

TUGAS AKHIR

ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON BERFILLER ABU SEKAM PADI DENGAN VARIASI PERSENTASE SERAT SERABUT KELAPA TERHADAP BERAT BETON (Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

AYUNDA PUTRI

1907210029



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 : Ayunda Putri

NPM : 1907210029

Program Studi : Teknik Sipil

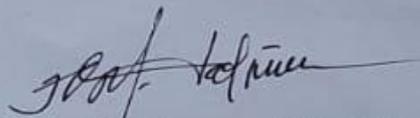
Judul Skripsi : Analisis Modulus Elastisitas Beton Berfiller Abu Sekam Padi
dengan Variasi Persentase Serat Serabut Kelapa terhadap Berat
Beton

Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 13 September 2023

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ayunda Putri

NPM :1907210029

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Modulus Elastisitas Beton Berfiller Abu Sekam Padi
dengan Variasi Persentase Serat Serabut Kelapa terhadap Berat
Beton

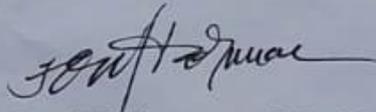
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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, 13 September 2023

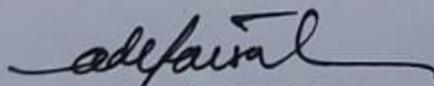
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



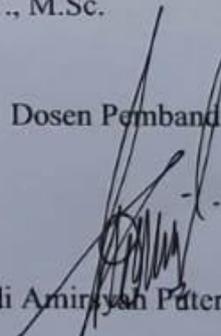
Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc.

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal S.T., M.Sc.

Dosen Pembanding II



Tondi Amiriyah Putera S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayunda Putri

Tempat, tanggal lahir : Tanjung Pura, 25 Mei 2001

NPM : 1907210029

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

"Analisis Modulus Elastisitas Beton Berfiller Abu Sekam Padi dengan Variasi Persentase Serat Serabut Kelapa terhadap Berat Beton".

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

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 13 September 2023

Saya yang menyatakan,



Ayunda Putri

ABSTRAK

ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON BERFILLER ABU SEKAM PADI DENGAN VARIASI PERSENTASE SERAT SERABUT KELAPA TERHADAP BERAT BETON

Ayunda Putri

1907210029

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

Beton adalah salah satu material yang paling umum digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Seiring dengan perkembangan infrastruktur di Indonesia yang tetap memperhatikan kelestarian lingkungan, teknologi dalam bidang konstruksi terus dikembangkan sehingga memungkinkan untuk mengurangi penggunaan bahan-bahan dari alam dan memaksimalkan penggunaan limbah sebagai bahan dasar pembuatan beton. Akan tetapi, penelitian yang berkaitan dengan penggunaan limbah dalam campuran beton masih terbatas. Maka dari itu pada penelitian ini digunakan serat serabut kelapa (SSK) sebagai serat pada beton bahan tambah abu sekam padi (ASP) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh serat serabut kelapa terhadap nilai modulus elastisitas beton. Penggunaan serat serabut kelapa pada penelitian ini terdiri dari tiga variasi yaitu 0,3% SSK, 0,5% SSK dan 1% SSK serta 1% ASP untuk setiap variasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas tertinggi pada beton variasi 0,5% SSK yaitu 35534,51 MPa. Pengujian persentase perubahan nilai modulus elastisitas dari beton normal terjadi peningkatan tertinggi pada beton variasi 0,5% SSK sebesar 444,73% dan terjadi peningkatan terendah pada beton variasi 0,3% SSK sebesar 97,55%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan serat serabut kelapa dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas beton. Dalam hal ini, variasi 0,5% memiliki hasil modulus elastisitas terbesar.

Kata kunci: Serat serabut kelapa, abu sekam padi, modulus elastisitas

ABSTRACT

ANALYSIS OF MODULUS OF ELASTICITY OF RICE HUSK ASH-FILLED CONCRETE WITH VARYING PERCENTAGE OF COCONUT FIBER BY WEIGHT CONCRETE

Ayunda Putri

1907210029

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

Concrete is one of the most commonly used materials in infrastructure construction. Along with the development of infrastructure in Indonesia that keeps an eye on environmental sustainability, technology in the field of construction is continuously developing so that it is possible to reduce the use of materials from nature and maximize waste used as a basic material in concrete manufacturing. However, research related to the use of waste in concrete mixtures is still limited. This research used coconut fiber (CF) as a fiber on the concrete material added rice husk ash (RHA) intending to know the influence of coconut fibers on the value of the modulus of elasticity of concrete. The use of coconut fiber in this study consists of three variations: 0.3% CF, 0.5% CF and 1% CF as well as 1% RHA for each variation. The results of the research showed that the highest modulus of elasticity value on concrete variation 0.5% CF is 35534,51 MPa. Testing the percentage change in the value of the modulus of elasticity of normal concrete, there is an highest increase in the 0.5% CF variation concrete by 444,73% and a lowest increase in the 0,3% CF variant concrete of 97,55%. Considering the result, it can be seen that used of coconut fiber can increase the value of the modulus of elasticity of concrete. In this case, the 0.5% CF variation has the greatest modulus of elasticity result.

Keywords: Coconut fiber, rice husk ash, modulus of elasticity

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala pujidan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Modulus Elastisitas Beton Berfiller Abu Sekam Padi Dengan Variasi Persentase Serat Serabut Kelapa Terhadap Berat Beton”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tondi Amirsyah Putera S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Orang tua penulis, Yenti Yusni dan Ismail Hasan terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
10. Abang dan Kakak penulis, M. Iswandi Putra, Faradilla, S.K.M., dan M. Reza Fahlepi, S.T. tercinta yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk kelancaran penulisan tugas akhir ini.
11. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil Kelas A1 Pagi stambuk 2019 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.
12. Sahabat-sahabat penulis selama di perkuliahan Elsa Audilla, Sindy Rahayu dan Adelia Indrayani yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat untuk kelancaran penulisan tugas akhir ini.
13. Sahabat-sahabat penulis sejak dulu Anugrahayati dan Alya Arifarizy yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk kelancaran penulisan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 13 September 2023



Ayunda Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton	6
2.2 Beton Serat	8
2.3 Material Penyusun Beton Serat	10
2.3.1 Agregat Halus	10
2.3.2 Agregat Kasar	13
2.3.3 Semen	14
2.3.4 Air	16
2.3.5 Abu Sekam Padi (ASP)	16
2.3.6 Serat Serabut Kelapa (SSK)	18
2.3.7 Sika	19
2.4 Pengujian Beton Segar (<i>Slump Test</i>)	20
2.5 Kuat Tekan	20

2.6 Modulus Elastisitas	21
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN	22
3.1 Metode Penelitian	22
3.2 Diagram Alir Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan	25
3.3.1 Alat	25
3.3.2 Bahan	25
3.4 Persiapan Bahan	26
3.5 Pengujian Material	26
3.5.1 Pengujian Analisa Saringan	26
3.5.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	26
3.5.3 Pengujian Kadar Air	27
3.5.4 Pengujian Berat Isi	27
3.5.5 Pengujian Kadar Lumpur	29
3.5.6 Abu Sekam Padi	29
3.5.7 Serat Serabut Kelapa	30
3.6 Penetapan Benda Uji Beton	30
3.7 Perhitungan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	31
3.9 Pembuatan Benda Uji	37
3.10 Pengujian Slump	37
3.11 Perawatan Benda Uji	37
3.12 Pengujian Kuat Tekan	37
3.13 Pengujian Modulus Elastisitas	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Pemeriksaan Agregat Halus	39
4.1.1 Analisa Saringan Agregat Halus	39
4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	41
4.1.3 Kadar Air Agregat Halus	42
4.1.4 Berat Isi Agregat Halus	43
4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Halus	43
4.1.6 Sifat-Sifat Fisik Agregat Halus	44
4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar	44

4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar	44
4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	46
4.2.3 Kadar Air Agregat Kasar	47
4.2.4 Berat Isi Agregat Kasar	47
4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar	48
4.2.6 Sifat-Sifat Fisik Agregat Kasar	49
4.3 Perencanaan Campuran Beton	49
4.3.1 <i>Mix Design</i> Beton	49
4.3.2 Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton	55
4.4 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	57
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	58
4.6 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	60
4.7 Pembahasan Modulus Elastisitas	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1:	Jenis beton berdasarkan berat isi	7
Tabel 2.2:	Material properties serat alam	9
Tabel 2.3:	Batas gradasi agregat halus	11
Tabel 2.4:	Spesifikasi gradasi agregat kasar	14
Tabel 2.5:	Sifat dan analisis kimia abu sekam padi	17
Tabel 3.1:	Sampel benda uji rencana kuat tekan.	30
Tabel 3.2:	Sampel benda uji rencana modulus elastisitas.	30
Tabel 3.3:	Faktor pengali untuk deviasi standar.	31
Tabel 3.4:	Nilai tambah margin.	32
Tabel 3.5:	Jenis semen dan agregat.	33
Tabel 3.6:	Perkiraan kadar air bebas.	34
Tabel 3.7:	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen	35
Tabel 4.1:	Hasil pengujian analisa saringan agregat halus.	39
Tabel 4.2:	Daerah gradasi agregat halus.	40
Tabel 4.3:	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	41
Tabel 4.4:	Hasil pengujian kadar air agregat halus.	42
Tabel 4.5:	Hasil pengujian berat isi agregat halus.	43
Tabel 4.6:	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	43
Tabel 4.7:	Hasil Pengujian sifat-sifat fisik agregat halus.	44
Tabel 4.8:	Hasil pengujian pengujian analisa saringan agregat kasar.	45
Tabel 4.9:	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	46
Tabel 4.10:	Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	47
Tabel 4.11:	Hasil pengujian berat isi agregat kasar.	48
Tabel 4.12:	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	48
Tabel 4.13:	Hasil pengujian sifat-sifat fisik agregat kasar.	49
Tabel 4.14:	Rekapitulasi mix design beton mutu 25 MPa.	54
Tabel 4.15:	Rekapitulasi hasil perhitungan mix design.	56
Tabel 4.16:	Hasil Pengujian <i>Slump</i> .	57
Tabel 4.17:	Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan.	59
Tabel 4.18:	Hasil pengujian modulus elastisitas.	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Batas gradasi pasir nomor I (pasir kasar)	11
Gambar 2.2:	Batas gradasi pasir nomor II (pasir agak kasar)	12
Gambar 2.3:	Batas gradasi pasir nomor III (pasir agak halus)	12
Gambar 2.4:	Batas gradasi pasir nomor IV (pasir halus)	13
Gambar 2.5:	Daerah gradasi agregat kasar	14
Gambar 2.6:	Abu sekam padi	18
Gambar 2.7:	Serat serabut kelapa	19
Gambar 2.8:	Kerucut abrams	20
Gambar 3.1:	Diagram alir	24
Gambar 3.2:	Grafik hubungan kuat tekan dengan faktor air semen	33
Gambar 3.3:	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	36
Gambar 4.1:	Grafik batas gradasi agregat halus	41
Gambar 4.2:	Grafik gradasi agregat kasar	46
Gambar 4.3:	Hubungan FAS dengan kuat tekan	50
Gambar 4.4:	Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat yang digunakan pada penelitian (butir maksimum 40 mm)	51
Gambar 4.5:	Penentuan berat isi beton basah	52
Gambar 4.6:	Grafik rata-rata slump test	58
Gambar 4.7:	Grafik kuat tekan beton	60
Gambar 4.8:	Grafik stress strain beton dengan beton normal	61
Gambar 4.9:	Grafik stress strain beton dengan variasi 0,3% SSK dan 1% ASP	62
Gambar 4.10:	Grafik stress strain beton dengan variasi 0,5% SSK dan 1% ASP	63
Gambar 4.11:	Grafik stress strain beton dengan variasi 1% SSK dan 1% ASP	64
Gambar 4.12:	Grafik modulus elastisitas beton	65

DAFTAR NOTASI

A	=	luas penampang benda uji	(mm ²)
a	=	berat benda uji kering oven	(gr)
B	=	jumlah air	(kg/m ³)
b	=	berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara	(gr)
B'	=	berat agregat setelah pengujian	(gr)
B_o	=	berat agregat sebelum pengujian	(gr)
C	=	jumlah agregat halus	(kg/m ³)
c	=	berat benda uji dalam air	(gr)
Ca	=	absorpsi agregat halus	(%)
Ck	=	kadar air agregat halus	(%)
D	=	jumlah agregat kasar	(kg/m ³)
Da	=	absorpsi agregat kasar	(%)
Dk	=	kadar air agregat kasar	(%)
Ec	=	modulus elastisitas	(MPa)
fas	=	faktor air semen bebas	(m ³)
$f'c$	=	kuat tekan beton benda uji	(MPa)
fcr	=	kuat tekan beton rata-rata	(MPa)
M	=	nilai tambah margin	(MPa)
M_c	=	berat wadah ukur yang diisi agregat	(kg)
M_m	=	berat wadah ukur	(kg)
n	=	jumlah nilai hasil uji	
P	=	beban maksimum	(kN)
S	=	standar deviasi	(MPa)
S_1	=	tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan	(MPa)
S_2	=	tegangan pada arah longitudinal 40% tegangan runtuh	(MPa)
V_m	=	volume wadah ukur	(m ³)
W_{air}	=	kadar air bebas	(kg/m ³)
W_h	=	Batu tak dipecahkan/alami	

W_k	=	Batu pecah	
W_{semen}	=	jumlah semen	(kg/m ³)
\bar{x}	=	kuat tekan beton rata-rata	(MPa)
x_i	=	kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji	(MPa)
ϵ_1	=	0,000050	
ϵ_2	=	Regangan longitudinal yang terjadi akibat tegangan S_2	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan kemajuan teknologi di bidang konstruksi semakin optimal dalam peningkatan bangunan di segala sektor kehidupan. Meningkatnya kebutuhan fasilitas perumahan, perhubungan dan industri juga berdampak pada kebutuhan bahan-bahan pendukungnya, salah satu bahan yang meningkat tajam adalah beton (Zalukhu et al., 2017).

Dalam bidang konstruksi, beton adalah bahan yang paling sering digunakan dalam pembangunan di bidang teknik sipil, hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan yang dimiliki beton dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya yaitu, memiliki ketahanan yang baik yang dapat menahan beban bangunan, memiliki kuat tekan yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk membuat struktur yang stabil, tidak memerlukan perawatan yang khusus, bahan baku yang mudah didapatkan sehingga pengadaannya lebih mudah dan daya tahan yang lebih lama (Latjemma, 2022).

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Seiring dengan perkembangan infrastruktur di Indonesia yang dimana aspek lingkungan harus tetap diperhatikan kelestariannya termasuk dalam hal penggunaan pasir yang merupakan salah satu sumber daya alam yang sebaiknya dibatasi penggunaannya. Pada zaman ini, teknologi semakin berkembang yang memungkinkan untuk membatasi penggunaan bahan-bahan yang berasal dari alam dan mengoptimalkan limbah sebagai bahan dasar pembentukan beton.

Indonesia ini merupakan negara penghasil serabut kelapa terbesar di dunia akan tetapi, Indonesia masih belum mengolah serabut kelapa dengan optimal. Limbah serabut kelapa sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dalam pembuatan bahan tambah bangunan. Serabut kelapa memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai bahan teknik dengan melakukan rekayasa material komposit (Affandy et al., 2019).

Beton serat memiliki kelebihan yaitu bahan campuran yang ekonomis, dapat dibentuk dengan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, memiliki kekuatan tekan yang baik, beton tahan api, tidak busuk atau berkarat, tahan aus, rapat air, awet dan mudah perawatannya. Beton sangat banyak digunakan untuk struktur-struktur besar maupun kecil. Oleh sebab itu, bahan konstruksi ini dianggap sangat penting untuk terus dikembangkan. Salah satu cara untuk mendapatkan beton serat adalah dengan cara membuat campuran beton dengan limbah serabut kelapa (Zalukhu et al., 2017).

Sifat lain dari serat serabut kelapa tergolong tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan benturan) dan lebih ringan daripada serat lain. Serat serabut kelapa adalah serat alami yang sulit membusuk karena tidak ada dekomposer untuk memecah senyawa kompleks serabut kelapa (Arman, 2017).

Abu sekam padi merupakan limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi dan terdiri dari partikel halus. Abu sekam padi merupakan bahan yang disebut dengan *pozzolanic* karena abu sekam padi mengandung bahan-bahan pozzolan, artinya abu sekam padi dapat bereaksi dengan kapur dalam media air pada suhu kamar membentuk senyawa pengikat. Dengan adanya sifat pozzolan tersebut abu sekam padi memiliki peluang untuk digunakan pada berbagai keperluan konstruksi (Kusumaningrum et al., 2017).

