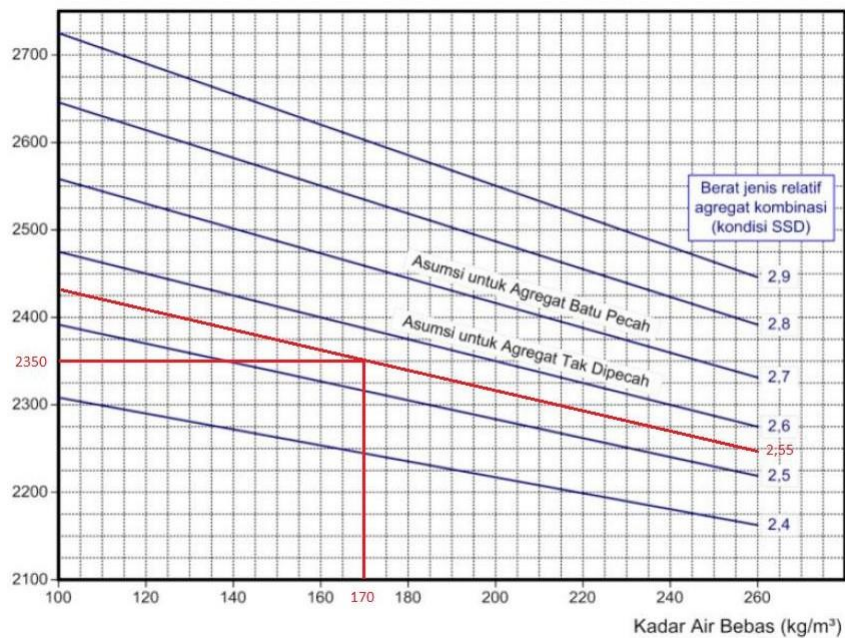
d. Dari gambar 4.4 maka didapatkan nilai batas atas dan batas bawah sebagai berikut:

- Batas bawah : 28
- Batas atas : 35,5
- Persentase agregat halus :  $\frac{28+35,5}{2} = 32\%$
- Persentase agregat kasar :  $100\% - 32\% = 68\%$

11. Berat Jenis Agregat

- a. Berat jenis SSD pasir : 2,24
- b. Berat jenis SSD karikil : 2,69
- c. Berat isi gabungan :  $\left(\frac{32}{100} \times 2,24\right) + \left(\frac{68}{100} \times 2,69\right) = 2,55$

12. Penetapan Berat Isi Beton



Gambar 4. 5 : Penentuan berat isi beton basah (SNI 03-2834, 2000)

Dari gambar diatas diperoleh berat isi beton adalah 2350 kg/m<sup>3</sup>.

### 13. Penentuan Berat Agregat Campuran

Berat agregat campuran = Berat isi beton – berat semen – berat air

$$\text{Berat agregat campuran} = 2350 - 340 - 170$$

$$\text{Berat agregat campuran} = 1840 \text{ kg/m}^3$$

### 14. Penentuan Berat Agregat Halus dan Agregat Kasar yang diperlukan.

$$\text{Berat agregat halus} = \frac{32}{100} \times 1840 \text{ kg/m}^3 = 588,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat agregat kasar} = 1840 - 588,8 = 1251,2 \text{ kg/m}^3$$

### 15. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan, maka jumlah semen, air, agregat halus dan agregat kasar yang dibutuhkan per  $\text{m}^3$  adukan:

a. Semen =  $340 \text{ kg/m}^3$

b. Air =  $170 \text{ kg/m}^3$

c. Pasir =  $588,8 \text{ kg/m}^3$

d. Krikil =  $1251,2 \text{ kg/m}^3$

### 16. Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \frac{D}{100} \quad (4.3)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (4.4)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.5)$$

Dimana:

B adalah jumlah air =  $170 \text{ kg/m}^3$

C adalah jumlah agregat halus =  $588,8 \text{ kg/m}^3$

D adalah jumlah agregat kasar =  $1251,2 \text{ kg/m}^3$

$C_a$  adalah absorbs agregat halus =  $5,32\%$

$D_a$  adalah absorbs agregat kasar =  $2,55\%$

$C_k$  adalah kadar air agregat halus =  $5,43\%$

$D_k$  adalah kadar air agregat kasar =  $1,26\%$

Maka proporsi terkoreksi yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{a. Air} &= 170 - (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} - (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\
 &= 185,49 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{b. Agregat Halus} &= 588,8 + (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} \\
 &= 589,45 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{c. Agregat Kasar} &= 1251,2 + (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\
 &= 1235,06 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi *mix design* beton dengan mutu 25 MPa menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4. 12 : Rekapitulasi *mix design* beton mutu 25 MPa

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana ( $f_c$ )	25	MPa
2	<i>Deviasi Standart</i>	-	-
3	Nilai tambah	12	-
4	Kuat tekan beton ditargetkan ( $f_{cr}$ )	37	MPa
5	Jenis semen	Tipe I	-
6	Faktor air semen (fas)	0,5	-
7	Ukuran agregat maksimum	40	mm
8	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $W_h$ )	160	-
9	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar ( $W_k$ )	190	-
10	Jumlah air yang digunakan	170	kg/m <sup>3</sup>
11	Bj agregat halus	2,24	-
12	Bj agregat kasar	2,69	-
13	Bj butiran agregat gabungan	2,55	-
14	Persen agregat halus	32	%
15	Persen agregat kasar	68	%
16	Berat isi beton	2350	kg/m <sup>3</sup>
17	Kadar agregat gabungan	1840	kg/m <sup>3</sup>
18	Kadar agregat halus	588,8	kg/m <sup>3</sup>
19	Kadar agregat kasar	1251,2	kg/m <sup>3</sup>

