

TUGAS AKHIR

**ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON
BERSERAT SERAT SERABUT KELAPA DAN ABU
SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

WULAN RAHAYU HARAHAHAP

15072101188



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2019



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan 20238 Telp. (061) 6623301

Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rektor@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wulan Rahayu Harahap

Npm : 1507210188

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON
BERSERAT SERAT SERABUT KELAPA DAN ABU SEKAM
PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR

Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, September 2019

Pembimbing I

Dr. Josef Hadipramana

Pembimbing II

Dr. Farizal Zulkarnain

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wulan Rahayu Harahap

NPM : 1507210188

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Berserat Serat Serabut Kelapa Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir.

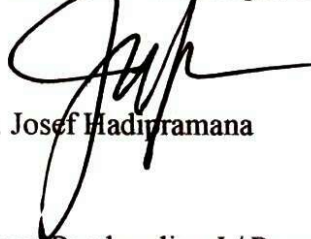
Bidang ilmu : Struktur.

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, September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembimbing II / Peguji



Dr. Farizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I / Penguji




Dr. Ade Faisal

Dosen Pembanding II / Peguji



Rizki Efrida, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Wulan Rahayu Harahap

Tempat /Tanggal Lahir : Padang Sidempuan, 17 Juli 1998

NPM : 1507210188

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Berserat Serat Serabut Kelapa Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir.”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya Karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara original dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

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

Medan, September 2019

Saya yang menyatakan,



Wulan Rahayu Harahap

ABSTRAK

ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON BERSERAT SERAT SERABUT KELAPA DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR (STUDI PENELITIAN)

Wulan Rahayu Harahap

1507210188

Dr. Josef Hadipramana

Dr. Fahrizal Zulkalnain

Seperti yang kita ketahui bahwa beton sangat lemah dalam kuat tarik tidak hanya kuat tarik saja yang menjadi permasalahan, tetapi nilai modulus elastisitas juga sangat mempengaruhi dalam kekuatan beton itu sendiri, dalam penelitian ini serat serabut kelapa dan abu sekam padi digunakan sebagai bahan tambah sebagai pengganti pasir dalam adukan beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan membuat benda uji silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. setelah melalui tahap perawatan selama 28 hari. Variasi penambahan serat serabut kelapa dan abu sekam padi sebagai pengganti pasir direncanakan dengan empat variasi yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%, Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 36 buah benda uji untuk pengujian modulus elastisitas dan kuat tekan, dari hasil pengujian modulus elastisitas beton nilai tertinggi di dapatkan pada campuran variasi serat serabut kelapa dan abu sekam padi 20% pada FAS 0,44 sebesar 92462 MPa dengan kuat tekan maksimum sebesar 27,8 MPa..

Kata kunci: Beton Serat, Kuat Tekan Beton, Modulus Elastisitas Beton.

ABSTRACT

ANALYSIS OF ELASTICITY MODULE IN COCONUT FIBER CONCRETE FIBERS AND RICE HUSK ASH AS A REPLACEMENT OF SAND

(RESEARCH STUDY)

Wulan Rahayu Harahap

1507210188

Dr. Josef Hadipramana

Dr. Fahrizal Zulkalnain

As we know that concrete is very weak in tensile strength, not only tensile strength is a problem, but the modulus of elasticity also influences the strength of concrete itself, in this study coconut fiber fibers and rice husk ash are used as additives instead of sand. in a concrete mix. This study uses an experimental method in the laboratory by making cylindrical specimens measuring 15 cm in diameter and 30 cm high. after going through the treatment phase for 28 days. The variation of the addition of coconut fiber fibers and rice husk ash as a substitute for sand was planned with four variations, namely 0%, 10%, 20% and 30%, the number of specimens made were 36 specimens for testing the modulus of elasticity and compressive strength, from the test results The highest value of the modulus of elasticity of concrete was obtained in a mixture of variations of coconut fiber fiber and 20% rice husk ash at FAS 0.44 of 92462 MPa with a maximum compressive strength of 27.8 MPa.

Keywords: Fiber Concrete, Concrete Compressive Strength, Concrete Elastic Modulus.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Berserat Serabut Kelapa Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Shalawat dan salam tak lupa pula penulis hanturkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW selaku suri tauladan umat manusia di dunia.

Dalam pembuatan laporan ini penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji Pendamping I yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T. M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji Pendamping II yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji I dan Wakil Dekan I Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Ibu Rizki Efrida.ST.MT selaku Dosen Penguji II selaku dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
5. Ibu Irma Dewi, ST, M.Si selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, 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 memberikan ilmu keteknisipilan yang sangat bermanfaat kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kedua orang tua penulis : Rustam Effendi Harahap dan Ummi Kalsum Nainggolan atas ridho, kasih sayang, pengorbanan dan doa dalam perjalanan hidup penulis.
10. Sahabat-sahabat penulis sekuat beton : Lidiya, Dinda, Alprida, Sherly, kawan-kawan kelas A2 siang dan seluruh kawan-kawan stambuk 2015 di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan semua teman-teman yang memberi penulis masukan-masukan yang bermanfaat, dukungan serta semangat pada proses penyelesaian laporan ini.
11. Teman-teman saya Hadi, Anuar, Tomo dan seluruh keluarga HMM FT UMSU, Fira, Serly, Riki, Ahas, Goku dan seluruh keluarga HMS FT UMSU, Rajainal, Rahmat, Dila, Aulia, Bambang dan seluruh keluarga IME FT UMSU, beserta seluruh keluarga KMFT yang telah memberikan dukungan dan masukan serta semangat agar dapat menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa hasil penulisan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, maka dengan demikian penulis mengharapkan adanya saran dan kritikan yang bersifat konstruktif dan membangun dari para pembaca, sehingga menjadi bahan pembelajaran pada masa yang akan datang untuk mencapai hasil yang maksimal. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca atau bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, September 2019

Wulan Rahayu Harahap

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Beton	6
2.1.1 Modulus Elastisitas Beton	6
2.1.2 Beton Serat	9
2.1.3 Modulus Elastisitas Beton Serat	11
2.2. Material Penyusun Beton	12
2.2.1 Agregat	13
2.2.2 Agregat Halus	14
2.2.3 Agregat Kasar	17
2.2.4 Semen Portland Pozolan	19
2.2.5 Air	21
2.2.6 Abu Sekam Padi	23
2.2.7 Serabut Kelapa	24
2.2.8 Modulus Elastisitas	25

BAB 3 METODOLOGI	28
3.1 Umum	28
3.1.1 Metodologi Penelitian Umum	28
Diagram Alir Penelitian	30
3.2 Pelaksanaan Penelitian	31
3.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2.2 Rancangan Penelitian	31
3.3 Bahan dan Peralatan	31
3.3.1 Bahan	31
3.3.2 Peralatan	32
3.4 Persiapan Penelitian	32
3.5 Pemeriksaan Agregat	33
3.6 Pemeriksaan Agregat Halus	33
3.6.1 Kadar Air Agregat Halus	33
3.6.2 Kadar Lumpur Agregat Halus	34
3.6.3 Analisa Saringan	34
3.6.4 Berat Jenis dan Penyerapannya	38
3.7 Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)	39
3.7.1 Kadar Air Agregat Kasar	39
3.7.2 Kadar Lumpur Agregat Kasar	39
3.7.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	40
3.7.4 Kadar Air	40
3.7.5 Kadar Lumpur	41
3.7.6 Berat isi	42
3.8 Pemeriksaan Agregat Kasar	43
3.8.1 Analisa Saringan	44
3.8.2 Berat Jenis Dan Penyerapannya	46
3.8.3 Kadar Air	47
3.8.4 Kadar Lumpur	48
3.8.5 Berat Isi	49
3.8.6 Keausan Agregat Design Mesin Los Angeles	50
3.9 Perencanaan Campuran Beton	51

3.10 Pelaksanaan Penelitian	59
3.10.1 Mix Design	59
3.10.2 Pembuatn Bend Uji	59
3.10.3 Perawatan Beton	60
3.10.4 Pengujian Kuat Tekan	60
3.10.5 Pengujian Modulus Elastisitas	60
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	62
4.1.1 Data Campuran Beton	62
4.2 Pembuatan Benda Uji	71
4.3 Slump Test	72
4.4 Kuat Tekan Beton	72
4.5 Modulus Elastisitas Beton	74
4.6 Pembahasan	74
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	79
Kesimpulan	79
Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi Serat, baik Serat alami maupun buatan	10
Tabel 2.2 Pengaruh sifat agregat pada sifat beton (Paul dan Antoni, 2007)	13
Tabel 2.3 Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000)	16
Tabel 2.4 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)	18
Tabel 2.5 Tipe Semen dan fungsinya	20
Tabel 2.6 Kadungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono,2005)	23
Tabel 3.1 Variasi campuran beton	31
Tabel 3.2 Data hasil penelitian kadar air agregat halus	33
Tabel 3.3 Data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	34
Tabel 3.4 Data hasil penelitian analisa saringan agregat halus	35
Tabel 3.5 Data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	38
Tabel 3.6 Data hasil penelitian kadar air agregat kasar	39
Tabel 3.7 Data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	40
Tabel 3.8 Data hasil penelitian kadar air	41
Tabel 3.9 Data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	42
Tabel 3.10 Data hasil penelitian berat isi agregat halus	43
Tabel 3.11 Data hasil penelitian analisa saringan agregat	44
Tabel 3.12 Data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar	47
Tabel 3.13 Data hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar	48
Tabel 3.14 Data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	49
Tabel 3.15 Data hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar	50
Tabel 3.16 Data hasil pemeriksaan keausan agregat	50
Tabel 3.17 Faktor pengali untuk standar deviasi (SNI 03-2834-2002)	52
Tabel 3.18 Tingkat mutu perkerjaan pembetonan (Mulyono,2005)	52
Tabel 3.19 Persyaratan jumlah semen minimum (SNI 03-2834-2000)	54
Tabel 3.20 Perkiraan kadar air bebas yang dibutuhkan (SNI 03-2834-2000)	54
Tabel 3.21 Jumlah dan ukuran penampang kuat tekan dan modulus elastisitas	60
Tabel 4.1 Perencanaan campuran beton (SNI-03-2834-2002)	62
Tabel 4.2 Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993)	63
Tabel 4.3 Banyak agregat kasar untuk tiap saringan 1 benda uji	66

Tabel 4.4	Menjelaskan jumlahberat yang tertahan	66
Tabel 4.5	Banyak serat SK dan ASK yang dibutuhkan dalam 1 benda uji	67
Tabel 4.6	Agregat kasar yang untuk tiap saringan dalam 12 benda uji	69
Tabel 4.7	Agregat kasar yang untuk tiap saringan dalam 12 benda uji	70
Tabel 4.8	SK dan ASK yang dibutuhkan dalam 1 benda uji silinder	70
Tabel 4.9	Nilai slump pada pengujian kuat tekan dan metode elastisitas	72
Tabel 4.10	Tabel modulus elastisitas pada beton normal	73
Tabel 4.11	Tabel modulus elastisitas pada beton serat 10%	74
Tabel 4.12	Tabel modulus elastisitas pada beton serat 20%	75
Tabel 4.13	Tabel modulus elastisitas pada beton seart 30%	75
Tabel 4.14	Kuat tekan beton masing-masing serat pada umur 28 hari	75
Tabel 4.15	Metode elastisitas beton masing-masing serat umur 28 hari	76
Tabel 4.16	Kuat tekan beton masing-masing umur 28 hari (Mpa)	76
Tabel 4.17	Hasil pengujian modulus elastisitas SNI 2847-2013	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).	19
Gambar 2.2	Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000).	19
Gambar 2.3	Kurva tegangan regangan beton yang diberi tekanan.	26
Gambar 3.1	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).	37
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat kasar dan diameter maksimum 40 mm.	46
Gambar 3.3	Hubungan factor air semen dan kuat tekan silinder beton.	53
Gambar 3.4	Persen pasir terhadap kadar total agregat (SNI 03-2834-2000).	56
Gambar 3.5	Kandungan air, berat jenis dan berat isi (SNI 03-2834-2000) .	57
Gambar 4.1	Perbandingan antara ASTM C-469 dan SNI 2847-2013.	79
Gambar 4.2	Kuat tekan beton terhadap variasi.	78
Gambar 4.3	Metode elastisitas terhadap variasi.	78

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji.	(MPa)
P	= Gaya tekan aksial dinyatakan dalam newton.	(kg)
A	= Luas penampang benda uji.	(cm ²)
F_t	= Kuat belah beton.	(N/mm)
D	= Diameter silinder.	(Cm)
L_s	= Tinggi silinder.	(Cm)
F_m	= Modulus kehalusan.	
estimasi 28 hari	= Kuat tekan umur 28 sesuai dengan hari pengujian	(kg/cm ²)
f'_{cr}	= Kuat tekan rata-rata.	(MPa)
$f'c$	= Kuat tekan yang disyaratkan.	(MPa)
M	= Nilai tambah.	(MPa)
B_j	= Berat jenis.	(g/cm ³)
W_h	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.	(kg/cm ³)
W_k	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.	(kg/cm ³)
FAS	= Faktor air semen per meter kubik beton.	
BJ campuran	= Berat jenis campuran.	(gr)
BJh	= Berat jenis agregat halus.	(gr)
BJk	= Berat jenis agregat kasar	(gr)
Kh	= Berat agregat halus terhadap agregat campuran.	(%)
Kk	= Berat agregat kasar terhadap agregat.	(%)
Wagr campuran	= Kebutuhan berat agregat campuran.	(kg/ m ³)
Wbeton	= Berat beton per meter kubik beton.	(kg/ m ³)
Wair	= Berat air per meter kubik beton.	(kg/ m ³)
Wsemen	= Berat semen per meter kubik.	(kg/ m ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Dari beberapa material beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain mudah dibentuk, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya.

Secara umum bahan pengisi (filler) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (workability) dan mempunyai keawetan (durability) serta kekuatan (strength) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendalakendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan (Panedkk. 2015).

Beton adalah salah satu bahan bangunan yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan kasar dengan semen dan air sebagai pengikatnya. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah

sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan (Kosakoy, Wallah, and Pandaleke 2017).

Menurut Nawy (1985) beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. DPU LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (Tambah, Terhadap, and Beton, n.d.).

Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan cukup besar, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur dengan gaya-gaya tekan dominan. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang sangat rendah dan bersifat getas (brittle), sehingga untuk menahan gaya tarik beton diberi baja tulangan (Trian, Sumajouw, and Windah 2015).

Penggunaan serat untuk memperkuat material yang getas telah dikenal lama. Penambahan serat pada campuran beton akan memberikan kontribusi terhadap karakteristik beton yaitu dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan tekan dan daktilitas beton (Pengaruh Penambahan Serat Nylon terhadap Kinerja Beton, 2004).

ASP merupakan bahan buangan dari padi yang mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang dapat bersifat pozzolan, yaitu mengandung silika (SiO_2), suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton. Kandungan silika pada abu sekam padi lebih tinggi bila dibandingkan dengan tumbuhan-tumbuhan yang lain *ASP* pada penelitian ini berfungsi sebagai bahan tambahan semen (Prayitno and Munandar 2017).

Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (exocarpium) dan lapisan dalam (endocarpium). Endocarpium mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, karpet, sikat, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa umumnya menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potasium (Rindengan et al., 1995) Sifat lain dari

serat sabut kelapa diantaranya tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain. Serat sabut kelapa adalah serat alami yang sulit busuk karena tidak ada decomposer yang dapat menguraikan sabut tersebut (Arman 2017).

Modulus elastisitas suatu bahan sangat erat hubungannya dengan kekakuan suatu bahan dalam menerima beban. Semakin tinggi modulus elastisitas, semakin kecil lendutan yang mungkin terjadi. Modulus elastisitas besar menunjukkan kemampuan beton untuk menahan suatu beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil. Semakin tinggi nilai kuat tekan beton, akan semakin tinggi pula modulus elastisitasnya. Penggunaan bahan tambah pada beton dapat meningkatkan kualitas beton. Bahan tambah *ASP* merupakan salah satu inovasi bahan tambah yang mampu meningkatkan kekuatan beton pada dosis tertentu. Bahan tambah *ASP* dan serabut kelapa sebagai pemanfaatan material limbah lokal yang ada dan guna memperoleh beton yang high strength sebagai pengganti pasir (Adi Sambowo and Rismunarsi 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dicoba untuk mengambil permasalahan mengenai analisa modulus elastisitas pada beton berserat dengan penambahan serat serabut kelapa dan *ASP* sebagai pengganti pasir. Beberapa permasalahan yang muncul antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat serabut kelapa dan *ASP* padi pada beton umur 28 hari terhadap nilai kekuatan beton.
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan serat serabut kelapa dan *ASP* padi pada beton keras terhadap modulus elastisitas beton.

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat serabut kelapa dan *ASP* terhadap kekuatan beton.
2. Untuk mengetahui komposisi serabut kelapa dan *ASP* yang tepat pada beton terhadap nilai modulus elastisitas.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas oleh penulis pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-3449-2002).
2. Melakukan pengujian metode elastisitas beton menggunakan serat serabut kelapa dan *ASP* sebagai pengganti pasir.
3. Melakukan variasi persenan untuk serat serabut kelapa sebanyak 1%, 2%, 3% dan *ASP* sebagai pengganti pasir sebanyak 0%, 20%, 50%, 75%, 100% untuk mengetahui pada variasi seberapa didapat nilai metode elastisitas beton berserat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk memenuhi persyaratan tugas akhir dan membuat variasi campuran dengan menggunakan serat serabut kelapa dan *ASP* sebagai pengganti pasir pada beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini yaitu:

Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penelitian.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

Bab 3 Metode penelitian

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

Bab 5 Saran dan dan kesimpulan

Dalam bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan. Menurut Kardiono beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan additive. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (curing) (Dharmawan, Oktarina, and Safitri 2017).