Kuat tekan dan modulus elastisitas merupakan parameter utama mutu beton. kuat tekan mengacu pada ukuran beban per satuan luas yang mengakibatkan benda uji runtuh ketika dibebani oleh gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen dengan agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambahan (jika ada) (Pertiwi, 2011).

Modulus elastisitas suatu material berkaitan erat dengan kekakuan material yang menerima beban. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas maka semakin sedikit lendutan yang mungkin terjadi. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton untuk menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil. Penggunaan bahan tambah pada beton dapat meningkatkan kualitas beton. Abu sekam padi dan serat serabut kelapa merupakan salah satu inovasi bahan tambah yang dapat meningkatkan kekuatan beton dengan dosis tertentu. Bahan

tambah abu sekam padi dan serat serabut kelapa merupakan material limbah yang ada dan guna mendapatkan beton dengan *high strength* sebagai pengganti pasir (Nabhan et al., 2014).

Dalam penelitian ini abu sekam padi (ASP) dan serat serabut kelapa (SSK) digunakan sebagai bahan campuran beton agar limbah tersebut menjadi bahan yang bermanfaat. Abu sekam padi dan serabut kelapa diaplikasikan pada beton untuk mengetahui kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton. Berdasarkan latar belakang tersebut maka disusunlah tugas akhir dengan judul: *“Analisis Modulus Elastisitas Beton Berfiller Abu Sekam Padi Dengan Variasi Persentase Serat Serabut Kelapa Terhadap Berat Beton”*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas yang telah disampaikan, maka dapat ditentukan rumusan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan variasi persentase serat serabut kelapa terhadap modulus elastisitas beton?
2. Bagaimana perbandingan modulus elastisitas beton normal dengan beton berserat serabut kelapa?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi persentase serat serabut kelapa terhadap modulus elastisitas beton.
2. Untuk mengetahui perbandingan modulus elastisitas beton normal dengan beton berserat serabut kelapa.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengujian beton dilakukan untuk mengetahui kualitas beton yang bagus menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
2. Adukan beton diberi bahan tambah serat serabut kelapa sebanyak 0,3%; 0,5%; dan 1% terhadap berat beton.
3. Serat serabut kelapa dipotong sepanjang 5 cm.
4. Adukan beton diberi bahan tambah abu sekam padi sebanyak 1% terhadap berat semen.
5. Pengujian ini menggunakan cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Perendaman beton dilakukan selama 28 hari.
7. Pengujian kuat tekan beton dan modulus elastisitas dilakukan setelah perendaman 28 hari.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi pada modulus elastisitas beton dengan tambahan abu sekam padi dan serat serabut kelapa untuk mendapatkan campuran beton yang baik serta diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam tahap penelitian selanjutnya.

Adapun beberapa manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Abu sekam padi dan serat serabut kelapa dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas.
2. Agar mengurangi limbah abu sekam padi dan serat serabut kelapa yang belum banyak dimanfaatkan.
3. Dengan penelitian yang maksimum diharapkan abu sekam padi dan serat serabut kelapa dapat dijadikan bahan tambah komponen beton yang berkualitas baik dan ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan dilakukan dengan membagi tulisan menjadi beberapa bab, antara lain:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah yang dibahas, tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan umum mengenai teori dari beberapa sumber bacaan yang mendukung terhadap permasalahan yang berkaitan.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang cara-cara yang dilakukan untuk mendapatkan data yang relevan dengan studi kasus terkait.

BAB 4 : ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data yang berhubungan dengan kondisi, langkah kerja yang digunakan dalam analisa data.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang berdasarkan atas hasil pengolahan data yang dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang terdiri dari beberapa bahan penyusun seperti agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), semen dan air. Beton merupakan bahan bangunan yang umum digunakan pada konstruksi bangunan karena material penyusun beton sangat mudah dan terjangkau yang memungkinkan siapa saja dapat membuat campuran beton (Hunggurami et al., 2017).

Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat penting dan banyak digunakan. Beton digunakan untuk membangun berbagai bangunan sebagai bahan utama konstruksi seperti gedung, bangunan air, bangunan sarana transportasi dan bangunan-bangunan lainnya. Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki banyak keunggulan, antara lain kuat menahan gaya tekan, tahan terhadap suhu tinggi maupun rendah, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, serta mudah dikerjakan dengan mencampur semen, agregat, air dan bahan tambah lainnya (Kandi et al., 2012).

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 1996).

Kelebihan Beton:

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, memiliki sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan. Cetakan dapat pula dipakai berulang kali sehingga lebih ekonomis.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan menggunakan *concrete pump* sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit dijangkau.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan Beton:

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberi baja tulangan sebagai penahan gaya tarik.
2. Beton dapat menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

Sifat-sifat mekanik dalam beton yaitu:

1. Kekuatan Tekan (f_c')
2. Kekuatan Tarik: 9-15 % f_c'
3. Modulus Elastisitas $E_c = 4700\sqrt{f_c'}$
4. Susut dan Rangkak.

Ditinjau dari berat isi, beton dibedakan dalam 3 jenis yaitu: beton ringan, beton biasa (normal) dan beton berat seperti terlihat dalam table 2.1.

Tabel 2.1: Jenis beton berdasarkan berat isi (Sudika et al., 2011).

Jenis Beton	Berat Isi (Ton/m³)	Jenis Agregat yang Digunakan
Beton Ringan	Sampai 2,00	Batu tulis, Lempung, Terak daput tinggi dan Batu apung
Beton Biasa	2,00 – 2,90	Pasir, Kerikil/Batu pecah
Beton Berat	>2,80	Bijih besi

Menurut Mulyono (2004) beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis menurut beratnya yaitu beton berat, beton sedang dan beton ringan. Beton juga dapat dibedakan berdasarkan bahan penyusunnya dan penggunaan strukturalnya. Beton jenis lain pada prinsipnya sama dengan beton normal, perbedaannya terletak pada bahan tambahan yang digunakan. Berikut jenis-jenis beton yang digunakan dalam beberapa konstruksi:

1. Beton ringan

Berdasarkan (Mulyono, 2004) agregat yang digunakan pada beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu-bara, dan banyak lagi dari hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekira 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaannya berkisar antara $1440\text{-}1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari $17,2 \text{ MPa}$.

2. Beton normal

Beton Normal adalah beton yang mempunyai berat isi antara $2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$, menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI-03-2834-2000) .

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya (Mulyono, 2004).

4. Beton serat

Merupakan campuran beton ditambah serat, umumnya berupa benang-benang dengan ukuran $5\text{-}500\mu\text{m}$, dengan panjang sekitar 25 mm . Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastic (polypropylene), serat alam, atau potongan kawat baja. Kelemahannya sulit dikerjakan, namun lebih banyak kelebihanannya antara lain kemungkinan terjadi segregasi kecil, daktil dan tahan benturan (Mulyono, 2004).

2.2 Beton Serat

Beton serat adalah beton yang dibuat dengan menambahkan serat. Tujuan penambahan serat ini adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik beton sehingga dapat menahan gaya tarik akibat cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi

pada beton dengan luas permukaan yang besar. Jenis serat yang dapat digunakan pada beton serat dapat berupa serat alami maupun serat buatan (Naim et al., 2018). Serat yang paling umum digunakan untuk perkuatan struktural adalah serat polimer, serat alam dan serat sintetis. Serat alami diperoleh dari tumbuhan, dan kemudian serat tersebut diproses sedemikian rupa agar dapat digunakan untuk perkuatan struktur (Bakri et al., 2022).

Keunggulan beton serat adalah ekonomis (menggunkan bahan dasar yang mudah diperoleh), dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, dapat menerima kuat tekan dengan baik, beton tahan api, tidak busuk atau berkarat, tahan aus, rapat air, awet dan mudah perawatannya. Beton sangat populer dan banyak digunakan baik dalam struktur besar maupun kecil. Oleh karena itu, bahan konstruksi ini dianggap perlu untuk dikembangkan. Salah satu cara untuk mendapatkan bahan bangunan tersebut adalah dengan membuat campuran beton ringan, misalnya dengan mencampurkan limbah serabut kelapa (*coconut fiber*) (Zalukhu et al., 2017).

Serat dalam beton berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktail daripada beton biasa dan meningkatkan kekuatan tarik beton, yang memungkinkan beton tahan terhadap gaya tarik akibat cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaan yang luas. Serat serabut kelapa adalah salah satu alternatif yang digunakan menjadi coir fiber/coco fiber atau serat serabut kelapa (Maulana, 2017). Berikut beberapa jenis serat yang memiliki sifat yang berbeda ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Material properties serat alam (Jawaid et al., 2011).

Serat	Densitas (g/cm ³)	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Regangan (%)
Kelapa sawit	0,7-1,55	248	3,2	2,5
Flax	1,4	88-1500	60-80	1,2-1,6
Hemp	1,48	550-900	70	1,6
Jute	1,46	400-800	10-30	1,8
Ramie	1,5	500	44	2
Sabut	1,25	220	6	15-25

Tabel 2.2: *Lanjutan.*

Serat	Densitas (g/ cm ³)	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Regangan (%)
Sisal	1,33	600-700	38	2-3
Abaka	1,5	980	-	-
Katun	1,51	400	12	3-10
Kenaf (kulit kayu)	1,2	295	-	2,7-6,9
Kenaf (inti)	0,21	-	-	-
Ampas tebu	1,2	20-290	19,7-27,1	1,1
Hanaquen	1,4	430-580	-	3-4,7
Nenas	1,5	170-1672	82	1-3
Pisang	1,35	355	33,8	53

2.3 Material Penyusun Beton Serat

Beton serat adalah beton yang dalam campurannya ditambahkan serat. Salah satu serat alami yaitu serabut kelapa yang mana serat ini menjadi limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai campuran beton. Beton serat serabut kelapa dapat disusun oleh material pembentuk sebagai berikut.

2.3.1 Agregat Halus

Menurut (SNI-03-2834-2000) Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- Pasir Halus: Ø 0-1 mm
- Pasir Kasar: Ø 0-5 mm

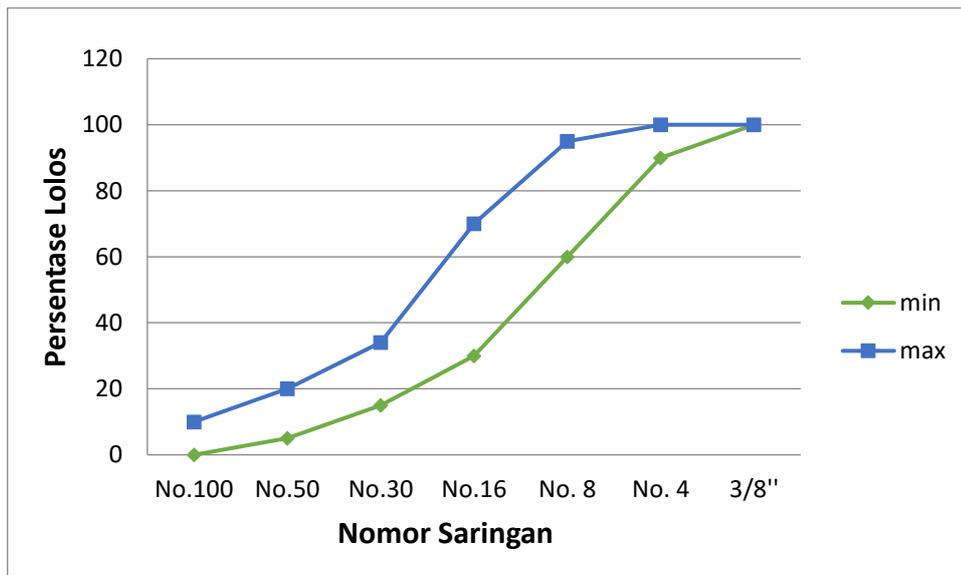
Gradasi agregat halus harus memenuhi syarat seperti Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat halus (SNI-03-2834-2000).

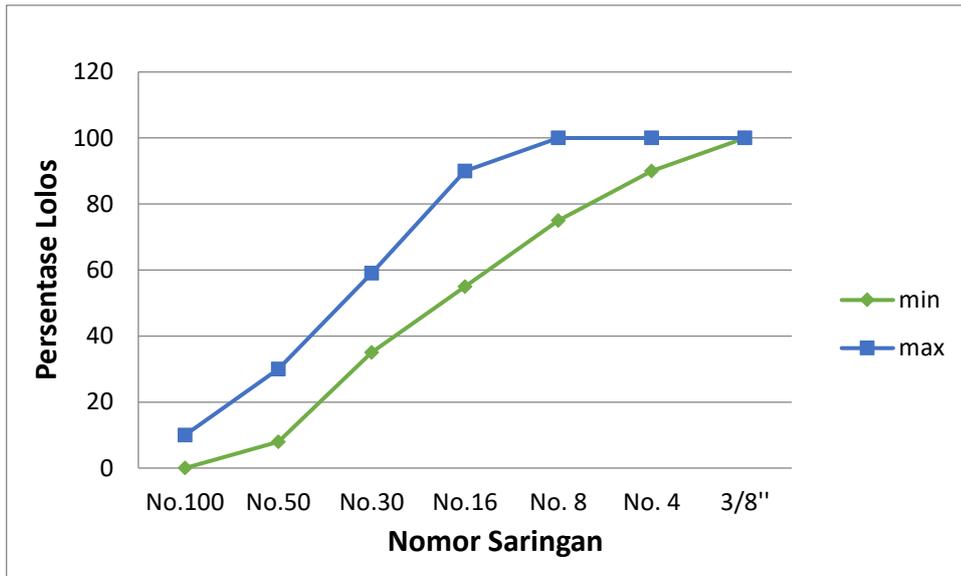
Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Daerah gradasi agregat halus menurut (SNI-03-2834-2000) dengan keterangan:

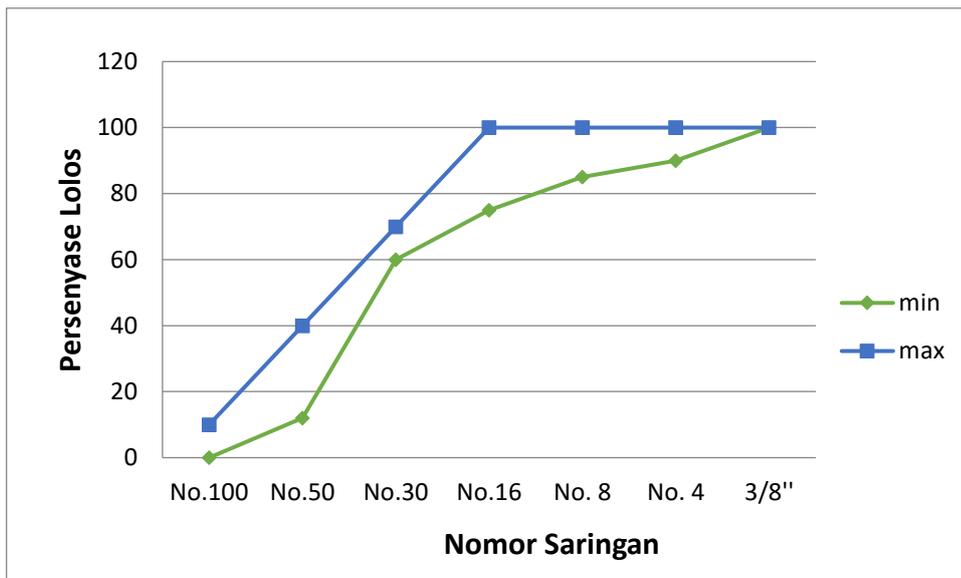
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah Gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



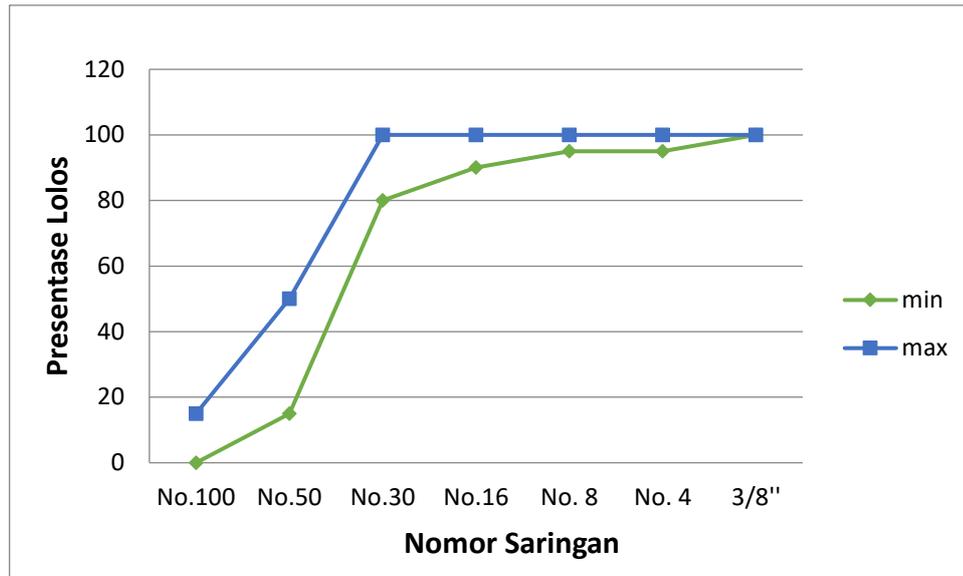
Gambar 2.1: Batas gradasi pasir nomor I (pasir kasar) (SNI-03-2834-2000).