20	Jumlah semen yang digunakan	340	kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah air terkorelasi	185,49	kg/m <sup>3</sup>
22	Jumlah agregat halus terkorelasi	589,45	kg/m <sup>3</sup>

#### 4.4.2 Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton

##### A. Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan berat dan volume masing-masing agregatnya untuk tiap silinder beton yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm maka akan didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t && (4.6) \\ &= \frac{1}{4} \pi \times 15^2 \times 30 = 5298,75 \text{ cm}^3 / 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka volume untuk tiap silinder adalah 0,0053 m<sup>3</sup>, dengan hasil tersebut selanjutnya volume silinder dapat dihitung dengan cara mengalikan tiap-tiap agregat dengan volume silinder dan dikali 110% untuk *safety mix design* dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= 589,45 \times 0,0053 \times 110\% &= 3,44 \text{ kg} \\ \text{Agregat kasar} &= 1235,06 \times 0,0053 \times 110\% &= 7,20 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 340 \times 0,053 \times 110\% &= 1,98 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 185,49 \times 0,0053 \times 110\% &= 1,08 \text{ liter} \\ \text{Total} &= 13,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan *mix design* beton dengan bahan tambah abu sekam padi (ASP) maka jumlah semen yang digunakan berubah, karena ASP berperan sebagai *filler* sehingga berat semen akan dikurangi berat ASP yang penggunaannya yaitu 0,3%; 0,5%; 0,8% dari semen, maka dari itu hasil *mix design* dapat dituliskan sebagai berikut:

##### 1. Penambahan ASP 0,3%

$$\begin{aligned} \text{ASP} &= 0,3\% \times 1,98 &= 0,006 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 1,98 - 0,006 &= 1,974 \text{ kg} \end{aligned}$$



2. Penambahan ASP 0,5%

$$\text{ASP} = 0,5\% \times 1,98 = 0,01 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1,98 - 0,01 = 1,97 \text{ kg}$$

3. Penambahan ASP 0,8%

$$\text{ASP} = 0,8\% \times 1,98 = 0,016 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1,98 - 0,016 = 1,964 \text{ kg}$$

Pada penelitian ini ditambahkan serabut kelapa (*additive*) sebesar 0,5% dari berat keseluruhan silinder. Penggunaan sabut kelapa ini tidak mengurangi berat apapun, hanya saja perlu adanya perhitungan dari penyerapan air yang diakibatkan oleh serat tersebut untuk ditambahkan terhadap berat air campuran. Besarnya penyerapan air pada sabut kelapa didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Absorbs sabut kelapa} = \left[ \frac{b-a}{a} \right] \times 100\% \quad (4.7)$$

dimana:

(a) adalah berat sabut kelapa sebelum direndam air, yaitu didapat sebesar 40 gr.

(b) adalah berat sabut kelapa setelah direndam air, yaitu didapat sebesar 90 gr, dengan demikian:

$$\text{Absorbs sabut kelapa} = \left[ \frac{90-40}{40} \right] \times 100\% = 125\%$$

Untuk kebutuhan air tambah yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah serat} = 13,7 \times 0,5\% = 0,069 \text{ kg}$$

$$\text{Penambahan Air} = 0,069 \times 125\% = 0,086 \text{ liter}$$

B. Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan balok

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan berat dan volume masing-masing agregat untuk setiap balok beton yang berukuran 15cm x 15cm x 60cm, maka didapat perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume Balok} &= p \times l \times t & (4.8) \\ &= 60 \times 15 \times 15 = 13500 \text{ cm}^3 = 0,0135 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka volume tiap satu balok adalah  $0,0135 \text{ m}^3$ , dengan hasil tersebut selanjutnya volume balok dapat dihitung dengan cara mengalikan tiap-tiap agregat dengan volume silinder dan diikalli 110% untuk safety dari *mix design* dengan pehitungann sebagai berikut:

Agregat halus	= $589,45 \times 0,0135 \times 110\%$	= 8,75 kg
Agregat kasar	= $1235,06 \times 0,0135 \times 110\%$	= 18,34 kg
Semen	= $340 \times 0,0135 \times 110\%$	= 5,05 kg
Air	= $185,49 \times 0,0135 \times 110\%$	= 2,75 liter
	Total	= 34,89 kg

Untuk perhitungan *mix design* beton dengan bahan tambah abu sekam padi (ASP) maka perhitungan semennya berubah, karena ASP berperan sebagai *filler* sehingga berat semen akan dikurangi dengan berat ASP yaitu 0,3%; 0,5%; 0,8% dari berat semen, maka dari itu hasil *mix design* dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Penambahan ASP 0,3%

ASP	= $0,3\% \times 5,05$	= 0,02 kg
Semen	= $5,05 - 0,02$	= 5,03 kg

2. Penambahan ASP 0,5%

ASP	= $0,5\% \times 5,05$	= 0,03 kg
Semen	= $5,05 - 0,03$	= 5,02 kg

3. Penambahan ASP 0,8%

ASP	= $0,8\% \times 5,05$	= 0,04 kg
Semen	= $5,05 - 0,04$	= 5,01 kg

Pada penelitian ini ditambahkan serat sabut kelapa (*additive*) sebesar 0,5% dari berat keseluruhan beton. Adapun penggunaan sabut kelapa ini tidak mengurangi berat apapun, hanya saja perlu adanya perhitungan dari penyerapan air yang diakibatkan oleh serat tersebut untuk ditambahkan terhadap berat air campuran. Besarnya penyerapan air pada sabut kelapa didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Absorbs sabut kelapa} = \left[ \frac{b-a}{a} \right] \times 100\%$$

dimana:

(a) adalah berat sabut kelapa sebelum direndam air, yaitu didapat sebesar 40 gr.

