

TUGAS AKHIR
ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON DENGAN ABU
SEKAM PADI PENGGANTI SEMEN DAN PENAMBAHAN
SERAT TEBU SEBAGAI PENGUAT
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

TUAHTA PUTRA PERDANA S.MILALA
1907210175



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Tuahta Putra Perdana S.Milala
Npm : 1907210175
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Abu
Sekam Padi Pengganti Semen Dan Penambahan Serat Tebu
Sebagai Penguat.
Bidang Ilmu : Struktur

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan,..... 2026

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Tuahta Putra Perdana S.Milala
Npm : 1907210175
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Abu
Sekam Padi Pengganti Semen Dan Penambahan Serat Tebu
Sebagai Penguat.
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknikpada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2024

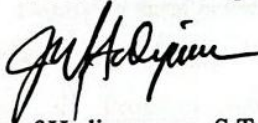
Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida S. T., M.T

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



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

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Tuahta Putra Perdana S.Milala

Tempat, tanggal lahir : Berastagi, 15 Agustus 2001

Npm : 1907210215

Fakultas : Teknik

Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul **“Analisis Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Abu Sekam Padi pengganti Semen Dan Penambahan Serat Tebu Sebagai Penguat”**.

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya kaena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

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

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

Medan, 2026

Saya yang menyatakan



Tuahta Putra Perdana S.Milala

ABSTRAK

ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON DENGAN ABU SEKAM PADI PENGGANTIS SEMEN DAN PENAMBAHAN SERAT TEBU SEBAGI PENGUAT

Tuahta Putra Perdana S.Milala

19072101175

Rizki Efrida S. T., M.T

Perkembangan konstruksi beton di Indonesia saat ini semakin meningkat, serta kebutuhan bahan penyusun beton juga meningkat. Seperti yang kita ketahui bahwa permasalahan pada beton bukan hanya kuat tekan saja akan tetapi modulus elastisitas juga mempengaruhi pada kekuatan beton. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh modulus elastisitas beton dengan penambahan bahan penyusun beton yaitu abu sekam padi (ASP) dan serat tebu (ST). Penggunaan abu sekam padi pada kasus ini terdiri dari tiga variasi, yaitu 0,3%; 0,6%; dan 0,9% dimana 0,5% serat tebu digunakan pada setiap variasi. Dari hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan dan penurunan modulus elastisitas berdasarkan jumlah ASP yang digunakan. Kenaikan terbesar terjadi pada variasi 0,6% ASP + 0,5% ST dengan nilai modulus elastisitas sebesar 35534,51 MPa. Dengan nilai perbandingan 4,82 kali dari beton normal. Dengan komposisi yang sama nilai kuat tekan beton pada variasi 0,3% ASP + 0,5% ST, 0,6% ASP + 0,5% ST, dan 0,9% ASP + 0,5% ST dengan nilai yaitu 35,90 Mpa, 35,30 Mpa, dan 33,16 Mpa. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengujian beton dengan perbandingan nilai yang berbeda.

Kata kunci : Abu sekam padi, Serat Tebu, Modulus Elastisitas, Kuat Tekan

ABSTRACT

“ANALYSIS OF THE MODULUS OF ELASTICITY OF CONCRETE USING RICE HUSK ASH AS A CEMENT REPLACEMENT AND THE ADDITION OF SUGARCANE FIBER AS REINFORCEMENT”

Tuahta Putra Perdana S.Milala

19072101175

Rizki Efrida S. T., M.T

The development of concrete construction in Indonesia is currently increasing, and the need for concrete components is also increasing. As we know, the problem in concrete is not only compressive strength but also the modulus of elasticity that affects the strength of concrete. In this study, the aim is to determine how much influence the modulus of elasticity of concrete is by adding concrete components, namely rice husk ash (ASP) and sugarcane fiber (ST). The use of rice husk ash in this case consists of three variations, namely 0.3%; 0.6%; and 0.9% where 0.5% sugarcane fiber is used in each variation. The results of the study showed an increase and decrease in the modulus of elasticity based on the amount of ASP used. The largest increase occurred in the variation of 0.6% ASP + 0.5% ST with a modulus of elasticity value of 35534.51 MPa. With a comparative value of 4.82 times that of normal concrete. With the same composition, the compressive strength value of concrete in variations of 0.3% ASP + 0.5% ST, 0.6% ASP + 0.5% ST, and 0.9% ASP + 0.5% ST with values of 35.90 Mpa, 35.30 Mpa, and 33.16 Mpa. The results of this study can be a reference in testing concrete with different value comparisons.

Keywords: Coconut fiber, Sugar Cane Fiber, Elastic Modulus, Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

سَمِ اللّٰهُ الرَّحْمٰنُ الرَّحِيْمُ

Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Abu Sekam Padi Pengganti Semen Dan Penambahan Serat Tebu Sebagai Penguat (Studi Penelitian)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibu Rizki efrida S.T,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc Selaku Dosen Pembimbing I sekaligus sebagai Ketua Program Studi teknik Sipil yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Dekan I Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc.selaku Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terimakasih yang istimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Herwin Sembiring Milala dan Ibunda tercinta Sarni Ginting yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
10. Terimakasih juga kepada Kakak Saya Acca Ernimawati Br Sembiring Milala Adik saya Alhadi Anta Sembiring Milala, Albar Sembiring milala dan beserta keluarga besar saya kila, bibik dll yang telah terus mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir saya ini.
11. Sahabat-sahabat penulis yaitu keluarga D1 pagi dan anak stambuk 2019 lainnya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 15 Agustus 2026



Tuahta Putra Perdana S. Milala

NPM : 1907210175

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	vi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Beton	5
2.1.1 Kelebihan Beton	5
2.1.2 Kekurangan Beton	6
2.1.3 Karakteristik Beton	7
2.2. Beton Serat	8
2.3. Bahan Dasar Beton	10
2.3.1 Agregat Kasar	10
2.3.2 Agregat Halus	12
2.3.3 Air	14
2.3.4 Semen Portland Pozolan	15
2.3.5 Abu Sekam Padi	17
2.4. Ampas Serat Tebu	18
2.5. Faktor Air Semen	18
2.6. Modulus Elastisitas	21
METODE PENELITIAN	23
3.1. Diagram Alir	23
3.2. Metodologi Penelitian	24
3.2.1. Data Primer	24
3.2.2. Data Sekunder	24
3.3. Tempat dan Waktu Penelitian Penelitian	25

3.4.	Bahan dan Alat	26
3.4.1.	Bahan	26
3.4.2.	Alat	26
3.5.	Persiapan penelitian	27
3.6.	Persiapan penelitian	27
3.6.1.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	27
3.6.2.	Kadar Air Agregat halus	28
3.6.3.	Kadar Lumpur Agregat halus	28
3.6.4.	Berat Isi Agregat Halus	29
3.7.	Pemeriksaan Bahan Tambah (Filler)	30
3.7.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Abu sekam Padi (ASP)	30
3.7.2.	Persiapan Ampas Serat Tebu	30
3.8.	Pelaksanaan Penelitian	31
3.8.1.	Abu Sekam Padi	31
3.8.2.	Ampas Serat Tebu	31
3.8.3.	Mix Design	31
3.8.4.	Pembuatan benda uji	32
3.8.5.	Pengujian Slump Test	33
3.8.6.	Perawatan Beton	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Pemeriksaan Agregat Kasar	35
4.1.1.	Kadar Air Agregat Kasar	35
4.1.2.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	36
4.1.3.	Berat isi Agregat Kasar	37
4.1.4.	Berat jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	37
4.1.5.	Analisa Gradasi Agregat Kasar	38
4.1.6.	Sifat Fisik Agregat Kasar	39
4.2.	Pemeriksaan Agregat Halus	40
4.2.1.	Kadar Air Agregat Halus	41
4.2.2.	Berat isi Agregat Halus	42
4.2.3.	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	42
4.2.4.	Berat jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	43
4.2.5.	Analisa Gradasi Agregat Halus	44
4.2.6.	Sifat Fisik Agregat Halus	46

4.3.	Hasil Pengujian Slump Test	47
4.4.	Perencanaan campuran Beton	48
4.4.1.	Mix Design beton	48
4.4.2.	Kebutuhan beton	56
4.5.	Hasil Dan Analisa Pengujian Beton	58
4.5.1.	Kuat Tekan Beton	58
4.5.2.	Hasil pengujian Modulus Elastisitas Beton	62
BAB 5_KESIMPULAN DAN SARAN		72
5.1.	Kesimpulan	72
5.2.	Saran	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas gradasi agregat kasar	14
Tabel 2.2	Batas gradasi agregat halus	16
Tabel 3.1	Jumlah benda uji	34
Tabel 4.1	Hasil penelitian kadar air agregat kasar	37
Tabel 4.2	Hasil penelitian kadar air agregat kasar	38
Tabel 4.3	Tabel berat isi agregat kasar	38
Tabel 4.4	Hasil berat jenis dan penyerapan	39
Tabel 4.5	Pemeriksaan analisi saringan agregat kasar	39
Tabel 4.6	Pemeriksaan agregat kasar	40
Tabel 4.7	Hasil penelitian kadar air agregat halus	42
Tabel 4.8	hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	42
Tabel 4.9	Berat isi agregat halus	43
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Kadar lumpur Agregat Halus	44
Tabel 4.11	Berat jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	44
Tabel 4.12	Analisa gradasi agregat halus	45
Tabel 4.13	Hasil pemeriksaan agregat kasar	47
Tabel 4.14	Uji Slump Test Beton Normal Dengan Beton Variasi	48
Tabel 4.15	Perkiraan kadar air	51
Tabel 4.16	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Bebas	51
Tabel 4.17	Rekapitulasi mix design beton mutu 25 Mpa	55
Table 4.17	Nilai Uji Slump Beton Normal Dengan Beton Variasi	62
Tabel 4.18	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan	61
Tabel 4.19	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batas gradasi agregat kasar	15
Gambar 2.2	Hubungan kuat tekan Beton dgn Faktor air semen	22
Gambar 2.3	Benda uji beton silinder	24
Gambar 3.1	Diagram alir	25
Gambar 4.1	Grafik gradasi agregat kasar	41
Gambar 4.2	Grafik pemeriksaan analisa agregat halus	47
Gambar 4.3	Grafik rata rata slump test	49
Gambar 4.4	Hubungan FAS dengan Kuat Tekan	50
Gambar 4.5	Penentuan presentase air	53
Gambar 4.6	Penentuan Berat isi beton basah	53
Gambar 4.7	Grafik kuat tekan beton	61
Gambar 4.8	Grafik Stres stain beton normal	63
Gambar 4.9	Grafik Stres stain beton serat tebu	64
Gambar 4.10	Grafik Stres stain beton ASPST I	65
Gambar 4.11	Grafik Stres stain beton ASPST II	66
Gambar 4.11	Grafik Stres stain beton ASPST III	67
Gambar 4.12	Grafik nilai modulus elastisitas	68

DAFTAR NOTASI

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

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Populasi manusia saat ini yang semakin meningkat tiap tahunnya mengakibatkan meningkatnya jumlah kebutuhan pangan dan papan. Dua kebutuhan tersebut sebenarnya dapat dimanfaatkan dengan baik sebab hal tersebut sangat berkesinambungan. Pada umumnya semakin besar kebutuhan pangan, semakin banyak pula limbah yang terbuang dengan percuma. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan dengan baik salah satunya adalah limbah dari tebu yang merupakan bahan baku dari pembuatan gula tebu (*Saccharum officinarum*). Serat ampas tebu memiliki kriteria yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai bahan tambah penguat beton. Diketahui bahwa serat ampas tebu memiliki modulus elastis 15-19 Gpa, dan juga senyawa kimia SiO_2 (Silika 3,01%) yang berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik beton. Keuntungan dari penambahan serat pada beton yaitu serat terdistribusi secara acak didalam beton pada jarak yang relatif sangat dekat satu dengan yang lainnya yang akan memberikan keuntungan material struktur yang disiapkan untuk menahan beban dari berbagai arah (Wahyuni Nelly, 2010).

Selama ini pemanfaatan ampas tebu masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, pulp, particle board. Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai penguat beton akan mempunyai arti yang penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah industri khususnya industri pembuatan gula di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya. Dalam penelitian yang akan dilakukan akan menggunakan porsi serat tebu yaitu 0,5%.

Seiring berkembangnya era yang semakin maju, manusia dituntut untuk lebih kreatif dan inovatif dalam mengembangkan teknologi yang ada untuk mencari bahan tambahan semen tersebut. Terutama pada teknologi beton yang memiliki fungsi sangat luas dalam bidang konstruksi. Beton merupakan material yang terdiri dari campuran semen Portland, air, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir). Memberikan bahan tambah yang bersifat organik dan non organik dapat

meningkatkan kualitas mutu beton. Bahan tambah biasa sebagai pengganti sebagian semen atau mengurangi agregat.

Pada penelitian ini akan menggunakan bahan tambahan serat tebu dengan penambahan abu sekam padi pada campuran beton sebagai tambahan semen. Kelebihan beton serat adalah, ekonomis dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar yang mudah diperoleh, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, beton tahan api, tidak busuk atau berkarat, tahan aus, rapat air, awet dan mudah perawatannya. Sedangkan Abu sekam padi adalah limbah hasil pertanian yang dibakar sampai menjadi abu. Kandungan silica yang terdapat dalam abu sekam padi sebanyak 86,90-97,30% . Namun dalam teknologi abu sekam padi belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Dengan melihat kandungan silica yang cukup tinggi dapat digunakan sebagai substitusi semen untuk campuran beton tergantung kehalusan abu sekam padi yang akan meningkatkan kemampuan kerja beton (Febrianita et al., 2020).