2.1.1 Modulus elastisitas beton

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu. Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Selanjutnya, karena beton memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban yang kecil, ada beberapa macam definisi untuk modulus elastisitas. ASTM C 469 juga menggunakan rumus yang sama dengan SNI 03-4169-1996 dalam menghitung nilai modulus elastisitas. Perbedaannya jika perhitungan menggunakan ASTM C 469 perpendekan yang terbaca pada

kompresometer terlebih dulu dibagi dua baru dilakukan analisis modulus elastisitasnya.

Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Selanjutnya, karena beton memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban yang kecil, ada beberapa macam definisi untuk modulus elastisitas. Biasanya modulus sekan pada 25 sampai 50% dari kekuatan tekan c if diambil sebagai modulus elastisitas. Untuk selama bertahun-tahun modulus elastisitas didekati dengan harga $1000 c$ if oleh peraturan ACI; akan tetapi dengan penggunaan dari beton ringan yang maju pesat, maka variable kerapatan (density) perlu diikuti (“Andi Kusnadi” 2008).

Beton merupakan material komposit yang terdiri dari unsur-unsur agregat kasar, agregat halus, semen dan air yang bereaksi secara kimia (hidrolis), yang kemudian mengikat butiran-butiran dari agregat menjadi satu sehingga terbentuklah beton yang menyatu (monolit). Bahan dasar pembentuk beton yaitu semen, agregat dan air, setelah dicampuri merata menghasilkan suatu campuran plastis (antara cair dan padat) dimana akan menjadi keras setelah terjadi proses kimia semen dan air. Kekuatan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat karakteristik bahan dasar, nilai perbandingan bahan dasar, cara pengerjaan, pengadukan, penuangan, pemadatan, dan perawatan selama proses pengerasan. Perencanaan campuran beton yang sering digunakan dalam pelaksanaan konstruksi harus dapat memenuhi persyaratan kekuatan, keawetan, kemudahan, dan ekonomis (Charniago and Lingga 2000).

Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan pembentuknya. Beton digunakan sebagai material struktur karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain mudah untuk dicetak, tahan api, kuat terhadap tekan, dan dapat dicor di tempat. Disamping keuntungan beton juga memiliki kelemahan, yaitu beton merupakan bahan yang getas, mempunyai tegangan tarik yang rendah dan volume beton yang tidak stabil akibat terjadinya penyusutan (Ilmiah and Sipil 2008).

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton adalah faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat. Agregat umumnya menempati 70% sampai 80% dari volume beton sehingga memiliki pengaruh penting terhadap sifat-sifat beton. Agregat adalah bahan butiran, sebagian besar berasal dari batu alam (batu pecah, atau kerikil alami) dan pasir, meskipun bahan sintesis seperti slags dan expanded clay atau shale digunakan sampai batas tertentu, terutama pada beton ringan. Selain penggunaannya sebagai pengisi yang ekonomis, agregat umumnya menghasilkan beton dengan stabilitas dimensi yang lebih baik dan tahan aus.

Perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Perbandingan agregat halus dan agregat kasar yang baik adalah perbandingan yang dapat masuk ke dalam kurva standar seperti yang terdapat pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton. Proporsi berat agregat halus terhadap berat agregat total diperoleh berdasarkan: butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berat agregat kasar diperoleh dari berat agregat total dikurangi berat agregat halus. Terlalu tinggi nilai perbandingan volume antara agregat kasar terhadap agregat halus dapat mengakibatkan segregasi dan workability yang rendah, campuran kasar dan tidak mudah dalam penyelesaian. Sebaliknya, terlalu banyak agregat halus menyebabkan workability tinggi, tetapi campuran yang kelebihan pasir membuat rendah daya tahan beton, kemudahan pengerjaan (workability) merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan.

Perbandingan bahan-bahan maupun sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain:

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai makin mudah beton segar itu dikerjakan.
2. Penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai factor air semen tetap.

3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton biasanya dilakukan dengan percobaan slump. Makin besar nilai slump berarti adukan beton semakin encer dan ini berarti semakin mudah dikerjakan. Pada umumnya nilai slump berkisar antara 5 dan 12,5 cm. (Ginting et al. 2003).

2.1.2 Beton Serat

Beton berserat juga menjadi solusi dari salah satu kekurangan lain dari beton yaitu kekuatan tarik yang rendah dan bersifat getas (brittle) (Purwanto 2011) Beton serat merupakan material komposit yang terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu, dengan bahan tambah berupa serat. Penambahan serat pada beton mengakibatkan beban tarik yang timbul akan dilawan oleh gaya lekatan antara beton dengan serat sehingga terjadi peralihan perlawanan tegangan tarik dari beton ke serat. Beton serat akan mengalami kegagalan apabila kuat lekat terlampaui dan terjadi proses cabut (pull out). Peningkatan kemampuan menahan beban tarik beton serat berasal dari kumulatif gaya perlawanan ikatan beton serat tunggal terhadap tegangan tarik. Penambahan serat pada beton akan menjadikan beton mengalami peningkatan sifat struktural yang dipengaruhi oleh orientasi penyebaran serat (fiber dispersion),

lekatan pada alur retakan, panjang tertanam serat yang tidak teratur (random) (Saifudin, As'ad, and Sunarmasto 2015).

Tabel 2.1 Variasi serat, baik serat alami maupun buatan.

Type	Diameter, ,001 in	Spesific Grafity	E Ksi x 1000	Kuat Tarik Ksi
Baja				
High Tensile	4-40	7.8	29	50-250
Stainless	4-13	7.8	23.2	300
Gelas	.4-.5	2.5-2.7	10.44-11.6	360-500
Polymer				
Polypropylene	20-160	0.9	0.5.	90-110
Polyethylene	1-40	0.96	.725-25	29-435
Polyester	.4-3	1.38	1.45-2.5	80-170
Amarid	.4-.47	1.44	9.17	525
Asbestos	.0008-1.2	2.6-3.4	23-3.4	29-500
Carbon	.3-.35	1.9	33.4-55.1	260-380
Alami				
Kayu	.8-4.7	1.5	1.45-5.8	44-131
Sisal	< 8	-	1.89-3.77	41-82
Serabut kelapa	4-16	1.12-1.15	2.76-3.77	17-29
Bambu	2-16	1.5	4.79-5.8	51-73
Rumput Gajah	17	-	.716	26

1 ksi = 6.895 Mpa

1 in = 2.54 cm

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Sedangkan dalam sifat mekanisnya, penambahan serat sampai batas optimum umumnya meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur, tetapi menurunkan kekuatan tekan. Untuk mendapatkan hasil terbaik dianjurkan menggunakan rasio 50 – 100 di mana jika diambil diameter serat 1 mm, panjangnya berkisar 50 – 100 mm. Material serat alami dapat diperoleh dengan harga yang terjangkau dan tingkat penggunaan energinya rendah dengan memanfaatkan teknologi dan sumber daya lokal. Penggunaan serat alami sebagai salah satu bentuk untuk memperkuat beton adalah hal yang sangat menarik untuk diimplementasikan di wilayah yang belum maju,

bila material konstruksi konvensional tidak langsung tersedia atau harganya yang terlalu mahal.

2.1.3 Modulus elastisitas beton serat

Penambahan serat dalam campuran beton mutu tinggi ini diharapkan dapat memperbaiki daktilitas, dan akan meningkatkan nilai modulus elastisitas dan poisson's ratio. Untuk mengetahui peningkatan kualitas dari beton mutu tinggi berserat ini dilakukan beberapa pengujian meliputi modulus elastisitas dan poisson ratio. Hubungan tegangan-regangan beton yang timbul akibat beban luar yang bekerja, merupakan hal yang penting untuk mempelajari karakteristik dari gaya-gaya dalam beton. Hal ini dapat digunakan untuk menyelesaikan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur. Dari parameter tegangan-tegangan beton ada dua hal yang menarik untuk dikaji lebih lanjut, yaitu perbandingan (rasio) poisson dan modulus elastisitas.

Modulus elastisitas merupakan suatu tolak ukur umum yang digunakan untuk pengukuran sifat-sifat elastis suatu bahan. Poisson ratio didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral terhadap regangan aksial pada bagian yang dibebani secara uni aksial. Dengan penambahan serat baja diharapkan mampu meningkatkan elastisitas beton, sehingga dengan sendirinya elastisitas beton semakin tinggi. Modulus elastisitas akan meningkat sejalan dengan peningkatan batas elastisitas beton (Sutrisno 2009).

Serabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (exocarpium) dan lapisan dalam (endocarpium). Endocarpium mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, karpet, sikat, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa umumnya menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potassium. Sifat lain dari serat sabut kelapa diantaranya tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain. Serat sabut kelapa adalah serat alami yang sulit busuk karena tidak ada decomposer yang

dapat menguraikan sabut tersebut (Arman 2017). Indonesia sendiri merupakan negara agraris yang ditumbuhi oleh beribu tanaman yang dapat digunakan secara langsung maupun harus diolah terlebih dahulu. Tanaman yang tumbuh subur ialah pohon kelapa dan padi. Pohon kelapa merupakan tanaman yang memiliki kegunaan sangat banyak, dari mulai buahnya, daunnya hingga batangnya sedangkan padi merupakan tanaman yang biji, kulit dan batang yang memiliki banyak kegunaannya. Namun tidak dengan serabut kelapanya, dimana pada saat dulu banyak dijadikan sebagai sabut pencuci piring dan kulit padi di jadikan menjadi abu piring. Di zaman yang serba modern ini serabut kelapa hanya akan dibuang sebagai limbah begitu juga dengan kulit padi tersebut.

Untuk itu peneliti memanfaatkan limbah serabut kelapa dan kulit padi yang memiliki kandungan pozzolan yang cukup tinggi sehingga dapat menggantikan penggunaan portland cement. Abu sekam padi merupakan hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Abu sekam padi tergolong sebagai bahan pozzolan alami (natural pozzolan) yang mengandung senyawa silika (SiO_2). Pozzolan tersebut tidak memiliki peran sebagai perekat seperti semen, akan tetapi dalam kondisi halus jika bereaksi dengan air dan kapur pada suhu normal akan menjadi suatu massa padat yang tidak dapat larut dalam air (Dika Mafaza, Slamet Prayitno 2016).

Disamping harganya lebih murah, serabut kelapa dan kuli tpadi juga tidak sulit untuk didapatkan, serta proses yang dilakukan pada serabutkelapa, dipotong hingga menjadi arang, dihaluskan hingga lolos saringan nomor 200. Selain itu penggunaan bahan adiktif viscocrete 1003 akan membantu penyatuan/kohesi dan kuat dalam sifat memadatkan sendiri beton.

2.2 Material penyusun beton

Material yang digunakan pada campuran beton yang dipakai sebagai bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air dan bila mana diperlukan bahan tambah pada campuran ini, akan digunakan serabut kelapadan abu sekam padi sebagai pengganti agregat halus. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang

telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.2.1 Agregat

Agregat menempati 70-75% dari volume total volume beton maka kualitas agregat mempengaruhi terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Berikut pengaruh sifat agregat pada sifat beton:

Tabel 2.2: Pengaruh sifat agregat sifat beton (Paul dan Antoni, 2007).

Sifat agregat	Pengaruh pada	Sifat beton
Bentuk, tekstur, gradasi.	Beton cair	Kelecekan pengikatan, dan Pengerasan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral.	Beton keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

Ada dua peraturan yang berlaku. Pertama, SII 0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton”. Kedua PBI 89 menyebutkan ASTM C33 “Standard Specification For Concret Agregate”. Gradasi adalah pembagian ukuran butir-butir agregat. Pembagian ini dilakukan dengan cara menyusun ayakan dari ayakan paling besar di bagian paling atas kemudian berurutan ke yang terkecil. Agregat yang akan di ayak diletakkan di bagian teratas ayakan. Setelah diletakkan, kemudian melakukan getaran pada agregat. Berat agregat yang tertahan pada setiap ayakan dicatat dan dihitung persentasenya. Persentase kumulatif tertahan dan persentase kumulatif lolos kemudian dihitung.

Tujuan penggunaan agregat pada campuran beton umumnya adalah sebagai sumber kekuatan dari beton, menghemat semen, memperkecil tingkat penyusutan beton, mencapai kepadatan beton yang maksimal dan memperoleh *workability* yang baik. Dari sisi ekonomi, agregat lebih murah harganya, oleh karena itu disarankan untuk menggunakan agregat ini sebanyak mungkin agar beton yang dihasilkan ekonomis. Disamping itu pemakaian banyak agregat juga dapat mengurangi penyusutan akibat mengerasnya (mengeringnya) beton dan dapat juga mengurangi ekspansi akibat panas. Pembagian agregat dibagi menjadi dua macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

2.2.2 Agregat Halus

Agregat umumnya menempati 70% sampai 80% dari volume beton sehingga memiliki pengaruh penting terhadap sifat-sifat beton. Selain penggunaannya sebagai pengisi yang ekonomis, agregat umumnya menghasilkan beton dengan stabilitas dimensi yang lebih baik dan tahan aus. Pada *workability* perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Perbandingan agregat halus yang baik adalah perbandingan yang dapat masuk ke dalam kurva standar seperti yang terdapat pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton. Proporsi berat agregat halus terhadap berat agregat total diperoleh berdasarkan: butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berat agregat kasar diperoleh dari berat agregat total dikurangi berat agregat halus. Terlalu tinggi nilai perbandingan volume antara agregat kasar terhadap agregat halus dapat mengakibatkan segregasi dan *workability* yang rendah, campuran kasar dan tidak mudah dalam penyelesaian. Sebaliknya, terlalu banyak agregat halus menyebabkan *workability* tinggi, tetapi campuran yang kelebihan pasir membuat rendah daya tahan beton (Ginting et al. 2003). Sifat yang paling penting dari suatu agregat halus ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Limun 1971). Agregat halus dijadikan alternatif penambahan kekuatan beton membentuk beton yang lebih bermutu. Agregat halus dan dengan ukuran yang bervariasi, maka volume pori beton menjadi kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan beton memiliki kemampuan yang tinggi.

Selain itu, gradasi agregat juga merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan campuran beton, karena akan berpengaruh terhadap sifat-sifat *workabilitas* adukan tersebut. Susunan untuk butiran (gradasi) yang baik akan dapat menghasilkan kepadatan (*density*) (Purwati, A, S. As'ad 2014). Perbandingan berat agregat halus mempengaruhi berat volume beton (Ginting et al. 2003). Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus merupakan agregat yang

semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- i. Pasir halus: \emptyset 0 -1 mm
- ii. Pasir kasar: \emptyset 1-5 mm

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton. Fungsi agregat dalam design campuran beton adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka beton yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat.

Maksud penggunaan agregat halus didalam adukan beton adalah:

1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan beton.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

Dari bentuk fisiknya, agregat halus mempunyai butiran yang tajam, keras dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan sumber agregat halus dapat ditemukan pada sungai, galian dan laut. Hasil penghancuran batu pecah juga disebut sebagai agregat halus. Namun untuk beton, agregat dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi SNI 03-2834-2000, yaitu:

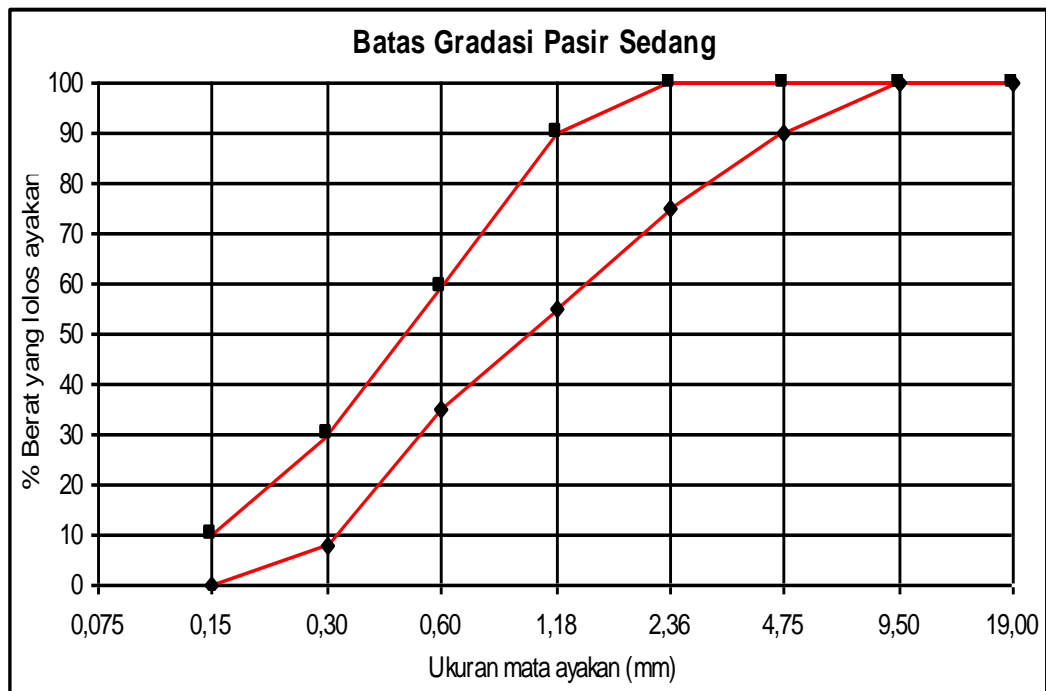
1. Mempunyai butiran yang halus.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
3. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
4. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.3 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1 hingga Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

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

- 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. Daerah Gradasi Pasir Sedang (SNI 03-2834, 2000).

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.

Pemeriksaan material ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI, agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.