(b) adalah berat sabut kelapa setelah direndam air, yaitu didapat sebesar 90 gr, dengan demikian:

$$\text{Absorbs sabut kelapa} = \left[ \frac{90-40}{40} \right] \times 100\% = 125\%$$

Untuk kebutuhan air tambah yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah serat} = 34,89 \times 0,5\% = 0,17 \text{ kg}$$

$$\text{Penambahan Air} = 0,17 \times 125\% = 0,21 \text{ liter}$$

Untuk rekap hasil perhitungan *mix design* dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini:

Tabel 4. 13 : Rekap hasil *mix design* beton rencana 25 MPa

No.	Kode	Bahan Penyusun Beton (kg)						Berat sampel (kg)
		AH	AK	S	A	ASP	SK	
Silinder								
1	FOS1	3.44	7.20	1.98	1.08	0	0	12.79
2	FA1	3.44	7.20	1.974	1.16	0.006	0.069	12.72
3	FA2	3.44	7.20	1.67	1.16	0.01	0.069	12.84
4	FA3	3.44	7.20	1.964	1.16	0.016	0.069	12.93
Balok								
1	FOS4	8.75	18.34	5.05	2.75	0	0	32.45
2	FA10	8.75	18,34	5.03	2.96	0.02	0.17	32.52
3	FA11	8.75	18,34	5.02	2.96	0.03	0.17	32.93
4	FA12	8.75	18,34	5.01	2.96	0.04	0.17	32.68

Keterangan:

AH = agregat Halus

A = Air

AK = agregat Kasar

ASP = Abu Sekam Padi

S = Semen

SK = Sabut Kelapa

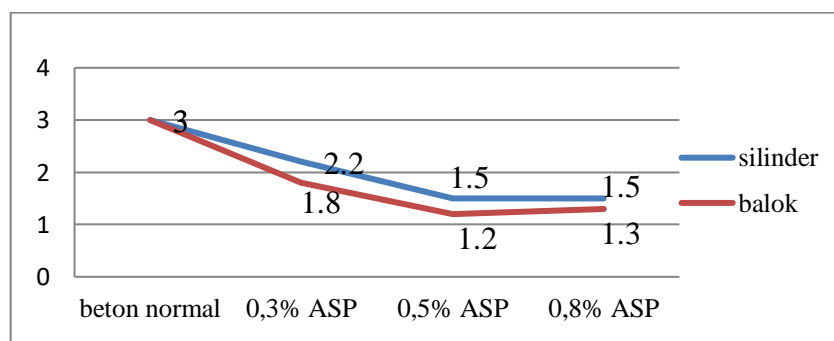
#### 4.4.3 Hasil Pengujian *Slump*

Uji *slump* adalah test yang dilakukan untuk menentukan *workability* pada beton segar agar diketahui apakah campuran tersebut dapat dikerjakan atau tidak. Pengujian *slump* test dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams dengan mengisi beton segar sebanyak  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{3}$ , dengan tiap lapisan dirojokk dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Nilai dari pengujian *slump* test dappat dilihat pada tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 14 : Hasil pengujian *slump*

Variasi	<i>Slump</i> (cm)	
	Silinder	Balok
Beton Normal	3	3
0,5% SK + 0,3% ASP	2,2	1,8
0,5% SK + 0,5% ASP	1,5	1,2
0,5% SK + 0,8% ASP	1,5	1,3

Berdasarkan pada tabel 4.14 menjelaskan perbandingan nilai *slump* antara beton normal, beton variasi 0,5% SK + 0,3% ASP; 0,5% SK + 0,5% ASP; 0,5% SK + 0,8% ASP, dimana beton normal didapat nilai *slump* sesuai rencana 3-6 cm dikarenakan tidak ada campuran ASP dan Sk, sedangkan untuk beton variasi campuran mendapatkan nilai *slump* yang lebih rendah dari angka yang direncanakan. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya serabut kelapa mengakibatkan penurunan *workability* pada campuran beton.



Gambar 4. 6 : Grafik *slump* test

## 4.5 Hasil dan Analisa Pengujian Beton

### 4.5.1 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur beton 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, dengan ukuran benda uji yang ditest berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan beton:

#### A. Beton Normal

Hasil pengujian kuat tekan pada beton normal adalah sebagai berikut:

Benda uji 1:

- Beban (P) = 749,8 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
= 42,49 MPa

Benda uji 2:

- Beban (P) = 453,3 kN
- Luas silinder = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
= 25,65 MPa

$$\text{Rata-rata} = \frac{42,49 + 25,26}{2} = 34,25 \text{ MPa}$$

#### B. Beton Variasi 0,5% SK + 0,3% ASP

Hasil dari pengujian kuat tekan beton SK dan ASP sebagai berikut:

- Beban (P) = 659,1 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
= 37,29 MPa

#### C. Beton Variasi 0,5% SK + 0,5% ASP

Hasil dari pengujian kuat tekan beton SK dan ASP sebagai berikut:

- Beban (P) = 659,1 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
= 37,29 MPa