Seperti yang kita ketahui bahwa kemampuan kerja 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 abu sekam padi dan abu serat tebu digunakan sebagai bahan tambah 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 abu sekam padi dan serat tebu sebagai bahan tambah campuran beton direncanakan dengan variasi yaitu 0,3%, 0,6%, 0,9% untuk Abu sekam padi dan 0,5% untuk serat tebu, serta digunakan factor air semen yaitu 0.45 untuk mengetahui hasil yang lebih optimal, jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 12 buah benda uji untuk pengujian modulus elastisitas

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang, maka permasalahan yang akan dikaji yaitu:

1. Bagaimana Pengaruh dan komposisi campuran beton dengan variasi tambahan abu sekam padi dan serat tebu sebagai penguat terhadap modulus elastisitas beton.

2. Bagaimana perbandingan hasil nilai modulus elastisitas beton antara beton normal dengan beton variasi Abu sekam padi dan serat tebu .

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran beton dengan tambahan abu sekam padi dan serat tebu sebagai penguat.
2. Untuk mengetahui perbandingan nilai modulus elastisitas beton antara beton normal dengan beton variasi Abu sekam padi dan serat tebu.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Pada penelitian ini permasalahan dibatasi pada:
2. Jenis beton yang diteliti adalah beton normal.
3. Filler dan bahan tambah yang digunakan adalah abu sekam padi dan serat tebu.
4. Tinjauan analisis pada beton ini adalah modulus elastisitas.
5. Jumlah sampel yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 15 sampel benda uji.
6. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, pada umur 28 hari.
7. Pembuatan beton dengan substitusi abu sekam padi 0,3%, 0,6%, dan 0,9% dari berat semen dengan tambahan serat tebu 0,5% dari berat beton berjumlah 9 benda uji.
8. Pembuatan beton serat tebu 0,5% dari berat beton berjumlah 3 benda uji.
9. Pembuatan beton normal berjumlah 3 benda uji.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk memanfaatkan limbah yang belum banyak dimanfaatkan seperti serat tebu dan abu sekam padi.
2. Untuk mengembangkan teknologi pembuatan beton dengan memanfaatkan material lokal.

3. Memberikan informasi mengenai perbandingan nilai modulus elastisitas hasil eksperimen laboratorium.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk penulisan tugas akhir dengan judul ‘’Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Dan Penambahan Serat Tebu Sebagai Penguat’’ ini tersusun dari 5 bab dan tiap-tiap bab tersusun dari beberapa pokok pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal tentang teori yang digunakan dalam tugas akhir dan metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bagian ini membahas tentang tempat dan waktu penelitian, teknik pengumpulan data, sumber data, dan metode analisa data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil dari penelitian dan pembahasan tentang hasil penelitian untuk mendapatkan kesimpulan dan memecahkan masalah.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang didapat, penulis dapat membuat kesimpulan dan saran dari tugas akhir yang berjudul ‘’Analisa Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Substitusi Abu Sekam Padi Dengan Penambahan Serat Tebu’’.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (Badan Standarisasi Nasional, 1993).

2.1.1 Kelebihan Beton

Adapun beberapa kelebihan beton sebagai berikut :

Harga beton relatif murah karena sebagian besar komponennya seperti air, pasir, dan kerikil merupakan bahan lokal yang mudah didapat di banyak wilayah. Namun, komponen utama seperti semen Portland tetap harus didatangkan dari pabrik atau distributor, sehingga dapat meningkatkan biaya, terutama di daerah yang jauh dari pusat distribusi. Selain itu, di wilayah yang sulit memperoleh agregat (pasir dan kerikil) dengan kualitas baik, harga beton dapat menjadi mahal karena biaya transportasi dan pasokan yang terbatas.

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi serta ketahanan terhadap korosi dan pembusukan akibat pengaruh lingkungan, seperti panas dan kelembapan. Dalam kondisi tertentu, beton yang dicampur dengan bahan tambahan (aditif) dan dikerjakan dengan mutu tinggi dapat mencapai kuat tekan yang sebanding dengan batuan alami.

Beton dalam keadaan segar (plastis) mudah dituang, dibentuk, dan dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Proses pembentukan ini hanya memerlukan cetakan (bekisting) yang dapat digunakan berulang kali, sehingga menjadikannya solusi yang ekonomis dalam konstruksi.

Ketika beton dikombinasikan dengan baja tulangan, akan terbentuk beton bertulang yang mampu menahan beban struktural berat. Dalam sistem ini, baja bertugas menahan gaya tarik, sedangkan beton menahan gaya tekan yang timbul akibat pembebanan. Kombinasi ini menjadikan beton bertulang sangat efektif dan banyak digunakan dalam konstruksi struktur bangunan dan infrastruktur.

Beton tergolong mudah dalam perawatan dan perbaikan. Beton segar dapat diaplikasikan langsung pada permukaan beton lama yang mengalami kerusakan, baik melalui metode penyemprotan (shotcrete) maupun injeksi ke dalam retakan. Proses ini memungkinkan perbaikan dilakukan tanpa harus membongkar atau menghancurkan bagian struktur yang rusak, sehingga lebih efisien dari segi waktu dan biaya.

Beton segar dapat disalurkan menggunakan pompa beton (concrete pump), sehingga memungkinkan pengecoran dilakukan pada bagian-bagian struktur yang sulit dijangkau secara langsung oleh alat konvensional. Teknologi ini sangat bermanfaat dalam proyek konstruksi bertingkat tinggi atau area terbatas, karena mempercepat proses pengecoran dan meningkatkan efisiensi pelaksanaan.

Beton memiliki ketahanan yang baik terhadap sulfat, aus, dan panas, sehingga menjadikannya material yang tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Ketahanan ini berdampak langsung pada rendahnya biaya perawatan selama umur layan struktur (Saepudin et al., 2022).

2.1.2 Kekurangan Beton

Adapun beberapa kekurangan beton sebagai berikut :

1. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga rentan mengalami kerusakan atau retak apabila menerima beban tarik atau lentur. Oleh karena itu, beton umumnya memerlukan penambahan tulangan baja atau material penguat seperti wire mesh (kasa baja) untuk meningkatkan kemampuannya dalam menahan gaya tarik .
2. Beton segar mengalami penyusutan saat proses pengeringan, sementara beton yang sudah keras dapat mengalami pemuaian saat terkena kelembapan. Oleh karena itu, diperlukan sambungan dilatasi (construction joint) yang ditempatkan secara strategis pada arah panjang dan lebar struktur untuk mengakomodasi perubahan volume ini dan mencegah terjadinya retak atau kerusakan pada beton.
3. Beton memiliki sifat getas (brittle) yang berarti kurang memiliki kemampuan deformasi plastis (tidak daktil). Oleh karena itu, perencanaan dan analisis struktur beton harus dilakukan dengan cermat untuk

memastikan bahwa kombinasi beton dan baja tulangan menghasilkan sistem beton bertulang yang daktil, terutama pada struktur yang dirancang untuk tahan gempa.

2.1.3 Karakteristik Beton

Karakteristik beton yang baik dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kuantitas Beton

a. Kepadatan

Ruang dalam beton harus terisi secara maksimal oleh agregat dan pasta semen, sehingga meminimalkan porositas dan meningkatkan kekuatan beton.

b. Kekuatan

Beton harus memiliki kekuatan dan daya tahan internal yang cukup untuk menahan berbagai jenis beban dan potensi kegagalan selama masa pakai.

c. Faktor Air Semen

Perbandingan antara air dan semen harus dikontrol dengan ketat agar sesuai dengan persyaratan kekuatan dan kualitas beton.

d. Tekstur Permukaan

Permukaan beton harus memiliki kerapatan dan kekerasan yang baik sehingga tahan terhadap pengaruh cuaca dan lingkungan.

2. Kualitas Beton

a. Kualitas Semen

Semen yang digunakan harus memenuhi standar mutu untuk memastikan reaksi hidrasi yang baik.

b. Proporsi Semen terhadap Air

Campuran semen dan air harus proporsional agar menghasilkan beton dengan kuat tekan dan daya tahan yang optimal.

c. Kekuatan dan Kebersihan Agregat

Agregat yang digunakan harus bersih dan kuat, tanpa kontaminan yang dapat melemahkan beton

d. Adhesi Pasta Semen dan Agregat

Interaksi dan ikatan antara pasta semen dan agregat harus optimal untuk menjamin kohesi dan integritas beton.

e. Pencampuran yang Merata

Bahan pembentuk beton harus dicampur secara merata agar kualitas beton homogen di seluruh campuran.

f. Perawatan (Curing)

Perawatan beton harus dilakukan pada suhu yang tidak lebih rendah dari 50°F (sekitar 10°C) untuk memastikan proses hidrasi berjalan dengan baik.

2.2. Beton Serat

Beton serat merupakan bahan komposit yang terdiri dari beton biasa yang dicampur dengan bahan tambahan berupa serat. Serat yang digunakan dalam beton serat bisa berasal dari berbagai bahan, seperti: serat abetos, serat tumbuhan (seperti rami, tebu, kelapa, bambu, dan ijuk), serat plastik (polypropylene), atau potongan kawat baja. Jika serat yang digunakan memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada beton itu sendiri, maka beton serat akan memiliki kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan beton biasa (Tjokrodinuljo, 1996).

Campuran beton segar menurut (Hannant,1978) & jenis jenis serat menurut ACI (American Concrete Institute) : Menurut Hannant (1978), beton segar adalah beton yang baru saja dicampur dan masih dalam kondisi plastis sehingga dapat dicetak dan dibentuk sesuai dengan keinginan. Campuran beton segar terdiri dari semen, air, agregat (pasir dan kerikil), dan dapat ditambahkan bahan tambahan seperti bahan pengikat, bahan pengatur waktu pengerasan, serta serat penguat untuk meningkatkan sifat mekanik dan durability beton.

American Concrete Institute (ACI) mengklasifikasikan serat yang digunakan dalam beton berdasarkan bahan pembuat dan fungsinya, antara lain:

1. Serat Baja (Steel Fibers)

- a. Meningkatkan kekuatan tarik, lentur, dan kelelahan beton.
- b. Meningkatkan ketahanan terhadap retak dan abrasi.

2. Serat Sintetis (Synthetic Fibers)
 - a. Terbuat dari polimer seperti polypropylene, nylon, polyester.
 - b. Mencegah retak akibat penyusutan plastik dan meningkatkan ketahanan terhadap benturan.
3. Serat Alam (Natural Fibers)
 - a. Terbuat dari bahan alami seperti sabut kelapa, ijuk, tebu, serat sisal.
 - b. Digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik beton dengan biaya relatif rendah dan ramah lingkungan
4. Serat Kaca (Glass Fibers)
 - a. Digunakan untuk memperkuat beton ringan dan tahan korosi.
 - b. Memiliki sifat isolasi listrik dan tahan terhadap bahan kimia tertentu.

Gunawan dkk (2014) melakukan penelitian dengan mencampurkan serat nylon pada beton ringan menggunakan teknologi foam, untuk menguji pengaruhnya terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas. Penambahan serat nylon dilakukan berdasarkan berat volume beton, dengan variasi 0%; 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1%. Setiap variasi terdiri dari 4 sampel uji. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan serat nylon yang lebih banyak akan meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Namun, nilai kuat tarik belah tertinggi ditemukan pada penambahan serat nylon sebesar 0,5%. Adapun nilai kuat tekan untuk setiap variasi adalah: 13,56 MPa (0%), 14,33 MPa (0,25%), 15,46 MPa (0,5%), 16 MPa (0,75%), dan 18,23 MPa (1%) (Ikhsan et al., 2016).

1. Pengaruh Penambahan Serat Baja terhadap Kuat Tekan dan Ketahanan Terhadap Retak Beton, Universitas Indonesia, 2018.

Penelitian ini meneliti pengaruh penambahan serat baja pada beton normal, dengan variasi 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% berdasarkan volume beton. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kuat tekan dan ketahanan terhadap keretakan pada beton yang mengandung serat baja.

2. Studi Perbandingan Penggunaan Serat Plastik dan Serat Alam pada Beton Ringan, Universitas Diponegoro, 2019.

Penelitian ini membandingkan serat plastik (polypropylene) dan serat alam (rami, kelapa) pada beton ringan, dengan variasi persentase penambahan serat yang berbeda. Hasil penelitian menemukan bahwa penggunaan serat

plastik dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap penyusutan beton ringan.

3. Penerapan Serat Ijuk pada Beton untuk Meningkatkan Ketahanan Terhadap Retak dan Kekuatan Lentur, Universitas Andalas, 2017.

Penelitian ini menggunakan serat ijuk untuk meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kekuatan lentur beton. Serat ijuk terbukti efektif dalam memperbaiki sifat fleksibilitas beton, terutama pada beton yang digunakan untuk struktur tidak terlalu besar.

4. Efek Penambahan Serat Kaca pada Beton Berperformansi Tinggi, Univerrstas Airalngga ,2018

Penelitian ini menyelidiki penggunaan serat kaca dalam beton berperforma tinggi. Serat kaca menunjukkan peningkatan pada kekuatan tarik dan ketahanan terhadap korosi, menjadikannya material yang berguna untuk beton yang terpapar lingkungan agresif.

5. Pengaruh Penggunaan Serat Bambu pada Beton yang Terpapar Suhu Tinggi, Universitas Trisakti, 2019.

Penelitian ini mengkaji penggunaan serat bambu dalam beton yang akan digunakan pada struktur bangunan yang terpapar suhu tinggi, seperti gedung bertingkat. Beton dengan serat bambu menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap suhu ekstrem dan keretakan.