2.2.3 Agregat Kasar

Dalam kuat tarik Agregat kasar berfungsi sebagai pengisi volume rongga yang berkurang. Agregat kasar sangat penting dalam pencampuran beton karena akan menghasilkan beton yang padat sehingga membuat beton kuat terhadap pembebanan. Pemilihan batas gradasi kerikil atau koral diameter maksimum 37,5 mm sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (SNI 03-2834 2000), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

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

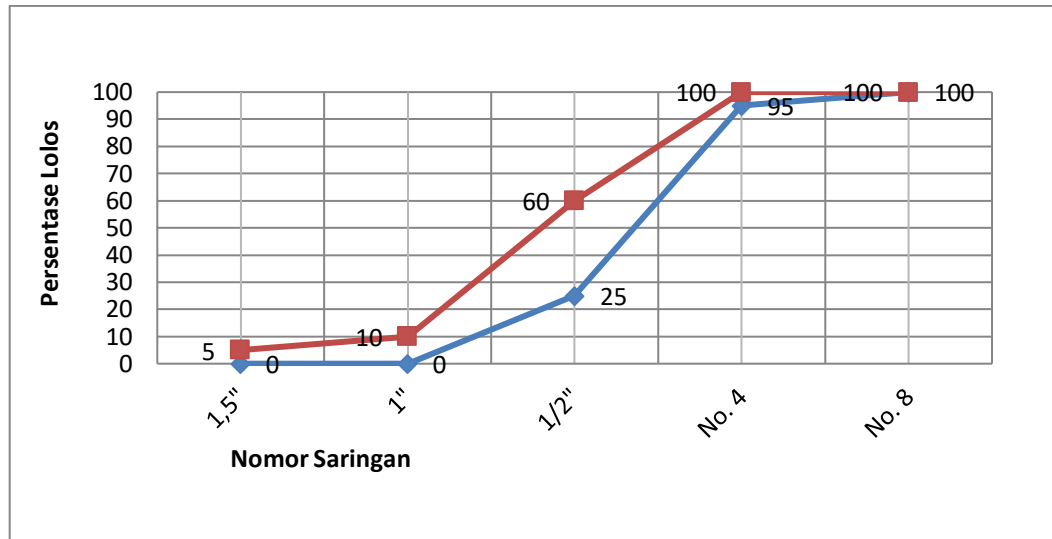
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

Menurut (SNI 03-2834 2000) batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.4 dan dijelaskan melalui Gambar 2.4 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.4. Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100



Gambar 2.2. Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000).

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar (SNI 03-2834-2000), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.
7. Keausan agregat.

2.2.4 Semen Portland Pozolan

Beton yang di buat dengan PPC umumnya lebih tahan terhadap lingkungan agresif walaupun perkembangan kekuatannya lebih lambat bila dibandingkan dengan yang dibuat dengan menggunakan PC. Selain kekuatan, parameter yang juga dapat digunakan untuk menunjukkan kualitas beton adalah modulus elastisitas. Salah satu factor yang dapat mempengaruhi nilai modulus elastisitas beton (E_c) adalah jenis dari bahan penyusunnya. Untuk menentukan E_c , umumnya digunakan persamaan empiris linear, antara E_c dengan kuat tekan beton. Tanpa membedakan jenis dari semen yang digunakan (SNI 03-2847-2002). Mengingat

PPC mempunyai karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan PC (Salain and Widiarsa 2006).

Semen Portland Pozolan atau *Portland Pozzolana Cement* (PPC) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6% sampai dengan 40% massa semen portland pozolan (SNI 15-0302-2004). Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga di antara butiran-butiran agregat. Menurut SNI 0013-18 di Indonesia semen *Portland* dibedakan menjadi lima jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V (Kemalasari and Wijayanti 2008).

Tabel 2.5 : Tipe Semen dan Fungsinya

Tipe Semen	Deskripsi
I	Semen <i>Portland</i> Jenis Umum (<i>Normal PC</i>) yaitu jenis semen untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus, misalnya untuk trotoar, pasangan bata, dll
II	Semen Portland Jenis Umum dengan perubahan-perubahan (<i>Modified Portland Cement</i>). Semen ini memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dari Jenis I. Semen ini digunakan untuk bangunan-bangunan tebal seperti pilar, kolom, dll
III	Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi (<i>High Early Strength PC</i>). Jenis ini akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar pada waktu singkat, biasanya digunakan untuk struktur yang mendesak digunakan, misalnya perbaikan jalan beton
IV	Semen <i>Portland</i> dengan panas hidrasi rendah (<i>Low Heat PC</i>). Jenis ini merupakan jenis khusus dengan panas hidrasi yang serendah-rendahnya. Digunakan untuk bangunan beton massa besar, seperti bendungan, dll

Tabel 2.5 Lanjutan

V	Semen <i>Portland</i> tahan sulfat (<i>Sulfat Resistant PC</i>). Jenis <i>PC</i> yang khusus dimaksudkan untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat seperti Industri Kimia dan lain-lain.
---	---

Melihat jenis semen yang banyak beredar di Indonesia ada dua jenis, semen PPC (Portland Pozolan Cement) dan PCC (Portland Composit Cement). Sehingga masih banyak masyarakat yang menggunakan jenis semen tersebut tanpa mengetahui sifat – sifat beton yang dibuat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih belum banyak penelitian yang membahas tentang sifat-sifat beton yang menitik beratkan pada jenis semennya. Dengan mengacu pada berbagai referensi beton dan penelitian diatas yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan mengangkat variabel jenis semen PPC dengan memakai fas 0,41 untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kuat tekan beton dan serapannya pada umur 28 hari. Sedang dilakukan pula penelitian yang sama dengan variabel jenis semen dan fas yang berbeda, sehingga bisa dilakukan perbandingan penelitian agar mendapatkan data yang akurat (Fas et al. 2014).

2.2.5 Air

Proporsi yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kecelakaan beton atau daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi lemah. Proporsi air ini dinyatakan dengan factor air semen (*water cement ratio*) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut. Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton dengan yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya.

Air merupakan material yang sangat penting dalam campuran beton dan harganya yang paling murah. Dalam pembuatan beton, air yang digunakan harus bersih dan bebas dari campuran bahan yang berbahaya seperti minyak, tumbuhan,

dan kandungan lain. Air mempunyai pengaruh penting terhadap kekuatan dan kemudahan dalam pelaksanaan beton karena kelebihan air dapat menurunkan kekuatan beton dan dapat mengakibatkan beton menjadi *bleeding*. Yang mana air bersama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituangkan. Kemudahan pelaksanaan pembuatan beton sangat bergantung pada air untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan tetapi dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau bisa disebut faktor air semen (*water cemen ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan.

Proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Air harus bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat dikonsumsi sebagai air minum.
2. Tidak mengandung lumpur,minyak,benda benda terapung yang dapat dilihat secara visual
3. Tidak mengandung alkali atau garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton
4. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2gr/lit.
5. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_4 , dimana ppm adalah singkatan dari *part permillion* yaitu kandungan zat kimia yang masih diperbolehkan.
6. Dianalisa secara kimia dan mutunya dievaluasi menurut pemakaian.
7. Bila dibandingkan kekuatan tekannya dengan yang mengandung air suling sebagai pencampuran maka persentase kekuatan tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10% pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang akan dihasilkan akan berkurang kekuatannya.

Tabel 2.6 : Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan(Mulyono, 2005)

KandunganUnsurkimia	Konsentrasi (Maksimum)
Chloride	
a. Betonprategang	500 ppm
b. Betonbertulang	1000 ppm
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ k}_2\text{O}$)	600 ppm

Adapun air yang digunakan pada penelitian ini adalah air PDAM yang berada di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2.2.6 Abu sekam padi

Abu sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi yang tidak terpakai bila tidak diolah dapat mencemari lingkungan. Abu sekam padi mudah didapatkan di seluruh wilayah di Indonesia karena padi sebagai makanan pokok penduduk Indonesia. Karakteristik abu sekam padi yang cukup halus dengan kandungan silika aktif yang tinggi menjadi dasar penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian pasir dalam campuran beton. Penggantian sebagian pasir menggunakan abu sekam padi merupakan salah satu upaya menjadikan beton lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian pasir ditinjau dari kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi. 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 pasir. Kandungan SiO_2 (Silica) dalam abu sekam padi dapat mencapai sekitar 80% dan biasanya dikategorikan sebagai pozzolan reaktif. Abu sekam padi yang ditumbuk akan didapatkan ukuran partikel yang tepat karena ukuran partikel abu sekam padi mempengaruhi workability dan kekuatan beton.

Abu sekam padi mampu untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen parsial dan mengurangi penggunaan sumber daya alam dalam proses pembuatan semen. (Raharja 2013)

2.2.7. Serabut kelapa

Menurut Suhardiyono (1999), serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian.

Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain. Menurut Soroushian dan Bayasi (1987) serta menurut Tjokrodimuljo (1996), bahwa gelas/kaca bisa dijadikan material serat pada adukan beton. Secara visual baik kaca maupun sabut kelapa apabila dilebur performanya tidak jauh berbeda, yaitu berbentuk serpihan yang keras. Sehingga karakteristiknya pun diperkirakan sama. Maka secara logika, sabut kelapa jika dijadikan material serat pengaruhnya akan sama atau bahkan lebih tinggi daripada kaca.

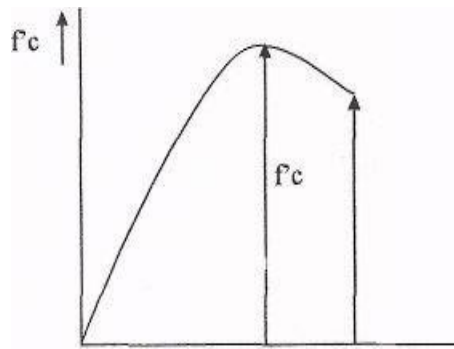
Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut.

1. Kekuatan dan keuletan sabut kelapa lebih tinggi daripada kaca (kaca lebih getas daripada sabut kelapa). Kekuatan dan keuletan yang tinggi umumnya mengakibatkan modulus elastisitas tinggi, sehingga akan menghasilkan beton dengan modulus elastisitas tinggi pula.
2. Sabut kelapa mempunyai tekstur permukaan serat yang lebih kasar daripada kaca, sehingga ikatannya dengan pasta semen akan lebih kuat untuk dapat mengisi rongga pada beton. Sabut kelapa mengandung unsur kalium sebesar 10,25%, sehingga dapat menjadi alternatif sumber kalium organik dari alam. Kalium pada tanaman kelapa akan berfungsi membentuk batang yang lebih kuat, memperkuat perakaran sehingga tanaman lebih tahan roboh, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit serta dapat membuat serat sabut kelapa menjadi lebih berisi dan padat.

Di berbagai negara lainnya, serat sebagai penguat dan peningkat sifat deformasi beton bukan lagi barang asing. Beton diperkuat dengan serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Peranan serat adalah sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matrik dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat. Mutu serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serat sabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung lumpur. Sabut kelapa adalah bagian penting dari buah kelapa dengan porsi 35% dari seluruh berat buah kelapa. Sabut kelapa adalah serat yang diambil dari penutup luar yang berserat dari buah kelapa dan merupakan tanaman asli daerah tropis. Sabut juga dianggap sebagai serat biji, meskipun penampilannya serupa dengan serat dari kulit pohon dengan selulosa (sekitar 26%), lignin (29,4%), pektin dan senyawa terkait (36,6%), serta air (8%). Dengan kandungan lignin yang lebih tinggi membuat serat lebih keras dan kaku. (Sipil Dkk. 2008)

2.2.8 Modulus Elastisitas

Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan seera elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E) atau Modulus Young. Kajian tentang hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur. Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk yang terjadi pada bahan itu amat tergantung pada sifat tegangan dan regangan tersebut. Pada baja terjadi perubahan bentuk seera elastis pada pembebanan dibawah elastis, sehingga beban uji kembali pada bentuk semula bila pembebanan ditiadakan. Beton berubah bentuk mengikuti regangan elastis dan sebagian mengalami regangan plastis. Hal ini digambarkan pada Gambar 2.6 memperlihatkan kurva tegangan-regangan tipikal yang diperoleh dari percobaan benda uji silinder beton dan dibebani tekan uniaksial selama beberapa menit (Ikhsanudin 2011).



Gambar 2.3 Kurva tegangan-regangan beton yang diberi tekanan (Nawy, 1990: 44)

Bagian kurva ini (sampai sekitar 40 % PC) pada umumnya untuk tujuan praktis dapat dianggap linier. Setelah mendekati 70 % tegangan hancur, material banyak kehilangan kekakuannya sehingga kurva tidak linier lagi. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan menahan tegangan yang cukup besar dalam kondisi regangan yang masih kecil, artinya bahwa beton tersebut mempunyai kemampuan menahan tegangan yang cukup besar akibat beban-beban yang terjadi pada suatu regangan (kemungkinan terjadi retak) yang kecil. Tolak ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari desakan yang diberikan. Murdock dan Brook (1991), modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dapat dihitung.

Dengan :

P = beban yang diberikan (ton)

A = luas tampang melintang (mm^2)

Δl = perubahan panjang akibat beban P (mm)

l = panjang semula (mm)

Berdasarkan rekomendasi ASTM C 469-94, perhitungan modulus elastisitas beton yang digunakan adalah modulus chord, adapun perhitungan modulus elastisitas chord (E_c) dapat dilihat pada persamaan

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\varepsilon_2 - 0,00005}$$

Dengan:

E_c = modulus elastisitas (MPa)

S_2 = tegangan sebesar 40% x f_c' (MPa)

S_1 = tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan sebesar 0,00005 (MPa)

ϵ_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Modulus elastisitas beton antara lain sebagai berikut ini:

a. Kelembaban

Beton dengan kandungan air yang lebih tinggi memiliki modulus elastisitas yang juga lebih tinggi dari pada beton dengan spesifikasi yang sama.

b. Agregat

dalam beton, semakin tinggi pula modulus elastisitas beton tersebut. Nilai modulus dan proporsi volume agregat dalam campuran mempengaruhi modulus elastisitas beton. Semakin tinggi modulus agregat dan semakin besar proporsi agregat.

c. Umur beton

Modulus elastisitas beton meningkat seiring pertambahan umur beton seperti halnya kuat tekannya, namun modulus elastisitas meningkat lebih cepat dari pada kekuatannya.

d. Mix Design Beton

Jenis beton memberikan nilai E (modulus elastisitas) yang berbeda-beda pada umur dan kekuatan yang sama.

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Umum

3.1.1 Metode Penelitian umum

Data-data pendukung diperlukan sebagai tuntunan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Data-data pendukung tersebut diperoleh dari :

1. Data Primer

Data ini adalah data yang telah berhasil diperoleh dari data Laboratorium seperti :

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

2. Data Sekunder

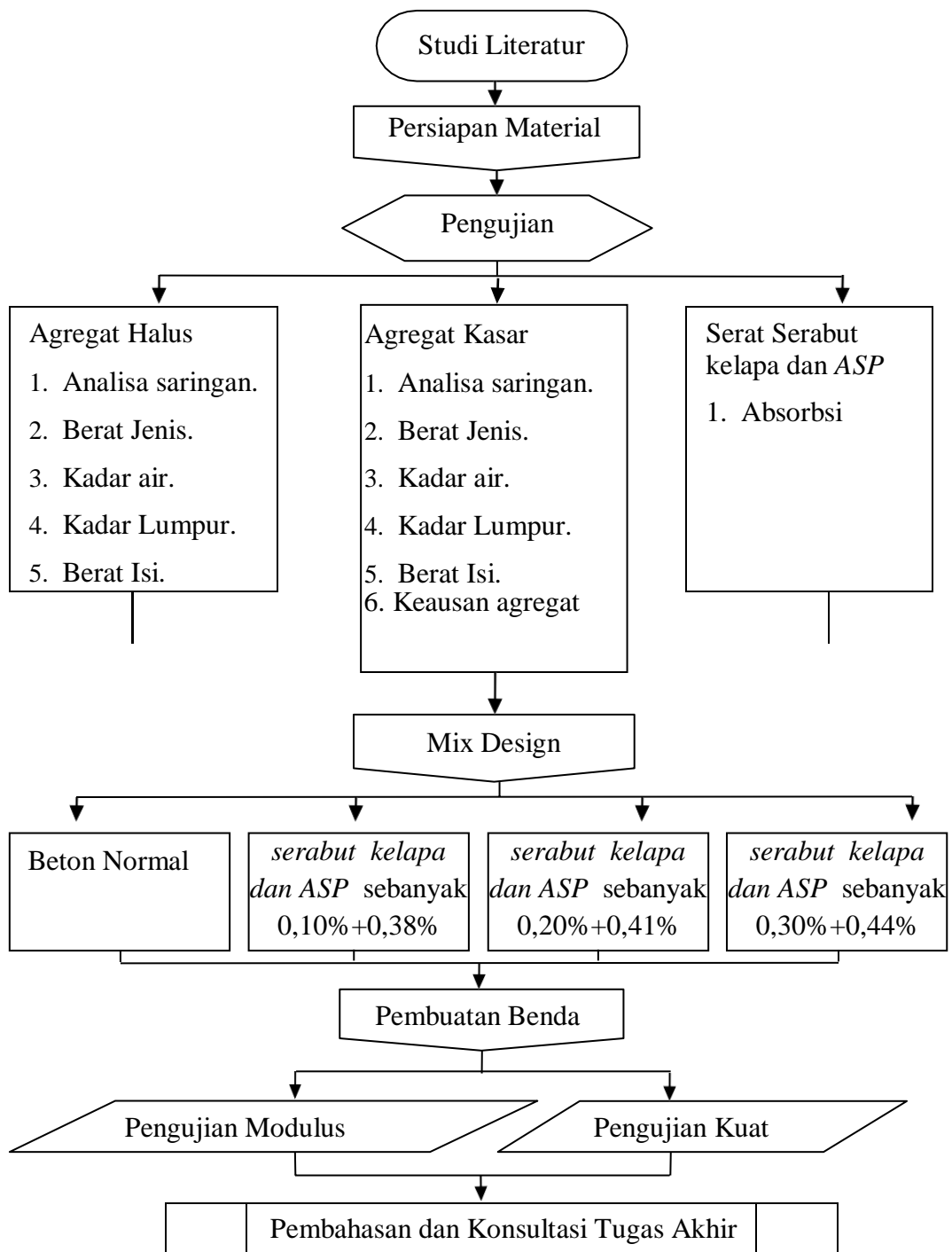
Data ini adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton, panduan pembuatan beton dan data-data teknis SNI03-2834-2002 serta buku-buku SNI lainnya yang berhubungan dengan beton, buku literature ASTM (*American Society for Testing and Materials*), buku literatur dari PBI 1971 (Peraturan Beton Indonesia 1971), konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta tim pengawas laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Metodologi penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji (sampel) di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan Serat Serabut kelapa dengan varian 0.38%, 0.41%, 0.44% dan abu sekam padi

10%, 20%, 30% sebagai pengganti pasir. Sedangkan waktu pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

Persiapan material merupakan langkah awal dalam melaksanakan penelitian ini, setelah semua persiapan dilakukan baru dapat melakukan pengujian material, pengujian material mencakup keseluruhan bahan dalam pembuatan beton yaitu pengujian material agregat halus, pengujian material agregat kasar, pengujian material semen, pengujian air dan serat daun nanas sebagai bahan tambah dalam penelitian pembuatan campuran untuk memperkuat nilai modulus elastisitas dalam beton.