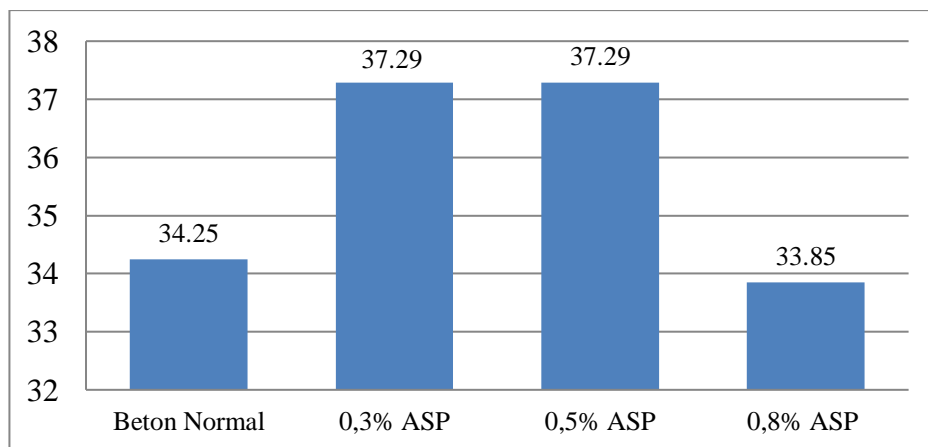
#### D. Beton Variasi 0,5% SK + 0,8% ASP

Hasil dari pengujian kuat tekan beton SK dan ASP sebagai berikut:

- Beban (P) = 598,3 kN
- Luas silinder (A) = 17671,46 mm<sup>2</sup>
- Kuat tekan (f'c) =  $\frac{P}{A}$   
= 33,85 MPa

Tabel 4. 15 : Hasil Pengujian Kuat Tekan

No	Benda Uji	Umur (Hari)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)
1	Beton normal	28	17671,46	749,8	34,25
				453,3	
2	0,5% SK + 0,3% ASP	28	17671,46	659,1	37,29
3	0,5% SK + 0,5% ASP	28	17671,46	659,1	37,29
4	0,5% SK + 0,8% ASP	28	17671,46	598,3	33,85



Gambar 4. 7 : Hasil Pengujian Kuat Tekan

#### 4.5.2 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm pada saat umur beton 28 hari.

##### a. Beton Normal

Tabel 4. 16 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Normal

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr.halus
		40	3	1	0,5
	Air W (Kg/m <sup>3</sup> )	PC (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Halus (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Kasar (Kg/m <sup>3</sup> )	Bahan Campuran (g atau cc/m)
	189,49	340	589,45	1235,06	-
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32,45		
Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> )			13500000		
Beban Maksimum (N)			45251		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			6,03		



Gambar 4. 8 curva gaya terhadap waktu beton normal

Berdasarkan Tabel 4.16 didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton normal sebesar 6,03 MPa dan pada Gambar 4.8 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan sebesar 45,251 kN dengan waktu 14,7 detik.

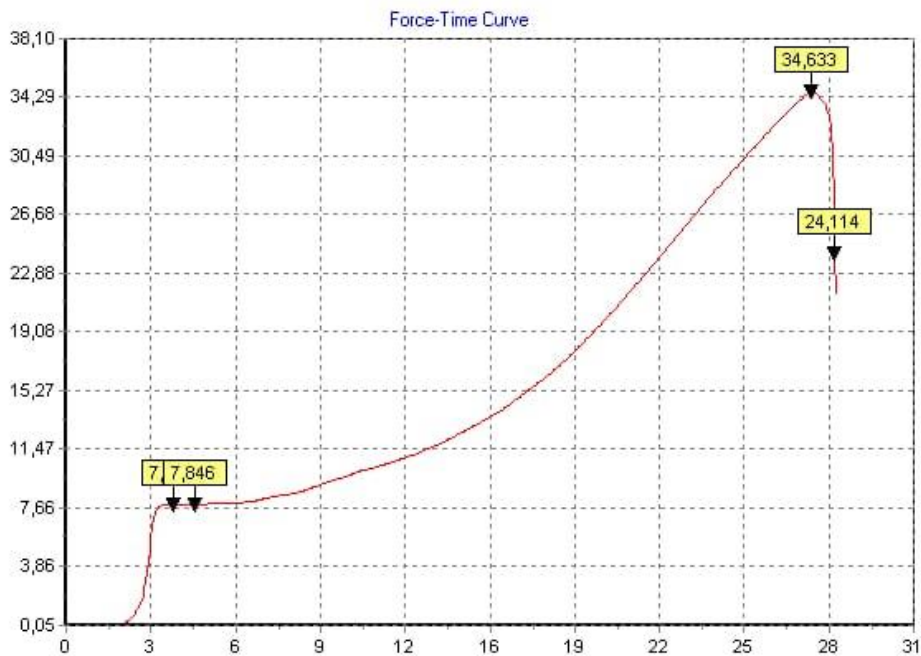
**b. Beton Variasi 0,5% SK + 0,3% ASP**

Tabel 4. 17 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr.halus
	40	3	1	0,5	-
	Air W (Kg/m <sup>3</sup> )	PC (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Halus (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Kasar (Kg/m <sup>3</sup> )	Bahan Campuran (g atau cc/m)
	189,49	340	589,45	1235,06	-
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		



Lebar Benda Uji (mm)	150
Tinggi Benda Uji (mm)	150
Berat Benda Uji (kg)	32,52
Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> )	13500000
Beban Maksimum (N)	34632
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	4,61