2.3. Bahan Dasar Beton

Berikut adalah penjelasan lebih rinci bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan beton:

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material yang berfungsi sebagai komponen utama dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan serta kekakuan struktur beton. Jenis agregat kasar bisa berupa batu pecah, kerikil, maupun pasir berukuran besar. Ukuran partikel agregat kasar memiliki peran penting dalam menentukan karakteristik beton, salah satunya adalah modulus elastisitas. Dengan kata lain,

ukuran dan jenis agregat kasar dapat memengaruhi elastisitas atau tingkat kelenturan beton ketika menerima beban.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menganalisis sejauh mana karakteristik agregat kasar memengaruhi nilai modulus elastisitas beton, mengingat peran penting agregat dalam menentukan sifat mekanik beton secara keseluruhan. penelitian oleh Agus Purwati, Sholihin Asad Sunarmasto (2024), menunjukkan bahwa efek variasi ukuran agregat terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton mutu tinggi setara C80 (80 MPa). Agregat dengan gradasi lebih halus menghasilkan beton yang lebih kompak dan modulus lebih tinggi. Peneliti lain oleh Wang et al. (2015) Menunjukkan bahwa jenis agregat kasar juga dapat mempengaruhi modulus elastisitas beton. Agregat kasar dan lebih kuat dan lebih keras dapat meningkatkan modulus elastisitas beton.

Secara umum, jenis agregat kasar meliputi batu pecah alami, kerikil alami, agregat buatan, serta agregat khusus untuk pelindung radiasi nuklir dan beton berbobot berat. Dalam penelitian ini, jenis agregat yang digunakan adalah batu pecah alami. Agregat jenis ini dikenal mampu menghasilkan beton dengan kekuatan tinggi. Agar memenuhi standar kualitas, agregat kasar harus memenuhi persyaratan kebersihan, yaitu tidak mengandung lumpur lebih dari 1% dan bebas dari zat-zat organik yang berpotensi merusak struktur beton (Hunggurami et al., 2017).

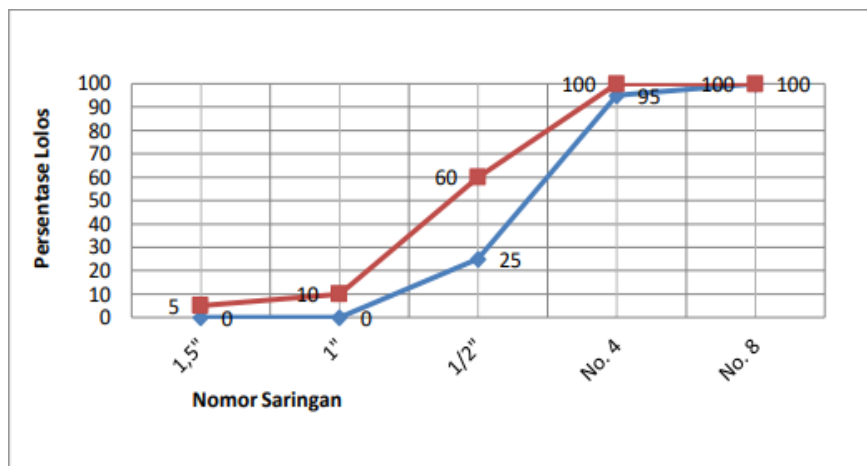
Persyaratan agregat kasar SK SNI S04-1989-F :

1. Butir-butir tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
Kekal, tidak pecah atau hancur oleh cuaca (terik matahari dan hujan), jika diuji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, sedangkan dengan larutan garam magnesium sulfat maksimum 18%. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
2. Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat kasar tidak boleh lebih gelap daripada warna standar gradasi.
3. Modulus halus butir antara 5 - 8 dan variasi butir sesuai standar gradasi.
4. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus tidak relatif terhadap alkali (Koidah & Setiawan, 2022)

Menurut (SNI 03-2834 2000) batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1.

Tabel 2.1 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834,2000).

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No.4)	95	100
2,36 (No.8)	100	100



Gambar 2.1 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834,2000)

2.3.2 Agregat Halus

Agregat dapat berasal dari pasir alami, pasir hasil proses pengolahan, atau kombinasi dari keduanya. Berdasarkan standar (SNI 03-2847-2002), agregat halus didefinisikan sebagai agregat yang memiliki ukuran butiran maksimum 5,00 mm. Agregat halus yang memenuhi syarat harus terbebas dari kandungan bahan organik, tanah lempung, partikel halus yang lolos dari saringan no. 100, serta material lain yang dapat mempengaruhi mutu campuran beton. Dalam aplikasi beton untuk

penahan radiasi, agregat halus dapat menggunakan serbuk baja halus atau serpihan besi yang dihancurkan.

Persyaratan agregat halus SK SNI S-04-1989-F (Hunggurami et al., 2017):

1. Butir-butirnya keras dan tidak berpori.
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan), jika di uji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika di uji dengan garam magnesium sulfat maksimum 18%.
3. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
5. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
6. Modulus halus butir antara 1,5 – 3,8 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
7. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
8. Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Menurut Agus Purwati, dkk (2013), Agregat halus memiliki pengaruh yang signifikan terhadap modulus elastisitas beton. Agregat halus yang terlalu besar cenderung menurunkan modulus elastisitas karena porositas beton lebih tinggi.

Tabel 2.2 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

2.3.3 Air

Air yang digunakan dalam pencampuran dan perawatan beton harus bebas dari zat-zat berbahaya seperti minyak, asam, alkali, garam, bahan organik, dan bahan lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan" (SNI 7656:2012). Air yang digunakan untuk pembuatan beton sebaiknya adalah air bersih yang layak untuk diminum. Air tanah, seperti air sumur, maupun air yang berasal dari Perusahaan Air Minum umumnya memenuhi syarat dan dapat digunakan dalam proses pembuatan beton (Asroni, 2010). Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia Tahun 1971 (PBI-1971) (Asroni, 2010), air yang digunakan dalam pembuatan maupun perawatan beton tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton atau baja tulangan. Zat-zat tersebut antara lain minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan organik, maupun material lain yang bersifat merusak (Hunggurami et al., 2017).

Air yang tidak layak konsumsi tidak boleh digunakan pada pembuatan beton, kecuali sayarat ketentuan (SNI-03-2837-2002) terpenuhi

1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

Neri Puspita Sari & Desi Yasri (2023) Air juga dapat mempengaruhi sifat mekanis beton diantaranya pengaruh air terhadap modulus elastisitas beton dapat terjadi karena adanya perubahan volume beton akibat penyerapan air penambahan kadar air dalam campuran beton menyebabkan penurunan nilai modulus elastisitas. Semakin tinggi rasio air terhadap berat semen, maka semakin rendah nilai modulus elastisitas beton yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air berlebih dapat melemahkan struktur internal beton.

2.3.4 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 penyusunya. 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).

1. Tipe Semen I

Semen Portland Jenis Umum (Normal PC) yaitu jenis semen untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifatsifat khusus, misalnya untuk trotoar, pasangan bata, dll

2. Tipe Semen II

Semen Portland Jenis Umum dengan perubahanperubahan (Modified Portland Cement). Semen ini memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dari Jenis I. Semen ini digunakan untuk bangunanbangunan tebal seperti pilar, kolom, dll

3. Tipe Semen III

Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi (High Early Strength PC). Jenis ini akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar pada waktu singkat, biasanya digunakan untuk struktur yang mendesak digunakan, misalnya perbaikan jalan beton

4. Tipe Semen IV

Semen Portland dengan panas hidrasi rendah (Low Heat PC). Jenis ini merupakan jenis khusus dengan panas hidrasi yang serendah-rendahnya. Digunakan untuk bangunan beton massa besar, seperti bendungan, dll

5. Tipe Semen V

Semen Portland tahan sulfat (Sulfat Resistant PC). Jenis PC 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).

2.3.5. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan produk limbah padi yang mempunyai sifat khusus. Mengandung senyawa pozzolan yaitu mengandung silika (SiO_2). Rephrase Pozzolan tidak berfungsi sebagai perekat seperti semen, namun bila bereaksi dengan air dan kapur dalam kondisi baik pada suhu normal, akan membentuk massa padat yang tidak larut dalam air. Kandungan SiO_2 (silika) pada abu sekam padi dapat mencapai kurang lebih 80% dan biasanya tergolong pozzolan reaktif. Ukuran partikel abu sekam padi mempengaruhi kemampuan kerja dan kekuatan beton, sehingga penghancurannya akan menghasilkan ukuran partikel yang sesuai. Silika merupakan senyawa utama dalam abu sekam padi. Kandungan silika pada abu sekam padi lebih tinggi dibandingkan tanaman lainnya. Namun ada beberapa syarat yang harus diperhatikan pada abu sekam padi, seperti: Kandungan silika harus mencapai nilai minimal 70%. Jika tidak, abu sekam padi yang digunakan harus lolos saringan no. 200 (zona transisi) antar partikel meningkatkan daya rekat antar partikel dan meningkatkan kuat tekan beton. (Tata dkk., 2021).

Abu sekam padi dapat menjadi bahan yang potensial untuk digunakan di Indonesia karena produksinya yang tinggi dan distribusinya yang luas. Abu sekam padi diperoleh dengan membakar sekam padi pada suhu konstan dan dapat digunakan dalam campuran beton. Fungsi abu sekam padi untuk beton adalah menghasilkan kekuatan beton yang tinggi, mengurangi porositas beton, dan lebih ramah lingkungan. Nilai kandungan silika yang paling umum pada abu sekam padi adalah 94 – 96% dan indeks aktivitas pozzolan adalah 87 inci. Jika mendekati atau

di bawah 90%, hal ini mungkin disebabkan oleh kontaminasi sampel cangkang dengan zat lain dengan kandungan silikon rendah. Silikon dioksida yang terkandung dalam cangkang laut berada dalam keadaan amorf terhidrasi (Adha, 2022).

Raharja, (2013) Penggunaan abu sekam padi yang mengandung senyawa silika (SiO_2) sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton dapat mengikat kapur mati $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sehingga kuat tekan beton meningkat, mengurangi panas hidrasi dan meningkatkan modulus elastisitas beton. Sehingga diperoleh kualitas beton yang lebih baik. Selain itu, abu sekam padi juga berperan sebagai pengisi pori atau celah(mikrofiller) antara agregat halus.

2.4. Ampas Serat Tebu

Ampas serat tebu (bagasse) adalah limbah padat hasil residu dari proses ekstraksi nira pada tanaman tebu. Komposisinya terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ampas ini bersifat ringan, berpori, dan memiliki daya serap air yang tinggi. Biasanya, ampas tebu digunakan untuk bahan bakar biomassa atau pembuatan kertas, namun kini dikaji potensinya sebagai bahan tambahan dalam beton ramah lingkungan. Sebelum digunakan, serat biasanya dicuci, dikeringkan, dan dipotong menjadi panjang 5 cm untuk memastikan pencampuran homogen dalam beton. Penambahan serat tebu ke dalam beton bertujuan bukan untuk meningkatkan kuat tekan, tetapi untuk meningkatkan *duktilitas* dan *modulus elastisitas* melalui distribusi tegangan yang lebih merata (Molina-Román, 2025).

Tomi Andriansyah dan Fadli Kurnia (2023) menunjukkan bahwa penambahan serat ampas tebu sebesar 1% dalam beton mutu 25 MPa mampu meningkatkan modulus elastisitas beton hingga 9% dibandingkan dengan beton tanpa serat. Hasil ini menunjukkan bahwa serat alami mampu memperkuat struktur mikro beton meskipun tanpa menaikkan kuat tekan secara signifikan.

2.5. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Nilai faktor air semen yang rendah akan mempengaruhi dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam peaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada faktor

air semen optimum untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

FAS yang rendah menyebabkan air yang berada di antara bagian-bagian semen sedikit dan jarak antara butiran-butiran semen menjadi pendek. Akibatnya massa semen menunjukkan keterkaitannya (kekuatan awal lebih berpengaruh). Batuan semen mencapai kepadatan yang tinggi (normal ratio sekitar 0,25-0,65). Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% dari berat semen dan dengan menggunakan faktor air semen yang rendah tentu kuat tekan yang diperoleh akan tinggi dan sebaliknya. Namun kenyataannya pada suatu nilai tertentu digunakan nilai faktor air semen yang rendah tidak meningkatkan kuat tekan betonnya, hal ini disebabkan karena workability yang rendah atau adukan beton sulit dipadatkan (Mulyono, 2003).

Faktor Air Semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh Murdock dan Brook (1986, Hal. 97), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan.

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai FAS yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal. Menurut Tjokrodinulyo (2007) umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton min. 0,4 dan max. 0,65.

Talbot dan Richard mengatakan bahwa pada rasio air semen 0.2 sampai dengan 0.5, kekuatan beton akan mengalami kenaikan. Akan tetapi hasil penelitian yang dilakukan oleh Duff Abrams menunjukkan semakin bertambahnya nilai FAS hingga lebih dari 0.6 akan menurunkan kekuatan beton sampai nol pada nilai FAS 4,0 untuk beton yang berumur 28 hari.