Gambar 2.2: Batas gradasi pasir nomor II (pasir agak kasar) (SNI-03-2834-2000).



Gambar 2.3: Batas gradasi pasir nomor III (pasir agak halus) (SNI-03-2834-2000).



Gambar 2.4: Batas gradasi pasir nomor IV (pasir halus) (SNI-03-2834-2000).

2.3.2 Agregat Kasar

Kekerasan agregat kasar dapat diuji dengan mesin pengaus *Los Angeles* dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%. Dalam hal ini agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton memiliki karakteristik tersendiri.

Menurut (SNI 03-2834-2000) agregat kasar untuk beton harus memenuhi. Persyaratan sebagai berikut:

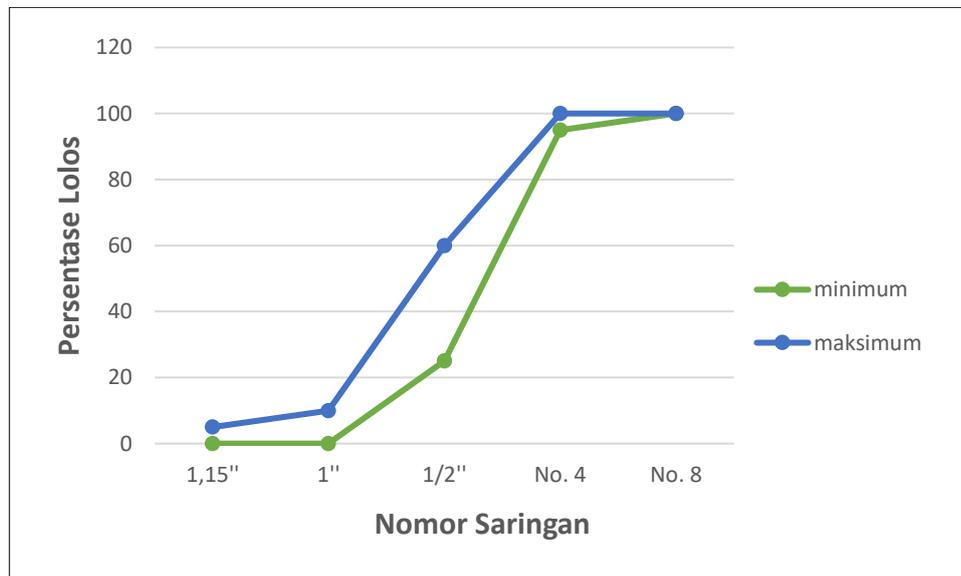
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa di atas 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 kumulatif di atas ayakan yang berurutan adalah maksimal 60% berat total, minimal 10% berat total.

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal diatas ayakan 4,75 mm (SNI-03-2834-2000). Berikut spesifikasi gradasi agregat kasar menurut SNI-03-2834-2000 dijelaskan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Spesifikasi gradasi agregat kasar (SNI-03-2834-2000).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maximum
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

Daerah gradasi agregat kasar menurut (SNI-03-2834-2000) ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Daerah gradasi agregat kasar (SNI-03-2834-2000).

2.3.3 Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang diperoleh dengan cara menghaluskan klinker yang terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat

hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen Portland merupakan bahan pengikat penting dan umumnya digunakan dalam konstruksi bangunan. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat agar membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Sebagai bahan pengikat, peranan semen sangat penting. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknis yang diberikan. Senyawa kimia dari semen Portland tidak terlalu stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air.

Pembentukan produksi hidrasi dan laju reaksi dengan air dari setiap komponen berbeda-beda. Oleh karena itu, sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari.

1. Trikalsium Silikat (C3S) $= 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
2. Dikalsium Silikat (C2S) $= 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
3. Trikalsium Aluminat (C3A) $= 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF) $= 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$

Dua unsur pertama yaitu Trikalsium Silikat dan Dikalsium Silikat pada semen merupakan komponen utama dalam pembuatan semen sehingga merupakan bagian paling dominan dalam memberikan sifat semen. Saat semen terkena air, C3S segera mulai berhidrasi dan menghasilkan panas (Sulianti et al., 2018).

Menurut (SNI 15-2049-2004) 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. Semen Portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan

kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi

Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi

Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.3.4 Air

Dalam pembuatan beton, air menjadi sangat penting karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga mempengaruhi kuat tekan beton jika berlebihan dan akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan naik keatas permukaan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya ikatan antara lapisan-lapisan beton dan menjadi lemah (Sulianti et al., 2018).

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap:

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam dan zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.3.5 Abu Sekam Padi (ASP)

Abu sekam padi adalah bahan tambah yang berupa Pozolan dan termasuk dalam bahan tambah mineral yang cocok digunakan untuk memperbaiki kinerja beton dan mengurangi komposisi penggunaan semen agar tidak terlalu banyak digunakan (Irwansyah, 2021).

Abu sekam padi adalah hasil dari sisi pembakaran sekam padi, abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan di Indonesia karena

produksinya yang tinggi dan penyebaran yang luas. Ketika sekam padi dibakar pada suhu yang terkontrol, abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silika (Rahamudin et al., 2016).

Zhang dan Malhotra (1996) menjelaskan bahwa abu sekam padi mengandung karbon 5,91% hal itu yang menyebabkan abu sekam padi berwarna hitam. Pada analisis kimia dapat dilihat bahwa bahan penyusun utama abu sekam padi adalah silikon dioksida (SiO_2) dengan bobot sebanyak 87,2 %. Sifat dan analisis kimia abu sekam padi ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Sifat dan analisis kimia abu sekam padi (Zhang dan Malhotra, 1996).

Physical tests		
Specific gravity	2.06	-
Passing 45 μm	99.0	%
Nitrogen absorption	38.0	m^2/g
Medium grain size	7	μm
Chemical analysis		
Silicon dioxide (SiO_2)	87.2	%
Aluminum oxide (Al_2O_3)	0.15	%
Ferric oxide (Fe_2O_3)	0.16	%
Calcium oxide (CaO)	0.55	%
Magnesium oxide (MgO)	0.35	%
Sodium oxide (Na_2O)	1.12	%
Potassium oxide (K_2O)	3.68	%
Phosphorus oxide (P_2O_5)	0.50	%
Titanium oxide (TiO_2)	0.01	%
Sulfur trioxide (SO_3)	0.24	%
Carbon (C)	5.91	%
Loss in ignition	8.55	%

Berdasarkan penelitian (Raharja et al., 2013) hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen mengakibatkan peningkatan nilai kuat tekan. Peningkatan terbesar terjadi pada

variasi 10% abu sekam padi yaitu sebesar 18,15% (dari 85,55 MPa menjadi 101,07 MPa). Pengaruh abu sekam padi terhadap modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekannya. Nilai modulus elastisitas juga cenderung mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen, yaitu sebesar 2,45% - 14,11%.



Gambar 2.6: Abu sekam padi.

2.3.6 Serat Serabut Kelapa (SSK)

Serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm yang merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Serat yang dapat diekstraksi terdiri dari 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diekstraksi diperoleh 70 bagian sekam, 18 bagian serat matras, dan 12 bagian serat berbulu.

Beton yang diperkuat serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Fungsi serat sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matrik dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat. Kualitas serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, proporsi berat antar serat, serat panjang dan serat pendek. Serat serabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung lumpur (Sahrudin et al., 2016).

Berdasarkan penelitian (Cook et al., 1978) mengamati bahwa penggunaan serat sabut kelapa yang optimal adalah dengan panjang 37,5 mm dan volume serat sebanyak 7,5%. Penggunaan sabut kelapa dapat menekan biaya pembuatan beton

serat jauh lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan serat pada umumnya seperti serat baja dan serat karbon.



Gambar 2.7: Serat serabut kelapa.

2.3.7 Sika

Sika berfungsi sebagai bahan tambah (*Admixture*) pada beton dan juga sebagai plasticizer pada beton. Bahan tambahan plasticizer adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, air dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Bahan tambahan plasticizer ini diklasifikasikan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan *workability*, dengan memberikan bahan tambahan ini maka kadar air beton dapat dikurangi tanpa kehilangan workabilitas (kemudahan pengerjaannya). Oleh karena itu, bahan tersebut digolongkan secara umum sebagai bahan tambahan untuk mereduksi air.

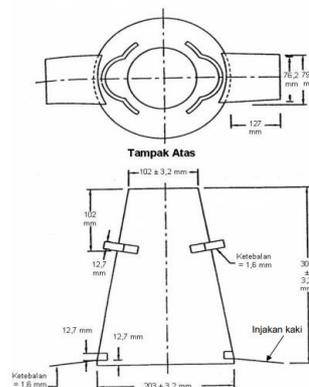
Bahan tambahan plasticizer ini berguna bila ditambahkan pada beton segar yang ingin dimodifikasi sifatnya karena alasan tertentu, akan tetapi tidak dapat dimodifikasi dengan merubah proporsi dari komposisi campuran beton normalnya untuk membuat campuran yang kaku menjadi lebih plastis, dimana dibutuhkan kekuatan yang tinggi dalam hubungannya dengan workabilitas yang baik (Sylviana, 2015).

2.4 Pengujian Beton Segar (*Slump Test*)

Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat.

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan alat berbentuk kerucut terpancung yang memiliki diameter lubang atas 10 cm, diameter lubang bawah 20 cm, tinggi 30 cm serta dilengkapi dengan pegangan di kedua sisi untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat berdiameter 1,6 cm sepanjang 60 cm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.8 (SNI 03-1972-2008).



Gambar 2.8: Kerucut abrams.

2.5 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton adalah pembebanan pada sampel yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan maksimal beton dalam menerima beban. Sehingga nantinya akan diperoleh mutu yang dihasilkan dari setiap sampel beton (Irwansyah, 2021).

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan beton pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pada mesin uji tekan benda uji diletakkan dan diberikan beban sampai benda uji runtuh dan hancur, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Naim et al, 2018).

Menurut Mulyono (2004), bahwa kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Meskipun pada beton terdapat tegangan tarik yang kecil, dapat diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut.

2.6 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah konstanta bahan yang memiliki nilai tertentu untuk bahan tertentu. Semakin kecil modulus elastisitas suatu bahan, maka akan semakin mudah bagi bahan tersebut mengalami perpanjangan atau perpendekan. Begitu pula sebaliknya, semakin besar modulus elastisitas suatu bahan, maka akan semakin sulit bagi bahan tersebut mengalami perpanjangan atau perpendekan (Hamdani et al., 2018).

Menurut (Ikhsan et al., 2016) modulus elastisitas adalah kemiringan garis singgung dari kondisi tegangan nol ke kondisi tegangan 25-50% dari $f'c$ pada kurva tegangan regangan beton. Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya.

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang mana pembuatan benda uji dengan menambahkan abu sekam padi dan serat serabut kelapa. Benda uji akan dicetak dalam bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan akan diuji pada saat umur beton mencapai 28 hari.

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu:

- a. Analisa saringan
- b. Pemeriksaan kadar air agregat
- c. Berat jenis dan penyerapan
- d. Pemeriksaan berat isi agregat
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
- f. Perbandingan dalam campuran beton (Mix Design)
- g. Pengujian Slump (Slump Test)
- h. Pengujian kuat tekan
- i. Pengujian modulus elastisitas

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku-buku maupun jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini. Data teknis yang digunakan yaitu:

- a. SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan beton normal.
- a. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku sebagai acuan yang mendukung jalannya penelitian ini dan laporan praktikum beton sebagai referensi penelitian.
- b. Peraturan tentang metode uji kuat tekan beton dan uji modulus elastisitas beton.

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Persiapan Material

Peneliti mempersiapkan material-material yang akan digunakan seperti agregat

kasar, agregat halus, semen, air, serat serabut kelapa, abu sekam padi dan sika.

2. Pemeriksaan Material

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

3. Mix Design

Dalam pembuatan mix design peneliti dan dosen pembimbing menganalisis dan merencanakan kebutuhan pada campuran beton dengan perhitungan berdasarkan SNI 03-2834-2000.

4. Pembuatan Benda Uji

Selanjutnya adalah proses pembuatan benda uji dengan cara mencampurkan seluruh bahan yang telah diisyaratkan. Proporsi campuran beton meliputi beton normal, beton campuran ASP dan serat serabut kelapa.

5. Pengujian Slump

Pengujian ini dilakukan pada beton segar untuk mengetahui nilai kekentalan dan plastisitas beton. Beton segar akan dimasukkan kedalam kerucut abrams dan akan dirojak dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali kemudian akan di lepas dan dihitung perbandingan penurunan beton segar dari tinggi kerucut abrams.

6. Pencetakan Benda Uji

Dalam proses pencetakan benda uji akan dimasukkan ke dalam cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm dan benda uji akan dikeringkan selama 24 jam.

7. Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji mengering selama 24 jam, benda uji akan direndam dalam bak yang berisi air selama 28 hari.

8. Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

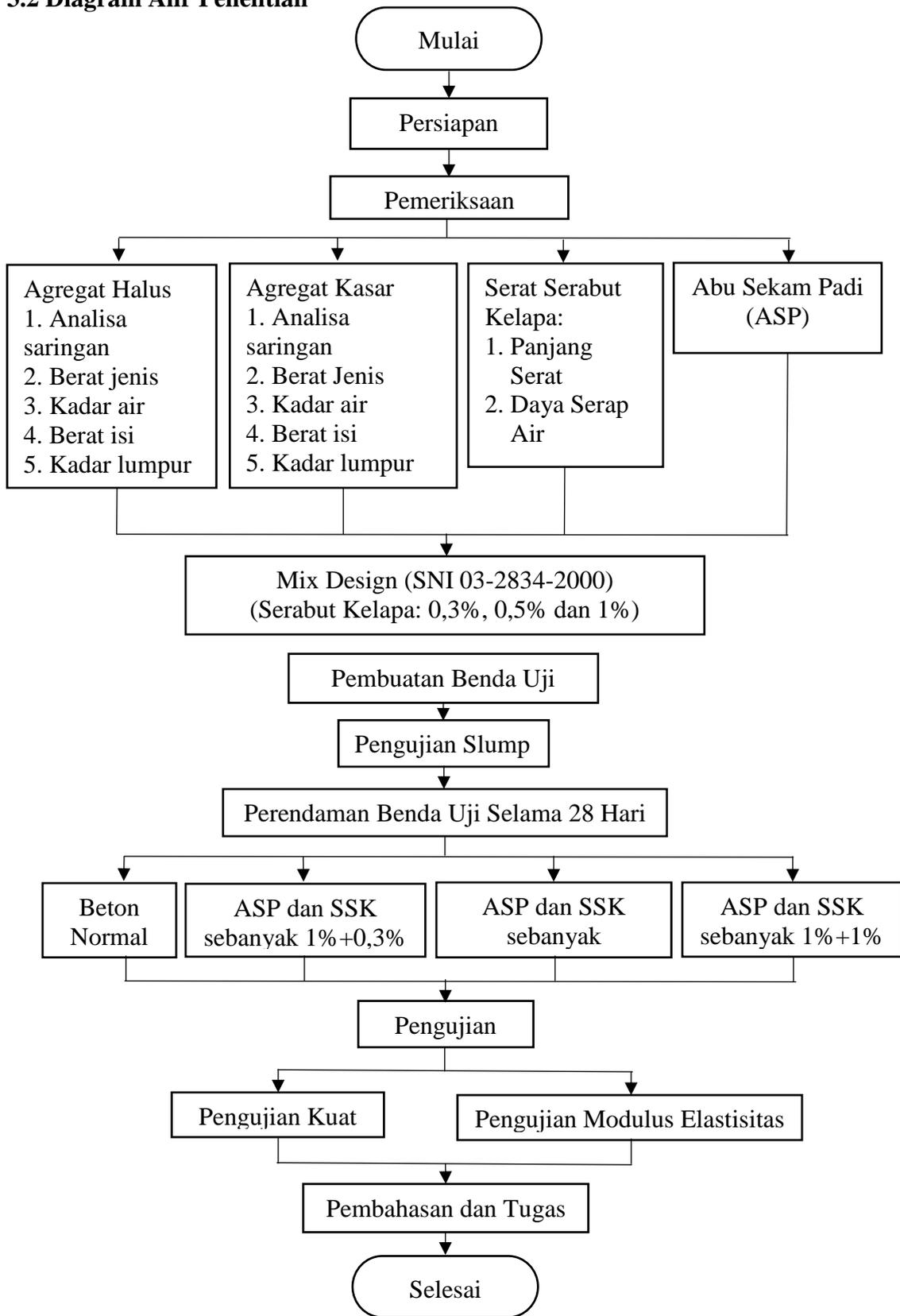
Setelah semua prosedur dilakukan, kemudian dilakukan uji kuat tekan dan modulus elastisitas.