Setelah tahap diatas telah selesai dilaksanakan, langkah selanjutnya adalah tahapan mix design, dalam tahapan ini, semua bahan yang telah diuji akan dicampur menjadi satu berdasarkan data yang telah didapat sebelumnya, dalam penelitian ini, mix design dibuat dalam empat variasi yaitu campuran beton normal, campuran serat *serabut kelapa dan ASP*, campuran *serabut kelapa dan ASP* sebanyak 0,10%+0,38%, *serabut kelapa dan ASP* sebanyak 0,20%+0,41%, *serabut kelapa dan ASP* sebanyak 0,30%+0,41%, dan dibuat pada cetakan berbentuk selinder sebanyak 36 buah yang akan diuji pada umur beton yaitu 28 hari.

Selanjutnya pengujian benda uji yang meliputi pengujian kuat tekan beton dan pengujian modulus elastisitas beton, data-data yang diperoleh dari hasil pengujian di lampirkan didalam pembahasan yang akan dihitung analisa datanya. Analisa data tersebut nantinya akan menjadi kesimpulan didalam penelitian yang dilakukan. Tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1. Bagan Alir metode pelaksanaan

3.2 Pelaksanaa Penelitian

3.2.1 Tempat dan waktu penelitian

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl.Kaptan Mukhtar Basri No.3 Medan pada bulan Maret sampai dengan selesai.

3.2.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Rencana penelitian ini menggunakan persentase 10%+0,38%, 20%+0,41%, dan 30%+0,44% *ASP dan serabut kelapa*. Benda uji beton yang dibuat berbentuk silinder untuk pengujian modulus elastisitas beton, jumlah sampel penelitian 36 buah dengan umur 28 hari. Dengan pesentase *ASP dan serabut kelapa* yang sama pada pembuatan benda uji modulus elastisitas beton, dengan perincian sebagai berikut:

Tabel 3.1. variasi campuran Beton.

NO	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sampel Pengujian
		28 hari
1.	Beton normal	9 buah
2.	Beton variasi 10% + 2%	9 buah
3.	Beton variasi 20% + 2%	9 buah
4.	Beton variasi 30% + 2%	9 buah
TOTAL		36 Buah

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Material pembentuk beton yang digunakan, yaitu :

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PC (*Portland Cement*) type I

2. Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir dari pengepul pasir Binjai.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar berupa batu pecah yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah dari pengepul batu pecah Binjai.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PDAM Tirtanadi Medan.

5. Serabut Kelapa.

Serabut kelapa yang telah di potong-potong diperoleh dari tukang kerajinan sikat dari kota Binjai

6. Abu sekam padi (ASP)

Abu sekam padi yang diperoleh dari kota Tebing Tinggi.

3.3.2 Peralatan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Alat pendukung material
- b. Timbangan digital
- c. Alat pengaduk Beton
- d. Cetakan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm
- e. Mesin kompres (*compression test*)
- f. Alat penguji Modulus elastisitas Beton (*extensometer*)

3.4 Persiapan penelitian

Mempersiapkan seluruh material pembentuk beton kemudian melakukan pemisahan terhadap material menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilaksanakan di Laboratorium teknik sipil UMSU.

3.5 Pemeriksaan agregat

Didalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun halus dilakukan agar mengetahui kelayakan agregat untuk bahan pembentuk beton ini dilakukan di Labolatorium dengan mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan dari Agregat dan SNI sebagai pandua pembuatan beton.

3.6 Pemeriksaan Agregat halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya :

- a. Analisara saringan
- b. Berat jenis dan penyerapannya
- c. Kadar air
- d. Kadar lumpur
- e. Berat isi

3.6.1 Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566. Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penyelidikan di dapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga dapat diketahui kadar air dari agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.2: Data-data dari hasil penelitian kadar air agregat halus

Pemeriksaan	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat mula-mula (W1)	500	500	500
Berat kering oven (W2)	489	490	489,5
Berat Air (W3)	11	10	10,5
Kadar Air	2,249	2,041	2,145

Berdasarkan Tabel 3.2 pemeriksaan kadar air agregat halus yang dilakukan. Dari 2 data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 500 gr. Maka didapatkanlah persentase kadar air 2,25 %.

3.6.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117. Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penyelidikan didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga dapat diketahui seberapa besar kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Berdasarkan Tabel 3.3 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3%, dan sampel kedua sebesar 3,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 4,3%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <5%.

Tabel 3.3. Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Pemeriksaan	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat contoh bahan kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah Dicuci	485	482	483,5
Berat contoh bahan lolos saringan No.200setelah dicuci C (gr)	15	18	16,5
Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan No.200setelah dicuci (%)	3%	3,6%	3,3%

3.6.3 Analisa saringan

Analisa saringan adalah suatu pemeriksaan distribusi ukuran agregat halus dengan menggunakan ukuran-ukuran lubang saringan standar tertentu. Analisa saringan juga berfungsi untuk menentukan persentase agregat halus dalam

campuran.

Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara.

Dari penelitian analisa saringan akan di dapat data-data batas gradasi agregat halus sehingga diketahui modulus kehalusannya. Ukuran saringan yang digunakan yaitu nomor 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, 0,075 mm dan pan. Pemeriksaan analisa saringan menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2002.

Hasil dari pemeriksaan analisa saringan akan diperoleh grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai komulatif agregat. Maka akan didapat zona gradasi agregat yang dipakai (zona pasir kasar, sedang, agak halus atau pasir halus).

Untuk mencari modulus kehalusan dapat dipakai rumus sebagai berikut:

$$FM (\text{Modulus Kehausan}) = \frac{\text{Jumlah \% Komulatif Tertahan}}{100}$$

Modulus kehalusan yang disyaratkan untuk agregat halus yaitu 2,1 – 3,7

Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

Nomor Ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
					Tertahan	Lolos
	contoh 1 (gr)	contoh 2 (gr)	total (gr)	(%)	(%)	(%)
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0,000	0,000	100,000
19.0 (3/4 in)	0	0	0	0,000	0,000	100,000
9.52 (3/8 in)	0	0	0	0,000	0,000	100,000
4.75 (No. 4)	7	16	23	1,045	1,045	98,955
2.36 (No. 8)	77	114	191	8,682	9,727	90,273
1.18 (No.16)	189	227	416	18,909	28,636	71,364
0.60 (No. 30)	279	314	593	26,955	55,591	44,409
0.30 (No. 50)	294	335	629	28,591	84,182	15,818
0.15 (No. 100)	141	169	310	14,091	98,273	1,727
Pan	13	25	38	1,727	100,000	0,000
Total	1000	1200	2200	100,000		

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat. Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{No.4} &= \frac{23}{2200} \times 100\% = 1,045 \% \\
 \text{No.8} &= \frac{191}{2200} \times 100\% = 8,682 \% \\
 \text{No.16} &= \frac{416}{2200} \times 100\% = 18,909 \% \\
 \text{No.30} &= \frac{593}{2200} \times 100\% = 26,955 \% \\
 \text{No.50} &= \frac{629}{2200} \times 100\% = 28,519 \% \\
 \text{No.100} &= \frac{310}{2200} \times 100\% = 14,091 \% \\
 \text{Pan} &= \frac{38}{2200} \times 100\% = 1,727 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

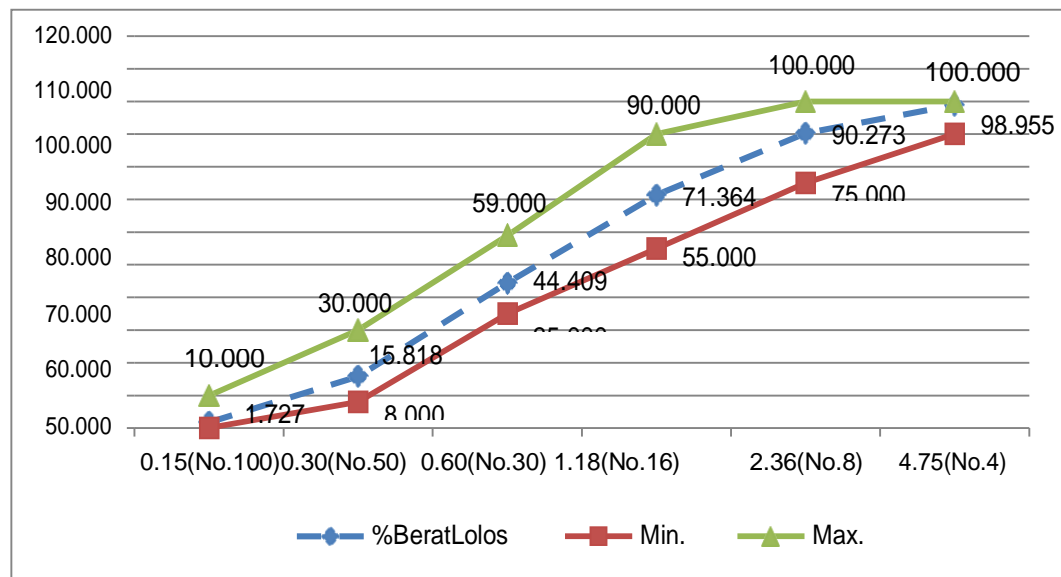
$$\begin{aligned}
 \text{No. 4} &= 0 + 1,045 = 1,045 \% . \\
 \text{No. 8} &= 1,045 + 8,682 = 9,727 \% . \\
 \text{No. 16} &= 9,727 + 18,909 = 28,636 \% . \\
 \text{No. 30} &= 28,636 + 26,955 = 55,591 \% . \\
 \text{No. 50} &= 55,591 + 28,519 = 84,110 \% . \\
 \text{No. 100} &= 84,110 + 14,091 = 98,201 \% . \\
 \text{Pan} &= 98,201 + 1,727 = 99,928 \% .
 \end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 277,455 %

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{277,455}{100} \\
 \text{FM} &= 2,775
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No. 4	= 100	-1,045	= 1,045 %.
No. 8	= 100	-9,727	= 9,727 %.
No. 16	= 100	-28,636	= 28,636 %.
No. 30	= 100	-55,591	= 55,591 %.
No. 50	= 100	-84,182	= 84,182 %.
No. 100	= 100	-98,273	= 98,273 %.
Pan	= 100	-100	= 100 %.



Gambar 3.1: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)

Agregat halus pada Tabel 3.4 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,775 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti Gambar 3.1.

3.6.4 Berat jenis dan penyerapannya.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk menentukan “Bulk dan Apparent” specific-gravity dan penyerapan dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C 127. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan berat agregat dalam komposisi volume adukan beton.

Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton dan arahan dari dosen pembimbing di universitas muhammadiyah sumatera utara tentang berat jenis dan penyerapannya. Yang didapat dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapannya yaitu berat jenis contoh kering, berat jenis SSD dan berat jenis contoh semu.

Tabel 3.5: Data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD	500	500	500
Berat kering oven	492	491	491,5
Berat piknometer penuh air	674	674	674
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air	979	980	980
Berat jenis contoh kering	2,523	2,531	2,527
Berat jenis contoh SSD	2,564	2,577	2,571
Berat jenis contoh semu	2,631	2,654	2,643
<i>Absorption</i>	1,626	1,833	1,730

Berdasarkan Tabel 3.5 Yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Beton diketahui nilai berat jenis dan penyerapannya yang telah memenuhi persyaratan. Pada tabel terlampir nilai berat jenis contoh kering, berat jenis contoh SSD dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai berat jenis contoh kering < berat jenis contoh SSD < berat jenis contoh semu. Nilai rata-rata yang didapat dari pemeriksaan yaitu $2,527 \text{ gr/cm}^3 < 2,571 \text{ gr/cm}^3 < 2,643 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapannya sebesar 1,730 %. Berdasarkan ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2 %.

3.7 Pemeriksaan agregat kasar (Batu pecah)

Pemeriksaan dasar terhadap Agregat Kasar ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan berdasarkan ASTM C33 (1985).Diantaranya adalah:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi
- Pemeriksaan analisa saringan.
- Keausan agregat dengan menggunakan Mesin Los Angeles

3.7.1 Kadar air agregat kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566. serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat. Dari hasil penelitian di dapat data-data yang terlampir pada Tabel 3.6 sehingga dapat diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6:Data-data dari hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat mula-mula	1000	1000	1000
Berat kering oven	994	994	994
Berat Air	6	6	6
Kadar Air	0,604	0,604	0,604%

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar didapat rata-rata kadar air sebesar 0,604%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian. Hasil diatas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33 (1985) serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penyelidikan didapat data-data yang terlampir pada Tabel 3.7, sehingga dapat diketahui seberapa besar kadar lumpur dari agregat

kasar yang diperiksa. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,733%, dan sampel kedua sebesar 0,8%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,767%.

Tabel 3.7: Data-data dari hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar

Pengujian	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Berat contoh kering : A (gr)	1500	1500	1500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	1488	1489	1488,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	11	12	11,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,733	0,8	0,767

3.7.3. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penyelidikan di dapat data-data yang terlampir pada Tabel 3.8 sehingga didapat nilai berat jenis maupun penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

3.7.4 Kadar Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air dari suatu bahan yang akan digunakan nantinya. Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang kadar air.

Rumus yang dipakai dalam mencari kadar air agregat yaitu :

$$\text{Kadar air} = \frac{w_2}{w_3} \times 100\%$$

Dimana :

W1 = Berat contoh mula-mula

W2 = Berat contoh kering oven

W3 = Berat air = $\frac{W1}{W2}$

Tabel 3.8: Data hasil penelitian kadar air

Pemeriksaan	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat mula-mula (W1)	500	500	500
Berat kering oven (W2)	489	490	489,5
Berat Air (W3)	11	10	10,5
Kadar Air	2,249	2,041	2,145

Berdasarkan Tabel 3.8 Yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Beton diketahui nilai kadar air pada agregat halus yang telah memenuhi standar. Nilai kadar air rata-rata yang didapat yaitu sebesar 2,145 %. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada kadar air contoh pertama didapat sebesar 2,249 %, sedangkan kadar air contoh kedua sebesar 2,041 %. Hasil pemeriksaan tersebut telah memenuhi standard yang ditentukan yaitu sebesar 2 % - 20 %.

3.7.5 Kadar Lumpur

Pengujian ini untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat. Kadar lumpur yang berlebih dalam agregat halus dapat berpengaruh terhadap ikatan antara semen dengan agregat itu sendiri yang berdampak kepada kerapuhan pada beton. Pasir yang digunakan sebagai pembuatan beton harus mengandung lumpur tidak lebih dari 5 % dari berat kering. Jika pasir yang akan digunakan memiliki kandungan lumpur sebanyak lebih dari 5 %, maka perlu adanya pencucian agregat.

Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum

beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang kadar lumpur.

Adapun nilai-nilai yang akan didapatkan dalam mencari kadar lumpur pada agregat halus yaitu sebagai berikut :

1. Berat contoh bahan kering = A gram.
2. Berat contoh kering setelah dicuci = B gram.
3. Berat contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm (C) = (A – B) gram.
4. Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm (D)
 $= (C / A) \times 100\%$.

Tabel 3.9: Data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat contoh bahan kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah Dicuci	485	482	483,5
Berat contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm	15	18	16,5
Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm	3%	3,6%	3,3%

Berdasarkan Tabel 3.9 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan nomor 200. Persentase yang didapat dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal yang hasilnya dibuat kedalam satuan persen. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk contoh pertama sebesar 3 % dan contoh ke dua sebesar 3,6 %. Maka didapat dan diambil dari hasil rata-rata dari contoh keduanya yaitu sebesar 3,3 %. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu sebesar $< 5\%$.

3.7.6 Berat Isi

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Pemeriksaan

dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang berat isi.

Adapun rumus yang akan digunakan yaitu :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} (\text{kg/m}^3)$$

Dimana : W_3 = berat contoh bahan.

V = isi wadah (dm^3).

Tabel 3.10: Data hasil penelitian berat isi agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Berat contoh dan wadah (gr)	18780	18670	18670	18745
Berat wadah (gr)	5440	5440	5440	5440
Berat contoh (gr)	13340	13270	13230	13305
Volume wadah (cm^2)	15465,214	15465,214	15465,214	15465,214
Berat isi (gr/cm^3)	1,159	1,165	1,169	1,162

Berdasarkan Tabel 3.10 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,165gr/cm³. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu sebesar > 1,125 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapat dari perbandingan nilai antara berat contoh dengan volume wadah. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,159 gr/cm³, percobaan kedua didapat nilai berat isi sebesar 1,169 gr/cm³ dan percobaan ketiga didapat nilai berat isi sebesar 1,165 gr/cm³.