Hubungan antara faktor air semen (FAS) dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919), dalam Samekto dan Rahmadiyanto (2001), sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{A}{B^{1,5+x}} \quad (2.1)$$

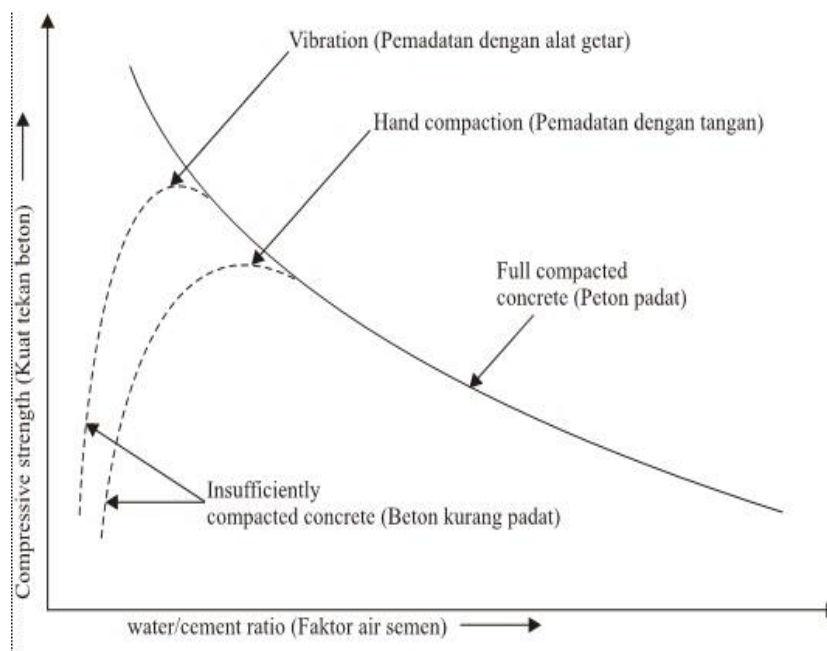
dimana:

f_c' :Kuat tekan beton pada umur tertentu.

x :FAS (yang semula dalam proporsi volume).

A,B :konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat tekan betonnya, walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat tekan beton, tetapi nilai FAS yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah faktor air semen dan kuat tekannya semakin rendah seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.2: Hubungan kuat tekan Beton dengan Faktor air semen (Neville dan Brook,1987).

Menurut Mindess et al., (2003), bila faktor air semen terlalu rendah, maka adukan beton sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton setelah mengeras. Adanya udara sebanyak 5% dapat mengurangi kuat tekan beton sampai 35% dan pori-pori sebanyak 10% dapat mengurangi kuat tekan beton sampai 60% (Arizki et al., 2015).

2.6. Modulus Elastisitas

Sifat elastisitas suatu bahan sangat erat kaitannya dengan kekakuan material dalam menerima beban. Menurut Neville (1975), modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan (stress) yang diberikan terhadap regangan (strain) yang terjadi pada material. Secara sederhana, modulus elastisitas mencerminkan kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuk semula setelah menerima beban, selama berada dalam batas elastisnya.

Semakin besar nilai modulus elastisitas suatu material, semakin kecil deformasi atau lendutan yang terjadi ketika bahan tersebut diberi beban. Dalam konteks beton, modulus elastisitas yang besar menunjukkan bahwa beton tersebut mampu menahan beban besar dengan perubahan bentuk (regangan) yang relatif kecil. Oleh karena itu, modulus elastisitas menjadi parameter penting dalam desain struktur, terutama dalam menghitung defleksi dan kestabilan elemen struktural.

Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut ASTM C 469 - 02:

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{\epsilon_2 - 0,000050} \quad (2.2)$$

Dimana:

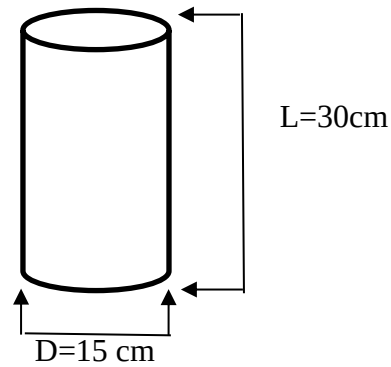
E_c = Modulus elastisitas (Mpa)

S_2 = Tegangan 40% tegangan runtuh (kg)

S_1 = Tegangan pada saat nilai kurva regangan $\epsilon_1 = 0,000050$

ϵ_2 = Nilai kurva regangan yang terjadi pada S_2 (m^3)

ϵ_1 = regangan sebesar 0.000050 (m^3)



Gambar 2.3: Benda uji beton silinder.

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton dengan mempertimbangkan unsur berat isi beton, untuk W_c diantara 1500 dan 2500 kg/m³ rumus yang digunakan adalah :

$$E = (W_c)^{1,5} \times 0.043 \sqrt{f'c'} \quad (2.3)$$

sedang untuk beton normal adalah :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c'} \quad (2.4)$$

Dalam ACI 363-92 “State of The Art Report on High Strength Concrete” adalah sebagai berikut (Pade et al., 2013) :

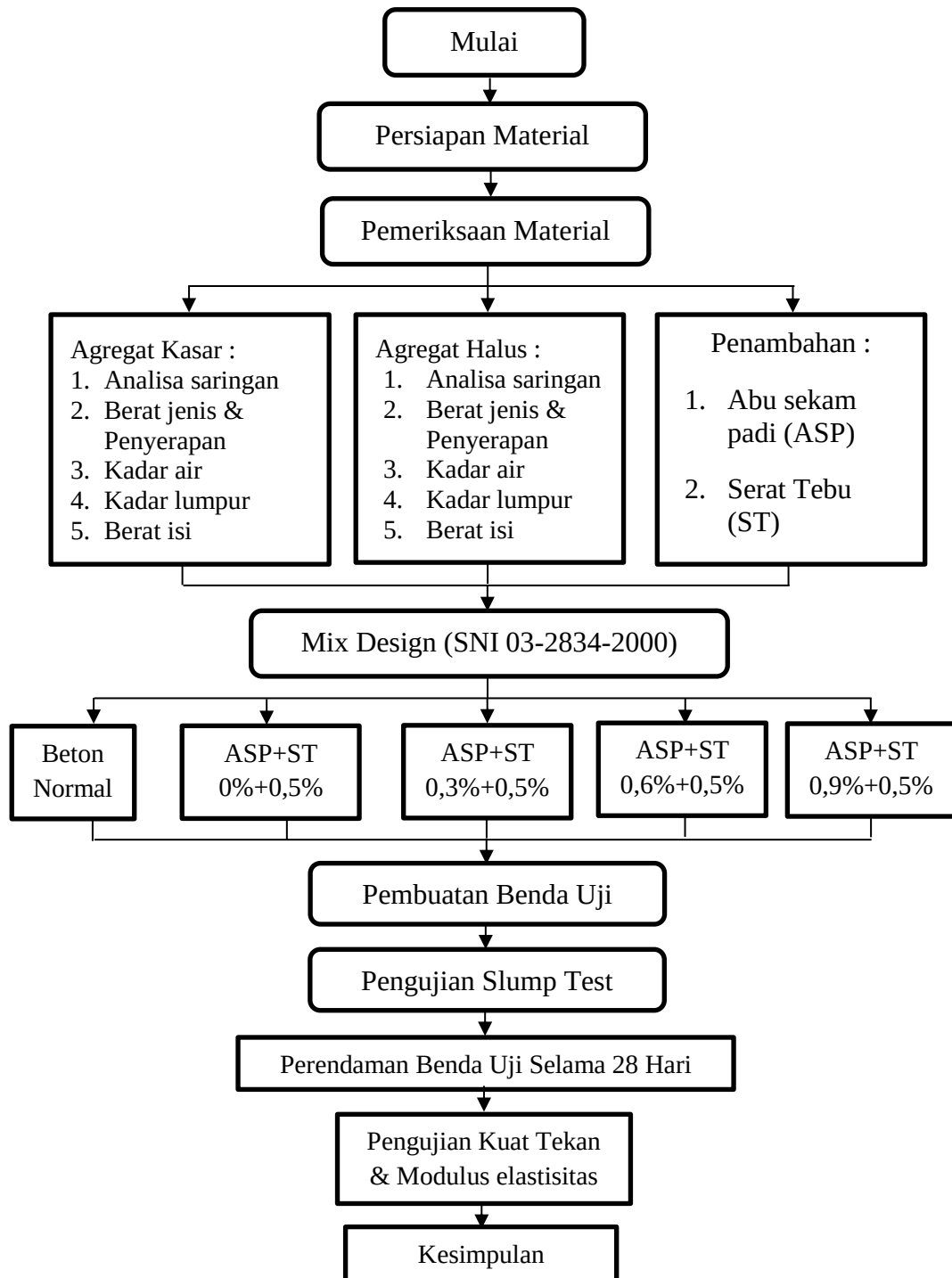
$$E_c = 3320 \sqrt{f'c'} \quad (2.5)$$

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Langkah Langkah yang akan di gunakan dalam penelitian ini :



Gambar 3.1: Diagram Alir.

3.2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan serangkaian langkah sistematis yang digunakan untuk memecahkan permasalahan penelitian melalui proses pengumpulan, pencatatan, pengkajian, serta analisis data secara objektif dan terstruktur. Dalam konteks penelitian ini, metodologi disusun guna memperoleh data yang relevan dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Sebagai dasar pengambilan kesimpulan dalam penelitian ini, digunakan data-data pendukung yang diperoleh dari hasil eksperimen di laboratorium. Data tersebut digunakan untuk mengamati dan menganalisis pengaruh penambahan serat ampas tebu terhadap sifat elastisitas beton, khususnya dalam hal modulus elastisitas. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian standar yang berlaku, sehingga hasil yang diperoleh dapat dijadikan acuan dalam menjawab rumusan masalah penelitian.

3.2.1. Data Primer

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

1. Analisa Saringan agregat
2. Berat jenis dan penyerapan
3. Pemeriksaan kadar air agregat
4. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
5. Pemeriksaan berat isi agregat
6. Perbandingan dalam campuran beton (mix design)
7. Kekentalan adukan beton segar (slump test)
8. Uji modulus elastisitas

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder ini adalah data yang diperoleh dari buku-buku, jurnal-jurnal yang berhubungan penelitian ini, dimasukan juga referensi pembuatan beton berdasarkan

1. SNI (Standart Nasional Indonesia) (SNI 03-2834-2000, 2000) tentang cara pembuatan beton normal.

2. ASTM (American Society For Testing and Materials), ASTM-C469.(Standar metode uji untuk Modulus Elastisitas spesimen Beton Slinder) (469, 2006).
3. Jurnal-jurnal ilmiah dan buku-buku, sebagai acuan untuk penelitian ini.
4. PBI 1971 (Peraturan Beton Indonesia 1971) (Wangsadinata, 1971).

Adapun langkah langkah dalam penelitian ini adalah:

1. Persiapan Material

Persiapan material merupakan langkah awal dalam melaksanakan penelitian ini, setelah semua perisapan dilakukan baru dapat melakukn pengujian material, pengujian material mencakup keseluruhan bahan dalam pembuatan beton yaitu pengujian material agregat halus, pengujian material agregat kasar, pengujian material semen, pengujian abu sekam padi dan serat sabut kelapa sebagai bahan tambah dalam penelitian pembuatan campuran untuk memperkuat nili modulus lastisitas dalam beton.

2. 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 lima variasi yaitu campuran beton normal, campuran serat tebu 0,5%, campuran serat tebu dan ASP sebanyak 0,5% & 0,3%, serat tebu dan ASP sebanyak 0,5% & 0,6%, serat tebu dan ASP sebanyak 0,5% & 0,9% dan dibuat pada cetakan silinder sebanyak 20 buah yang akan diuji pada umur beton 28 hari.

3. Pengujian benda uji

Setelah perendaman 28 hari, kemudian diangkat dan dikeringkan. Setelah beton kering pengujian modulus elastisitas bisa dilakukan. Data- data yang diperoleh dari hasil pengujian di lampirkan di dalam pembahasan yang akan dhitung analsa datanya. Analisa data tersebut nantinya akan menjadi kesimpulan didalam penelitian yang dilakukan.

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian Penelitian

Penelitian dimulai pada 21 Agustus 2025 sampai bulan 21 September 2025. Penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4. Bahan dan Alat

Adapun bahan dan alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

3.4.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

1. Semen
2. Agregat Halus
3. Agregat Kasar
4. Air
5. Abu Sekam Padi
6. Ampas Serat Tebu

3.4.2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Saringan Agregat
2. Wadah
3. Timbangan Digital
4. Pelastik
5. Kuas
6. Sekop
7. Terpal
8. Pan
9. Piknometer
10. Sarung tangan
11. Masker
12. Vaseline
13. Gelas ukur
14. Cetakan benda uji Silinder
15. Alat Selump tes
16. Bakperendaman
17. Oven
18. Mesin Pengaduk Semen

19. Mesin Penguji Modulus elastisitas

3.5. Persiapan penelitian

Setelah seluruh material tiba di lokasi penelitian, material kemudian dipisahkan berdasarkan jenisnya. Langkah ini dilakukan untuk mempermudah tahapan penelitian serta mencegah terjadinya pencampuran dengan bahan lain yang dapat memengaruhi kualitas material. Selanjutnya, material dibersihkan dari kotoran seperti lumpur, dan dilakukan penjemuran terhadap material yang masih dalam kondisi basah. Setelah semua proses persiapan material selesai, tahap berikutnya adalah pemeriksaan terhadap agregat.

3.6. Persiapan penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan atau pemeriksaan, diantaranya:

3.6.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku panduan praktikum beton progra studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus

Langkah-langkah dan penyerapan agregat halus.