9. Pembahasan dan Tugas Akhir

Setelah pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas selesai dan mendapatkan data, kemudian lakukan pembahasan data dan konsultasi laporan akhir.

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada diagram sebagai berikut:

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1: Diagram alir.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Ayakan/ saringan agregat
Ayakan di penelitian ini menggunakan ayakan No.4, No.8, No.16 dan No.30. Untuk agregat halus sedangkan saringan 1,5'', ¾'' dan 3/8'' untuk agregat kasar.
2. Alat pendukung pengujian material.
3. Timbangan digital.
4. Alat pengaduk beton (*mixer*).
5. Cetakan benda uji kuat tekan dengan cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Mesin kompres (*compression test*).
7. Alat pengukur besarnya perubahan panjang (*dial gauge*).

3.3.2 Bahan

1. Agregat kasar
Agregat kasar dengan material batu pecah yang di dapat dari binjai.
2. Agregat halus
Agregat halus berupa material pasir yang di dapat dari binjai.
3. Semen
Semen yang digunakan adalah semen *Portland Pozzolan Cement* (PPC) dengan lebel Tiga Roda.
4. Air
Air yang digunakan di penelitian ini bersumber dari PDAM Tirtanadi.
5. Abu Sekam Padi
Abu Sekam Padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen pada penelitian ini di dapat dari Daerah deli Serdang.
6. Serat sabut kelapa
Serat sabut kelapa digunakan sebagai bahan tambah pada penelitian ini di dapat dari kota binjai.
7. Sika
Sika yang digunakan adalah sika viscoflow yang berfungsi sebagai *plasticizer*.

3.4 Persiapan Bahan

Material yang telah disiapkan harus dipisahkan agar mempermudah dalam melakukan tahapan penelitian dan agar material tidak tercampur dengan material lainnya. Material dibersihkan dari lumpur dan dilakukan penjemuran pada material yang basah.

3.5 Pengujian Material

3.5.1 Pengujian Analisa Saringan

Analisa saringan adalah penetapan persentase berat butir agregat yang lolos dari satu set saringan yang kemudian hasil persentase digambarkan dalam grafik gradasi agregat berdasarkan (SNI 03-1968-1990). Langkah-langkah pengujian agregat sesuai dengan SNI 03-1968-1990 adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

Dimana satu set saringan yang digunakan meliputi; 76,2 mm (3"); 37,5 mm (1½"); 9,1 mm (¾"); 9,5 mm (3/8"); No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 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).

Setelah diperoleh nilai persentase kumulatif tertahan, maka modulus kehalusan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Modulus Kehalusan (FM)} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif yang tertahan}}{100} \quad (3.1)$$

3.5.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini dilakukan agar mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada agregat yang akan digunakan dalam menghitung volume beton. Pengujian berdasarkan (SNI 03-1969-1990) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a. \text{ Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \quad (3.2)$$

$$b. \text{ Berat Jenis SSD} = \frac{B}{(B-C)} \quad (3.3)$$

$$c. \text{ Berat jenis semu} = \frac{A}{(A-C)} \quad (3.4)$$

$$d. \text{ Penyerapan Air} = \left(\frac{B-A}{A}\right) \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

A = Berat sampel kering oven (gr)

B = Berat sampel kering permukaan jenuh (gr)

C = Berat SSD di dalam air (gr)

3.5.3 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui persentase dari kadar air yang terkandung dalam agregat. Pengujian dilakukan berdasarkan (SNI 03-1971-1990) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

W_3 = berat benda uji semula (gr)

W_5 = berat benda uji kering (gr)

Dengan langkah-langkah proses pengujian sebagai berikut:

1. Timbang dan catatlah berat talam (W_1)
2. Masukkan benda uji ke dalam 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 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap
5. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji serta wadah (W_4)
6. Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.5.4 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui volume beton, kadar semen yang digunakan dan kadar udara dalam beton dalam suatu campuran beton segar. Pengujian dilakukan berdasarkan (SNI 03-1973-1990) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi agregat} : \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.7)$$

Keterangan:

M_c = berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

M_m = berat wadah ukur (kg)

V_m = volume wadah ukur (m^3)

Berdasarkan Laporan Praktikum Beton, ada tiga metode yang digunakan dalam menghitung berat isi yaitu cara lepas, cara tusuk dan cara penggoyangan. Metode tersebut diuraikan sebagai berikut:

1. Cara lepas

- a. Mempersiapkan agregat dalam pan dan alat yang dibutuhkan.
- b. Menimbang wadah dan mencatat beratnya.
- c. Memasukkan contoh bahan sampai penuh dengan sekop secara jatuh bebas dari ketinggian 5 cm di atas permukaan wadah..
- d. Melakukan perataan pada permukaan wadah menggunakan mistar perata.
- e. Kemudian menimbang berat contoh + wadah dan mencatat beratnya.

2. Cara penusukan/rojok

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Menimbang wadah dan mencatatnya.
- c. Memasukkan bahan ke dalam wadah sebanyak 1/3 tingginya kemudian menusuk-nusukkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan/rojokan secara merata.
- d. Melakukan langkah yang sama untuk 2/3 bagian lainnya.
- e. Setelah penuh kemudian meratakan permukaannya dengan mistar perata.
- f. Menimbang berat contoh + wadah dan mencatat beratnya.

3. Cara penggoyangan

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Menimbang wadah dan mencatatnya.
- c. Memasukkan bahan ke dalam wadah sebanyak 1/3 tingginya kemudian menggoyangkan sebanyak 25 kali secara merata.
- d. Melakukan langkah yang sama untuk 2/3 bagian lainnya.

- e. Setelah penuh kemudian meratakan permukaannya dengan mistar perata.
- f. Menimbang berat contoh + wadah dan mencatat beratnya.

3.5.5 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat dilakukan agar mengetahui kelayakan agregat yang akan digunakan dalam campuran beton. Pengujian dilakukan berdasarkan (PBI 1971) pasal 14 ayat 2b dengan metode pengujian sebagai berikut:

1. Keringkan pasir yang akan diujikan.
2. Timbang bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Timbang pasir sebanyak 100 gram lalu masukan dalam 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 ± 15 kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbang.
6. Percobaan diulangi sampai 1 – 5 kali hingga air menjadi jernih.
7. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
8. Masukkan pasir tersebut ke dalam oven dengan suhu $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ selama ± 36 jam.
9. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan lalu ditimbang.
10. Perhitungan Kandungan lumpur berdasarkan rumus berikut berikut.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{B_0 - B'}{B_0} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dimana: B_0 = berat agregat sebelum pengujian (gr) dan B' = berat agregat setelah pengujian (gr).

11. Persentase kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5%, jika didapat kadar lumpur dalam pasir lebih dari 5% maka pasir harus di cuci dahulu.

3.5.6 Abu Sekam Padi

Pada penelitian ini abu sekam padi disaring menggunakan saringan No.100.

3.5.7 Serat Serabut Kelapa

Pada penelitian ini serat serabut kelapa dipotong dengan ukuran 5 cm dan daya serap air dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat setelah direndam air} - \text{Berat sebelum direndam air}}{\text{Berat sebelum direndam air}} \times 100\% \quad (3.9)$$

3.6 Penetapan Benda Uji Beton

Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa sampel benda uji berdasarkan variable-variabel yang telah ditetapkan. Berikut jumlah yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Tabel 3.1: Sampel benda uji rencana kuat tekan.

No	Sabut Kelapa terhadap berat beton	Abu Sekam Padi terhadap berat semen	Jumlah benda uji	Keterangan
1	0%	0%	2	Perendaman dalam bak selama 28 hari
2	0,3%	1%	1	
3	0,5%	1%	1	
4	1%	1%	1	

Tabel 3.2: Sampel benda uji rencana modulus elastisitas.

No	Sabut Kelapa terhadap berat beton	Abu Sekam Padi terhadap berat semen	Jumlah benda uji	Keterangan
1	0%	0%	2	Perendaman dalam bak selama 28 hari
2	0,3%	1%	1	
3	0,5%	1%	1	
4	1%	1%	1	

3.7 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam penelitian ini perencanaan campuran beton (*Mix Design*) menggunakan standar (SNI 03-2834-2000) dan kenaikan sebanyak 10% untuk pembuatan benda uji dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji berlangsung. Berikut langkah-langkah perhitungan *mix design* yaitu:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.10)$$

Keterangan:

S = Deviasi standar

x_i = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

n = Jumlah nilai hasil uji yang harus diambil minimum 30 buah (satu benda uji adalah hasil rata rata dari 2 benda uji)

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

$$\frac{\sum_{i=0}^n X_i}{n} \quad (3.11)$$

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
≥ 30	1,00

1. Menghitung nilai tambah margin

Tabel 3.4: Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000).

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

2. Menghitung kuat tekan beton rata-rata

$$f_{cr} = f'c + S + M \quad (3.12)$$

Keterangan:

f_{cr} = nilai kuat tekan rata-rata

$f'c$ = nilai standar deviasi

S = standar deviasi

M = nilai tambah margin

3. Menentukan jenis/tipe semen

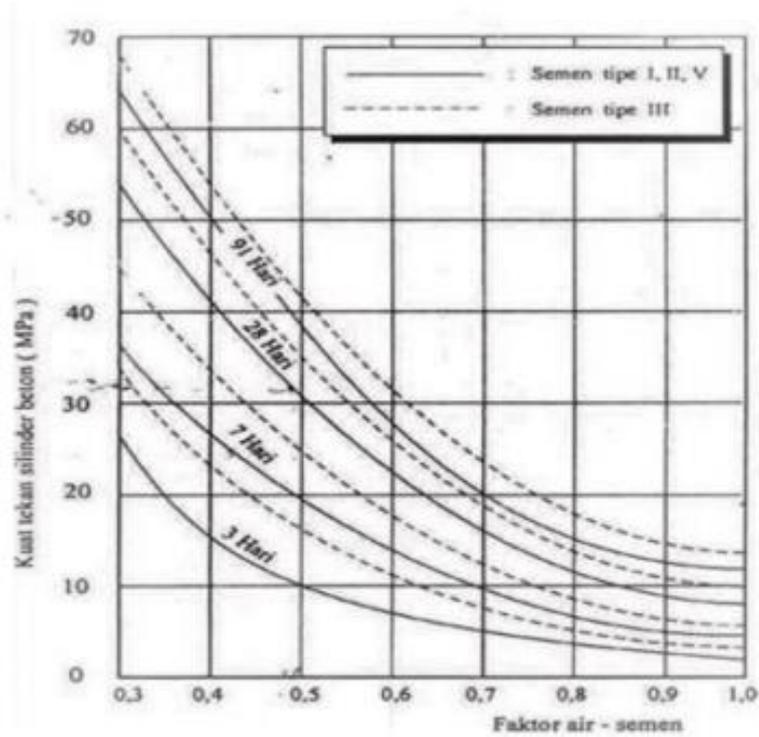
4. Menentukan jenis agregat

5. Penetapan nilai Faktor Air Semen (FAS)

Penetapan nilai faktor air semen bebas berhubungan dengan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian di lapangan sesuai dengan bahan dan pekerjaan yang telah dilakukan. Bila tidak tersedia sata hasil penelitian sebagai referensi maka dapat dipergunakan Tabel 3.5 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.5: Jenis semen dan agregat (SNI 03-2834-2000).

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



Gambar 3.2: Grafik hubungan kuat tekan dengan faktor air semen (SNI 03-2834-2000).

6. Menentukan faktor air semen maksimum atau ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 lebih kecil dari yang diperkirakan, maka yang di pakai nilai terendah.
7. Menetapkan nilai slump.
8. Menentukan besar butiran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
9. Menentukan kadar air bebas berdasarkan Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834-2000).

Slump Test		0-10	10-30	30-60	60-80
Besar butir agregat maksimum	Jenis agregat
10	Batu pecah	150	180	205	225
	Batu tak pecah	180	205	230	250
20	Batu pecah	135	160	180	195
	Batu tak pecah	170	190	210	225
40	Batu pecah	115	140	160	175
	Batu tak pecah	155	175	190	205

10. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen

$$W_{semen} = \frac{w_{air}}{fas} \quad (3.13)$$

Keterangan:

W_{semen} = Jumlah semen (kg/m³)

w_{air} = Kadar air bebas

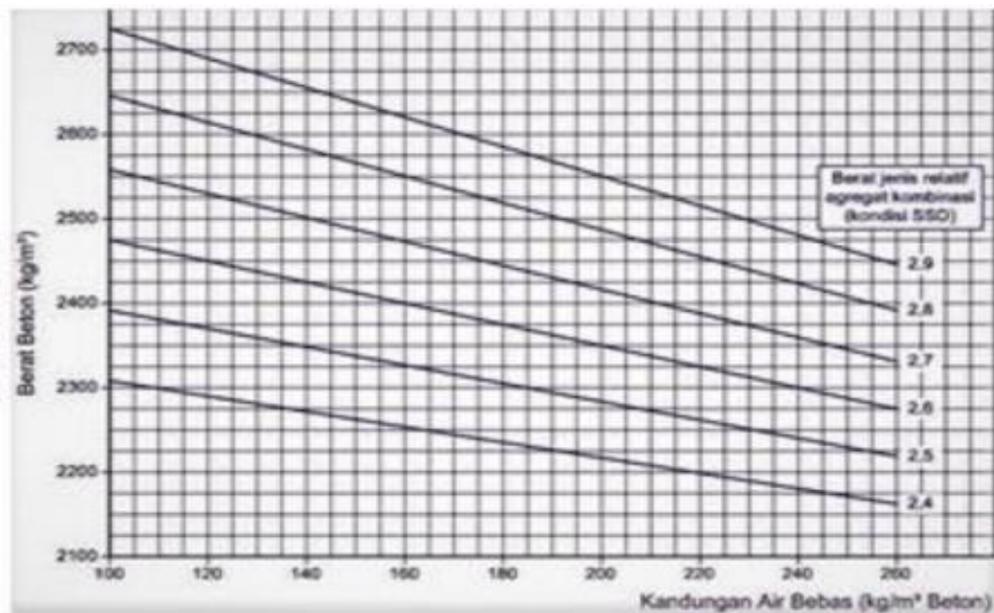
fas = Faktor air semen

11. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan dapat diabaikan
12. Menentukan jumlah semen minimum berdasarkan Tabel 3.7.

Tabel 3.7: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen (SNI 03-2834-2000).

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan kering dan basah secara berganti-ganti.	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali.		
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		
b. Air laut		

13. 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.
14. Menghitung berat jenis relatif agregat dari data hasil uji Laboratorium.
15. Perkiraan berat isi beton berdasarkan Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000).

16. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
17. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya hasil kali pesen butir 18 dengan kadar agregat gabungan.
18. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikurangi kadar agregat halus.
19. Proporsi agregat dalam keadaan kering permukaan.
20. Mengoreksi kembali proporsi campuran perhitungan.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 10 benda uji untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas.

3.10 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan dengan standar (SNI 03-2834-2000) yang bertujuan untuk menentukan plastisitas beton dan juga kondisi kekentalan pada campuran beton segar.

3.11 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton dilakukan setelah beton keluar dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan dengan direndam didalam air sampai saat pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan, yaitu umur 28 hari.