3.8 Pemeriksaan agregat kasar.

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya :

1. Analisa saringan.
2. Berat jenis dan penyerapannya.
3. Kadar air.
4. Kadar lumpur.
5. Berat isi.

3.8.4 Analisa Saringan

Analisa saringan bertujuan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat. Data distribusi butiran pada agregat kasar ini diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Cara pembagian butir atau gradasi agregat ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat saringan dengan ukuran jarring-jaring tertentu. Ukuran saringan yang digunakan yaitu nomor 76 mm, 38 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm dan pan. Pemeriksaan analisa saringan menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2002. Hasil dari pemeriksaan analisa saringan akan diperoleh grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai komulatif agregat. Maka akan didapat zona gradasi agregat yang dipakai (zona pasir kasar, sedang, agak halus atau pasir halus).

Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang analisa saringan. Dari penelitian analisa saringan akan di dapat data-data batas gradasi agregat kasar sehingga diketahui modulus kehalusannya.

Untuk mencari modulus kehalusan dapat dipakai rumus sebagai berikut :
Modulus kehalusan yang disyaratkan untuk agregat kasar yaitu 5,5 – 7,5.

$$FM (\text{Modulus Kehausan}) = \frac{\text{Jumlah \% Komulatif Tertahan}}{100}$$

3.11. Tabel hasil penelitian anallisa saringan agregat.

Nomor Ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	contoh 1 (gr)	contoh 2 (gr)	total (gr)	(%)	Tertahan	Lolos
					(%)	(%)
1,5 in	105	143	248	4,429	4,429	95,571
3/4 in	750	813	1563	27,911	32,339	67,661
3/8 in	1026	1087	2113	37,732	70,071	29,929
No. 4	819	857	1676	29,929	100	0
No. 8	0	0	0	0	100	0
No. 16	0	0	0	0	100	0
No. 30	0	0	0	0	100	0
No. 50	0	0	0	0	100	0
No. 100	0	0	0	0	100	0
Pan	0	0	0	0	100	0
Total	2700	2900	5600	100		

Berdasarkan Tabel 3.11 Diperoleh nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali dengan nomor saringan berdasarkan metode ASTM C33 (1986). Berikut penjabaran tentang persentase berat tertahan dan komulatif agregat :

Total berat pasir = 5600 gram.

Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= \frac{248}{5600} \times 100\% = 4,429 \% \\
 \frac{3}{4} &= \frac{1563}{5600} \times 100\% = 27,911 \% \\
 \frac{3}{8} &= \frac{2113}{5600} \times 100\% = 37,732 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{1676}{5600} \times 100\% = 29,929 \%
 \end{aligned}$$

Persentase berat komulatif tertahan :

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 4,429 = 4,429 \% \\
 \frac{3}{4} &= 4,429 + 27,911 = 32,339 \% \\
 \frac{3}{8} &= 32,339 + 37,732 = 70,071 \% \\
 \text{No.4} &= 70,071 + 29,929 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

Jumlah persentase komulatif yang tertahan = 706,839

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{706,839}{100}
 \end{aligned}$$

$$\text{FM} = 7,068$$

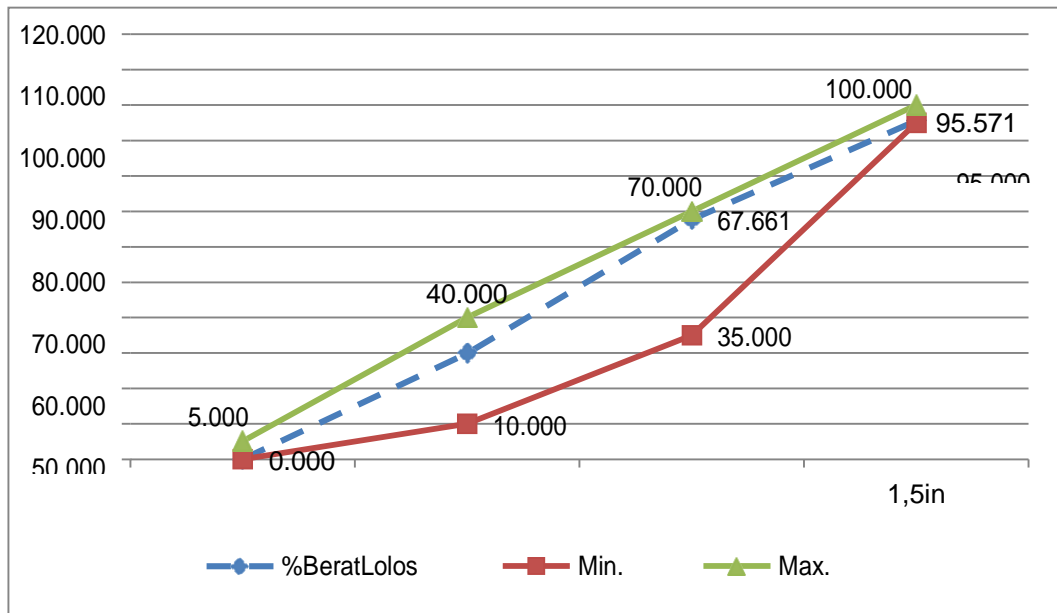
Persentase berat komulatif yang lolos saringan :

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 4,429 = 95,571 \% \\
 \frac{3}{4} &= 100 - 32,339 = 67,661 \%
 \end{aligned}$$

$$3/8 = 100 - 70,071 = 29,929 \%$$

$$\text{No. 4} = 100 - 100 = 0 \%$$

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan criteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.8.5 Berat jenis dan penyerapannya.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk menentukan “Bulk dan Apparent” specific-gravity dan penyerapan dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C 128. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan berat agregat dalam komposisi volume adukan beton.

Tabel 3.12: Data hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD (A)	2700	2800	2750
Berat kering oven (C)	2679	2780	2730
Berat contoh di dalam air (B)	1705,4	1769,5	1737,5
Berat jenis contoh kering	2,694	2,698	2,696
Berat jenis contoh SSD	2,715	2,717	2,716
Berat jenis contoh semu	2,752	2,751	2,751
<i>Absorption</i>	0,784	0,719	0,752

Berdasarkan hasil pemeriksaan dengan data yang dapat dilihat pada tabel 3.12, diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (absorption) pada agregat kasar. Pada tabel tersebut terdapat 3 macam berat jenis, yaitu berat jenis contoh kering, berat jenis contoh SSD dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai berat contoh kering < berat jenis contoh SSD < berat jenis contohsemu.

Dari pemeriksaan didapat nilai rata-rata berat jenis contoh kering sebesar 2,696 gr/cm³ , berat jenis contoh SSD sebesar 2,716 gr/cm³ dan berat jenis contoh semu sebesar 2,751 gr/cm³. Pada pemeriksaan ini juga diperoleh nilai penyerapan pada agregat kasar dengan rata-rata sebesar 0,752 %. Berdasarkan ASTM C 127 nilai pemeriksaan tersebut berada di bawah nilai abropsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4 % atau didapatkannya nilai absorpsi yang diisyaratkan.

3.8.6 Kadar Air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air dari suatu bahan yang akan digunakan nantinya. Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang kadar air.

Rumus yang dipakai dalam mencari kadar air agregat yaitu :

$$\text{Kadar air} = \frac{W1 - W2}{W2 - W3} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 = Berat contoh SSD dan berat wadah.

W2 = Berat contoh kering oven dan wadah.

W3 = Berat wadah.

Tabel 3.13: Data hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat mula-mula	1000	1000	1000
Berat kering oven	994	994	994
Berat Air	6	6	6
Kadar Air	0,604	0,604	0,604%

Berdasarkan Tabel 3.13 Yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Beton diketahui nilai kadar air pada agregat kasar yang telah memenuhi standar. Nilai kadar air rata-rata yang didapat yaitu sebesar 0,604 %. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada kadar air contoh pertama dan kedua didapat hasil kadar air yang sama yaitu sebesar 0,604 %. Hasil pemeriksaan tersebut telah memenuhi standard yang ditentukan yaitu sebesar 0,5 %- 1,5 %.

3.8.7 Kadar Lumpur

Pengujian ini untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat. Kadar lumpur yang berlebih dalam agregat kasar dapat berpengaruh terhadap ikatan antara semen dengan agregat itu sendiri yang berdampak kepada kerapuhan pada beton. Kerikil yang digunakan sebagai pembuatan beton harus mengandung lumpur tidak lebih dari 1 % dari berat kering. Jika kerikil yang akan digunakan memiliki kandungan lumpur sebanyak lebih dari 1 %, maka perlu adanya pencucian agregat.

Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara kadar lumpur.

Adapun nilai-nilai yang akan didapatkan dalam mencari kadar lumpur pada agregat halus yaitu sebagai berikut :

1. Berat contoh bahan kering = A gram.

2. Berat contoh kering setelah dicuci = B gram.
3. Berat contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm :
(C) = (A – B) gram.
4. Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm :
(D) = (C / A) × 100 %.

Tabel 3.14: Data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat contoh bahan kering	1500	1500	1500
Berat contoh kering setelah dicuci	1489	1488	1488,5
Berat contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm	11	12	11,5
Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan ukuran 0,075 mm	0,733%	0,8%	0,767 %

3.8.8 Berat Isi

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang berat isi.

Adapun rumus yang akan digunakan yaitu :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} (\text{kg/m}^3)$$

Dimana :

W3 = berat contoh bahan.

V = isi wadah (dm³).

Tabel 3.15: Data hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Berat contoh dan wadah (gr)	27400	28850	30190	28813
Berat wadah (gr)	5440	5440	5440	5440
Berat contoh (gr)	21960	23410	24750	23373
Volume wadah (cm ³)	15465,214	15465,214	15465,214	15465,21
Berat isi (gr/cm ³)	1,420	1,514	1,600	1,511

Berdasarkan Tabel 3.15 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar dengan rata-rata sebesar 1,551 gr/cm³. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu sebesar > 1,125 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapat dari perbandingan nilai antara berat contoh dengan volume wadah. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,42 gr/cm³, percobaan kedua didapat nilai berat isi sebesar 1,514 gr/cm³ dan percobaan ketiga didapat nilai berat isi sebesar 1,6 gr/cm³.

3.8.9 Keausan Agregat Design Mesin *Los Angeles*.

Pemeriksaan dilaksanakan pada laboratorium beton fakultas teknik universitas sumatera utara dengan cara kerja berdasarkan buku panduan praktikum beton universitas muhammadiyah sumatera utara tentang keausan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut : Berat contoh sebelum pengujian = 5000 gr.

Berat tiap-tiap ayakan tercatat dalam Tabel 3.16 nilai keausan agregat didapatkan dari perbandingan persentase dari berat akhir agregat yang tertahan dengan saringan no.12 dengan berat awal agregat yang diambil. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar ketahanan agregat terhadap gesekan.

Tabel 3.16: Data hasil pemeriksaan keausan agregat.

No. Saringan	Berat Awal (gr)	Berat akhir (gr)
37,5 (1,5 in)	0	0
25 (1 in)	1250	567
19,1 (3/4 in)	1250	976

Tabel 3.16 Lanjutan

12,5 (1/2 in)	1250	675
9,50 (3/8 in)	1250	358
4,75 (No. 4)	0	0
2,36 (No. 8)	0	0
1,18 (No. 16)	0	0
0,60 (No. 30)	0	0
0,30 (No. 50)	0	989
0,15 (No. 100)	0	0
Pan	0	612
Total	5000	4177
	Berat lolos saringan No.12	823
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	16,46

$$\begin{aligned}
 \text{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \\
 &= \frac{5000 - 4177}{5000} \times 100 \% \\
 &= 16,46 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan pada Tabel 3.16 didapat bahwa berat akhir telah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4177 gr dan nilai abrasi (keausan) sebesar 16,46 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50 %.

3.9 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan pembuatan campuran beton normal ini dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI 03-2834-2002. Berikut langkah-langkah dalam pembuatan beton menurut standar ini :

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI 03- 2834-2000

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') ditetapkan 23 Mpa pada umur 28 hari.
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S) yaitu 12 Mpa (berdasarkan tabel 3.17)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 3.17 pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 3.17 Faktor pengali untuk standar deviasi (SNI 03-2834-2002).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f_c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
25	1,03
30	1,00

3. Penghitungan nilai tambah / margin (m):

$$\begin{aligned} \text{Nilai tambah (m)} &= f_c + 12 \\ &= 4,2 + 12 \\ &= 16,2 \end{aligned}$$

Tabel 3.18. Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2005).

Tingkat mutupekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

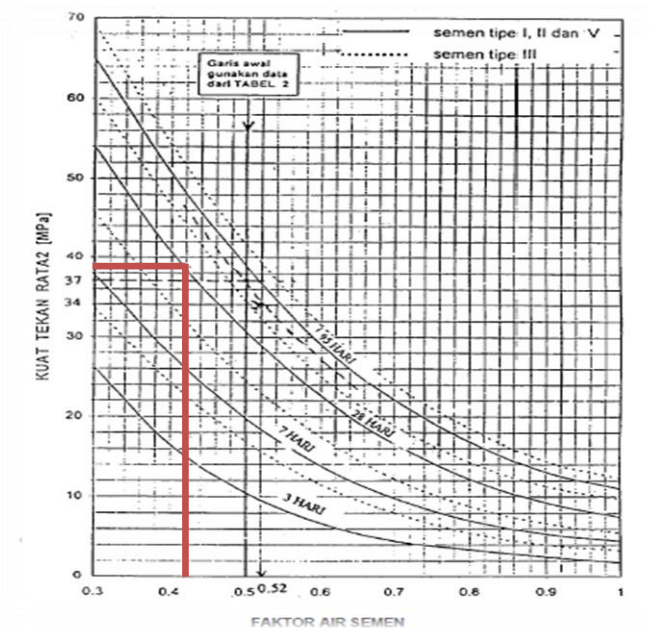
4. Kuat tekan rata-rata perlu f_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

$$f_{cr} = f_c + m$$

$$f_{cr} = 23 + 16,2 = 39,2 \text{ Mpa}$$

5. Penetapan jenis semen *portland*
Pada cara ini dipilih semen type I.
6. Penetapan jenis agregat
Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:



Gambar 3.3. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton.

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari Gambar 3.4 mengambil dari titik kekuatan tekan 39,2 Mpa, bergerak ke horizontal menuju 28 hari kemudian bergerak kebawah vertikal untuk melihat titik nilai faktor air semen.

8. Faktor air semen maksimum
Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam. Maka faktor air semen maksimum ditetapkan 0,60 dilihat pada table 3.15

Tabel 3.19 Persyaratan jumlah semen minimum (SNI 03-2834-2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 3.15
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 3.16
c. Air laut		Lihat Tabel 3.16

9. Penetapan nilai *slump*.

Penetapan nilai *slump* ditetapkan 30-60 mm.

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir maksimum agregat ditetapkan 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 3.16

Tabel 3.20 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) (SNI 03-2834-2000).

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195

Tabel 3.20 Lanjutan

	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 &= 2/3 W_h + 1/3 W_k \\
 &= (2/3 \times 160) + (1/3 \times 190) \\
 &= 170 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan:

$$W_{s_{mn}} = \frac{W_{air}}{F_{as}}$$

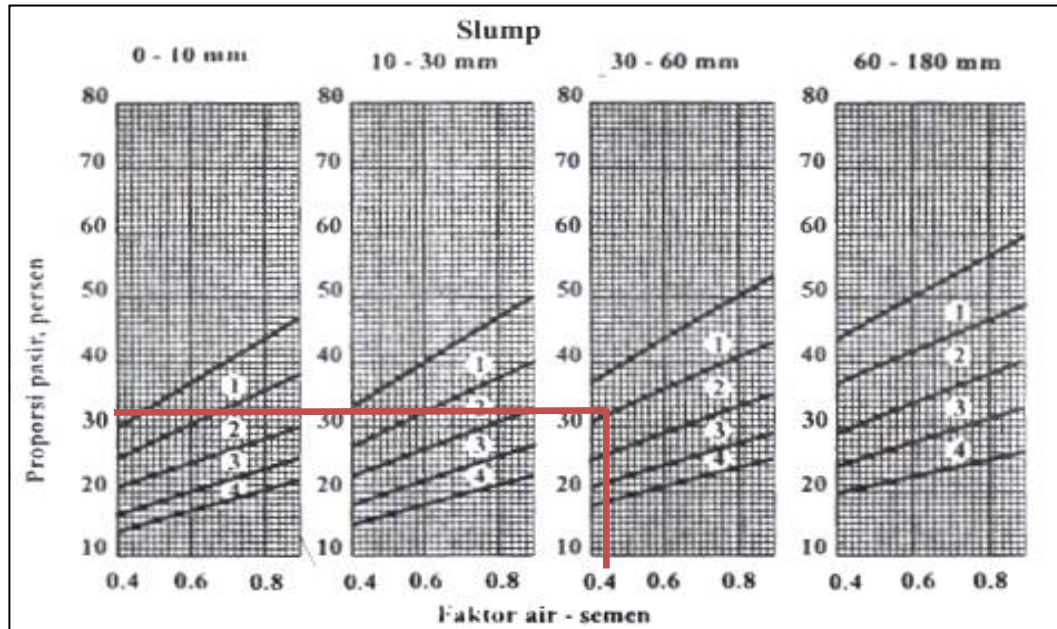
Dimana :

Fas = Faktor air per meter kubik beton

$$\begin{aligned}
 W_{semen} &= \frac{W_{air}}{F_{as}} \\
 &= \frac{170}{0,41} \\
 &= 414,63 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Jumlah semen maksimum diambil dari nilai banyaknya jumlah semen yaitu 414,63 kg/m³.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m³ berdasarkan table 3.15. seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan di point (12) belum mencapai syarat minimum yang telah ditetapkan, maka harga minimum itu harus dipakai dan menyesuaikan faktor air semen.
15. Faktor air semen yang disesuaikan, ditetapkan pada point (7) yaitu 0,41.
16. Penetapan jenis agregat halus diperoleh hasil jenis gradasi pasir sedang. Dapat dilihat pada Gambar 2.2.
17. Penetapan jenis agregat kasar diperoleh hasil jenis gradasi agregat kasar diameter 40mm pada Gambar 2.7
18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran ini dicari dengan cara melihat Gambar 3.5 memilih kelompok ukuran butiran agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air semen 0,41. Presentase

agregat halus diperoleh nilai 31,5% pada daerah susunan butir nomor 2 pada Gambar 3.5



Gambar 3.4. Persen pasir terhadap kadar total agregat (SNI 03-2834-2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j \text{ camp}} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk}$$

Dimana:

$B_{j \text{ camp}}$ = berat jenis agregat campuran.