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
3. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Memasukkan air ke dalam piknometer sampai penuh lalu menmbang dan mencatat hasilnya.
5. Membuang air dari piknometer.
6. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan ir ampai penuh.
7. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.

8. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama kurang lebih 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Merendam piknometer ke dalam ember berisi air selama kurang lebih 24 jam.
10. Setelah direndam, piknometer diangkat dan timbang beratnya.

3.6.2. Kadar Air Agregat halus

Pengujian kadar air ini berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan. Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi Faktor Air Semen (FAS) untuk campuran beton dan mempengaruhi kuat tekan beton.

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM 56 serta mengikut buku panduan praktikum beton Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus.

Langkah-langkah pengerjaan kadar air agregat halus:

1. Mengambil contoh bahan sebagian untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.
2. Memasukkan contoh kedalam wadah lalu ditimbang.
3. Mengeringkan contoh bahan sampai berat konstan kedalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$.
4. Mengeluarkan contoh bahan dari oven untuk mendinginkan dalam suhu ruang kemudian ditimbang.
5. Melakukan percobaan diatas sebanyak 2 kali.

3.6.3. Kadar Lumpur Agregat halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-199 serta mengikuti buku panduan praktikum. 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 bert kktoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya didalam persentase.

Langkah-langkah pengerjaan kadar lumpur agregat halus:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil contoh bahan, lalu diayak dengan saringan No.4 dan mengambil agregat yang lolos saringan.
3. Menimbang berat contoh setelah diayak.
4. Mengambil air dengan ember untuk mencuci agregat.
5. Mencuci contoh bahan tersebut dengan air bersih yang telah disiapkan, lalu menyaringnya dengan saringan No.200 dan masukkan ke dalam wadah.
6. Melakukan prosedur nomor 4 dan nomor 5 secara berulang-ulang supaya tidak mengandung kadar lumpur lagi.
7. Mengeluarkan contoh bahan yang telah dioven selama ± 24 jam hingga berat konstan.
8. Mengeluarkan contoh bahan yang telah di panaskan dalam oven selama ± 24 jam, lalu mendinginkan beberapa saat, lalu ditimbang.
9. Menghitung persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah mencucinya.

3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

Penentuan berat isi dari campuran beton dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton. Prosedur percobaan berat isi aggregate sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W_1).
2. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
3. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
4. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W_2).
5. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.7. Pemeriksaan Bahan Tambah (Filler)

Adapun pemeriksaan bahan tambahan yaitu:

3.7.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Abu sekam Padi (ASP)

Saringan pada berat jenis dan penyerapan abu sekam padi digunakan antara lain saringan No.100.

Langkah-langkah cara pengerjaan berat jenis dan penyerapan:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Memasukkan air ke dalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.
3. Membuang air dari piknometer.
4. Memasukkan abu sekam padi sebanyak 100 gram ke dalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
5. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
6. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
7. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama ± 24 jam.
8. Setelah direndam ± 24 jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

3.7.2. Persiapan Ampas Serat Tebu

Adapun pelaksanaan pengambilan serat tebu ialah:

1. Serat ampas tebu yang digiling dan telah diambil airnya
2. Direndam semalaman di dalam air bersih untuk menghilangkan kandungan gula yang tersisa.
3. Proses Pengeringan selama 24 jam dibawah sinar matahari.
4. Pengambilan serat ampas tebu dengan cara manual.
5. Direndam di dalam air yang telah dicampuri boraks kurang lebih selama 10 menit.
6. Lalu di jemur selama lebih 1 hari supaya kering sempurna.
7. Dipotong sepanjang 5cm.

3.8. Pelaksanaan Penelitian

Adapun pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

3.8.1. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi diperoleh dari hasil pembakaran kulit padi dan limbah pabrik penggilingan padi. Warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai hitam, warna ini tergantung dari sumber sekam padi dan suhu pembakaran.

3.8.2. Ampas Serat Tebu

Serat tebu yang digunakan campuran beton yaitu serat yang tidak basah, bersih dari kotoran yang menempel dan berukuran 5 cm. ukuran serat tebu ini diperoleh dari sisa pedagang kaki lima.

3.8.3. 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 Tahapan mix design beton menurut *American Concrete Institutemen* (ACI) adalah sebagai berikut :

1. Rencanakan kuat tekan yang dikehendaki.
2. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan).
3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya. Slump yang dianjurkan pada jenis pekerjaan berkisar antara 75 mm - 150 mm.
4. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan.
5. Hitungan semen yang diperlukan, berdasarkan langkah (2) dan (4) di atas.

6. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halus.
7. Hitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (metode volume). Bisa juga dengan menggunakan metode berat.

Tabel 3.1 : Jumlah benda uji

NO	Variasi	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	ASP	ST	Jumlah	
							Kuat Tekan	Kuat Lentur
1	Beton Normal	100	100	100	-	-	2	2
2	ST	100	100	100	-	0,5%	2	2
3	ASPST I	99,7	100	100	0,3%	0,5%	2	2
4	ASPST II	99,4	100	100	0,6%	0,5%	2	2
5	ASPST III	99,1	100	100	0,9%	0,5%	2	2
Total							20	

3.8.4. Pembuatan benda uji

Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Yang berjumlah 4 buah, untuk pengujian kuat tekan. Dalam proses pembuatan benda uji, dilakukan beberapa tahapan yang dilakukan. Tahapan tersebut adalah:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji.
2. Menimbang satu persatu bahan sesuai dengan yang telah ditentukan.
3. Membersihkan cetakan dengan menggunakan sekrap dan kain lap, lalu mengolesinya dengan *vaseline* secukupnya.
4. Menghidupkan mesin pengaduk (*mixer*).
5. Masukkan bahan dimulai dari agregat kasar, agregat halus, dan semen.

6. Setelah tercampur rata masukkan limbah bata lalu diaduk hingga merata.
7. Masukkan air kedalam mesin pengaduk sesuai ukuran takaran yang digunakan.
8. Memeriksa *slump flow* pada beton.
9. Memasukkan campuran beton kedalam cetakan hingga penuh.
10. Meratakan permukaan pada cetakan dengan menggunakan sendok semen.
11. Mendinginkan beton selama 24 jam hingga beton mengeras dengan sempurna.
12. Setelah kering, buka cetakan beton dan rawat beton (*curing*) dengan memasukkan beton ke dalam bak perendam selama 28 hari.
13. Setelah direndam selama 28 hari, angkat beton dan keringkan.
14. Melakukan uji kuat modulus elastisitas beton.

3.8.5. Pengujian Slump Test

Tahapan pengujian *slump test*:

1. Membasahi kerucut Abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
2. Angkat dan letakan plat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut Abrams secara terbalik tepat di tengah plat.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan menggunakan *stopwatch*.
4. Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 50 cm dan hentikan *stopwatch* saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
5. Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal.
6. Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.8.6. Perawatan Beton

Perawatan beton yang dilakukan pada benda uji di penelitian ini berdasarkan ketentuan ASTM C31-91. Proses ini dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur rencana 28 hari. Namun pada penelitian ini benda uji diangkat pada hari ke- 27 untuk memastikan beton tersebut benar-benar kering pada saat dilakukan pengujian modulus elastisitas beton. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perendaman benda uji adalah sebagai berikut:

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih.
4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.
5. Diamkan benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering lalu timbang benda uji tersebut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus penelitian dengan menggunakan material analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur diperoleh data-data. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium teknik sipil mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja megikuti buku panduan peraktikum beton teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat. Dari hasil penelitian di dapat data data yang terlampir sebagai berikut sehingga dapat diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 4.1: Data-data dari hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	6684	6597	gr
Berat Contoh SSD	6191	6029	gr
Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah	6588	6541	gr
Berat Wadah	493	568	gr
Berat Air	96	568	gr
Berat Contoh Kering	6095	5973	gr
Kadar Air	1,58	0,94	%
Rata-rata	1,26		%

Dari hasil pengujian kadar air agregat kasar Pada pengujian Sampel I, diperoleh berat contoh SSD sebesar 6.191 gram, berat contoh kering oven sebesar 6.095 gram, dan berat air sebesar 96 gram, sehingga menghasilkan nilai kadar air sebesar 1,58%. Sementara itu, pada Sampel II, berat contoh SSD adalah sebesar 6.029 gram, berat contoh kering oven sebesar 5.973 gram, dan berat air sebesar 568 gram yang menghasilkan nilai kadar air sebesar 0,94%. Dari hasil pengujian kedua sampel tersebut, diperoleh nilai rata-rata kadar air agregat kasar sebesar 1,26% menunjukkan perbandingan antara berat air yang terkandung di dalam agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering oven.

4.1.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Dari hasil penelitian di dapat data data yang terlampir pada Tabel 4.2 sehingga dapat diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 4.2: Data-data dari hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Wadah (W1)	494	566	gr
Berat Pasir Kering Mutlak (W2)	1500	1500	gr
Berat Pasir Setelah cuci dan Oven lagi (W3)	1977	2042	gr
Berat Lumpur (W4)	17	24	gr
Kadar Lumpur	1,15	1,63	%
Kadar Lumpur Rata-rata	1.39		%

Dari hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar diperoleh berat setelah dicuci dan dioven beserta wadah sebesar 2.042 gram, menghasilkan berat lumpur sebesar 24 gram atau setara dengan kadar lumpur sebesar 1,63%. Secara keseluruhan, dari hasil pengujian kedua sampel tersebut didapatkan nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 1,39%, yang menunjukkan bahwa kandungan lumpur pada pasir tersebut layak untuk digunakan sebagai campuran beton.

4.1.3. Berat isi Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi agregat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara penggoyangan, dan cara lepas. Data hasil pemeriksaan berat isi agregat didapat Tabel 4.3:

Tabel 4.3: Tabel Berat Isi Agregat Kasar.

Pengujian	Lepas	Rojok	Penggoyangan	Rata-Rata	Satuan
Berat Contoh	22450	22640	23640	22910	gr
Berat Wadah	6400	6400	6400	6400	gr
Berat Contoh + Wadah	28850	29040	30040	29310	gr
Volume Wadah	15458.9	15458.9	15458.9	15458.9	cm^3
Berat Isi	1,45	1,46	1,53	1,48	gr/cm^3

Sehingga didapatkan rata-rata berat isi agregat kasar sebesar 1,48 gr/cm³. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan mekanis seperti penggoyangan dan penusukan (rojok) dapat meningkatkan kerapatan agregat kasar dengan mengurangi rongga udara di dalam wadah.

4.1.4. Berat jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Dari hasil penelitian di dapat data data yang terlampir pada tabel 4.4 sehingga dapat diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 4.4: Hasil Berat Jenis dan Penyerapan air.

Agregat Kasar	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka (SSD), (A)	6446	6466	6456	gr

Agregat Kasar	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Satuan
Berat Kerikil Kering Mutlak (B)	6284	6307	6296	gr
Berat Kerikil Dalam Air (C)	4047	4060	4052,5	gr
Bj Curah ($B/(A-C)$)	2,62	2,62	2,62	gr
Bj kering muka ($A / (A-C)$)	2,22	2,69	2,69	gr
Bj Semu ($B / (B-C)$)	2,30	2,81	2,81	gr
Absorption $[(A-B / B] \times 100\%$	2,88	2,58	2,52	gr

Dari hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dari akumulasi kedua pengujian tersebut, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan yaitu Bj curah sebesar 2,62, Bj kering muka sebesar 2,69, Bj semu sebesar 2,81, serta nilai rata-rata penyerapan air agregat kasar sebesar 2,52%

4.1.5. Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari hasil pengujian analisa gradasi agregat dengan pesifikasi ukuran maksimum 40 mm. berdasarkan acuan dari SNI 03-1968-1990, metode pengujian tentang analisa saringan agregat halus dan kasar. Dari hasil penelitian maka didapat data material analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada Tabel 4.6:

Tabel 4.5: Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar.

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Komulatif	
SNI	ASTM	(gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
76 mm	3"	0	0	0	100
38 mm	1 ½ "	43	2,15	2,15	97,85
19 mm	3/4 "	561	28,05	30,20	68,80
9,6 mm	3/8 "	894	44,70	74,90	25,10
4,8 mm	No. 4	472	23,60	98,50	1,50

Pan	30	1,50		0
Total	2000	100	205,75	

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai modulus halus butir (MHB)/ modulus kehausan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif tertahan}}{100} \\
 &= \frac{205,75}{100} \\
 &= 2,05 \%
 \end{aligned}$$

Melalui akumulasi persentase komulatif tertahan sebesar 205,75, diperoleh nilai Modulus Kehausan (FM) sebesar 2,05, yang menjadi parameter acuan untuk tingkat kekasaran butiran agregat dalam perencanaan campuran beton.