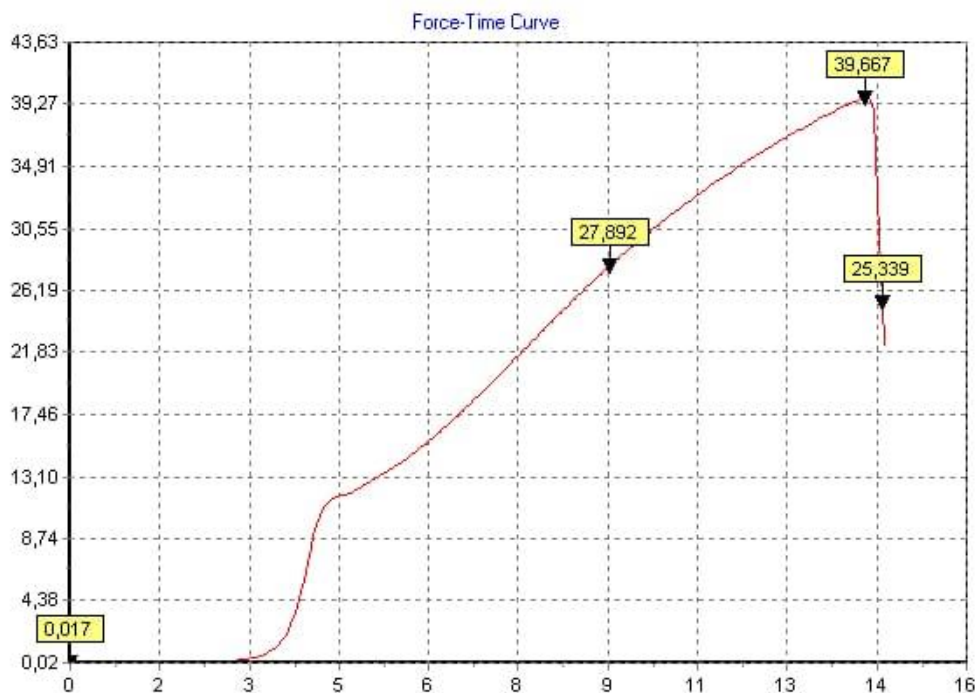
Gambar 4. 9 curva gaya terhadap waktu beton variasi 0,5% SK + 0,3% ASP

Berdasarkan tabel 4.17 didapat kuat lentur beton variasi 0,5% SK + 0,3% ASP sebesar 4,61 MPa mengalami penurunan nilai kuat lentur dari pada beton normal, dan pada Gambar 4.9 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan sebesar 34,633 kN dengan waktu 27,26 detik, dimana nilai tersebut menjadi nilai kuat lentur terendah namun memiliki nilai runtuh lebih lama dibandingkan dengan beton variasi lainnya.

c. **Beton Variasi 0,5% SK + 0,5% ASP**

Tabel 4. 18 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr.halus
		40	3	1	0,5
	Air W (Kg/m <sup>3</sup> )	PC (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Halus (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Kasar (Kg/m <sup>3</sup> )	Bahan Campuran (g atau cc/m)
	189,49	340	589,45	1235,06	-
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32,93		
Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> )			13500000		
Beban Maksimum (N)			39667		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			5,28		



Gambar 4. 10 curva gaya terhadap waktu beton variasi 0,5% SK + 0,5% ASP

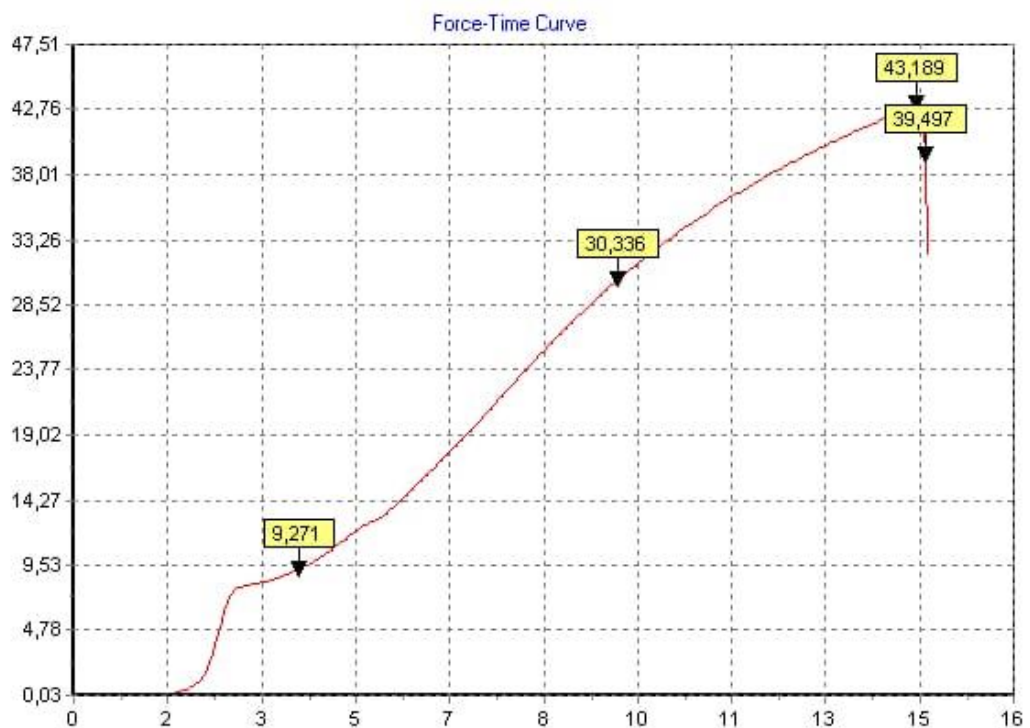
Berdasarkan tabel 4.18 didapat kuat lentur beton variasi 0,5% SK + 0,5% ASP sebesar 5,42 MPa mengalami kenaikan kuat lentur dari variasi 0,3% ASP dan pada Gambar 4.10 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan sebesar 39,667 kN dengan waktu 13,9 detik.