B_{jh} = berat jenis agregat halus.

B_{jk} = berat jenis agregat kasar.

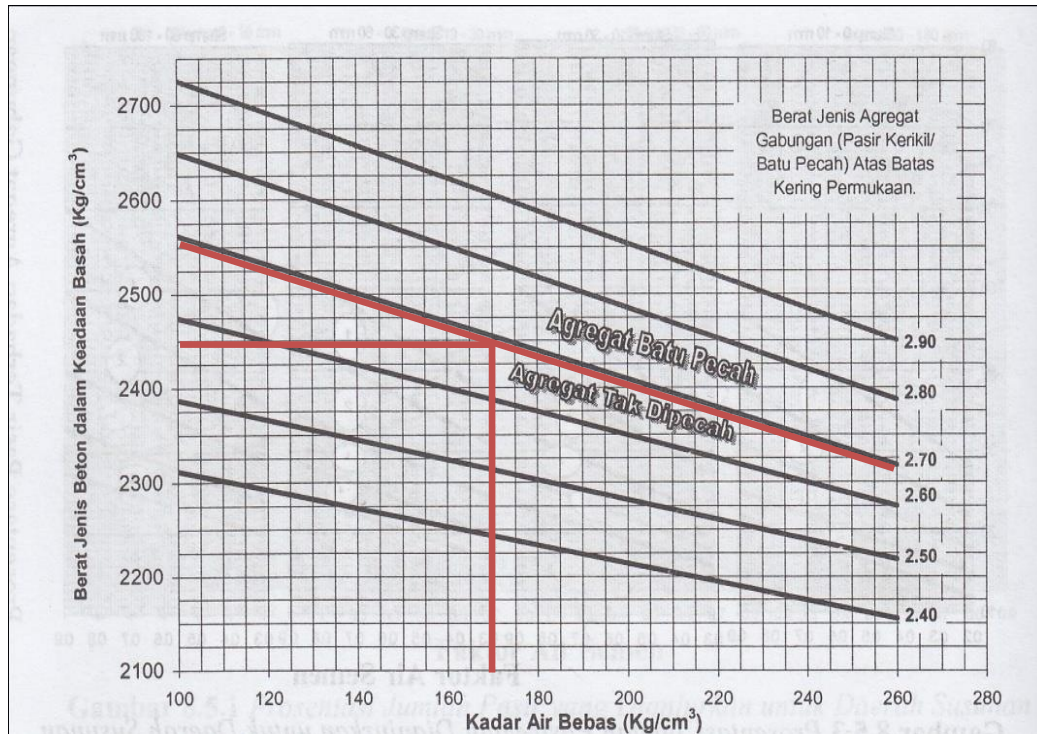
K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

$$\begin{aligned} B_{j \text{ camp}} &= (31,5/100 \times 2,571) + (68,5/100 \times 2,716) \\ &= 2,669 \end{aligned}$$

21. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 3.6.



Gambar 3.6. kandungan air, berat jenis agregat dan berat isi (SNI 03-2834-2000).

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn}$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m^3).

$$\begin{aligned} W_{agr,camp} &= 2450,25 - (170 + 414,63) \\ &= 1856,62 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp}$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

$$W_{agr,h} = 0,315 \times 1856,62$$

$$= 587,670 \text{ kg/m}^3$$

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp}$$

Dengan :

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

$$W_{agr,k} = 1856,62 - 587,670$$

$$= 1277,95 \text{ kg/m}^3$$

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m^3 adukan.
25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

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

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

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

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m^3).

C adalah agregat halus (kg/m^3).

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m^3).

C_a adalah absorpsi air pada agregat halus (%).

D_a adalah absorpsi agregat kasar (%).

C_k adalah kandungan air dalam agregat halus (%).

D_k adalah kandungan air dalam agregat kasar (%).

$$\text{Air} = 170 - (2,145 - 1,7300 \times 587,670/100 - (0,604 - 0,752) \times 1277,95/100$$

$$= 165,426 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= 587,670 + (2,145-1,730) 587,670/100 \\ &= 590,108 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= 1277,95 + (0,604-0,752) \times 1277,95/100 \\ &= 1278,358 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Semen = 414,63 kg/m³
- Agregat halus = 590,108 kg/m³
- Agregat kasar = 1278,63 kg/m³
- Air = 165,426 kg/m³

3.10. Pelaksanaan Penelitian

3.10.4 Mix Design

Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

3.10.5 Pembuatan benda uji

1. Benda uji pemeriksaan kuat tekan dan modulus elastisitas.

Benda uji ini berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm berjumlah 36 buah. Berikut penjelasannya :

- a. Beton normal, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 9 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- b. Beton normal dengan tambahan serat serabut kelapa dan abu sekam padi sebanyak 10%+2% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 9 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- c. Beton normal dengan tambahan serat serabut kelapa dan abu sekam padi sebanyak 20%+2% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 9 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- d. Beton normal dengan tambahan serat serabut kelapa dan abu sekam padi sebanyak 30%+2% dari berat pasir, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 9 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.

Tabel 3.21: jumlah dan ukuran penampang kuat tekan dan modulus elastisitas.

Ukuran penampang silinder	Persentase penambahan <i>SK dan ASP</i>	Umur pengujian	Jumlah
15 Cm x 30 Cm	0%	28 hari	9 buah benda uji
	10%+2%	28 hari	9 buah benda uji
	20%+2%	28 hari	9 buah benda uji
	30%+2%	28 hari	9 buah benda uji

3.10.6 Perawatan Beton.

Setelah beton mengeras dan dikeluarkan dalam cetakan, maka akan dilakukan perawatan dengan terus memberi air yaitu dengan cara perendaman beton. Beton sudah mengeras pada 24 jam setelah dicetak. Sebelum dilakukan perendaman, beton akan diberi tanda. Perendaman ini terus dilakukan sampai pengujian beton pada 28 hari.

3.10.7 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak 36 buah.

3.10.8 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 36 buah dengan berbagai variasi penambahan serat dan perendaman. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati besarnya perubahan panjang (regangan) silinder beton akibat pembebanan serta besarnya beban (P) pada saat beton mengalami kuat tekan sebesar 40% dari kuat tekan yang direncanakan.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Setelah proses pembuatan dan perendaman selesai maka melakukan proses capping pada benda uji agar permukaan menjadi rata

- b. Menimbang berat, tinggi dan diameter benda uji
- c. Memasang alat Compressormeter pada posisi nol kemudian meletakkan benda uji pada mesin kuat tekan
- d. Pengujian dilakukan dengan beban pada kecepatan yang konstan dan beban bertambah secara continiu setiap 50 KN
- e. Untuk pengambilan data, dengan cara mencatat besar perubahan panjang untuk setiap penambahan tekanan sebesar 50 KN yang dapat dibaca dari alat *compressormeter* dan *extensometer*..
- f. Menghitung regangan (ϵ) yang terjadi.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} \text{ Mpa}$$

dengan :

Δl = penurunan arah longitudinal.

l = tinggi beton relatif (jarak antara dua *strain gauge*)

Berdasarkan rekomendasi ASTM C 469-94, perhitungan modulus elastisitas beton yang digunakan adalah modulus chord. Adapun perhitungan modulus elastisitas chord (E_c) sesuai Persamaan 3.2

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

dengan:

S_2 = tegangan sebesar 0,4. F'_c

S_1 = tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan sebesar 0,00005

ϵ_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan campuran beton (Mix design)

4.1.1 Data campuran beton

Tabel 4.1. Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2002).

NO	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571gr/cm ³
3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,767 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,3 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,511gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,165gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,604 %
10.	Kadar air agregat halus	2,145 %
11.	Penyerapan agregat kasar	0,752 %
12.	Penyerapan agregat halus	1,730 %
13.	Nilai slump rencana	30-60 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	40 mm

Setelah mendapatkan data atau nilai dari pemeriksaan pengujian dasar maka dapat dilakukan perencanaan campuran beton (*mix design*) dengan kuat tekan yang diisyaratkan yaitu 23 MPa. Dengan menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen untuk benda uji silinder maka didapat kuat tekan rata-rata yang ditargetkan seperti yang terlihat di Tabel 4.2 berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Tabel 4.2. Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
SNI 03-2834-1993			
No	Uraian	Tabel/Gambar	Nilai
		Perhitungan	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	23 Mpa
2	Deviasi Standar	-	12 Mpa
3	Nilai tambah (margin)	-	4,2 Mpa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	39,2 Mpa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat: - kasar	Ditetapkan	Batu pecah Binjai
	- halus	Ditetapkan	Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas	-	0,41
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	414,63 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	414,63 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,41
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2	Daerah gradasi zona 2
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3	Gradasi maksimum 40 mm
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2	31,5 %
19	Berat jenis relatif, agregat		2,669

Tabel 4.2 Lanjutan

(kering permukaan)					
20	Berat isi beton	Gambar4.3		2450,25 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1865,62kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		587,670 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1277,95 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	414,63	170	587,670	1277,95
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,41 0	1,417	3,082
- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,19	0,90 1	3,114	6,773	
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	414,63	165,42 6	590,108	1278,35 8
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,398	1,423	3,083
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,19	0,896	3,127	6,775

Maka dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap meter kubik adalah :

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
414,36	:	590,108	:	1278,358	:	165,426
2,19	:	3,127	:	6,775	:	0,896

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran sebagai berikut :

Tinggi silinder =30cm =0,30m

Diameter silinder =15cm =0,15m

Maka, Volume silinder yaitu :

$$V \text{ silinder} = \pi r^2 t$$

$$= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji, yaitu :

Banyak semen dalam 1 meter kubik \times Volume 1 benda uji

$$= 414,63 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 2,19 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji, yaitu :

Banyak pasir dalam 1 meter kubik \times Volume 1 benda uji

$$= 590,108 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 3,127 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

Banyak batu pecah \times Volume 1 benda uji

$$= 1278,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 6,775 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak air \times Volume 1 benda uji

$$= 165,426 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 0,896 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
2,19	:	3,127	:	6,775	:	0,896

Berdasarkan analisa saringan diatas maka didapat diperoleh berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.3 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\%berat\ bertahan}{100}$ Jumlah agregat
1,5"	4,429	0,301
$\frac{3}{4}$ "	27,911	1,891
$\frac{3}{8}$ "	37,732	2,556
No. 4	29,929	2,027
Total		6,775

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan bahwa jumlah yang berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 0,301kg, saringan $\frac{3}{4}$ " sebesar 1,891 kg, saringan $\frac{3}{8}$ " sebesar 2,556kg dan saringan No.4 sebesar 2,027kg. Total keseluruhan dari agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,775 kg.

Tabel 4.5. Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan bahwa jumlah berat yang tertahan

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\%berat\ bertahan}{100}$ Jumlah agregat
No.4	1,045	0,033
No.8	8,682	0,271
No.16	18,909	0,591
No.30	26,955	0,843
No.50	28,591	0,895

Tabel 4.4. *Lanjutan*

No.100	14,091	0,440
Pan	1,727	0,054
Total		3,127

untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 0,033 kg, saringan No.8 sebesar 0,271kg, saringan No.16 sebesar 0,591kg, saringan No.30 sebesar 0,843kg, saringan No.50 sebesar 0,895kg, saringan No.100 sebesar 0,440kg, dan pan sebesar 0,054kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,127kg.

a. Bahan abu sekam padi sebagai *pengganti* pasir

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian menggunakan abu sekam padi sebesar 10 %, 20 % dan 30 % dari berat pasir. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut :

Tabel 4.5: Banyak serat SK dan ASP yang dibutuhkan dalam 1 benda uji silinder.

Persentase banyaknya serat (%)	Banyaknya serat dari berat pasir (gr)
10	312.7
20	625.4
30	938.1

b. Bahan tambah serat serabut *kelapa*

Untuk penggunaan bahan *tambah serat serabut kelapa* sebanyak 2% akan didapatkan dari volume silinder.

- Serat serabut kelapa yang dibutuhkan sebanyak 2 % untuk 1 benda uji.

$$= \frac{2}{100} \times \text{volume silinder}$$

$$= \frac{2}{100} \times 0,0053$$

$$= 0,000106 \text{ kg}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak

12 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 12 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
= Banyak semen 1 benda uji x 12 benda uji
= $2,19 \times 12$
= $26,28 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
= Banyak pasir untuk 1 benda uji x 12
= $3,127 \times 12$
= $37,524 \text{ kg}$
- Abu sekam padi sebagai pengganti pasir 10%
= Banyak abu sekam padi 1 benda uji x 3 benda uji
= $0,1042 \times 3$
= $0,3126 \text{ kg}$
- Abu sekam padi sebagai pengganti pasir 20%
= Banyak abu sekam padi 1 benda uji x 3 benda uji
= $0,2084 \times 3$
= $0,6252 \text{ kg}$
- Abu sekam padi sebagai pengganti pasir 30%
= Banyak abu sekam padi 1 benda uji x 3 benda uji
= $0,3127 \times 3$
= $0,9381 \text{ kg}$

Jumlah total abu sekam padi

$$= 0,3126 + 0,6252 + 0,9381$$

$$= 1,8759$$

Sehingga banyaknya jumlah pasir yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$= \text{jumlah pasir total} - \text{jumlah total abu sekam padi}$$

$$= 37,524 - 1,8759$$

$$= 35,648 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
= Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 12
= $6,775 \times 12$
= $81,3 \text{ kg}$

- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 = Banyak air untuk 1 benda uji x 12
 = $0,896 \times 12$
 = $10,752 \text{ kg}$

Perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 26,28 : 35,648 : 81,3 : 10,75

Berdasarkan analisa saringan untuk 12 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7

Tabel 4.6. agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{berat tertahan}}{100}$ Jumlah agregat
1,5"	4,429	3,601
$\frac{3}{4}$ "	27,911	22,691
$\frac{3}{8}$ "	37,732	30,676
No. 4	29,929	24,333
Total		81,3

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 48 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 3,601kg, saringan $\frac{3}{4}$ " sebesar 22,691kg, saringan $\frac{3}{8}$ " sebesar 30,676kg dan saringan No.4 sebesar 24,333kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji sebesar 81,3kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.8 dalam 50 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 4,01kg, saringan No.8 sebesar 8,57kg, saringan No.16 sebesar 20,45kg, saringan No.30

sebesar 27,60kg, saringan No.50 sebesar 31,03kg, saringan No.100 sebesar 21,69kg, dan Pan sebesar 4,85kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 50 benda uji sebesar 118,2 kg.

Tabel 4.7. Banyak agregat halus yang untuk tiap saringan dalam 12 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	1,045	0,372
No.8	8,682	3,095
No.16	18,909	5,740
No.30	26,955	9,608
No.50	28,591	10,193
No.100	14,091	5,024
Pan	1,727	0,616
Total	35,684	

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji silinder yaitu sebesar 0,372 kg untuk saringan nomor 4; 3,095 kg untuk saringan nomor 8; 6,740 kg untuk saringan nomor 16; 9,608 kg untuk saringan nomor 30; 10,193 kg untuk saringan nomor 50; 5,024 kg untuk saringan nomor 100 dan 0,616 kg untuk pan. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji silinder sebesar 35,648kg.

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian menggunakan *serabut kelapa dan ASP* sebesar 0,38 %, 0,41 % dan 0,44 % dari berat semen. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut :

Tabel 4.8: SK dan ASP yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder

Persentase banyaknya serat (%)	Banyaknya serat dari berat semen (gr)
0,38	0,008322

Tabel 4.8. *Lanjutan*

0,41	0,008979
0,44	0,009636

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm x 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 36 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton.

Beton diaduk menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Untuk penggunaan air, air dibagi menjadi 3 bagian. Pertama tuang air ke dalam mixer 1/3 bagian, kemudian agregat kasar, lalu agregat halus, masukkan 1/3 air lagi, setelah itu masukkan semen, terakhir masukkan 1/3 air terakhir ke dalamnya. Mixer dikondisikan agar campuran teraduk dengan tampak rata dan homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan.

Sebelum beton dimasukkan ke dalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu dilakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap di dalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan ditutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton.

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditentukan. Ruang penyimpanan harus bebas getaran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

4.3. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melihat *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar adalah dengan pengujian *Slump*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.8 Pada tabel ini dijelaskan nilai *slump* pada masing masing pencetakan beton. Seperti yang kita ketahui, perencanaan *slump* pada *Job Mix Design* adalah 30-60 mm.

Tabel 4.9: Nilai slump pada pengujian kuat tekan beton dan metode elastisitas

Benda uji Kubus	Beton Normal			Beton dengan Bahan tambah serabut kelapa dan abu sekam padi								
				10%			20%			30%		
Hari	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Slump (cm)	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan Fas 0,41 pada masing-masing variasi campuran beton yaitu beton dengan bahan tambah *serabut kelapa dan ASP* sebagai pembanding maka dibuat pula campuran beton normal, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin tekan beton benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan ukuran 15cm x 30cm.