4.1.6. Sifat Fisik Agregat Kasar

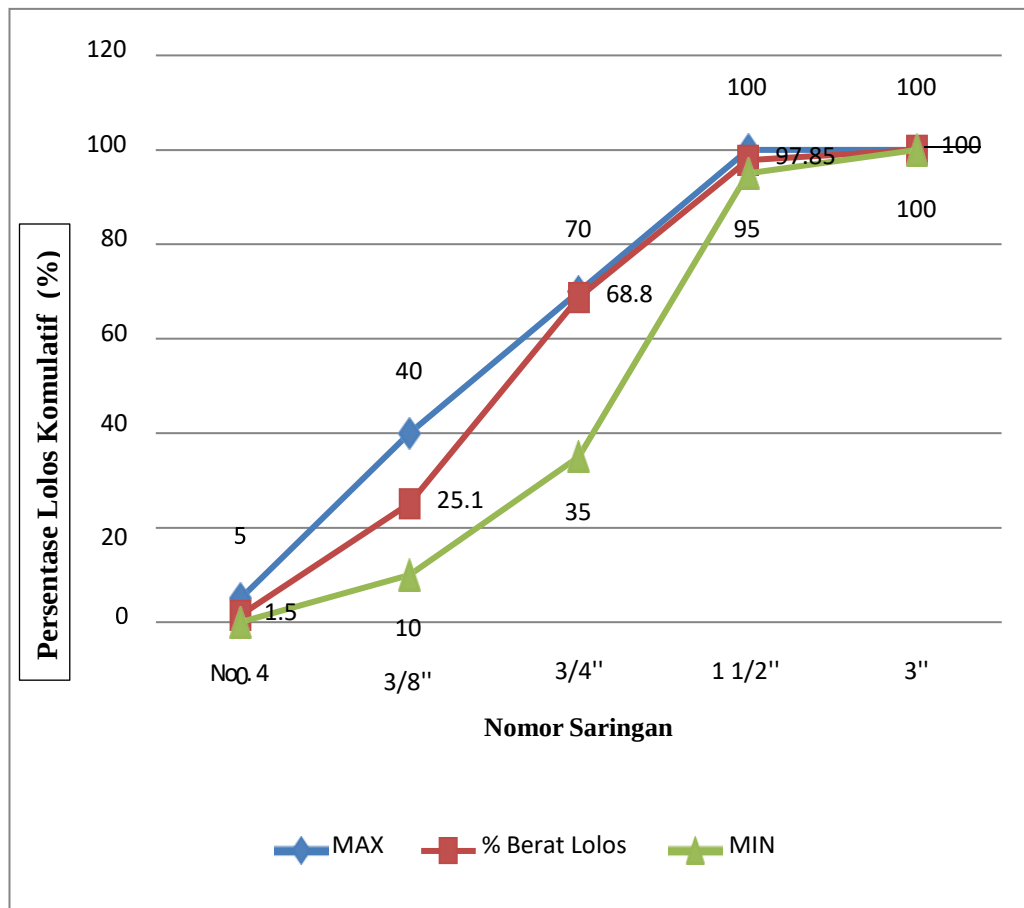
Sifat fisik agregat adalah hasil dari pengujian agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6:

Tabel 4.6: Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Fm (Modulus Kehausan)	2,05	%
2	Berat Jenis	2,69	gr/cm ³
3	Penyerapan air	2,52	%
4	Kadar Air	1,26	%
5	Berat Isi	1,48	gr/cm ³
6	Kadar Lumpur	1,39	%

hasil pengujian karakteristik fisik agregat yang digunakan sebagai parameter acuan dalam perencanaan campuran beton. Berdasarkan data rekapitulasi, diperoleh nilai Modulus Kehausan (FM) sebesar 2,05, berat jenis

sebesar 2,69 gr/cm³, dan persentase penyerapan air sebesar 2,52%. Selain itu, material tersebut memiliki nilai kadar air sebesar 1,26%, berat isi sebesar 1,48 gr/cm³, serta kandungan kadar lumpur yang cukup rendah yaitu sebesar 1,39%. Secara keseluruhan, nilai-nilai parameter fisik ini menunjukkan bahwa agregat yang diuji memiliki kualitas yang baik dan memenuhi standar kelayakan untuk digunakan sebagai bahan pengisi campuran beton.



Gambar 4.1: Grafik Gradasi Agregat Kasar.

4.2. Pemeriksaan Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat halus penelitian dengan menggunakan material analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur

diperoleh data-data. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium teknik sipil mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.2.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja megikuti buku panduan peraktikum beton teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat. Dari hasil penelitian di dapat data data yang terlampir pada tabel 4.7 sehingga dapat diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 4.7: Data-data dari hasil penelitian kadar air agregat halus.

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	6691	7436	gr
Berat Contoh SSD	6480	6928	gr
Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah	6722	7012	gr
Berat Wadah	511	508	gr
Berat Air	269	424	gr
Berat Contoh Kering	6211	6504	gr
Kadar Air	5,43		%
Rata - rata	5,43		%

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan melalui dua sampel, yaitu Sampel I dan Sampel II. Pada Sampel I, dengan berat contoh SSD sebesar 6.480 gram dan berat contoh kering oven sebesar 6.211 gram, diperoleh kandungan berat air sebesar 269 gram yang menghasilkan persentase kadar air sebesar 5,43%. Sementara pada Sampel II, berat contoh SSD tercatat sebesar 6.928 gram dengan berat contoh kering oven sebesar 6.504 gram dan berat air sebesar 424 gram, yang (berdasarkan nilai gabungan di dalam tabel) menghasilkan nilai kadar air rata-rata keseluruhan sebesar 5,43%.

4.2.2. Berat isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi agregat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara penggoyangan, dan cara lepas. Data hasil pemeriksaan berat isi agregat didapat Tabel 4.9:

Tabel 4.9: Tabel Berat Isi Agregat Halus.

Pengujian	Lepas	Tusuk	Penggoyangan	Rata - Rata	Satuan
Berat Contoh	17566	18306	18383	18985	gr
Berat Wadah	5336	5336	5336	5336	gr
Berat Contoh + Wadah	22902	2362	23719	23421	gr
Volume Wadah	11125,4	11125,4	11125,5	11125,4	cm^3
Berat Isi	1,58	1,65	1,65	1,63	gr/cm^3

4.2.3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Dari hasil penelitian di dapat data data yang terlampir pada Tabel 4.10 sehingga dapat diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Table 4.10: Hasil Pemeriksaan Kadar lumpur Agregat Halus.

Uraian	Sampel I	Sampel II		Satuan
Wadah (W1)	511	507		gr
Berat Pasir kering Mutlak (W2)	500	500		gr
Berat Pasir Setelah Cuci dan Oven Lagi (W3)	995	992		gr
Berat Lumpur (W4)	16	15		gr
Kadar Lumpur	3,31	3,09		%
Kadar Lumpur Rata - rata	3,20			%

Berdasarkan pengujian laboratorium, Sampel I memiliki kadar lumpur sebesar 3,31% (dengan berat lumpur 16 gram) dan Sampel II sebesar 3,09% (dengan berat lumpur 15 gram), yang menghasilkan nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 3,20%. Ditinjau dari standar SK SNI S-04-1989-F, batas maksimal kadar lumpur untuk agregat halus adalah 5%, sehingga nilai rata-rata 3,20% ini menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memenuhi syarat kelayakan dan aman digunakan sebagai campuran beton tanpa harus melalui proses pencucian terlebih dahulu.

4.2.4. Berat jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Dari hasil penelitian di dapat data data yang terlampir pada tabel 4.11 sehingga dapat diketahui kadar air agregat Halus yang diperiksa.

Tabel 4.11 : Hasil Berat Jenis dan Penyerapan air

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata - rata	Satuan
Berat SSD (B)	500	500	500	gr
Berat SSD di dalam air (C)	948	943	945,5	gr
Berat SSD di dalam air (C)	948	943	945,5	gr
Berat Piknometer Berisi Air	673	665	669	gr
Bj Bulk = $(E / (B+D - C))$	2,16	2,09	2,13	gr
Bj SSD = $(B / (B + D - C))$	2,22	2,25	2,24	gr
Bj Semu = $(E / (E + D - C))$	2,30	2,49	2,40	gr
Absorption $[(B - E) / x 100\%$	2,88	7,76	2,32	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus dari 2 sampel dengan berat SSD rata – rata 500 gr. Dari percobaan ini didapat nilai rata – rata berat jenis bulk 2,13 berat jenis SSD 2,24 gr dan berat jenis semu 2,40 gr.

4.2.5. Analisa Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan berdasarkan acuan SNI 03 - 1968 – 1990 Tentang analisa saringan agregat halus. Hasil penelitian ini dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Komulatif	
ASTM	SNI	(gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
9,6	3/8"	0	0	0	100
4,8	No. 4	99	4,95	4,95	95,05
2,4	NO. 8	205	10,25	15,20	84,80
1,2	No. 16	387	19,35	34,55	65,45
0,6	No. 30	301	15,05	49,60	50,40
0,3	No. 50	561	28,05	77,65	22,35
0,15	No. 100	330	16,50	94,15	5,85
PAN		117	5,85		0
TOTAL		2000	100	276,10	

Persentase berat tertahan Rata-rata:

$$3/8'' = \frac{0}{2000} \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{99}{2000} \times 100 \% = 4,95 \%$$

$$\text{NO. 8} = \frac{205}{2000} \times 100 \% = 10,25 \%$$

$$\text{No. 16} = \frac{387}{2000} \times 100 \% = 19,35 \%$$

$$\text{No. 30} = \frac{301}{2000} \times 100 \% = 15,05 \%$$

$$\text{No. 50} = \frac{561}{2000} \times 100 \% = 28,05 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{330}{2000} \times 100 \% = 16,50 \%$$

$$\text{PAN} = \frac{117}{2000} \times 100 \% = 5,85 \%$$

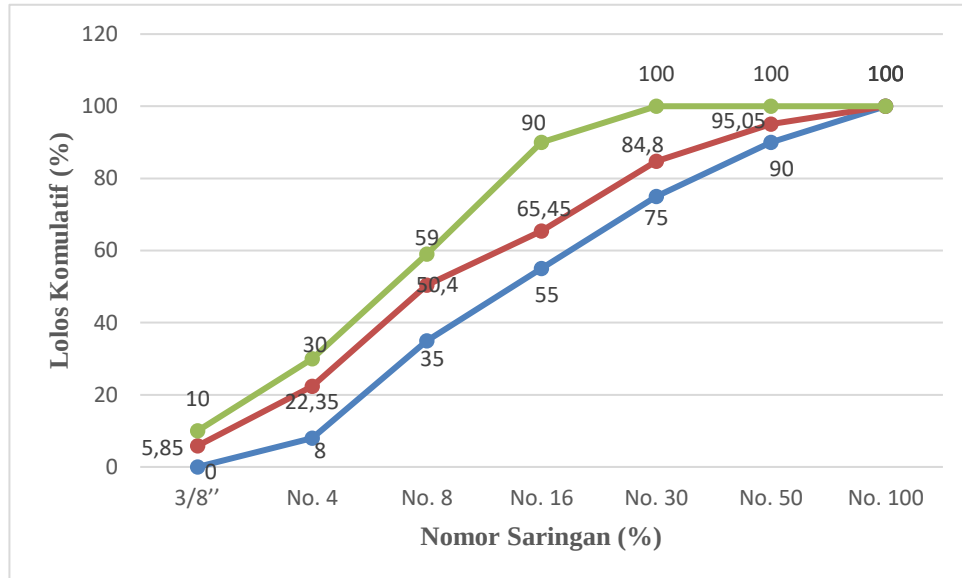
Persentase Berat Kumulatif Tertahan

3/8"	= 0	+ 0	= 0 %
No. 4	= 0	+ 4,95	= 4,95 %
No/ 8	= 4,95	+ 10,25	= 15,20 %
No. 16	= 15,20	+ 19,35	= 34,55 %
No. 30	= 34,55	+ 15,05	= 49,60 %
No. 50	= 49,60	+ 28,05	= 77,65 %
No. 100	= 77,65	+ 16,50	= 94,15 %
PAN	= 94,15	+ 5,85	= 100 %

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan sebesar 276,10 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif tertahan}}{100} \\ &= \frac{276,10}{100} \\ &= 2,76 \% \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat nilai FM sebesar 2,76%. Nilai tersebut masih diizinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana 1,5% - 3,8% nilai yang diizinkan berada di zona 2.



Gambar 4.2: Grafik pemeriksaan analisa agregat halus.

4.2.6. Sifat Fisik Agregat Halus

Sifat fisik agregat halus merupakan hasil dari pengujian agregat halus. Hasil pengujian dapat dilihat dari Tabel 4.13:

Tabel 4.13 : Hasil Pemeriksaan Agregat kasar

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	FM (Modulus Kehausan)	2,76	%
2	Berat Jenis	2,34	gr/cm^3
3	Penyerapan Air	5,32	%
4	Kadar Air	5,43	%
5	Berat Isi	1,63	gr/cm^3
6	Kadar Lumpur	3,20	%

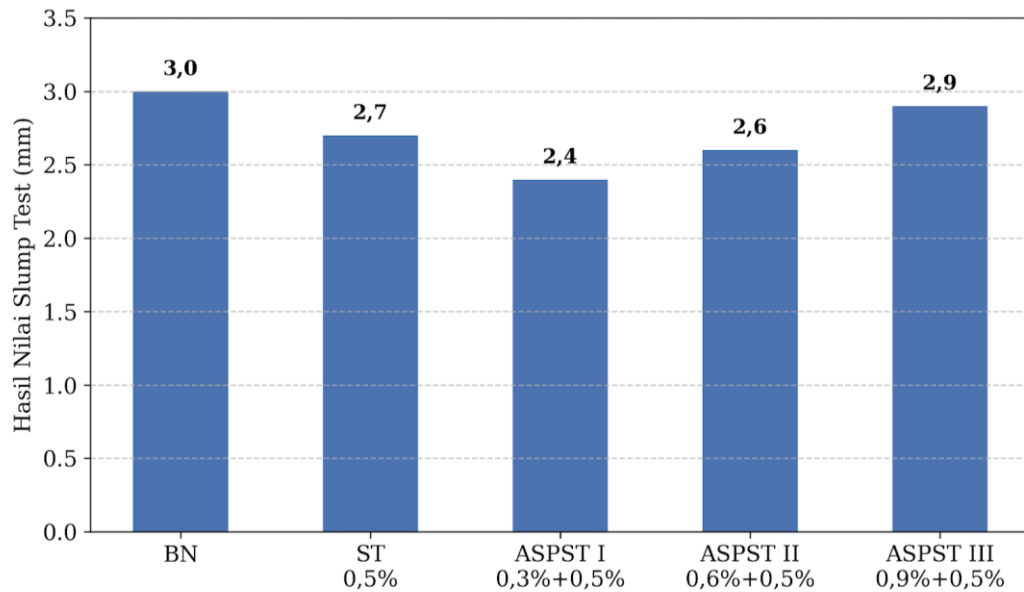
4.3. Hasil Pengujian Slump Test

Uji slump adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan workability pada campuran beton segar agar diketahui apakah campuran tersebut dapat digunakan atau tidak. Pengujian slump juga dapat memperlihatkan berapa banyak air yang digunakan dalam campuran beton, apakah air di dalam campuran beton kekurangan, kelebihan atau cukup air. Jika campuran beton terlalu cair maka akan menyebabkan mutu beton rendah dan lama mengering. Nilai dari pengujian slump test tertera pada Tabel 4.17.