3.12 Pengujian Kuat Tekan

Sebelum dilakukan pengujian, benda uji ditimbang dan diberikan capping pada kedua bagian permukaannya terlebih dahulu, hal ini bertujuan agar benda uji dapat diletakkan berdiri secara tegak pada alat penguji lalu beban tekan diberikan merata arah vertikal dari atas pada seluruh panjang silinder. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan (*compression test machine*). Jumlah sampel direncanakan sebanyak 5 benda uji. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3.14)$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton (kN)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

3.13 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan setelah beton berumur 28 hari menggunakan benda uji berdiameter 25 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 5 benda uji. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengamati besarnya perubahan Panjang regangan silinder beton akibat pembebanan dan besarnya beban yang terjadi pada saat beton mulai retak. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus elastisitas beton sebagai berikut:

$$E_C = 4700\sqrt{f'_c} \quad (3.15)$$

Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut ASTM C 469-94:

$$E_C = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)} \quad (3.16)$$

dengan:

E_C = modulus elastisitas (MPa)

S_2 = tegangan pada arah longitudinal 40% tegangan runtuh (MPa)

S_1 = tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan (MPa)

ϵ_1 = 0,000050

ϵ_2 = Regangan longitudinal yang terjadi akibat tegangan S_2

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diperoleh data analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air dan kadar lumpur agregat. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil mengikuti panduan dari beberapa SNI tentang pemeriksaan agregat dan buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

4.1.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa gradasi agregat halus dilakukan berdasarkan acuan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisa saringan agregat halus. Dari hasil pengujian maka diperoleh data analisa gradasi agregat halus sebagai 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, nilai modulus halus butir (MHB)/modulus kehalusan dapat dihitung menggunakan rumus 3.1 sebagai berikut:

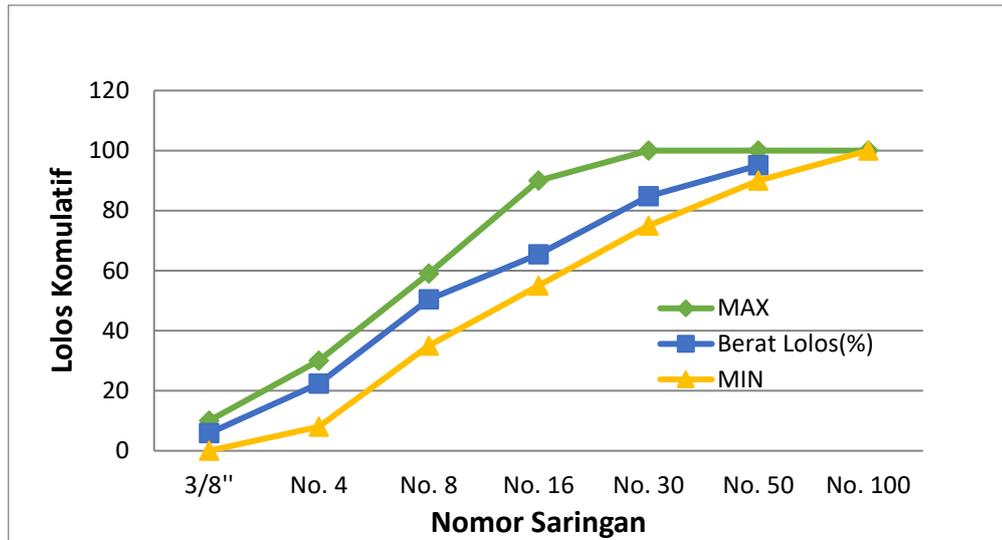
$$\text{Modulus Kehalusan (FM)} = \frac{276,10}{100} = 2,76\%$$

Berdasarkan syarat SNI 03-1750-1990 modulus halus butir yaitu berkisar antara 1,5%-3,8%. Nilai tersebut cukup baik dan telah memenuhi syarat SNI. Daerah gradasi agregat halus dapat ditentukan berdasarkan penetapan persentase berat butir agregat lolos ayakan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).

Nomor Sarigan (No)	Lubang Sarigan (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 4.2 daerah gradasi agregat halus berada dalam batas yang disyaratkan pada Daerah II dengan jenis gradasi pasir sedang. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.1: Grafik batas gradasi agregat halus.

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai persentase lolos kumulatif berada diantara garis butir minimum dan butir maksimum daerah gradasi II dengan jenis pasir sedang dan telah memenuhi batas yang disyaratkan.

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-1990 dapat dihitung menggunakan rumus 3.2; 3.3; 3.4 dan 3.5. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3.

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 permukaan (SSD), (B)	500	500	500
Berat pasir kering mutlak, (A)	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 = $(A / (B + D - C))$	2,16	2,09	2,13
Berat jenis kering muka = $(B / (B + D - C))$	2,22	2,25	2,24
Berat jenis semu = $(A / (A + D - C))$	2,30	2,49	2,40
Penyerapan air, $[(B - A / A) \times 100\%]$	2,88	7,76	5,32

Dari Tabel 4.3 hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh berat jenis kering muka sebesar 2,24 gr/cm³ dan penyerapan air rata-rata agregat halus adalah sebesar 5,32%. Berdasarkan SK SNI T-15-1990 angka berat jenis kering muka normal berada diantara 2,2-2,7%. Oleh karena itu, agregat yang digunakan telah memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan beton.

4.1.3 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat adalah besarnya nilai perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering dan dinyatakan dalam satuan persen. Nilai kadar air digunakan untuk menentukan takaran air pada adukan beton. Pengujian kadar air dapat dihitung menggunakan rumus 3.6. Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: 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 Tabel 4.4 pengujian kadar air agregat halus menggunakan 2 sampel dimana nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 4,33% dan sampel 2 sebesar 6,25% sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 5,43%.

4.1.4 Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi dilakukan dengan tiga cara yaitu, cara lepas, cara tusuk dan cara penggoyangan. Pengujian berat isi dapat dihitung menggunakan rumus 3.7. Hasil dari pengujian berat isi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

Uraian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata	Satuan
Berat contoh	2505	25430	25150	25210	gr
Berat wadah	6400	6400	6400	6400	gr
Berat contoh dan wadah	31450	31830	31550	31610	gr
Volume wadah	15458,9	15458,9	15458,9	15458,9	cm ³
Berat isi	1,62	1,64	1,63	1,63	gr/cm ³

Dari Tabel 4.5 diperoleh hasil berat isi rata-rata sebesar 1,63 gr/cm³. Berdasarkan SII No.52-1980 batas minimal berat isi adalah 1,2 gr/cm³. Oleh karena itu, hasil berat isi rata-rata masih dalam batas yang diizinkan.

4.1.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur adalah untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat. Kandungan lumpur yang berlebih akan membuat ikatan agregat dengan semen akan rapuh sehingga kuat tekan beton tidak akan diperoleh. Pengujian kadar lumpur dapat dihitung menggunakan rumus 3.8. Hasil dari pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Wadah (W1), gr	511	507
Berat pasir kering mutlak (W2), gr	500	500
Berat pasir setelah dicuci dan di oven lagi (W3), gr	995	992

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat lumpur (W4), gr	16	15
Kadar lumpur %	3,2	3
Kadar lumpur rata-rata %	3,10	

Dari Tabel 4.6 hasil pengujian kadar lumpur diperoleh nilai sebesar 3,10%. Berdasarkan Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI, 1982) pasir yang dapat digunakan untuk bahan bangunan kandungan lumpurnya tidak lebih dari 5%. Oleh karena itu, agregat halus yang telah diuji dapat digunakan dalam pembuatan beton.

4.1.6 Sifat-Sifat Fisik Agregat Halus

Sifat-sifat fisik pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil Pengujian sifat-sifat fisik agregat halus.

No.	Hasil Uji	Satuan	Nilai
1	Modulus kehalusan (FM)	%	2,76
2	Besar butir agregat maksimum	mm	0,15
3	Berat jenis	gr/cm ³	2,24
4	Penyerapan	%	5,32
5	Kadar air	%	5,43
6	Berat isi	gr/cm ³	1,63
7	Kadar lumpur	%	3,10

4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimum 40 mm. Berdasarkan acuan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisa saringan agregat kasar. Dari hasil pengujian maka diperoleh data analisa gradasi agregat kasar sebagai berikut.

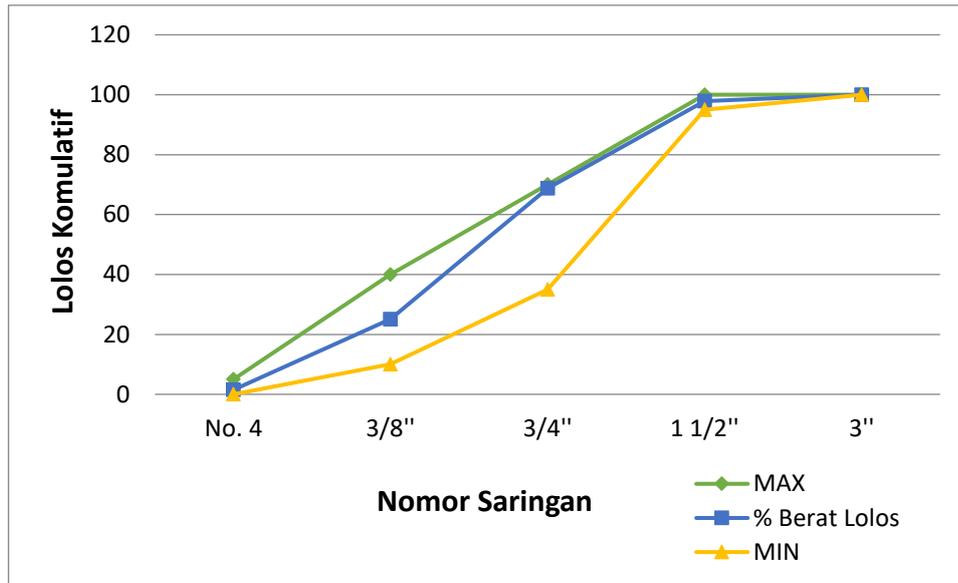
Tabel 4.8: Hasil pengujian pengujian analisa saringan agregat kasar.

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase 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 4.8, nilai modulus halus butir (MHB)/modulus kehalusan dapat dihitung menggunakan rumus 3.1 sebagai berikut:

$$\text{Modulus Kehalusan (FM)} = \frac{698,25}{100} = 6,98\%$$

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



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat kasar.

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai persentase lolos kumulatif berada diantara garis butir minimum dan butir maksimum dengan daerah gradasi jenis besar butir maksimum 40 mm dan telah memenuhi batas yang disyaratkan.

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-1990 dapat dihitung menggunakan rumus 3.2; 3.3; 3.4 dan 3.5. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), (A)	6446	6466	6456
Berat kerikil kering mutlak, (B)	6284	6307	6296
Berat kerikil 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 Tabel 4.9 hasil pengujian berat jenis jenuh kering muka diperoleh angka rata-rata sebesar 2,69 gr/cm³ dan penyerapan air rata-rata agregat halus adalah sebesar 2,55%. Berdasarkan SK SNI T-15-1990 angka berat jenis kering muka normal berada diantara 2,2-2,7%. Oleh karena itu, agregat tersebut telah memenuhi syarat dan dapat digunakan dalam pembuatan beton.

4.2.3 Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat adalah besarnya nilai perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering dan dinyatakan dalam satuan persen. Nilai kadar air digunakan untuk menentukan takaran air pada adukan beton. Pengujian kadar air dapat dihitung menggunakan rumus 3.6. Hasil pengujian kadar air 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 Tabel 4.10 pengujian kadar air agregat kasar menggunakan 2 sampel dimana nilai kadar air pada sampel 1 sebesar 1,58% dan sampel 2 sebesar 0,94% sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 1,26%.

4.2.4 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi dilakukan dengan tiga cara yaitu, cara lepas, cara tusuk dan cara penggoyangan. Pengujian berat isi dapat dihitung menggunakan rumus 3.7. Hasil dari pengujian berat isi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: 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 dan wadah	28850	29040	30040	29310	gr
Volume wadah	15458,9	15458,9	15458,9	15458,9	cm ³
Berat isi	1,45	1,46	1,53	1,48	gr/cm ³

Dari Tabel 4.11 diperoleh hasil berat isi rata-rata sebesar 1,48 gr/cm³. Berdasarkan SII No.52-1980 batas minimal berat isi adalah 1,2 gr/cm³. Oleh karena itu, hasil berat isi rata-rata masih dalam batas yang diizinkan.

4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur dapat dihitung menggunakan rumus 3.8. Data hasil pengujian kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: 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 di oven lagi (W3), gr	1977	2042
Berat lumpur (W4), gr	17	24
Kadar lumpur	1,15	1,63
Kadar lumpur rata-rata %	1,39	

Dari Tabel 4.12 diperoleh persentase kadar lumpur agregat kasar dengan rata-rata 1,39%. Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F batas kadar lumpur yang diijinkan yaitu maksimal 5%. Oleh karena itu, agregat kasar dapat digunakan dalam pembuatan beton.

4.2.6 Sifat-Sifat Fisik Agregat Kasar

Sifat-sifat fisik pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hasil pengujian sifat-sifat fisik agregat kasar.

No.	Hasil Uji	Satuan	Nilai
1	Modulus kehalusan (FM)	%	6,98
2	Besar butir agregat maksimum	mm	40
3	Berat jenis	gr/cm ³	2,69
4	Penyerapan air	%	2,55
5	Kadar air	%	1,26
6	Berat isi	gr/cm ³	1,48
7	Kadar lumpur	%	1,39

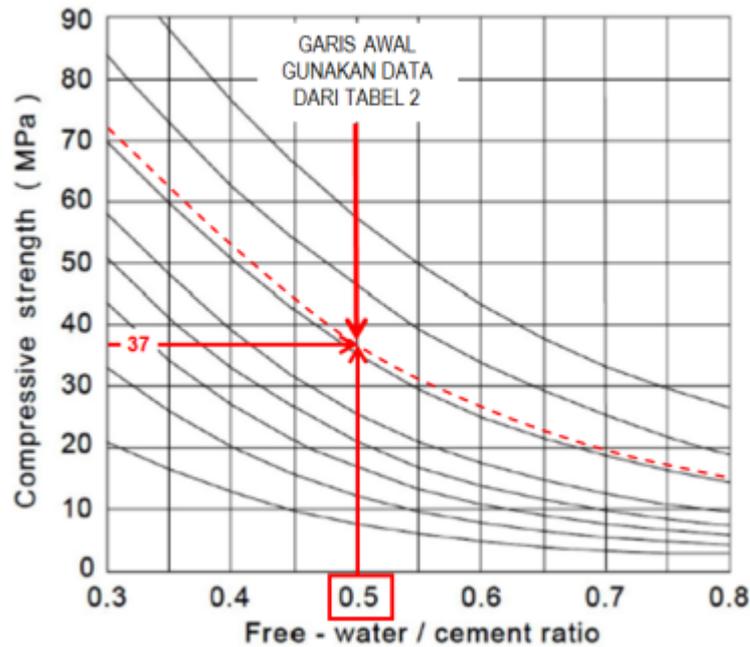
4.3 Perencanaan Campuran Beton

4.3.1 *Mix Design* Beton

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

1. Kuat tekan yang direncanakan = 25 MPa.
2. Menentukan nilai tambah/margin (M)
Nilai tambah dapat diperoleh dari SNI 03-2834-2000, karena jumlah benda uji yang telah dibuat adalah 10 buah maka jumlah data uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{ct} harus diambil tidak kurang dari ($f'c + 12$ MPa).
3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}) = $f'c + M$
 $f_{cr} = 25 + 12$
 $f_{cr} = 37$ MPa
4. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen portland tipe I.
5. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu pasir alami yang berasal dari Binjai.
6. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah yang berasal dari *quarry* Binjai dengan ukuran maksimal 40 mm.
7. Penetapan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Pada Tabel 3.6 jenis semen tipe I, dengan menggunakan jenis agregat kasar batu pecah dan benda uji silinder memiliki kuat tekan sebesar 37 MPa pada umur 28 hari dengan nilai FAS yang digunakan sebesar 0,5. Karena kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) adalah 37 MPa, maka penarikan garis tidak diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Hubungan FAS dengan kuat tekan (SNI 03-2834-2000).

8. Penetapan Kebutuhan Air

Penentuan kebutuhan air dapat digunakan berdasarkan Tabel 3.7, langkah-langkah penentuan kebutuhan air sebagai berikut.

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

Batu tak dipecah/alami (W_h) = 160

Batu pecah (W_k) = 190

d. Kebutuhan air = $\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$ (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 3.5 diperoleh penentuan jumlah semen minimum sebagai berikut:

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

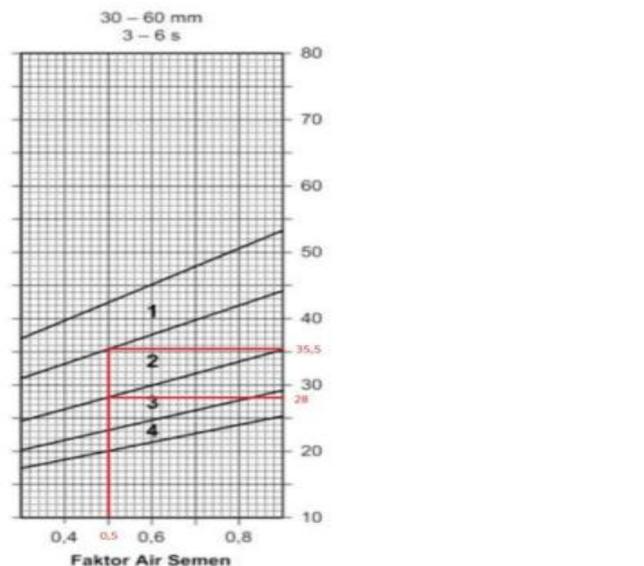
$$\text{Jumlah semen} = 170/0,5$$

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

Kadar semen minimum dengan jenis pembetonan di dalam ruangan bangunan serta beton berada pada lingkungan tidak korosif adalah 275 kg/m^3 . Berdasarkan perhitungan, jumlah semen lebih besar dibandingkan dengan kadar semen minimum maka digunakan jumlah semen yaitu 340 kg/m^3 .