Berdasarkan Tabel4.10 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 27.8 MPa pada FAS 20%.

4.10. Tabel hasil pengujian kuat tekan beton.

Benda Uji	Nama Sampel	Beban maksimum (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	Normal	313	17,3	25,2
2		444	25,21	
3		448	25,3	
4	10%	126	7,1	9,84
5		164	9,2	
6		232	13,1	
7	20%	484	27,4	27,8
8		488	27,6	
9		502	28,4	
10	30%	316	17,9	24,9
11		440	24,9	
12		440	24,9	

Didalam pengujian kuat tekan beton ini didapatkan nilai kuat tekan beton normal sebesar 25,2 MPa, pada beton serat 10% sebesar 9.84 MPa, beton serat 20% sebesar 27.8 MPa dan pada beton serat 30% sebesar 24,9 MPa, pengujian kuat tekan ini dilakukan guna mendapatkan data hasil uji kuat tekan yang nantinya data ini akan digunakan dalam pengujian modulus elastisitas beton.

pengujian kuat tekan ini dilakukan guna mendapatkan data hasil uji kuat tekan yang nantinya data ini akan digunakan dalam pengujian modulus elastisitas

beton Dari data kuat tekan tersebut akan diambil data kuat tekan tertinggi, nantinya data ini akan digunakan sebagai acuan dalam pengujian modulus elastisitas beton.

4.5 Modulus elastisitas beton

Pengujian modulus elastisitas dibawah ini menggunakan metode ASTM C-469, pengujian modulus elastisitas beton menggunakan alat kuat tekan beton dan *dial gauge* (alat uji modulus elastisitas beton), pengujian modulus elastisitas beton ini dilakukan pada saat umur beton 28 hari pada beton normal maupun pada beton dengan bahan tambah *serabut kelapa* 0,38%, 0,41% dan 0,44% dan ASP 10%,20%,30%.

Pengujian modulus elastisitas beton hanya diuji sampai pada dengan 40% dari kuat tekan maksimum,dari data kuat tekan yang telah didapatkan, kuat tekan maksimum beton adalah 502 KN, maka $502 \text{ KN} \times 40\% = 200 \text{ KN}$, dan untuk memudahkan pembacaan dial elastisitas beton (alat uji modulus elastisitas beton) maka pembacaan dial dilakukan sampai dengan angka 500 KN saja dengan interval pembacaan beban 50 KN. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder.

4.6 Pembahasan

Apabila kita membandingkan antara modulus elastisitas beton normal dengan modulus elastisitas beton dengan bahan tambah serat *Serabut kelapa dan ASP* maka dapat kita lihat peningkatan dan penurunan hasil nilai modulus elastisitas, hasil data tersebut menggunakan metode ASTM C-469 dan dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.11: Modulus elastisitas pada beton normal.

Sampel	FAS	Nilai Modulus Elastisitas Beton (Mpa)
Beton Normal	0.38	46745
Beton Normal	0.41	29415
Beton Normal	0.44	49365

Tabel 4.12: Modulus elastisitas pada beton serat 10%.

Sampel	FAS	Nilai Modulus Elastisitas Beton (Mpa)
Beton Serat 10%	0.38	41847
Beton Serat 10%	0.41	55237
Beton Serat 10%	0.44	40254

Tabel 4.13 : Modulus elastisitas pada beton serat 20%.

Sampel	FAS	Nilai Modulus Elastisitas Beton (Mpa)
Beton Serat 20%	0.38	22207
Beton Serat 20%	0.41	22768
Beton Serat 20%	0.44	92462

Tabel 4.14: Modulus elastisitas pada beton serat 30%.

Sampel	FAS	Nilai Modulus Elastisitas Beton (Mpa)
Beton Serat 30%	0.38	113379
Beton Serat 30%	0.41	413413
Beton Serat 30%	0.44	110278

Tabel 4.15: Kuat tekan beton masing-masing variasi serat pada umur 28 hari

Variasi	Kuat Tekan Beton (Mpa)
Beton Normal	25,2
Beton Serat 10%	9,84
Beton Serat 20%	27,8
Beton Serat 30%	24,9

Tabel 4.16: Hasil pengujian modulus elastisitas beton metode ASTM C-469

Variasi	Modulus elastisitas beton metode ASTM C-469 (Mpa)
Beton Normal	41841,7
Beton Serat 10%	45779,3
Beton Serat 20%	45812,3
Beton Serat 30%	212357

Dari hasil diatas dapat kita lihat bahwa terdapat penurunan terhadap nilai modulus elastisitas pada penambahan serat daun nanas 10%, 20%, dari beton normal, dan modulus elastisitas mengalami peningkatan pada penambahan *Serabut kelapa dan ASP* 30% dari beton normal. Berdasarkan metode SNI 2847-2013 menyebutkan rumus nilai modulus elastisitas beton untuk nilai Wc antara 1440 dan 2560 kg/m³ adalah:

$$E_c = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c}$$

Dimana:

$$W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Data kuat tekan beton yang telah didapat dari pengujian kuat tekan beton

Tabel 4.17: Kuat tekan beton masing-masing variasi serat pada umur 28 hari

Variasi	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari (Mpa)
Beton Normal	25,2
Beton Serat 10%	9,84
Beton Serat 20%	27,8
Beton Serat 30%	24,9

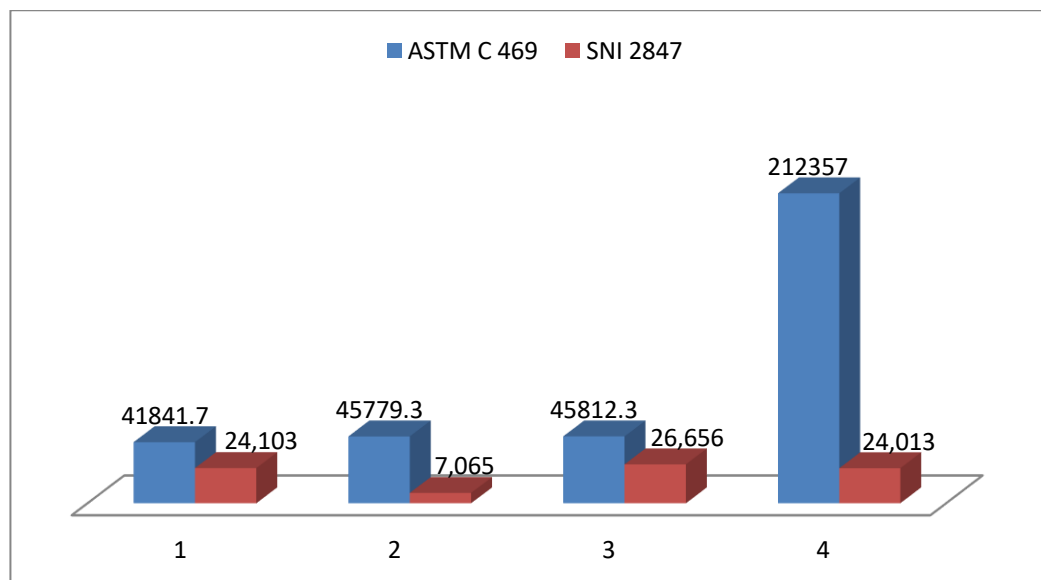
Maka pengujian modulus elastisitas beton menggunakan metode SNI 2847-2013 didapatkan nilai hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 4.18 : Hasil pengujian modulus elastisitas beton metode SNI 2847-2013

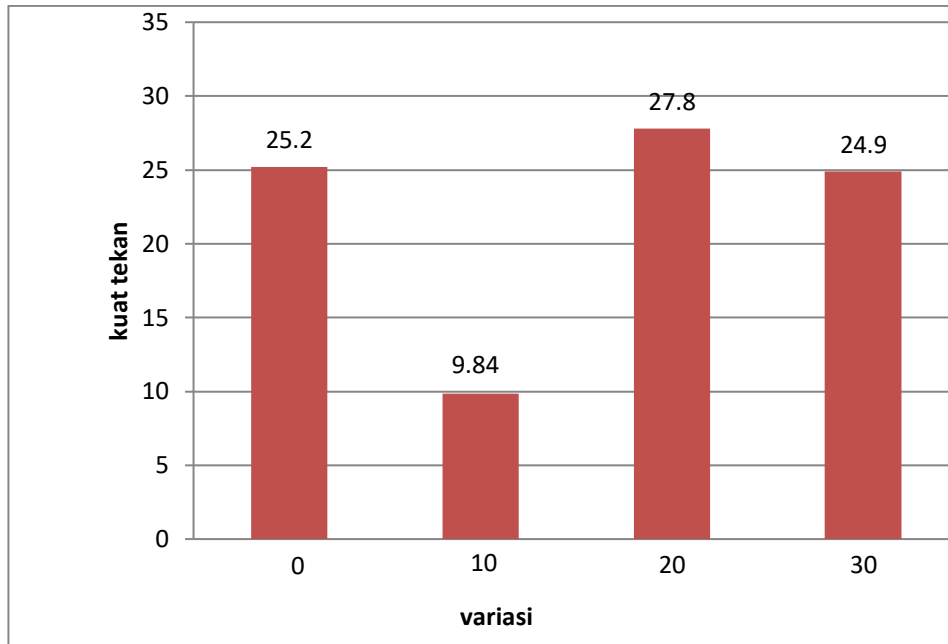
Variasi	Umur Beton (Hari)	Nilai Modulus Elastisitas Beton Metode SNI 2847-2013 (Mpa)
Beton Normal	28	24103
Beton Serat 10%	28	7065
Beton Serat 20%	28	26656
Beton Serat 30%	28	24013

Pada data ini pengujian modulus elastisitas beton dengan metode ASTM C 469 tertinggi didapatkan pada variasi campuran 30% yaitu sebesar 212357 MPa.

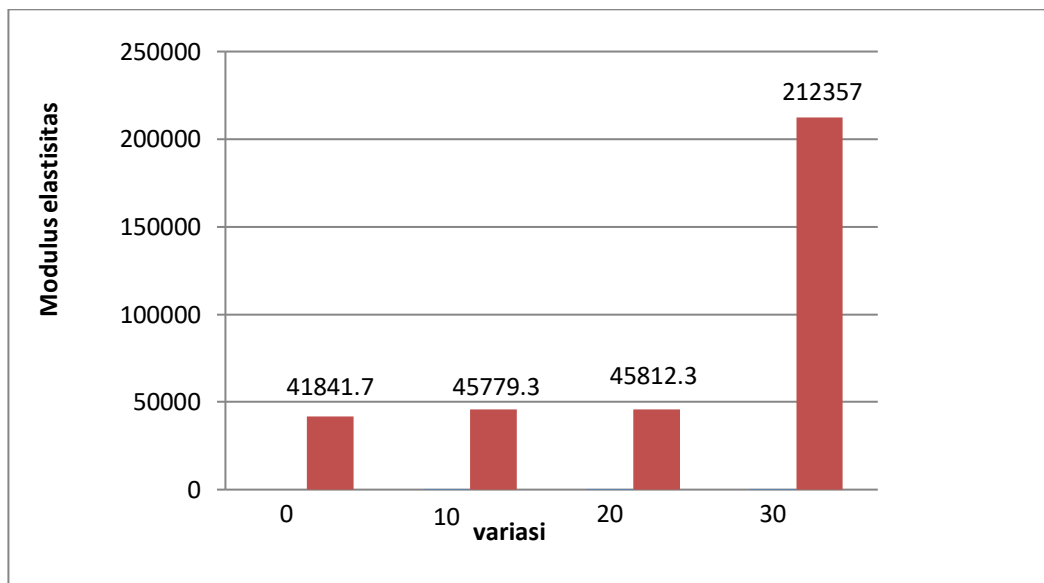
Jika dibandingkan, pengujian modulus elastisitas beton pada umur 28 hari dengan metode ASTM C-469 dan metode SNI 2847-2013, maka hasil dari pengujian dengan menggunakan metode SNI 2847-2013 hasilnya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan metode ASTM C-469. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Grafik 4.1 : perbandingan antara ASTM C-469 dengan SNI 2847-2013



Grafik 4.2 : Kuat tekan beton terhadap variasi.



Grafik 4.3 : Metode elastisitas terhadap variasi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pengaruh variasi penambahan *ASP dan SK* didalam beton terhadap Persentase kekuatan beton paling tinggi berada pada beton dengan variasi 20% persentasenya 27,8 untuk umur 28 hari
2. Pengaruh variasi penambahan *ASP dan SK* didalam beton terhadap Persentase modulus elastisitas paling tinggi berada pada beton dengan variasi 30% persentasenya 212357 untuk umur 28 hari
3. pengujian modulus elastisitas beton pada umur 28 hari dengan metode ASTM C-469 dan metode SNI 2847-2013, maka hasil dari pengujian dengan menggunakan metode SNI 2847-2013 hasilnya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan metode ASTM C-469

Saran

1. Variasi penambahan *ASP dan SK* sebaiknya dilakukan dengan lebih banyak variasi lagi, supaya perbandingan data yang didapatkan lebih terperinci.
2. Selalu diskusikan permasalahan dalam penelitian dengan dosen pembimbing

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Sambowo, Kusno, and Endang Rismunarsi. 2014. "Pengaruh Abrasi Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi." *Maret 2* (1): 108
- "Andi Kusnadi." 2008. *ANDI KUSNADI*, no. 1.
- Arman, Arman. 2017. "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>.
- Charniogo, Paulus, and Lingga. 2000. "Charniogo" 2000: 1–11.
- Dharmawan, Weka Indra, Devi Oktarina, and Mariana Safitri. 2017. "Media Komunikasi Teknik Sipil." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 22 (1): 35. <https://doi.org/10.14710/mkts.v22i1.12404>.
- Dika Mafaza, Slamet Prayitno, Sunarmato. 2016. "Pengaruh Penambahan Serat Bendrat Dan Abu Sekam Padi Terhadap Permeabilitas, Penetrasi Dan Abrasi Beton." *Jurnal Online Matriks Teknik Sipil*, no. 1979: 1049–54.
- Fas, Cement Dengan, Terhadap Kuat Tekan, D A N Serapan, A I R Pada, and Muhammad Satrio Hutomo. 2014. "Pengaruh Penggunaan Semen Ppc (Portland Pozoland Cement) Dengan Fas 0,4 Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Dan Serapan Air Pada Beton." 3 (1): 38–43.
- Ginting, Arusmalem, Staf Pengajar, Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, and Universitas Janabadra. 2003. "Workability Factor (WF) Adalah Persentase Agregat Gabungan Yang Melewati Saringan No 8 (2 , 36 Mm). Kuat Tekan Beton Meningkatkan Dengan Peningkatan Workability Factor (WF) Sampai Batas Tertentu , Setelah Itu Kekuatan Mulai Menurun Secara Terbalik . Ha," no. 0274.
- Ikhsanudin. 2011. "Kajian Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Agregat Daur Ulang Dan Serat Baja Limbah Ban." *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta*, 79. perpustakaan.uns.ac.id.
- Ilmiah, Jurnal, and Teknik Sipil. 2008. "Kuat Tarik Belah Dan Lentur Beton Dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon)" 12 (2): 96–104.
- Kemalasari, Delin, and ika tri Wijayanti. 2008. "Analisis Pengaruh Penambahan Serat Kawat Berkait Pada Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat" 1971: 1–29.
- Kosakoy, Merry N M, Steenie E Wallah, and Ronny Pandaleke. 2017. "Perbandingan Nilai Kuat Tarik Langsung Dan Tidak Langsung Pada Beton Yang Menggunakan Fly Ash." *Jurnal Sipil Statik* 5 (7): 383–92.
- Limun, Kandang. 1971. "Pengaruh Nilai Kekasaran Permukaan Agregat Kasar

Terhadap Kuat Tekan Beton,” 13–20.

- Pane, Fanto Pardomuan, H Tanudjaja, R S Windah, Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam, Ratulangi Manado, et al. 2015. “Penguujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton” 3 (5): 313–21.
- “Pengaruh Penambahan Serat Nylon Terhadap Kinerja Beton.” 2004. *Media Komunikasi Teknik Sipil* 12 (2): 1–12. <https://doi.org/10.14710/mkts.v12i2.1951>.
- Prayitno, Slamet, and Aris Munandar. 2017. “Pengaruh Penambahan Serat Bendirat Dan Styrofoam Pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan , Modulus of Rupture , Dan Ketahanan Kejut (Impact),” no. September: 873–80.
- Purwanto, Eddy. 2011. “Studi Kuat Lentur Beton Ringan Berserat Kawat Galvanis.” *Jurnal Rekayasa*, no. 1.
- Purwati, A, S. As’ad, 2014. 2014. “Pengaruh Ukuran Agregat Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80” 2 (2): 58–63.
- Raharja, Sri. 2013. “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan” 1 (4): 503–10.
- Saifudin, Ahmad, Sholihin As’ad, and Sunarmasto. 2015. “Pengaruh Dosis, Aspek Rasio, Dan Distribusi Serat Terhadap Kuat Lentur Dan Kuat Tarik Belah Beton Berserat Baja.” *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, no. Universitas Sebelas Maret: 369–76.
- Salain, I Made Alit Karyawan, and Ida Bagus Rai Widiarsa. 2006. “Hubungan Antara Modulus Elastisitas Dengan Kuat Tekan Pada Beton Yang Dibuat Dengan Menggunakan Semen Portland-Pozzolan Maupun Semen Portland Tipe I.” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 10 (1): 99–105.
- Sipil, Jurnal Teknik, Eknik Nege, R I Malang, and Agnes H Patty. 2008. “Proi<ons,” no. 2.
- SNI 03-2834. 2000. “Menurut SNI 03-2834-2000,” no. 2: 151–69.
- Sutrisno. 2009. “Tinjauan Modulus Elastisitas Dan Possion Ratio Beton Serat Peforma Tinggi Dengan Penambahan Silica Fume, Fly ash Dan Serat Baja,” 32.
- Tambah, D A N Bahan, Bestmittel Terhadap, and Karakteristik Beton. n.d. “Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen Dan Bahan Tambah 0,6% Bestmittel Terhadap Karakteristik Beton.”
- Trian, Yohanes, Dady M D J Sumajouw, and R S Windah. 2015. “Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang.” *Jurnal Sipil Statik* 3 (5): 341–50.