Tabel 4.14: Nilai Uji Slump Test Beton Normal Dengan Beton Variasi.

Variasi	Hasil Nilai Slum Test (cm)
Beton Normal	3
0,5% ST	2,7
0,3% ASP + 0,5% ST	2,4
0,6% ASP + 0,5% ST	2,6
0,9% ASP + 0,5% ST	2,9

Pada beton normal didapat nilai slump sesuai rencana 3-6 cm yang disebabkan tidak ada campuran ASP dan SSK, sedangkan pada beton variasi campuran mendapatkan nilai slump rata-rata yang lebih rendah. hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat tebu dapat mengakibatkan penurunan workability campuran beton.



Gambar 4.3: Grafik Rata-rata Slump Test.

Dari grafik tersebut dapat kita lihat bahwa dengan penambahan abu sekam padi dapat menurunkan nilai slump test beton, menurut (Ridhwan Muhammad Iqbal & Gati Annisa Hayu, 2020), pada penggunaan abu sekam padi memiliki nilai slump dibawah beton normal. Hal ini disebabkan abu sekam padi memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi. Penurunan nilai slump yang terjadi juga ditunjukkan oleh beberapa peneliti sebelumnya, salah satunya Lubis (2004) bahwa jumlah air yang digunakan pada campuran beton tidak sepenuhnya digunakan untuk reaksi adukan beton, namun ada sebagian yang diserap oleh abu sekam padi.

4.4. Perancangan campuran Beton

Adapun perancangan campuran beton ialah :

4.4.1. Mix Design beton

Perhitungan *mix design* pada penelitian ini mengacu pada (SNI 03-2834-2000) dengan mutu yang direncanakan yaitu 25Mpa. Berikut adalah langkah – langkah perhitungan *mix design*:

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

Nilai tambah dapat dilihat pada SNI 03- 2834 – 2000, karena jumlah benda uji yang dibuat adalah 6 buah maka jumlah data uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata – rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f_c' + 12 \text{ Mpa})$.

3. Kuat tekan beton rata – rata yang ditargetkan $(f_{cr}) = f_c' + M$

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

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

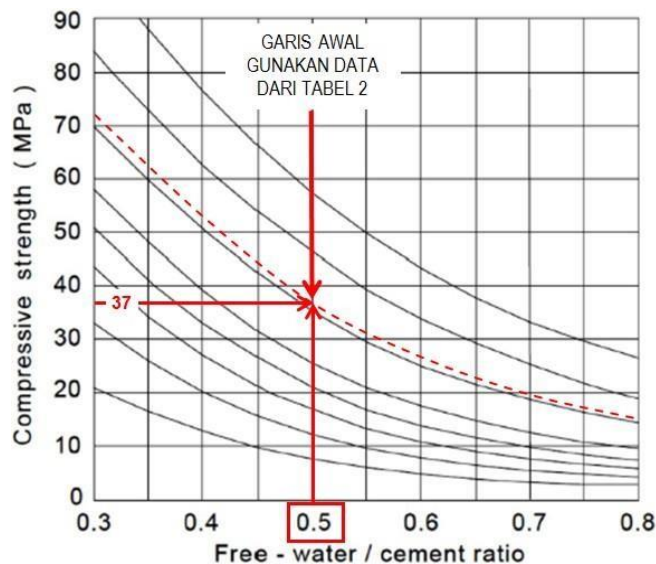
4. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen portland tipe 1.

5. Jenis agregat halus yang digunakan, pasir yang di jual di panglong medan

6. Agregat kasar yang digunakan batu pecah split dengan ukuran maksimal 40 mm

7. Penetapan faktor air semen (FAS).

Faktor air semen ditentukan dari kuat tekan rencana. Jenis semen yang dipakai yaitu tipe 1, dengan jenis agregat kasar batu pecah benda uji silinder memiliki kuat tekan 37 Mpa dan pada umur 28 hari dan FAS yang digunakan adalah 0,5. Karena kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) adalah 37 Mpa. Maka penarikan garis tidak diperlukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4: Hubungan FAS dengan Kuat Tekan (SNI 03-2834-2000)

8. Penetapan Kebutuhan Air.

Kebutuhan air dapat dilihat ditabel perkiraan kadar air bebas dibawah ini,

Tabel 4.15: Perkiraan Kadar Air Bebas

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

- Ukuran maksimum agegat kasar yang digunakan pada penelitian ini sebesar 40 mm.
- Penetapan nilai slump, nilai slump berpengaruh terhadap *workability*, pada penelitian ini nilai slump 30 – 60 mm.
- Maka diperoleh nilai :

$$\text{Batu tak pecah / alami (Wh)} = 160$$

$$\text{Batu pecah (Wk)} = 190$$

$$\text{d. Kebutuhan air} = \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \quad (4.2)$$

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

9. Penetapan jumlah semen minimum.

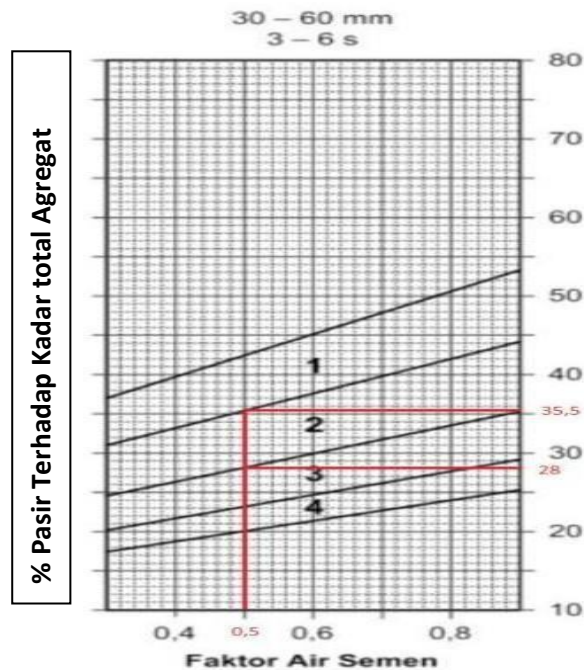
Berdasarkan tabel di bawah didapatkan jumlah semen minimum sebagai berikut:

Tabel 4.16: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Bebas

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,630
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan kering dan basah secara berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali		
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		
b. Air laut		

10. Penentuan Persentase Agregat.

- Cara menentukan persentase agregat adalah dengan menentukan batas atas dan batas bawah terlebih dahulu pada gambar 4.4 dibawah. Pertama dengan menentukan titik faktor air bebas (FAS) yaitu sebesar 0,5 berdasarkan perhitungan sebelumnya.
- Setelah perhitungan (FAS) sudah ditentukan lalu menarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan yaitu gradasi 2.
- Setelah garis faktor air semen (FAS) sudah bersinggungan dengan garis batas gradasi 2, cara selanjutnya adalah dengan menarik garis tegak lurus ke arah kanan, sehingga didapatkan batas bawah dan batas atasnya



Gambar 4.5: Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat yang digunakan pada penelitian (butir maksimum 40 mm) (SNI 03-2834-2000)

agregat yang digunakan pada penelitian (butir maksimal 40 mm) (SNI 03- 2834 – 2000)

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

Batas bawah : 28

Batas atas : 35,5

$$\text{Persentase agregat halus} : \frac{28+35,5}{2} = 32 \%$$

$$\text{Persentase agregat kasar} : 100\% - 32\% = 68\%$$

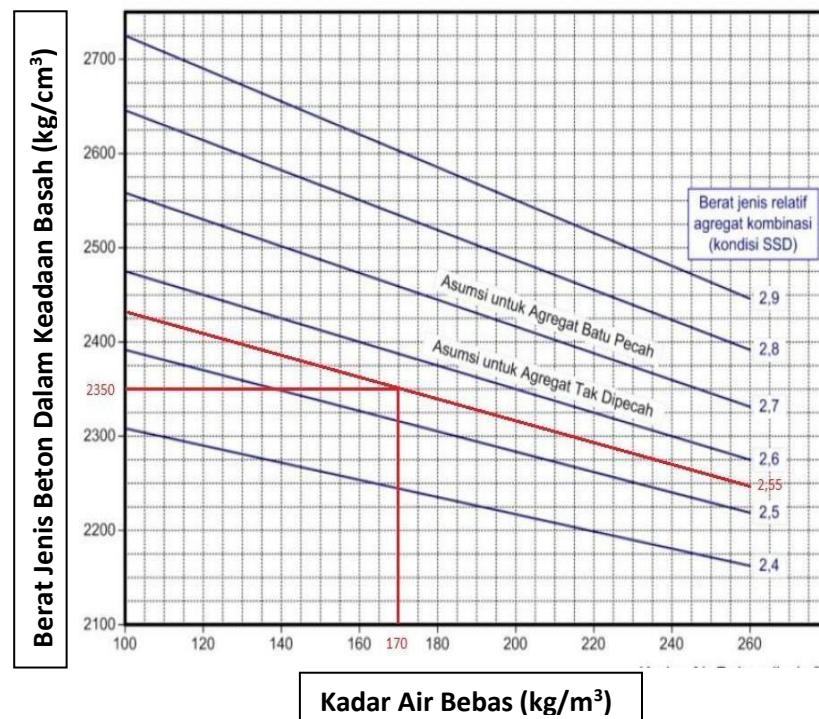
11. Berat Jenis agregat.

Berat jenis SSD pasir : 2,24

Berat jenis SSD kerikil : 2,69

$$\text{Berat jenis gabungan} : \left(\frac{32}{100} \times 2,24\right) + \left(\frac{68}{100} \times 2,69\right) = 2,55$$

12. Penetapan Berat Isi Beton.



Gambar 4.6: Penentuan Berat Isi Beton Basah (SNi 03-2834-2000)

13. Penentuan Berat Agregat Capuran.

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

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

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

14. Penentuan Berat Agregat Halus dan Agregat Kasar yang diperlukan

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

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

15. Koreksi Proporsi Campuran

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Maka proporsi terkoreksi yaitu:

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

$$\begin{aligned} \text{b. Agregat Halus} &= 5,888 + (5,43 - 5,32) \times \frac{588,8}{100} \\ &= 3467,50 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Agregat kasar} &= 1251,2 + (1,26 - 2,55) \times \frac{1251,2}{100} \\ &= 1564,88 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Rekapitulasi mix design beton dengan mutu 25 Mpa menggunakan metode SNI 03- 2834-2000 dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut

Tabel 4.17 : Rekapitulasi mix design beton mutu 25 Mpa

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana ($f'c$)	25	Mpa
2	<i>Deviasi Standart</i>	-	Mpa
No	Uraian	Nilai	Satuan
3	Nilai tambah	12	Mpa
4	Kuat tekan beton ditargetkan (fcr)	37	Mpa
5	Jenis semen	Tipe 1	-
6	Faktor air semen	0,5	-
7	Ukuran agregat maximum	40	Mm
8	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (wh)	160	-
9	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (wk)	190	-
10	Jumlah air digunakan	170	Kg/m3
11	Bj agregat halus	2,24	Gr
12	Bj agregat kasar	2,69	Gr
13	Bj butiran agregat gabungan	2,55	Kg/m3
14	Persen agregat halus	32	%
15	Presentase agregat kasar	68	%
16	Berat isi beton	2350	Kg/m3
17	Kadar agregat gabungan	1840	Kg/m3
18	Kadar agregat halus	588,8	Kg/m3
19	Kadar agregat kasar	1251,2	Kg/m3
20	Jumlah semen yang digunakan	340	Kg/m3
21	Jumlah air terkoreksi	185,49	Kg/m3

No	Uraian	Nilai	Satuan
22	Jumlah agregat halus terkoreksi	589,45	Kg/m ³
23	Jumlah agregat kasar terkoreksi	1235,06	Kg/m ³

16. Proporsi campuran

Kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus diitung dalam per m³ adukan.