10. Penentuan Persentase Agregat

- Cara menentukan persentase agregat yaitu menentukan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu seperti pada Gambar 4.4 di bawah. Kemudian, menentukan titik faktor air semen (FAS) yaitu 0,5 berdasarkan perhitungan sebelumnya.
- Setelah faktor air semen (FAS) sudah ditentukan, lalu tarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu gradasi 2.
- Setelah garis faktor air semen (FAS) sudah bersinggungan dengan garis batas gradasi 2, selanjutnya tarik garis tegak lurus ke arah kanan, sehingga diperoleh batas bawah dan batas atasnya.



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

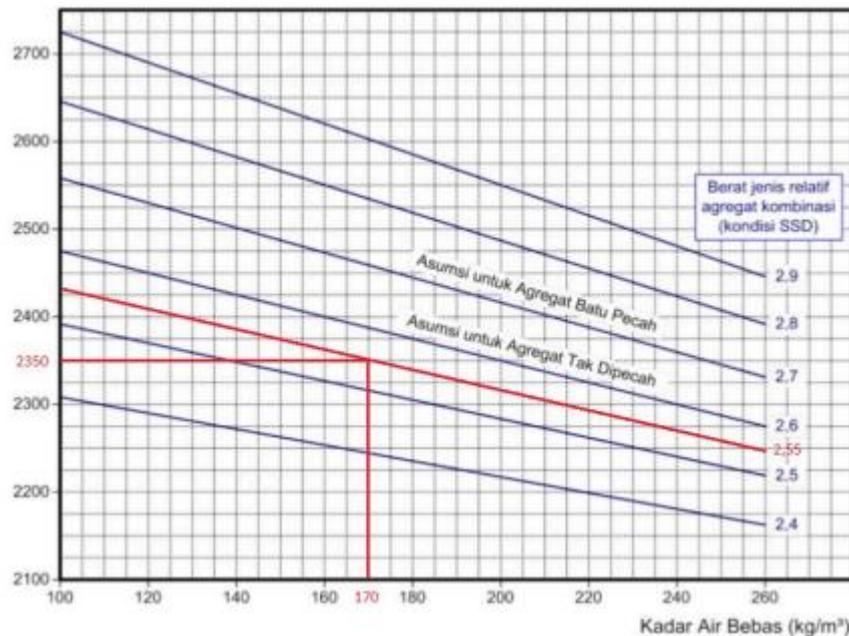
d. Dari gambar 4.4 diperoleh data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= 28 \\ \text{Batas atas} &= 35,5 \\ \text{Persentase agregat halus} &= \frac{28+35,5}{2} \approx 32\% \\ \text{Persentase agregat kasar} &= 100\% - 32\% = 68\% \end{aligned}$$

11. Berat Jenis Agregat

$$\begin{aligned} \text{a. Berat jenis SSD pasir} &= 2,24 \\ \text{b. Berat jenis SSD kerikil} &= 2,69 \\ \text{c. Berat jenis gaabungan} &= \left(\frac{32}{100} \times 2,24\right) + \left(\frac{68}{100} \times 2,69\right) = 2,55 \end{aligned}$$

12. Penetapan Berat Isi Beton



Gambar 4.5: Penentuan berat isi beton basah (SNI 03-2834-2000).

Dari Gambar 4.5 diperoleh berat isi beton sebesar 2350 kg/m^3

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

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

$$\text{Berat agregat kasar} = 1840 - 588,8 = 1251,1 \text{ kg/m}^3$$

15. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan, maka jumlah semen, air, agregat halus dan agregat kasar yang dibutuhkan per m^3 adukan sebagai berikut:

- a. Semen = 340 kg/m^3
- b. Air = 170 kg/m^3
- c. Pasir = $588,8 \text{ kg/m}^3$
- d. Kerikil = $1251,2 \text{ kg/m}^3$

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:

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

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

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

Keterangan:

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

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

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

$$C_a \text{ adalah absorpsi agregat halus} = 5,32\%$$

$$D_a \text{ adalah absorpsi agregat kasar} = 2,55\%$$

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

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

Maka proporsi terkoreksi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{a. Air} &= 170 - (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} - (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\ &= 185,49 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Agregat halus} &= 588,8 + (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} \\ &= 589,45 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Agregat kasar} &= 1251,2 + (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\ &= 1235,06 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Rekapitulasi *mix design* beton dengan mutu 25 MPa menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Rekapitulasi mix design beton mutu 25 MPa.

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana ($f'c$)	25	MPa
2	<i>Deviasi Standart</i>	-	MPa
3	Nilai tambah	12	MPa
4	Kuat tekan beton ditargetkan (fcr)	37	MPa
5	Jenis semen	Tipe I	-
6	Faktor air semen (FAS)	0,5	m ³
7	Ukuran agregat maksimum	40	mm
8	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh)	160	-
9	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (Wk)	190	-
10	Jumlah air yang digunakan	170	kg/m ³
11	Bj agregat halus	2,24	gr/cm ³
12	Bj agregat kasar	2,69	gr/cm ³
13	Bj butiran agregat gabungan	2,55	gr/cm ³
14	Persen agregat halus	32	%
15	Persen agregat kasar	68	%
16	Berat isi beton	2350	kg/m ³
17	Kadar agregat gabungan	1840	kg/m ³
18	Kadar agregat halus	588,8	kg/m ³
19	Kadar agregat kasar	1251,2	kg/m ³
20	Jumlah semen yang digunakan	340	kg/m ³
21	Jumlah air terkoreksi	185,49	kg/m ³
22	Jumlah agregat halus terkoreksi	589,45	kg/m ³
23	Jumlah agregat kasar terkoreksi	1235,06	kg/m ³
24	Perbandingan semen : pasir : batu pecah : air	1 : 1,73 : 3,68 : 0,5	kg/m ³

4.3.2 Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan berat dan volume masing-masing agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Untuk tiap silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm maka diperoleh perhitungan sebagai berikut:

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

Setelah dihitung maka diperoleh volume tiap satu silinder adalah 0,0053 m³, dengan hasil tersebut volume silinder dapat dihitung dengan cara mengalikan setiap agregat dengan volume silinder dan dikali 110% untuk menghindari tercecernya adukan beton pada saat dilakukannya *mix design* dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

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

Pada penelitian ini, untuk perhitungan *mix design* beton dengan bahan tambah abu sekam padi (ASP) maka perhitungan semennya berubah dikarenakan ASP berperan sebagai pengganti (*filler*) sehingga berat semen akan dikurangi dengan berat ASP yang penggunaannya yaitu 1% dari berat semen, maka dengan demikian hasil *mix design* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{ASP} &= 1\% \times 1,98 = 0,02 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 1,98 - 0,02 = 1,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

Serta penambahan sika sebagai *admixture* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Massa jenis sika} = 1,07 \text{ Kg/L} \quad 0,45\% \times 1,98 = 0,0089 / 1,07 = 0,0083 \text{ ml} = 8 \text{ ml}$$

Pada penelitian ini juga ditambahkan serat serabut kelapa (*additive*) sebesar 0,3%; 0,5% dan 1% dari berat keseluruhan beton. Akan tetapi, penggunaan serabut kelapa ini tidak mengurangi berat apapun, hanya saja perlu adanya perhitungan penyerapan air yang diakibatkan oleh serat kelapa yang ditambahkan terhadap berat air campuran. Besarnya penyerapan air pada serabut kelapa dapat dihitung menggunakan rumus 3.9 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Absorpsi serabut kelapa} &= \left[\frac{90-40}{40} \right] \times 100\% \\ &= 125\% \end{aligned}$$

Keterangan:

(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

Maka berat masing-masing variasi serat serabut kelapa dan kebutuhan air untuk tiap benda uji silinder sebagai berikut:

a. Serat serabut kelapa 0,3%

$$\text{Jumlah serat} = 13,7 \times 0,3\% = 0,041 \text{ kg}$$

$$\text{Penambahan air} = 0,041 \times 125\% = 0,051 \text{ liter}$$

b. Serat serabut kelapa 0,5%

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

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

c. Serat serabut kelapa 1%

$$\text{Jumlah serat} = 13,7 \times 1\% = 0,137 \text{ kg}$$

$$\text{Penambahan air} = 0,137 \times 125\% = 0,171 \text{ liter}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan *mix design* silinder beton 25 MPa dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Rekapitulasi hasil perhitungan *mix design*.

No.	Kode	Jumlah (buah)	Bahan Penyusun Beton (kg)						Berat Sampel (kg)
			AH	AK	S	A	ASP	SSK	
1	FOS1	2	3,44	7,20	1,98	1,08	0	0	13,70
2	FOS2	2	3,44	7,20	1,98	1,08	0	0	13,70
3	FS1	1	3,44	7,20	1,96	1,13	0,02	0,041	13,79
4	FS2	1	3,44	7,20	1,96	1,17	0,02	0,069	13,86
5	FS3	1	3,44	7,20	1,96	1,25	0,02	0,137	14,01
6	FS4	1	3,44	7,20	1,96	1,13	0,02	0,041	13,79
7	FS5	1	3,44	7,20	1,96	1,17	0,02	0,069	13,86
8	FS6	1	3,44	7,20	1,96	1,25	0,02	0,137	14,01
Total		10	27,52	57,60	15,72	9,26	0,12	0,494	110,71

Keterangan:

AH = Agregat Halus

A = Air

AK = Agregat Kasar

ASP = Abu Sekam Padi

S = Semen

SSK = Serat Serabut Kelapa

4.4 Hasil Pengujian *Slump*

Uji *slump* adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan *workability* pada campuran beton segar agar diketahui apakah campuran tersebut dapat digunakan atau tidak. Pengujian *slump* juga dapat memperlihatkan berapa banyak air yang digunakan dalam campuran beton, apakah air di dalam campuran beton kekurangan, kelebihan atau cukup air. Jika campuran beton terlalu cair maka akan menyebabkan mutu beton rendah dan lama mengering. Sedangkan, jika campuran beton yang kekurangan air maka akan menyebabkan adukan beton tidak merata dan sulit untuk dicetak serta mudah terjadi pecah dan retakan pada beton.

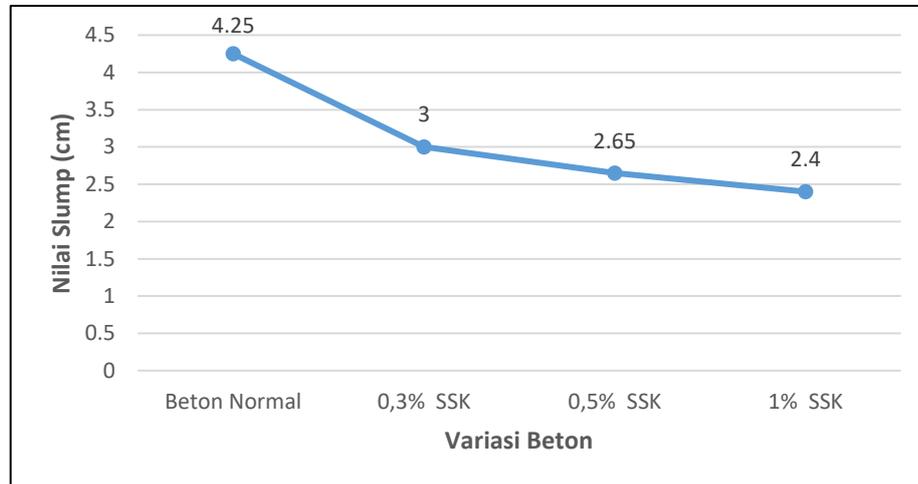
Pada penelitian ini, pengujian *slump* dilakukan sebanyak sekali dalam setiap pengerjaan campuran beton normal maupun dengan campuran abu sekam padi dan serat serabut kelapa. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Hasil Pengujian *Slump*.

No.	Variasi	Tinggi Slump (cm)
1	Beton Normal	4,25
2	1% ASP + 0,3% SSK	3
3	1% ASP + 0,5% SSK	2,65
4	1% ASP + 1% SSK	2,4

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat dilihat perbandingan nilai *slump* antara beton normal, beton variasi: 1% ASP + 0,3% SSK; 1% ASP + 0,5% SSK; 1% ASP + 1% SSK. Pada beton normal didapat nilai *slump* sesuai rencana 3-6 cm yang disebabkan tidak ada campuran ASP dan SSK, sedangkan pada beton variasi campuran mendapatkan nilai *slump* rata-rata yang lebih rendah dari target rencana (3-6 cm) seperti pada Gambar 4.6. hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat serabut kelapa dapat mengakibatkan penurunan *workability* campuran beton.

Berdasarkan (Zai et al., 2022) hasil pengujian *slump* pada beton normal yaitu 12 cm dan terjadi penurunan pada beton variasi 0,15% dengan nilai *slump* 11 cm, pada beton variasi 0,3% nilai *slump* 10 cm dan pada beton variasi 0,45% nilai *slump* sebesar 9,5 cm.



Gambar 4.6: Grafik rata-rata *slump test*.

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 10 sampel. Sebelum pengujian dilakukan, bagian atas dan bawah benda uji dipasang *capping* agar permukaan bidang tekan menjadi rata sehingga beban yang diterima dapat terdistribusi secara merata. Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus 3.14. Berikut hasil perhitungan pengujian kuat tekan beton:

a. Beton Normal (FOS1A):

$$\text{Beban (P)} = 748 \text{ kN}$$

$$\text{Luas Silinder (A)} = 17671,46 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan (f'c)} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{748000}{17671,46} \\ &= 42,33 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b. Beton Normal (FOS1B):

$$\text{Beban (P)} = 450 \text{ kN}$$

$$\text{Luas Silinder (A)} = 17671,46 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan (f'c)} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{450000}{17671,46} \\ &= 25,46 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c. Beton Variasi 1% ASP + 0,3% SSK:

$$\begin{aligned} \text{Beban (P)} &= 738 \text{ kN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f'c)} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{738000}{17671,46} \\ &= 41,76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

d. Beton Variasi 1% ASP + 0,5% SSK:

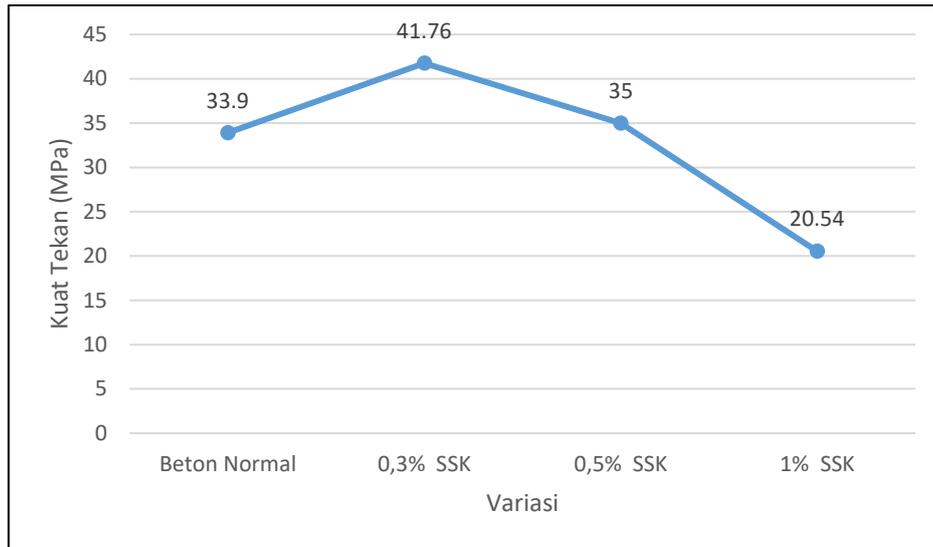
$$\begin{aligned} \text{Beban (P)} &= 635 \text{ kN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f'c)} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{635000}{17671,46} \\ &= 35 \text{ MPa} \end{aligned}$$

e. Beton Variasi 1% ASP + 1% SSK:

$$\begin{aligned} \text{Beban (P)} &= 363 \text{ kN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f'c)} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{363000}{17671,46} \\ &= 20,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tabel 4.17: Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan.