**d. Beton Variasi 0,5% SK + 0,8% ASP**

Tabel 4. 19 : Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr.halus
	40	3	1	0,5	-
	Air W (Kg/m <sup>3</sup> )	PC (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Halus (Kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Kasar (Kg/m <sup>3</sup> )	Bahan Campuran (g atau cc/m)
	189,49	340	589,45	1235,06	-

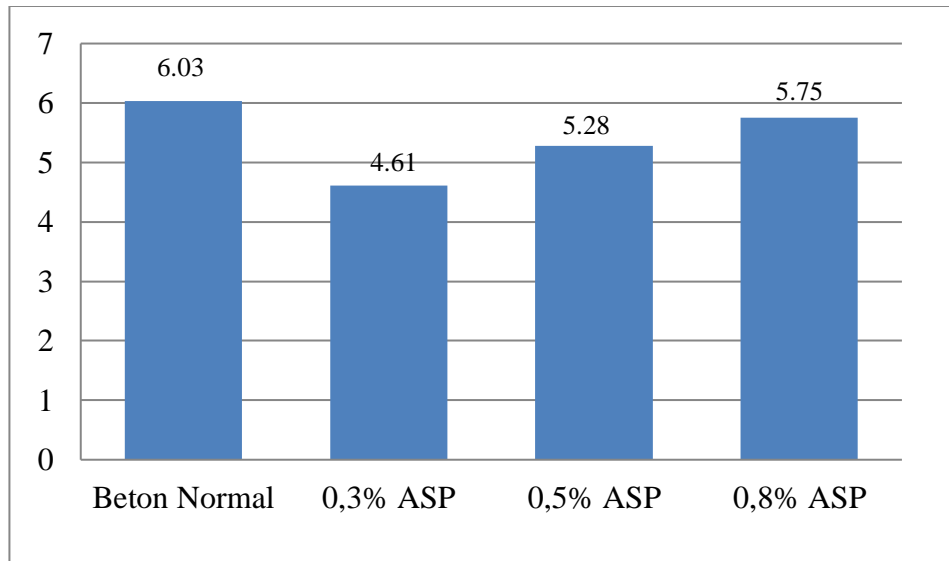
Umur Benda Uji (hari)	28
Panjang Benda Uji (mm)	600
Lebar Benda Uji (mm)	150
Tinggi Benda Uji (mm)	150
Berat Benda Uji (kg)	32,68
Volume Benda Uji (mm <sup>3</sup> )	13500000
Beban Maksimum (N)	43188
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	5,75



Gambar 4. 11 curva gaya terhadap waktu beton variasi 0,5% SK + 0,8% ASP

Berdasarkan tabel 4.22 didapat bahwa kuat lentur beton variasi 0,5% SK + 0,8% ASP sebesar 5,75 MPa dimana lebih kecil dibandingkan dengan kuat lentur beton normal, namun menjadi nilai tertinggi di antara beton variasi dan

pada Gambar 4.11 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan sebesar 43,189 kN dengan waktu 14,6 detik.



Gambar 4. 12 : Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur

## 4.6 Pembahasan

### 4.6.1 Pembahasan Kuat Tekan

Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang berumur 28 hari, terdapat kenaikan kuat tekan beton pada beton variasi 0,3% dan 0,5% ASP dan kenaikan kuat tekan beton pada variasi 0,8%, berdasarkan persentase kenaikan kuat tekan beton dapat dilihat pada penjelasan dibawah:

#### a. Variasi 0,5% SK + 0,3% ASP

- Perubahan kuat tekan beton  $= 37,29 - 34,25 = 3,04$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton  $= \frac{37,29}{34,25} = 1,09$
- Persentase perubahan kuat tekan  $= \frac{37,29-34,25}{34,25} \times 100 = 8,87\%$

#### b. Variasi 0,5% SK + 0,5% ASP

- Perubahan kuat tekan beton  $= 37,29 - 34,25 = 3,04$  MPa
- Perbandingan kuat tekan beton  $= \frac{37,29}{34,25} = 1,09$
- Persentase perubahan kuat tekan  $= \frac{37,29-34,25}{34,25} \times 100 = 8,87 \%$

c. Besar nilai penurunan kuat tekan

- Perubahan kuat tekan beton  $= 33,85 - 34,25 = -0,4 \text{ MPa}$
- Perbandingan kuat tekan beton  $= \frac{33,85}{34,25} = 0,98$
- Persentase perubahan kuat tekan  $= \frac{33,85-34,25}{34,25} \times 100 = -1,16 \%$

Berdasarkan perhitungan terjadi penurunan dan kenaikan persentase dengan penambahan serabut kelapa (SK) dan abu sekam padi (ASP). Beton mengalami penurunan sebesar 1,16% dan terjadi kenaikan sebesar 9,16%.

#### 4.6.2 Pembahasan Kuat Lentur

Dari hasil penelitian kuat lentur yang berumur 28 hari, terdapat penurunan kuat lentur pada beton variasi 0,3%; 0,5%; dan 0,8% ASP, penjelasan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

a. Variasi 0,5% SK + 0,3% ASP

- Perubahan kuat lentur beton  $= 4,61 - 6,03 = -1,42 \text{ MPa}$
- Perbandingan kuat lentur beton  $= \frac{4,61}{6,03} = 0,76$
- Persentase perubahan kuat lentur  $= \frac{4,61-6,03}{6,03} \times 100 = -23,5 \%$

b. Variasi 0,5% SK + 0,5% ASP

- Perubahan kuat lentur beton  $= 5,28 - 6,03 = -0,75 \text{ MPa}$
- Perbandingan kuat lentur beton  $= \frac{5,28}{6,03} = 0,87$
- Persentase perubahan kuat lentur  $= \frac{5,28-6,03}{6,03} \times 100 = -12,42 \%$

c. Variasi 0,5% SK + 0,8% ASP

- Perubahan kuat lentur beton  $= 5,75 - 6,03 = -0,28 \text{ MPa}$
- Perbandingan kuat lentur beton  $= \frac{5,75}{6,03} = 0,95$
- Persentase perubahan kuat lentur  $= \frac{5,75-6,03}{6,03} \times 100 = -4,64 \%$

Berdasarkan perhitungan terjadi penurunan kuat lentur pada beton dengan penambahan serabut kelapa (SK) dan abu sekam padi (ASP) dengan variasi 0,3%; 0,5%; 0,8% ASP dengan nilai berturut 23,4%; 12,43%; dan 4,64%.