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0,38

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
				(mm)	(m)	(mm ²)			Mpa	S2	S1			
1	28	Sampel 1 Beton	12.26	15	30	17678.571	0	0.000	0.00	1.15	0.000000	0.00005	22953	
2	28	Sampel 2 Beton	12.57	15	30	17678.571	0	0.000	0.00	6.72	0.000000	0.00005	134466	
3	28	Sampel 3 Beton	12.76	15	30	17678.571	160	0.064	9.06	3.40	0.000213	0.00005	34806	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata												46745		

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0.41

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
				(mm)	(m)	(mm ²)			Mpa	S2	S1			
1	28	Sampel 1 Beton	12.04	15	30	17678.571	177.6	0.123	10.06	1.29	0.000411	0.00005	24269	
2	28	Sampel 2 Beton	12.33	15	30	17678.571	179.2	0.100	10.15	1.12	0.000332	0.00005	32015	
3	28	Sampel 3 Beton	12.73	15	30	17678.571	125.2	0.057	7.09	2.65	0.000189	0.00005	31961	
												29415		

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0,44

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas
	(Hari)			\emptyset	t	A			Mpa		ϵ_2	ϵ_1	
				Kg	(mm)	(mm)			(mm ²)	S2	S1		
1	28	Sampel 1 Beton	12.79	15	30	17678.571	140	0.066	7.93	2.94	0.000219	0.00005	29473
2	28	Sampel 2 Beton	12.41	15	30	17678.571	128	0.019	7.25	6.18	0.000064	0.00005	77205
3	28	Sampel 3 Beton	12.7	15	30	17678.571	220	0.060	12.46	2.23	0.000199	0.00005	68750
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													49365

Nilai modulus elastisitas beton FAS 0.44 10%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas
	(Hari)			\emptyset	t	A			Mpa		ϵ_2	ϵ_1	
				Kg	(mm)	(m)			(mm ²)	S2	S1		
1	28	Sampel 1 Beton	12.47	15	30	17678.571	98.8	0.101	5.59	0.83	0.000336	0.00005	16652
2	28	Sampel 2 Beton	12.56	15	30	17678.571	161.2	0.039	9.13	3.60	0.000130	0.00005	69301
3	28	Sampel 3 Beton	12.53	15	30	17678.571	128.8	0.059	7.29	2.23	0.000195	0.00005	34811
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													41254,67

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0,41 10%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
					(mm)	(m)			(mm ²)	Mpa	S2	S1		
1	28	Sampel 1 Beton	11.99	15	30	17678.571	54.4	0.042	3.08	1.04	0.000142	0.00005	22305	
2	28	Sampel 2 Beton	12.26	15	30	17678.571	92.8	0.051	5.25	1.93	0.000170	0.00005	27620	
3	28	Sampel 3 Beton	12.09	15	30	17678.571	65.6	0.006	3.71	8.49	0.000019	0.00005	155956	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													55237	

Nilai modulus elastisitas beton FAS0.38 10%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
					(mm)	(m)			(mm ²)	Mpa	S2	S1		
1	28	Sampel 1 Beton	12.27	15	30	17678.571	106	0.017	6.00	5.66	0.000057	0.00005	49956	
2	28	Sampel 2 Beton	12.58	15	30	17678.571	122.4	0.072	6.93	1.33	0.000240	0.00005	29493	
3	28	Sampel 3 Beton	12.6	15	30	17678.571	160	0.061	9.06	2.02	0.000203	0.00005	46092	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													41847	

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0,38 20%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
					(mm)	(m)			(mm ²)	Mpa	S2	S1		
1	28	Sampel 1 Beton	12.61	15	30	17678.571	120	0.065	6.79	1.70	0.000217	0.00005	30573	
2	28	Sampel 2 Beton	12.30	15	30	17678.571	120	0.340	6.79	0.16	0.001133	0.00005	6126	
3	28	Sampel 3 Beton	12.51	15	30	17678.571	120	0.075	6.79	0.85	0.000249	0.00005	29923	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													22207,33	

Nilai modulus elastisitas beton FAS0.41 20%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
					(mm)	(m)			(mm ²)	Mpa	S2	S1		
1	28	Sampel 1 Beton	12.61	15	30	17678.571	100	0.450	5.66	0.10	0.001500	0.00005	3833	
2	28	Sampel 2 Beton	12.3	15	30	17678.571	168.8	0.061	9.56	3.30	0.000204	0.00005	40542	
3	28	Sampel 3 Beton	12.51	15	30	17678.571	156	0.094	8.83	2.12	0.000312	0.00005	25607	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													22768	

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0,38 30%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
				(mm)	(m)	(mm ²)			Mpa	S2	S1			
1	28	Sampel 1 Beton	12.52	15	30	17678.571	100	0.022	5.66	2.02	0.000073	0.00005	155986	
2	28	Sampel 2 Beton	12.78	15	30	17678.571	100	0.015	5.66	5.66	0.000050	0.00005	131072	
3	28	Sampel 3 Beton	12.65	15	30	17678.571	100	0.035	5.66	2.12	0.000117	0.00005	53079	
113379														

Nilai modulus elastisitas beton FAS 0.44 20%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
				(mm)	(m)	(mm ²)			Mpa	S2	S1			
1	28	Sampel 1 Beton	12.51	15	30	17678.571	80	0.230	4.53	0.25	0.000767	0.00005	5972	
2	28	Sampel 2 Beton	12.47	15	30	17678.571	120	0.020	6.79	4.25	0.000068	0.00005	141543	
3	28	Sampel 3 Beton	12.62	15	30	17678.571	160	0.046	9.06	2.12	0.000153	0.00005	67119	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata													92462	

Nilai modulus elastisitas beton normal FAS 0,41 30%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
					(mm)	(m)			(mm ²)	S2	S1			
1	28	Sampel 1 Beton	12.26	15	30	17678.571	140	0.051	7.93	3.44	0.000171	0.00005	37156	
2	28	Sampel 2 Beton	12.17	15	30	17678.571	120	0.008	6.79	28.31	0.000028	0.00005	977932	
3	28	Sampel 3 Beton	12.48	15	30	17678.571	100	0.001	5.66	15,5	0.000003	0.00005	22152	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata												413413.3		

Nilai modulus elastisitas beton FAS 0.44 30%

No	Umur	Kode Sampel	Berat Silinder	Ukuran Benda Uji			Pmax 40%	ΔL 40%	Tegangan		Regangan		Modulus Elastisitas	
	(Hari)			Kg	\varnothing	t			A	Mpa		ϵ_2		ϵ_1
					(mm)	(m)			(mm ²)	S2	S1			
1	28	Sampel 1 Beton	11.94	15	30	17678.571	100	0.148	5.66	3.08	0.000493	0.00005	5817	
2	28	Sampel 2 Beton	11.24	15	30	17678.571	120	0.053	6.79	2.12	0.000177	0.00005	36876	
3	28	Sampel 3 Beton	12.25	15	30	17678.571	100	0.009	5.66	11.42	0.000030	0.00005	288141	
Modulus Elastisitas Beton Rata-rata												110278		

DOKUMENTASI PENELITIAN



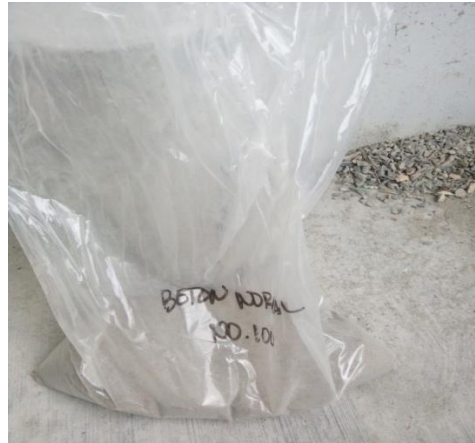
Serat Serabut Kelapa



Abu Sekam Padi



Agregat Kasar



Agregat Halus

DOKUMENTASI PENELITIAN



Semen



Timbangan Digital



Compression Test



Cetakan Silinder

DOKUMENTASI PENELITIAN



Slump Test



Pembuatan Beton



Penimbangan Beton



Pengujian Metode Elastisitas



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

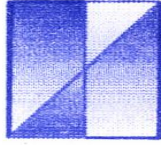
RESISTANCE TO DEGRADATION OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 131 - 89 & ASTM C 535 - 89)	Lab No :	
	Sampling Date :	07 Maret 2019
	Testing Date :	07 Maret 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Diameter	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Gradation Tested (<i>gradasi yang diuji</i>)		
Sieve zize Retained	Wt of sample before test (<i>berat awal</i>) gr	Wt of sample after test (<i>berat akhir</i>) gr
37,5 (1.5 in)	-	-
25 (1 in)	1250	567
19.1 (3/4 in)	1250	976
12.5 (1/2 in)	1250	675
9.50 (No. 3/8 in)	1250	358
4.75 (No.4)	-	-
2.36 (No. 8)	-	-
0.30 (No. 50)	-	989
0.15 (No. 100)	-	-
Pan	-	612
Total	5000	4177
<i>Wt of sample passing No. 12 (berat lolos saringan No. 12)</i>		823
Abrasion (keausan) %		16.460

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

SIEVE ANALYSIS OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 136 - 84a & ASTM D 448 - 86)	Lab No	:	
	Sampling Date	:	06 Maret 2019
	Testing Date	:	08 Maret 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

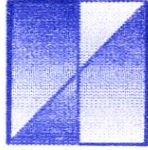
Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 5 (gr)	Sample 6 (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
38,1 (1.5 in)	105	143	248	4.43	4.43	95.57
19.0 (3/4 in)	750	813	1563	27.91	32.34	67.66
9.52 (3/8 in)	1026	1087	2113	37.73	70.07	29.93
4.75 (No. 4)	819	857	1676	29.93	100.00	0.00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
1.18 (No.16)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Pan	0	0	0	0.00	100	0
Total	2700	2900	5600	100		

$$Fines Modulus (FM) = \frac{706.84}{100} = 7.07$$

Good gradation class :
 $5.5 \leq FM \leq 7.5$

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

SIEVE ANALYSIS OF FINE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 136 - 84a)	Lab No	:	
	Sampling Date	:	04 Maret 2019
	Testing Date	:	04 Maret 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 13 (gr)	Sample 14 (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	7	16	23	1.045	1.05	98.95
2.36 (No. 8)	77	114	191	8.682	9.73	90.27
1.18 (No.16)	189	227	416	18.909	28.64	71.36
0.60 (No. 30)	279	314	593	26.955	55.59	44.41
0.30 (No. 50)	294	335	629	28.591	84.18	15.82
0.15 (No. 100)	141	169	310	14.091	98.27	1.73
Pan	13	25	38	1.727	100.00	0.00
Total	1000	1200	2200	100.00		

$$Fines Modulus (FM) = \frac{277.45}{100} = 2.77$$

Good gradation class :

fine $2.2 < FM < 2.6$
medium $2.6 < FM < 2.9$
coarse $2.9 < FM < 3.2$

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
 JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 128 - 88)	Lab No : _____
	Sampling Date : 23 Februari 2019
	Testing Date : 23 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample 1	Sample 2	Average
Wt of SSD sample in air (<i>berat contoh SSD kering permukaan jenuh</i>) B	500	500	500
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh SSD kering oven 110° C sampai konstan</i>) E	492	491	492
Wt of flask + water (<i>berat piknometer penuh air</i>) D	674	674	674
Wt of flask + water + sample (<i>berat contoh SSD dalam piknometer penuh air</i>) C	979	980	980
Bulk sp grafity dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) $E/(B+D-C)$	2.52	2.53	2.53
Bulk sp grafity SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) $B/(B+D-C)$	2.56	2.58	2.57
Apparent sp grafity (<i>berat jenis contoh semu</i>) $E/(E+D-C)$	2.63	2.65	2.64
Absortion (<i>penyerapan</i>) $((B-E)/E) \times 100\%$	1.63	1.83	1.73

Medan, 12 Juli 2019
 Diperiksa Oleh
 Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 127 - 88)	Lab No : _____
	Sampling Date : 23 Februari 2019
	Testing Date : 23 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample 11	Sample 12	Average
Wt of SSD sample in air (<i>berat contoh SSD kering permukaan jenuh</i>) A	2700	2800	2750
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh SSD kering oven 110° C sampai konstan</i>) C	2679	2780	2729.5
Wt of SSD sample in water (<i>berat contoh jenuh</i>) B	1705.4	1769.5	1737.45
Bulk sp grafiti dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) C/(A-B)	2.69	2.70	2.70
Bulk sp grafiti SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) A/(A-B)	2.71	2.72	2.72
Apparent sp grafiti (<i>berat jenis contoh semu</i>) C/(C-B)	2.75	2.75	2.75
Absortion (<i>penyerapan</i>) ((A-C)/C)x100%	0.78	0.72	0.75

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

UNIT WEIGHT OF COARSE AGREGATE TEST FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 29)	Lab No : _____
	Sampling Date : 25 Februari 2019
	Testing Date : 26 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap
Diameter & tinggi wadah	d : 27 cm h : 27 cm

No	course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold (<i>berat contoh & wadah</i>), gr	27400	28850	30190	28813.33
2	Wt of mold (<i>berat wadah</i>), gr	5440	5440	5440	5440
3	Wt of sample (<i>berat contoh</i>), gr	21960	23410	24750	23373
4	Vol of mold (<i>volume wadah</i>), cm ³	15465.21	15465.21	15465.21	15465.21
5	Unit weight (<i>berat Isi</i>), gr/cm ³	1.42	1.51	1.60	1.51

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

UNIT WEIGHT OF FINE AGREGATE TEST FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 29)	Lab No	:	
	Sampling Date	:	25 Februari 2019
	Testing Date	:	26 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap
Diameter & tinggi wadah	d : 27 cm h : 27 cm

No	fine Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold (<i>berat contoh & wadah</i>), gr	18780	18710	18670	18745
2	Wt of mold (<i>berat wadah</i>), gr	5440	5440	5440	5440
3	Wt of sample (<i>berat contoh</i>), gr	13340	13270	13230	13305
4	Vol of mold (<i>volume wadah</i>), cm ³	15465.21	15465.21	15465.21	15465.21
5	Unit weight (<i>berat Isi</i>), gr/cm ³	1.159	1.165	1.169	1.164

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

WATER CONTENT TEST FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 566	Lab No : _____
	Sampling Date : 20 Februari 2019
	Testing Date : 22 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Wt of SSD sample & mold (<i>berat contoh SSD & berat wadah</i>)	1984	1943	1963.5
Wt of SSD sample (<i>berat contoh SSD</i>)	1000	1000	1000.0
Wt of oven dry sample & mold (<i>berat contoh kering oven & wadah</i>)	1978	1937	1957.5
Wt of mold (<i>berat wadah</i>)	984	943	963.5
Wt of water (<i>berat air</i>)	6	6	6.0
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh kering</i>)	994	994	994.0
Water content	0.604	0.604	0.604

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

WATER CONTENT TEST FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 566	Lab No : _____
	Sampling Date : 20 Februari 2019
	Testing Date : 22 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Wt of SSD sample & mold (<i>berat contoh SSD & berat wadah</i>)	713	730	722
Wt of SSD sample (<i>berat contoh SSD</i>)	500	500	500
Wt of oven dry sample & mold (<i>berat contoh kering oven & wadah</i>)	702	720	711
Wt of mold (<i>berat wadah</i>)	213	230	222
Wt of water (<i>berat air</i>)	11	10	11
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh kering</i>)	489	490	490
Water content	2.249	2.041	2.145

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

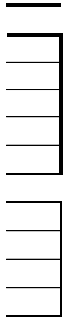
MATERIAL FINER THAN 75-mm (No. 200) IN MINERAL AGGREGATE BY WASHING FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 117 - 90	Lab No	:	
	Sampling Date	:	20 Februari 2019
	Testing Date	:	22 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Fine Agregate	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Original dry mass of sample, g	500	500	500
Dry mass of sample after washing, g	485	482	483.5
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	15	18	16.5
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	3	3.6	3.3

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)





LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

MATERIAL FINER THAN 75-mm (No. 200) IN MINERAL AGGREGATE BY WASHING FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 117 - 90	Lab No	:	
	Sampling Date	:	20 Februari 2019
	Testing Date	:	22 Februari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Wulan Rahayu Harahap

Course Agregate	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Original dry mass of sample, g	1500	1500	1500
Dry mass of sample after washing, g	1489	1488	1488.5
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	11	12	11.5
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	0.73	0.80	0.77

Medan, 12 Juli 2019
Diperiksa Oleh
Dosen Pembimbing 1

(Dr. Josef Hadipramana)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Wulan Rahayu Harahap
Panggilan : Ulan
Tempat, Tanggal Lahir : PadangSidimpuan, 17 Juli 1998
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Gang Saroha No.8 Padangmatinggi Lk-1
Padangsidimpuan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Rustam Efendi Harahap
Ibu : Ummi Kalsum Nainggolan
No.HP : 0821 6849 9828
E-Mail : Wulanharahap86@yahoo.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1507210188
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 200211 PSP	2009
2	SMP	SMPN 5 PSP	2012
3	SMA	YPI NURUL 'ILMI PSP	2015
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 sampai selesai.		