No.	Variasi	Beban (kN)	Luas Permukaan (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)
1	Beton normal	599	17671,46	33,90
2	1% ASP + 0,3% SSK	738	17671,46	41,76
3	1% ASP + 0,5% SSK	635	17671,46	35
4	1% ASP + 1% SSK	363	17671,46	20,54



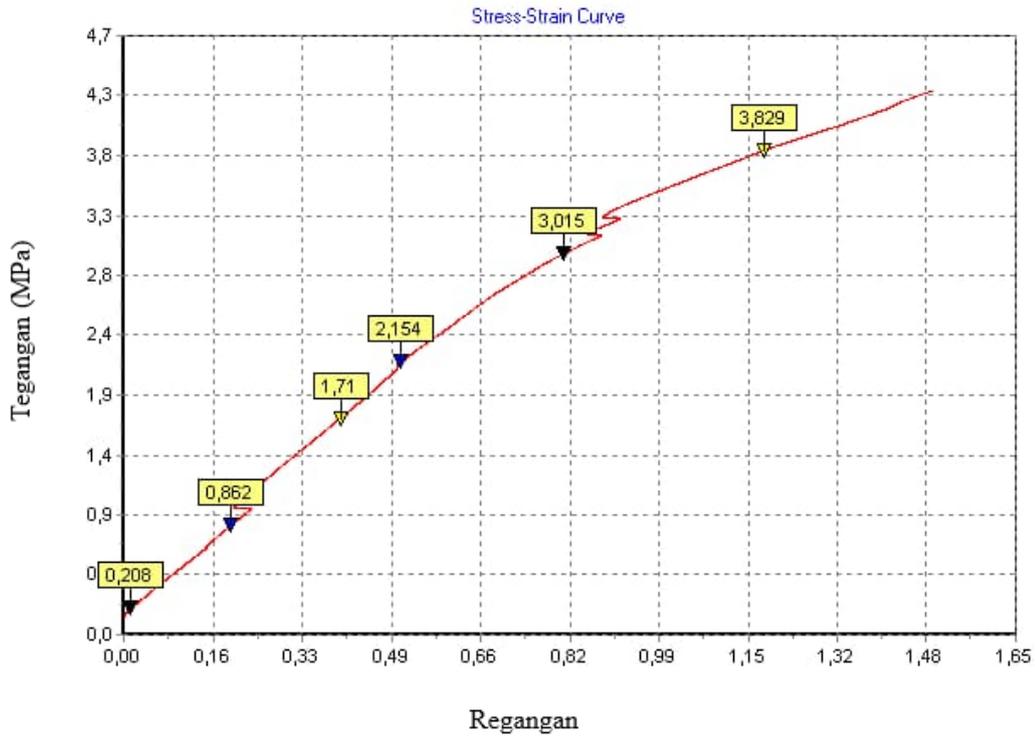
Gambar 4.7: Grafik kuat tekan beton.

Berdasarkan perhitungan dan gambar di atas diperoleh beton variasi 0,3% SSK + 1% ASP memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 41,76 MPa. Pada beton variasi 0,5% SSK + 1% ASP memiliki nilai kuat tekan sebesar 35 MPa. Sedangkan beton variasi 1% SSK + 1% ASP memiliki nilai kuat tekan terendah yaitu sebesar 20,54 MPa. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak persentase serat serabut kelapa maka semakin rendah kuat tekannya.

4.6 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas menggunakan metode ASTM C-469-94, pengujian modulus elastisitas beton menggunakan alat kuat tekan beton dan *dial gauge* (alat uji modulus elastisitas beton). pengujian dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari pada beton normal dan beton dengan bahan tambah serat serabut kelapa 0,3%; 0,5% dan 1% dan abu sekam padi 1%. Modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan rumus 3.16. Berikut hasil pengujian modulus elastisitas beton:

1. Modulus elastisitas pada beton normal



Gambar 4.8: Grafik stress strain beton dengan beton normal.

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

Dimana:

$$S_2 = 40\% \times 17,22048586 = 6,888194$$

$$S_1 = 2,834895419$$

$$\epsilon_2 = 0,00067136$$

$$\epsilon_1 = 0,000050$$

Maka:

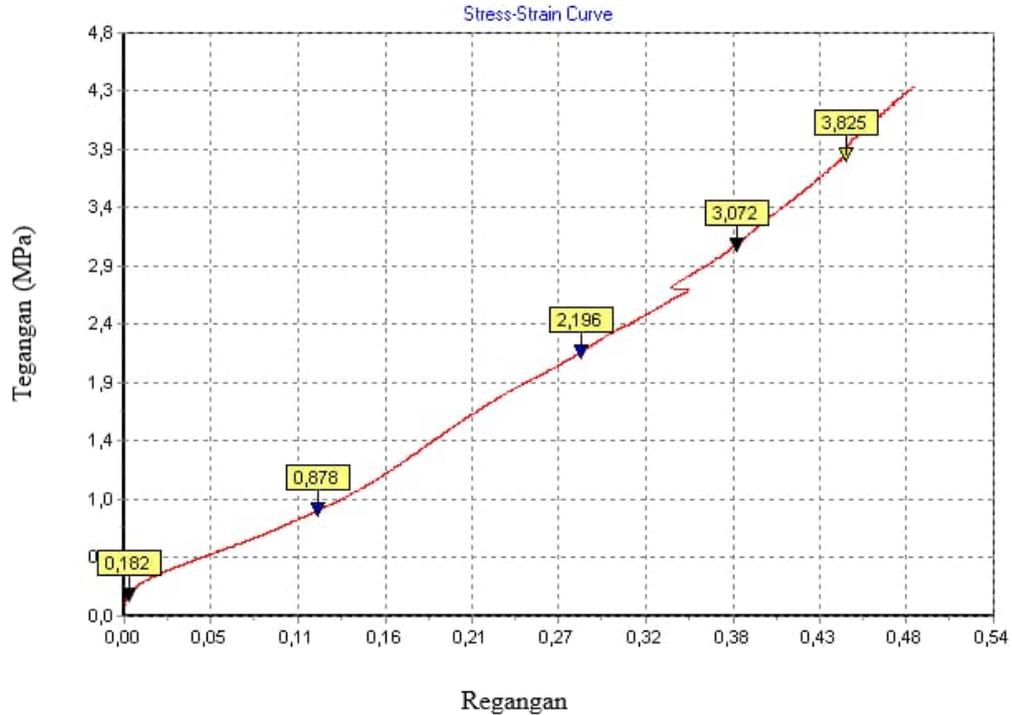
$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

$$E_c = \frac{(6,888194 - 2,834895419)}{(0,00067136 - 0,000050)}$$

$$= 6523,27 \text{ MPa}$$

Berdasarkan Gambar 4.8 diperoleh bahwa nilai regangan lebih besar daripada nilai tegangan. Maka dari itu, nilai modulus elastisitas lebih rendah dari beton variasi karena tidak adanya serat yang dapat menahan tegangan.

2. Modulus elastisitas beton variasi 0,3% SSK dan 1% ASP



Gambar 4.9: Grafik stress strain beton dengan variasi 0,3% SSK dan 1% ASP.

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

Dimana:

$$S_2 = 40\% \times 17,551 = 7,020401$$

$$S_1 = 2,839322$$

$$\epsilon_2 = 0,000374$$

$$\epsilon_1 = 0,000050$$

Maka:

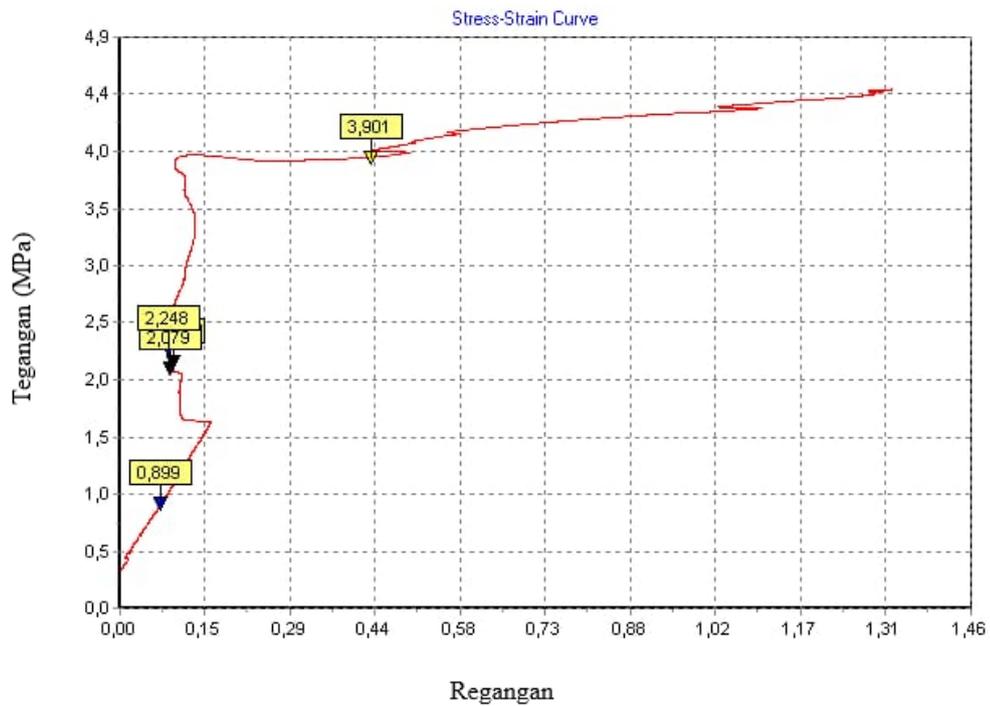
$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

$$E_c = \frac{(7,020401 - 2,839322)}{(0,000374 - 0,000050)}$$

$$= 12886,93 \text{ MPa}$$

Berdasarkan Gambar 4.9 diperoleh bahwa nilai regangan lebih besar daripada nilai tegangan. Maka dari itu, nilai modulus elastisitas lebih rendah dari beton variasi lainnya karena rendahnya persentase serat serabut kelapa yang berfungsi sebagai penahan tegangan.

3. Modulus elastisitas beton variasi 0,5% SSK dan 1% ASP



Gambar 4.10: Grafik stress strain beton dengan variasi 0,5% SSK dan 1% ASP.

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

Dimana:

$$S_2 = 40\% \times 17,96538 = 7,186152$$

$$S_1 = 2,832227049$$

$$\epsilon_2 = 0,000172527$$

$$\epsilon_1 = 0,000050$$

Maka:

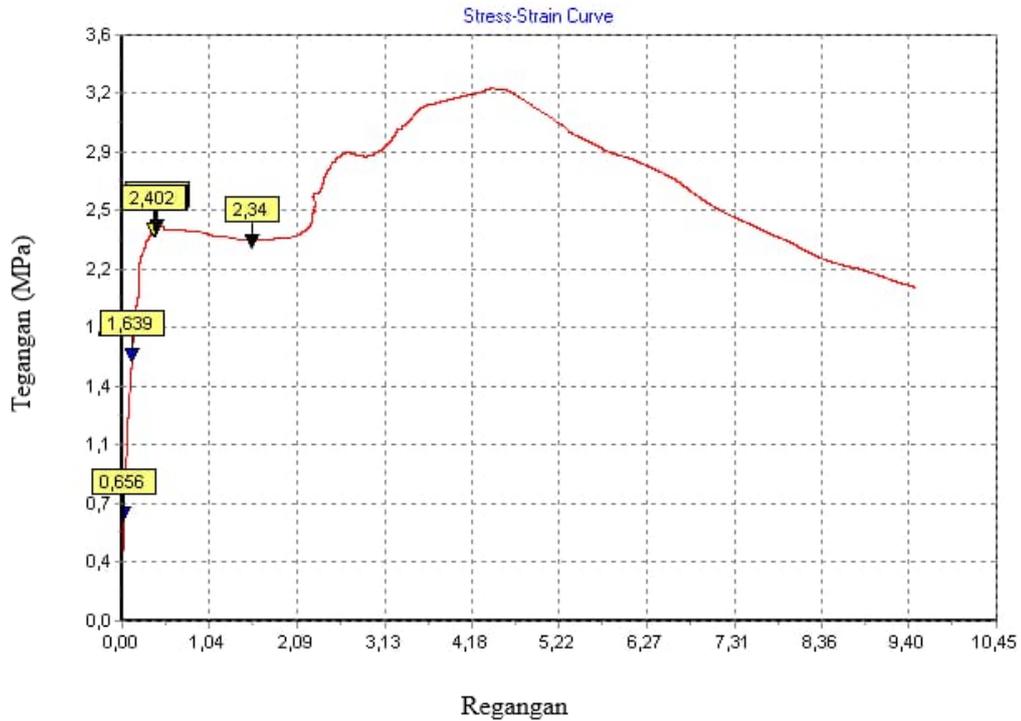
$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

$$E_c = \frac{(7,186152 - 2,832227049)}{(0,000172527 - 0,000050)}$$

$$= 35534,51 \text{ MPa}$$

Berdasarkan Gambar 4.10 diperoleh bahwa nilai tegangan lebih tinggi daripada regangan. Maka dari itu, nilai modulus elastisitas lebih tinggi dari beton variasi lainnya karena besarnya persentase serat serabut kelapa yang berfungsi sebagai penahan tegangan.

4. Modulus elastisitas beton variasi 1% SSK dan 1% ASP



Gambar 4.11: Grafik stress strain beton dengan variasi 1% SSK dan 1% ASP.

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

Dimana:

$$S_2 = 40\% \times 13,10214 = 5,240858$$

$$S_1 = 2,830031$$

$$\epsilon_2 = 0,000129$$

$$\epsilon_1 = 0,000050$$

Maka:

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)}$$

$$E_c = \frac{(5,240858 - 2,830031)}{(0,000129 - 0,000050)}$$

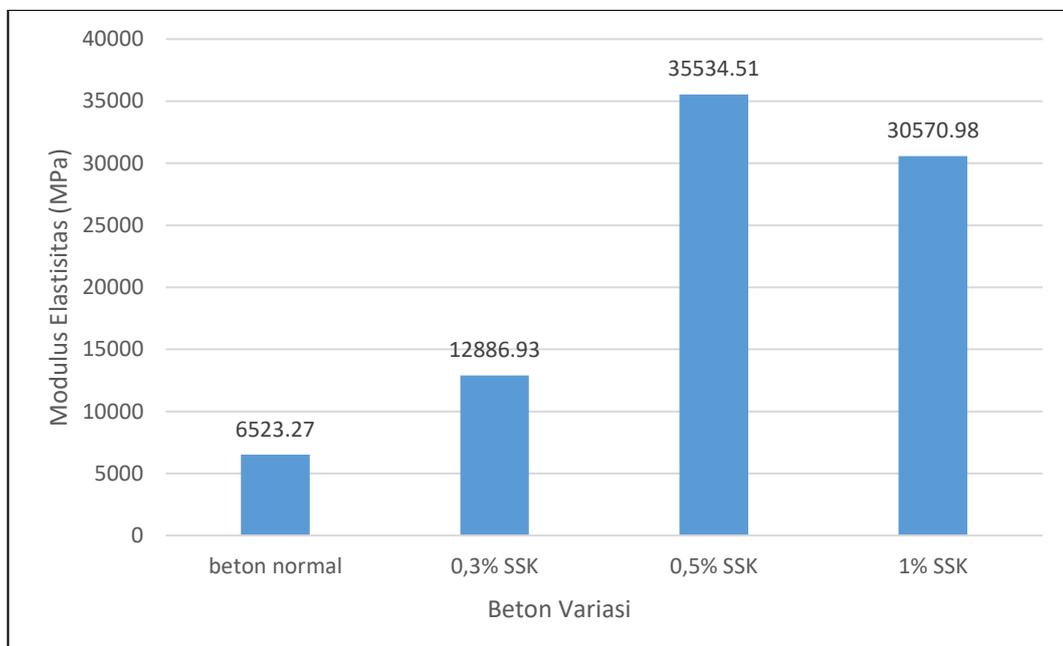
$$= 30570,98 \text{ MPa}$$

Berdasarkan Gambar 4.11 diperoleh bahwa nilai tegangan lebih tinggi daripada regangan. Maka dari itu, nilai modulus elastisitas lebih tinggi dari beton variasi lainnya karena besarnya persentase serat serabut kelapa yang berfungsi sebagai penahan tegangan.

Dari hasil pengujian modulus elastisitas yang dilakukan di Laboratorium Universitas Sumatera Utara, maka diperoleh hubungan tegangan-regangan aksial pada setiap benda uji. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Hasil pengujian modulus elastisitas.