Dari hasil perhitungan ini diketahui bahwa serabut kelapa dan abu sekam padi dapat menurunkan kuat lentur pada beton.

Pernyataan tersebut juga terjadi pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ginting, A. (2019), pada variasi 2% SK dan 10% ASP senilai 4,53 MPa atau terjadi penurunan sebesar 13% dari beton normal. Mereka menyatakan bahwa dengan ditambahkan serabut kelapa dan abu sekam padi kedalam campuran beton dapat mempengaruhi nilai kuat lentur beton, dikarenakan serat serabut kelapa menyerap kadar air, sehingga jika komposisi tidak sesuai maka kekuatan beton tersebut akan menurun. Hal berbeda terjadi pada penelitian Rizki, S. dkk (2021) kuat lentur tertinggi diperoleh pada beton dengan variasi 0% FA dan 10% ASP yaitu 7,34 MPa pada umur 28 hari, dimana nilai tersebut lebih tinggi sebesar 2,78% dari beton control yaitu 6,92 MPa pada umur 28 hari.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian penambahan abu sekam padi pada beton berserat sabut kelapa terhadap kuat lentur maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) pada campuran beton dapat berpengaruh pada nilai kuat lenturnya. Dimana pada penelitian ini menggunakan variasi 0,3%; 0,5%; 0,8% ASP; dan tambahan 0,5% SK mengalami kenaikan kuat lentur dengan nilai berturut 4,61 MPa; 5,28 MPa; dan 5,75MPa.
2. Berdasarkan pengujian kuat lentur beton didapat nilai tertinggi pada beton variasi 0,8% ASP + 0,5% SK senilai 5,75 Mpa, namun jika dibandingkan dengan kuat lentur beton normal, beton variasi mengalami penurunan sebesar 4,64%. Dimana nilai kuat lentur beton normal 17,6% dari kuat tekan beton.
3. Penggunaan Serabut kelapa (SK) pada campuran beton berpengaruh pada *slump test* yang dihasilkan. Nilai *slump* terkecil terjadi pada beton variasi 0,5% ASP + 0,5% SK, dimana semakin kecil nilai *slump* yang dihasilkan maka tingkat *workability* beton semakin rendah.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat saran dari penulis yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi berbeda terhadap penggunaan abu sekam padi dan serabut kelapa untuk mengetahui tingkat kelenturan beton yang akan dihasilkan.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat membuat sampel variasi abu sekam padi dan serabut kelapa secara terpisah agar data yang dihasilkan lebih bervariasi.
3. Perlu adanya penambahan jumlah sampel agar dapat menghindari adanya kesalahan atau kegagalan.



## DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (2011). SNI 4431-2011 : Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 16.
- Bigatti, S. M., & Cronan, T. A. (2002). A comparison of pain measures used with patients with fibromyalgia. *Journal of Nursing Measurement*, 10(1), 5–14.
- Chinnu, S. N., Minnu, S. N., Bahurudeen, A., & Senthilkumar, R. (2022). Influence of palm oil fuel ash in concrete and a systematic comparison with widely accepted fly ash and slag : A step towards sustainable reuse of agro-waste ashes. *Cleaner Materials*, 5(July), 100122.
- Component, P., Ash, R. H., Composite, C., & Bakri, M. (2005). *Komponen kimia dan fisik abu sekam padi sebagai scm untuk pembuatan komposit semen*. 5(1), 9–14.
- Handani, S. (2009). Pengaruh Panjang Serat Sabut Kelapa terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. In *Jurnal Ilmu Fisika / Universitas Andalas* (Vol. 1, Issue 1, pp. 26–30).
- Nasional, B. S. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. *Sni 03-1968-1990*, 1–5.
- Ningrum, D., Rasidi, N., Siritotet, H., Ningrum, D., Rasidi, N., & Siritotet, H. (2022). *Jurnal Qua Teknik Vol . 12 No . 2 September 2022 ISSN 2088-2424 ( Cetak ) : ISSN 2527-3892 ( Elektronik ) Fakultas Teknik Universitas Islam Balitar , 12(2), 94–111.*
- PUBI (1982): PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA, *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar ( Batu Apung ) Dan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.

- Rahmawati, D. (2021). *Teknika Pengaruh Penggunaan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Abstrak*. 16(2), 49–57.
- Rizki, S., Bahri, S., Sulaiman, S., Hanif, H., Aiyub, A., & Yusnar, C. (2021). Pengaruh Penggunaan Ternary Blend Fly Ash Dengan Volume Tinggi dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teknologi*, 21(2), 95.
- Soesanto, L. M. R. (2019). *Kajian Kuat Lentur Pada Prisma Beton Berserat Sabut Kelapa Dan Kombinasi Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir. Laporan Tugas Akhir*. Medan: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Surianti, S., & Arham, A. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 6(1), 57–64.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 03-1968 (1990): Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1970-1990, S. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–17.
- Shandy, J. H. S. (2020). Karakteristik kuat tekan dan kuat lentur beton dengan penambahan limbah sabut kelapa. *Jurnal Teknik*, 13(2), 75–85
- Ukuran, A., Sedimen, B., & Misliniyati, R. (2011). *Jurnal Volume 3 No . 1 Oktober 2011 Jurnal Volume 3 No . 1 Oktober 2011*. 3(1), 39–44.
- Zalukhu, P. S., Irwan, I., & Hutauruk, D. M. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 1(1), 27.

## LAMPIRAN



Gambar L.1 : Serabut Kelapa (SK)



Gambar L.2 : Abu Sekam Padi (ASP)



Gambar L.4 : pengujian berat isi agregat



Gambar L.4: Pengujian berat jenis



Gambar L.5 : Pengujian analisa saringan



Gambar L.6 : Penyucian agregat dari lumpur dan kotoran



Gambar L.7: Penjemuran agregat



Gambar L.8 : Penimbangan agregat sesuai takaran



Gambar L.9: Persiapan pembuatan benda uji



Gambar L 10: *Mix Design*

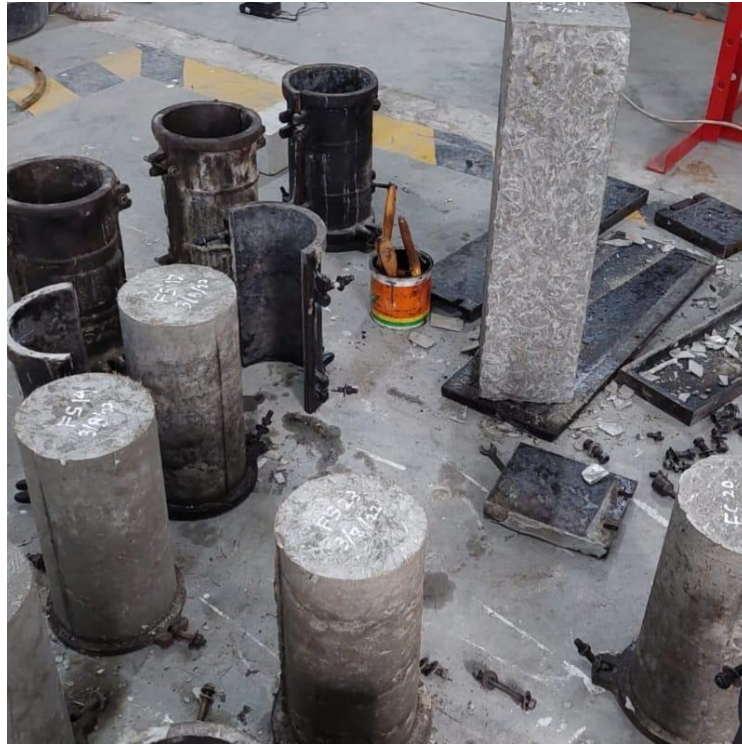


Gambar L 11: Adukan beton segar



Gambar L 12: Pengujian *slump*





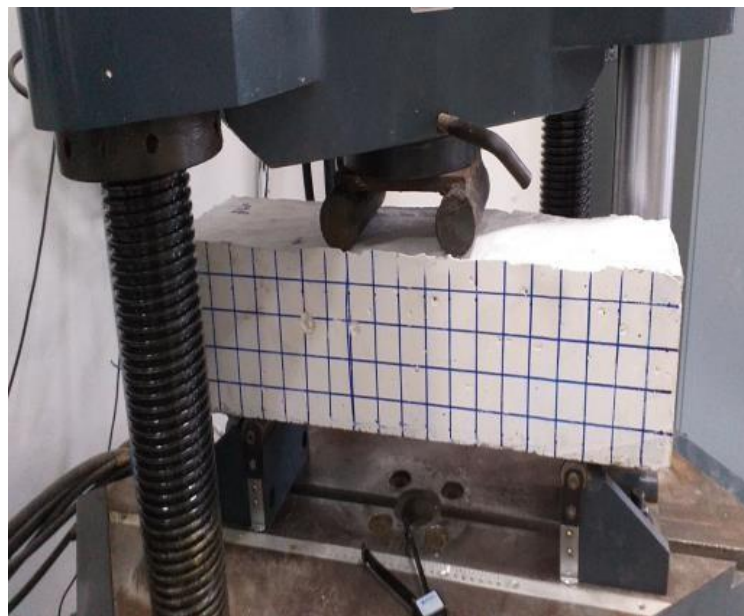
Gambar L. 12 : Pemasangan *capping* pada benda uji



Gambar L. 11 : Pemasangan *capping* pada benda uji



Gambar L.12: Pengujian kuat tekan



Gambar L. 13 : Pengujian kuat lentur

## DATA RIWAYAT HIDUP



### Data Identitas Diri

Nama Lengkap : Lailan Ajizah  
Tempat, Tanggal, Lahir : Tembung, 24 Maret 2001  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Amal Bakti No.119 Dusun X Tembung  
Nomor Hp/ Tel.Seluler : 081262471278  
Nama Ayah : Suyatman  
Nama Ibu : Khairani  
E – mail : lailanajizah04@gmail.com

### Riwayat Pendidikan

NIM : 1907210028  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muctar Basri No. 3 Medan 20238

### Pendidikan Formal

Sekolah Dasar : SD SWASTA PERMATA SARI 2007 - 2013  
Sekolah Menengah Pertama : SMP NEGERI 29 MEDAN 2013 - 2016  
Sekolah Menengah Atas : SMA NEGERI 11 MEDAN 2016 - 2019