Variasi	Nilai Modulus Elastisitas Beton (MPa)
Beton Normal	6523,27
Beton Variasi 0,3% SSK dan 1% ASP	12886,93
Beton Variasi 0,5% SSK dan 1% ASP	35534,51
Beton Variasi 1% SSK dan 1% ASP	30570,98



Gambar 4.12: Grafik modulus elastisitas beton.

Berdasarkan perhitungan dan gambar di atas diperoleh beton variasi 0,3% SSK + 1% ASP memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 12886,93 MPa. Pada beton variasi 0,5% SSK + 1% ASP memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 35534,51 MPa. Sedangkan beton variasi 1% SSK + 1% ASP memiliki nilai modulus elastisitas terendah yaitu sebesar 30570,98 MPa. Nilai modulus mengalami peningkatan pada setiap variasinya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat serabut kelapa yang efektif terdapat pada variasi 0,5%.

4.7 Pembahasan Modulus Elastisitas

Dari hasil pengujian modulus elastisitas Tabel 4.18, terjadi kenaikan tertinggi pada beton variasi 0,3% SSK + 1% ASP dan penurunan pada beton variasi 1% SSK + 1% ASP. Hasil perbandingan dan persentase perubahan modulus elastisitas beton variasi terhadap beton normal dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Beton variasi 0,3% SSK + 1% ASP

$$\text{Perubahan nilai modulus elastisitas beton} = 12886,93 - 6523,27 = 6363,66$$

$$\text{Perbandingan modulus elastisitas beton} = \frac{12886,93}{6523,27} = 1,97$$

$$\text{Persentase perubahan modulus elastisitas beton} = \frac{6363,66}{6523,27} \times 100\% = 97,55\%$$

- b. Beton variasi 0,5% SSK + 1% ASP

$$\text{Perubahan nilai modulus elastisitas beton} = 35534,51 - 6523,27 = 29011,14$$

$$\text{Perbandingan modulus elastisitas beton} = \frac{35534,51}{6523,27} = 5,44$$

$$\text{Persentase perubahan modulus elastisitas beton} = \frac{29011,14}{6523,27} \times 100\% = 444,73\%$$

- c. Beton variasi 1% SSK + 1% ASP

$$\text{Perubahan nilai modulus elastisitas beton} = 30570,98 - 6523,27 = 24047,71$$

$$\text{Perbandingan modulus elastisitas beton} = \frac{30570,98}{6523,27} = 4,68$$

$$\text{Persentase perubahan modulus elastisitas beton} = \frac{24047,71}{6523,27} \times 100\% = 368,65\%$$

Berdasarkan perhitungan persentase perubahan modulus elastisitas beton diperoleh nilai peningkatan. Pada beton variasi 0,3% SSK + 1% ASP terjadi peningkatan sebesar 97,55% dari beton normal. Pada beton variasi 0,5% SSK + 1% ASP terjadi peningkatan sebesar 444,73% dari beton normal. Sedangkan, pada beton variasi 1% SSK + 1% ASP terjadi peningkatan sebesar 368,65% dari beton normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat serabut kelapa dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas beton.

Berdasarkan penelitian (Jaya et al., 2010) penggunaan serat serabut kelapa mempengaruhi nilai modulus elastisitas beton secara signifikan yaitu 97,4%. Penambahan serat serabut kelapa sebesar 2,10% akan mencapai nilai maksimum modulus elastisitas yang akan menghasilkan peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 14,92% dari beton normal.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan serat serabut kelapa pada campuran beton mempengaruhi nilai *slump* pada beton. Penggunaan serat serabut kelapa yang besar dapat mempengaruhi nilai *slump* seperti pada beton variasi 1% SSK dengan nilai rata-rata *slump* terendah 2,4 cm pada benda uji. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai *slump* maka tingkat *workability* beton semakin rendah.
2. Hasil dari pengujian modulus elastisitas diperoleh nilai modulus elastisitas tertinggi yaitu 35534,51 MPa dengan beton variasi 0,5% SSK + 1% ASP, sedangkan nilai modulus elastisitas terendah yaitu 12886,93 MPa pada beton 0,3% SSK + 1% ASP. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat serabut kelapa yang efektif terdapat pada beton variasi 0,5%.
3. Hasil dari perhitungan persentase perubahan modulus elastisitas beton diperoleh nilai peningkatan tertinggi yaitu sebesar 444,73% beton variasi 0,5% SSK + 1% ASP dari beton normal, sedangkan pada beton variasi 0,3% SSK + 1% ASP terjadi peningkatan terendah yaitu sebesar 97,55% dari beton normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat serabut kelapa dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas beton.

5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut penggunaan variasi abu sekam padi dan serat serabut kelapa pada campuran beton untuk meningkatkan ketahanan beton agar memperoleh hasil yang lebih beragam.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan *mix design* dengan nilai $f'c$ yang berbeda dan tipe semen yang berbeda.
3. Perlu dilakukan penelitian menggunakan serat alami lainnya dan dengan variasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, N. A. , & Bukhori, A. I. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *UkaRsT*, 3(2).
- Arman, A. (2016). Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tarik Beton Normal Fc' 18 MPa. *Jurnal Momentum*, 18(2), 6–10. <https://doi.org/10.21063/JM.2016.V18.2.6-10>.
- ASTM C 469-94. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- Bakri, N. S. A., Saidi, T., dan Muttaqin, M. (2022). Review Mengenai Peningkatan Kuat Tekan Beton Yang Terkekang Secara Sempurna Dengan Eksternal Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 5(2), 299-307. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v5i2.25614>.
- Cook, D. J., Pama, R. P., dan Weerasinghe, H. S. L. D. (1978). Coir Fibre Reinforced Cement as a Low Cost Roofing Material. *Building and Environment*, 13, 195–198.
- Hamdani, H., Kencanawati, N. N., dan Akmaluddin. (2018). Aplikasi Beton Scc (Self Compacting Concrete) Pada Sambungan Balok-Kolom Akibat Beban Vertikal Application of SCC Concrete (Self Compacting Concrete) on Beam-Column Connection under Vertical Loading. *Spektrum Sipil* (Vol. 5, Issue 1).
- Hunggurami, E., Bolla, M. E., dan Messakh, P. (2017). Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(2).
- Ikhsan, M. N., Prayuda, H. dan Saleh, F. (2016). Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat (The Effect of Substitution of Crushed Glass for Fine Aggregate and Addition of Optic Fibre on the Compressive Strength of Fibre Concrete). *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* (Vol. 19, Issue 2).

- Irwansyah, Muhammad. (2021). Pengaruh Pemakaian Abu Sekam Padi Menggunakan Agregat Lokal Terhadap Kekuatan Beton Normal (Agregat Kasar Desa Marjanji Aceh Kecamatan Aek Songsongan, Agregat Halus Desa Tanjung Alam Kecamatan Sei Dadap. *Jurnal Pionir LPPM Universitas Asahan*, 7(2).
- Jawaid, M., dan Khalil, H. P. S. A. (2011). Cellulosic/Synthetic Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 86, Issue 1, pp. 1–18). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.04.043>.
- Jaya, M. I., Salain, I. M. A. K., dan Wiryasa, N. M. A. (2010). Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas Beton Serat Serabut Kelapa. In *Konferensi Nasional Teknik Sipil* (Vol. 4, Issue 4).
- Kandi, S. Y., Ramang, R., dan Cornelis, R. (2012). Substitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran Beton. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 1, Issue 4).
- Kusumaningrum, D. C., Abdi, F. N., dan Haryato, B. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Koral Long Iram Dan Agregat Halus Pasir Mahakam. *Jurnal Teknologi Sipil*, 1(2).
- Laporan Praktikum Beton. (2021). *Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, Medan.
- Maulana, S., Manalu, D. F., dan Gunawan, I.(2017). Pengaruh Substitusi Semen Dengan Abu Cangkang Kerang Lokan (Galolnia Expansa) Dan Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. In *Jurnal Fropil* (Vol. 5, Issue 2).
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Nabhan, K. Sambowo, A., dan Rismunarsi, E. (2014). Pengaruh Abrasi Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. In *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Maret* (Vol. 2, Issue 1).
- Naim, A. J., Fuad, I. S., dan Asmawi. B. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Buah Pinang Terhadap Kuat Tekandan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 6(2).

- PBI (1971): Peraturan Beton Bertulang Indonesia, *Departemen Pekerjaan Umum*.
- PUBI (1982): Persyaratan Umum Bahan Bangunan DI Indonesia, *Departemen Pekerjaan Umum*.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., dan Mondoringin, M. (2016). Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 225–231.
- Raharja, S., As'ad, S., dan Sunarmasto. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 1(4).
- Sahrudin dan Nadia. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksia*, 7(2).
- SK SNI S-04-1989-F. (1989). Spesifikasi Bahan Bangunan. *Departemen Pekerjaan Umum*.
- SK SNI T-15-1990-03. (1990). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Departemen Pekerjaan Umum*.
- SNI 03-1968 (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1971 (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03-1972 (2008). Cara Uji Slump Beton, *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 15-2049 (2004). Semen Portland, *Badan Standarisasi Nasional Indonesia*.
- SNI-03-1750 (1990). Mutu dan Cara Uji Agregat Beton, *Badan Standarisasi Nasional Indonesia*.
- SNI-03-2834 (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, *Badan Standarisasi Nasional Indonesia*.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0052 (1980). Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.
- Sudika, G. M. I., dan Ardana, I. P. S. (2011). Prilaku Mekanik Beton Normal Dengan Penambahan Serat Kawat Bendrat. *Jurnal Teknik Gradien, Teknik Sipil dan Perencanaan Univ. Ngurah Rai*, (Vol. 3, Issue 2).

- Sulianti, I., Amirrudin, Syahputra, R., dan Daryoko. (2018). Analisis Pengaruh Besar Butiran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Forum Mekanika* (Vol. 7, Issue 1).
- Sylviana, R. (2015). Pengaruh Bahan Tambahan Plasticizer Terhadap Slump dan Kuat Tekan Beton. *Jurnal BENTANG*, 3(2).
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta.
- Zai, E. O., Simanjuntak, J. O., dan Hutagalung, E. P. (2022). Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. In *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 1, Issue 2).
- Zalukhu, P. S., Irwan, dan Hutaaruk, D. M. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Cocofiber) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara Effect of Addition of Coco Fiber (Cocofiber) to Concrete Mixture as Sound Damper. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 1(1). <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>.
- Zhang, M. H., dan Malhotra, V. M. (1996). High-Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash as a Supplementary Cementing Material. *ACI Materials Journal*.

LAMPIRAN

Lampiran : Dokumentasi Penelitian



Gambar Lampiran 1: Pengayakan abu sekam padi menggunakan saringan no.100.



Gambar Lampiran 2: Serat serabut kelapa diptong sepanjang 5 cm.



Gambar Lampiran 3: Penjemuran agregat hingga kondisi SSD.



Gambar Lampiran 4: Pengujian analisa saringan.



Gambar Lampiran 5: Pengujian berat jenis agregat.



Gambar Lampiran 6: Pengujian berat isi agregat.



Gambar Lampiran 7: Pencucian agregat halus dari lumpur dan kotoran.



Gambar Lampiran 8: Pencucian agregat kasar dari lumpur dan kotoran.



Gambar Lampiran 9: Penimbangan agregat halus sesuai dengan kebutuhan benda uji.



Gambar Lampiran 10: Penimbangan agregat kasar sesuai dengan kebutuhan benda uji.



Gambar Lampiran 11: Persiapan pembuatan benda uji.



Gambar Lampiran 12: Pembuatan benda uji.



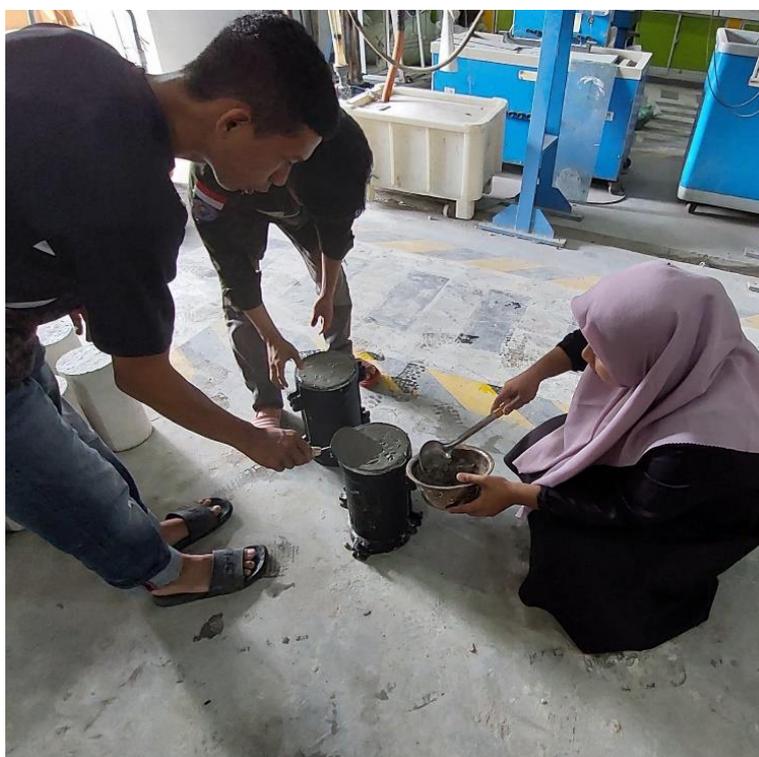
Gambar Lampiran 13: Adukan beton segar.



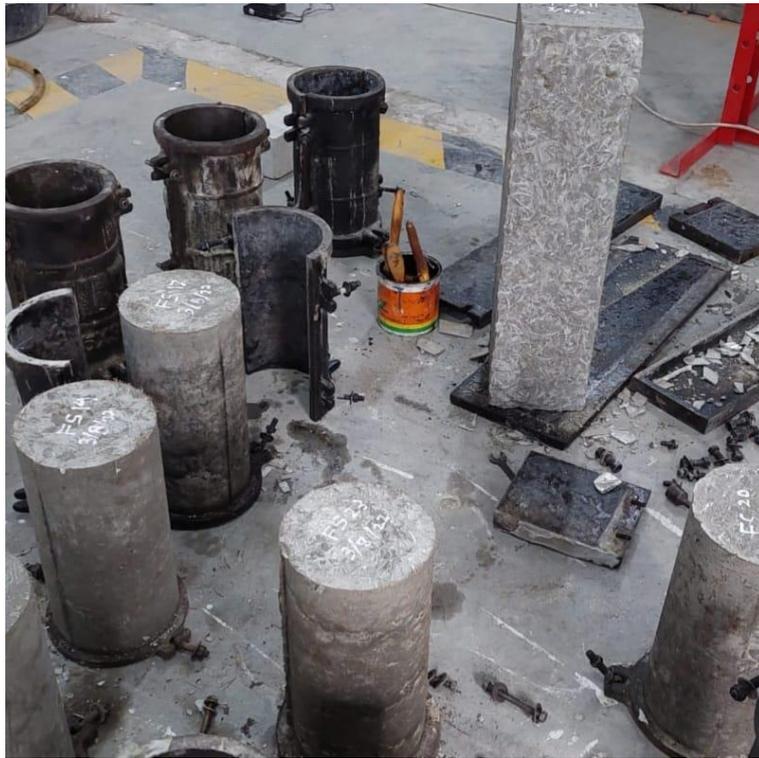
Gambar Lampiran 14: Pengujian *slump*.



Gambar Lampiran 15: Persiapan cetakan silinder.



Gambar Lampiran 16: Pencetakan benda uji.



Gambar Lampiran 17: Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.



Gambar Lampiran 18: Benda uji setelah direndam 28 hari.



Gambar Lampiran 19: Pemasangan *capping* pada benda uji.



Gambar Lampiran 20: Penimbangan benda uji.



Gambar Lampiran 21: Pengujian kuat tekan.



Gambar Lampiran 22: Pengujian modulus elastisitas.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Identitasi Diri

Nama : Ayunda Putri
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Pura, 25 Mei 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl. Tengku Amir Hamzah Gg. Aman No.14
Tanjung Pura
No. Hp/Telp. Seluler : +62 895-6119-08783
Nama Ayah : Ismail Hasan
Nama Ibu : Yenti Yusni
E-mail : ayundaputri5094@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210029
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

Pendidikan Formal

Sekolah Dasar : SD NEGERI 050727 TANJUNG PURA 2007-2013
Sekolah Menengah Pertama : SMP NEGERI 1 TANJUNG PURA 2013-2016
Sekolah Menengah Atas : SMA NEGERI 1 TANJUNG PURA 2016-2019