$$\text{a. semen} = \frac{340}{340} = 1 \text{ Kg}$$

$$\text{b. air} = \frac{185,49}{340} = 0,5 \text{ Kg}$$

$$\text{c. pasir} = \frac{589,45}{340} = 1,73 \text{ Kg}$$

$$\text{d. batu pecah} = \frac{1235,06}{340} = 3,68 \text{ Kg}$$

4.4.2. Kebutuhan beton

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

- $$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t \\ &= \frac{1}{4} 3,14. 15^2 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} &\text{Maka semen yang dibutuhkan untuk benda silinder} \\ &= \text{Banyak semen} \times \text{Volume benda uji} \\ &= 340 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\ &= 1,802 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana terdapat campuran ST 0,5% ,ASP 0,3%,0,5% dan 0,8% dari berat semen untuk beton variasi

$$\text{Asp } 0,3\% = 0,3/100 \times 1,802 = 0,0054 \text{ kg}$$

$$\text{Asp } 0,6\% = 0,6/100 \times 1,802 = 0,0108 \text{ kg}$$

$$\text{Asp } 0,9\% = 0,9/100 \times 1,802 = 0,0162 \text{ kg}$$

- Jumlah semen yang digunakan 1 benda uji beton variasi dengan asp 0,3%,0,5% dan 0,8% Adalah
Semen untuk beton Serat tebu = 1,802 kg
Semen untuk beton variasi ASP 0,3% = $1,802 - 0,0054 = 1,796 \text{ kg}$
Semen untuk beton variasi ASP 0,6% = $1,802 - 0,0108 = 1,791 \text{ kg}$
Semen untuk beton variasi ASP 0,9% = $1,802 - 0,0162 = 1,787 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk benda uji (silinder)
= Banyak pasir x volume benda uji
= $589,45 \times 0,0053 = 3,124 \text{ kg}$
- Banyak serat tebu yang dibutuhkan untuk beton serat
= Banyak Serat tebu x Volume benda uji
= $0,5\% \times 0,0053 = 0,000265 \text{ kg}$
- Batu pecah yang digunakan untuk benda uji silinder
= Banyak batu pecah x volume benda uji
= $1235,06 \times 0,0053 = 6,545 \text{ kg}$
- Air yang dibutuhkan untuk benda uji silinder
= Banyak air x Volume benda uji
= $185,49 \times 0,0053 = 983 \text{ ml}$
- Total berat beton
Beton Normal
= Air + Agregat kasar + Agregat halus + Semen
= $983 \text{ ml} + 6,545 \text{ kg} + 3,124 \text{ kg} + 1,802 \text{ kg}$
= $12,454 \text{ kg}$
Beton serat
= Air + Agregat kasar + Agregat halus + Semen + Serat Tebu
= $983 \text{ ml} + 6,545 \text{ kg} + 3,124 \text{ kg} + 1,802 \text{ kg} + 0,000265 \text{ kg}$

$$= 12,454265 \text{ kg}$$

Beton ASPST I

$$= \text{Air} + \text{Agregat kasar} + \text{Agregat halus} + \text{Semen} + \text{ST} + \text{ASP}$$

$$= 983 \text{ ml} + 6,545 \text{ kg} + 3,124 \text{ kg} + 1,796 \text{ kg} + 0,000265 \text{ kg} + 0,0054 \text{ kg}$$

$$= 12,454265 \text{ kg}$$

Beton ASPST II

$$= \text{Air} + \text{Agregat kasar} + \text{Agregat halus} + \text{Semen} + \text{ST} + \text{ASP}$$

$$= 983 \text{ ml} + 6,545 \text{ kg} + 3,124 \text{ kg} + 1,791 \text{ kg} + 0,000265 \text{ kg} + 0,0108 \text{ kg}$$

$$= 12,454265 \text{ kg}$$

Beton ASPST III

$$= \text{Air} + \text{Agregat kasar} + \text{Agregat halus} + \text{Semen} + \text{ST} + \text{ASP}$$

$$= 983 \text{ ml} + 6,545 \text{ kg} + 3,124 \text{ kg} + 1,787 \text{ kg} + 0,000265 \text{ kg} + 0,0144 \text{ kg}$$

$$= 12,454265 \text{ kg}$$

4.5. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton

Adapun hasil dan analisa pengujian beton sebagai berikut:

4.5.1. Kuat Tekan Beton

Pada penelitaian ini, pengujian kuat tekan dilakuka pada benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 10 sampel.

a. BN A :

$$\text{Beban (P)} = 679 \text{ KN}$$

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

$$\text{Kuat Tekan (f 'c)} = \frac{679000}{17671,46}$$

$$= 38,42 \text{ Mpa}$$

b. BN B :

$$\text{Beban (P)} = 665 \text{ KN}$$

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

$$\text{Kuat Tekan (f 'c)} = \frac{665000}{17671,46}$$

$$= 37,63 \text{ Mpa}$$

Rata rata Kuat tekan beton normal

$$= \frac{38,42+37,63}{2} = 38,02 \text{ Mpa}$$

c. Beton ST A :

$$\text{Beban (P)} = 660 \text{ KN}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{660000}{17671,46} \\ &= 37,34 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

d. Beton ST B :

$$\text{Beban (P)} = 643 \text{ KN}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{643000}{17671,46} \\ &= 36,38 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Rata rata Kuat Tekan Beton ST

$$= \frac{37,34+36,38}{2} = 36,86$$

e. Beton ASPST I (ASP 0,3% dan ST 0,5%) A :

$$\text{Beban (P)} = 639 \text{ KN}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{639000}{17671,46} \\ &= 36,16 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

f. Beton ASPST I (ASP 0,3% dan ST 0,5%) B :

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 627 \text{ KN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{627000}{17671,46} \\ &= 35,48 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Rata rata beton ASPST I

$$= \frac{36,16 + 35,48}{2} = 35,90 \text{ Mpa}$$

g. Beton ASPST II (ASP 0,6% dan ST 0,5%) A :

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 617 \text{ KN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{617000}{17671,46} \\ &= 34,91 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

h. Beton ASPST II (ASP 0,6% dan ST 0,5%) B :

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 631 \text{ KN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{631000}{17671,46} \\ &= 35,70 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Rata rata beton ASPST II

$$= \frac{34,91 + 35,70}{2} = 35,30 \text{ Mpa}$$

i. Beton ASPST III (ASP 0,9% dan ST 0,5%) A:

$$\begin{aligned}\text{Beban (P)} &= 611 \text{ KN} \\ \text{Luas Silinder (A)} &= 17671,46 \text{ mm}^2 \\ \text{Kuat Tekan (f 'c)} &= \frac{611000}{17671,46} \\ &= 34,57 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

j. Beton ASPST III (ASP 0,9% dan ST 0,5%) B

Beban (P) = 586 KN

Luas Silinder (A) = 17671,46 mm²

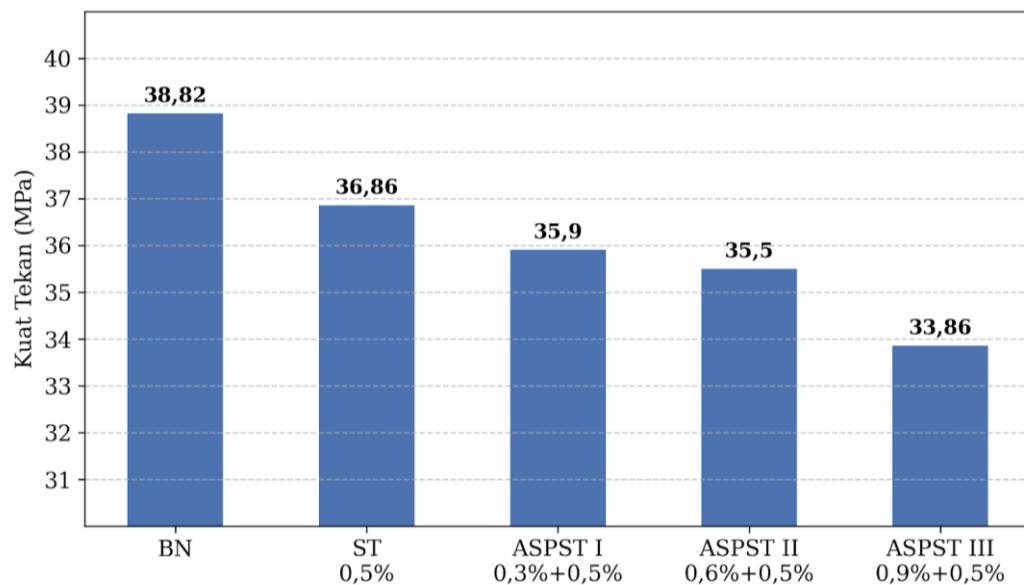
Kuat Tekan (f 'c) = $\frac{586000}{17671,46}$
= 33,16

Rata rata Beton ASPSTIII

= $\frac{34,57+33,16}{2}$ = 33,86Mpa

Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Tekan

no	Kode	Luas Permukaan (mm2)	Kuat tekan (Mpa)
1	BN	17671,46	38,02
2	ST	17671,46	36,86
3	ASPST I	17671,46	35,90
4	ASPST II	17671,46	35,50
5	ASPST III	17671,46	33,86



Gambar 4.7 Grafik kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dari lima variasi campuran dengan luas permukaan sampel yang seragam sebesar 17.671,46 mm². Berdasarkan grafik dan tabel tersebut, terlihat adanya tren penurunan kuat tekan yang konsisten seiring dengan penambahan atau perubahan variasi campuran, di mana kuat tekan tertinggi dicapai oleh BN (Beton Normal) sebesar 38,02 MPa (tercatat 38,82 MPa pada grafik), kemudian menurun berturut-turut pada variasi ST (36,86 MPa), ASPST I (35,90 MPa), ASPST II (35,50 MPa), hingga mencapai nilai terendah pada ASPST III sebesar 33,86 MPa. Dengan demikian, variasi beton campuran yang paling kuat adalah ST / serat tebu.

4.5.2. Hasil pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas menggunakan metode ASTM C – 469, pengujian modulus elastisitas beton menggunakan alat kuat tekan beton dan dial gauge (alat uji modulus elastisitas beton). Pengujian dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari pada beton normal dan beton dengan tambah ASP 0,3%;0,6% dan 0,9%.

Rumus yang digunakan untuk menghitung modulus elastisitas beton sebagai berikut:

$$E_c = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0,000050)} \quad (4.7)$$

Dimana:

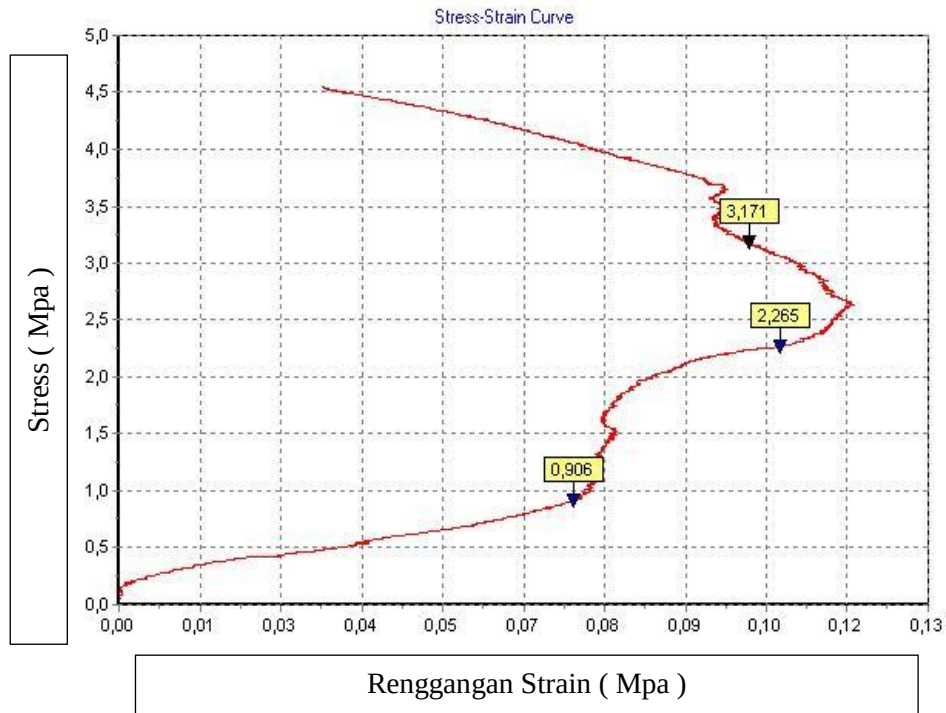
E_c = Modulus Elastisitas

S_2 = Tegangan pada saat 40% dari tegangan batas (MPa)

S_1 = Tegangan pada saat regangan 0,00005

E_2 = Modulus Elastisitas Pada Beton Normal

1. Modulus Elastisitas Beton Normal



Gambar 4.8: Grafik Stress Strain Beton Normal

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

$$e_1 \text{ (Regangan awal standar)} = 0,000050$$

$$S_1 \text{ (Tegangan saat } e_1) = 2,834 \text{ MPa}$$

$$e_2 \text{ (Regangan saat } 40\% f_c') = 0,000600$$

$$S_2 \text{ (Tegangan saat } e_2) = 6,88 \text{ MPa}$$

$$\text{Selisih Tegangan} = 2,265 \text{ MPa}$$

Maka :

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

$$E_c = \frac{(6,88 - 2,83)}{(0,0006 - 0,000050)}$$

$$E_c = 7363,63 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan grafik hubungan tegangan-regangan (*stress-strain*) yang telah disinkronkan, perhitungan modulus elastisitas (E_c) dilakukan dengan menggunakan parameter tegangan S_2 sebesar 6,88 MPa (pada regangan $e_2 = 0,000600$) dan tegangan S_1 sebesar 2,834 MPa (pada regangan $e_1 = 0,000050$), sehingga menghasilkan selisih tegangan sebesar 2,265 MPa. Melalui pembagian selisih tegangan tersebut dengan selisih regangan sesuai standar ASTM C469, diperoleh nilai modulus elastisitas sebesar 7363,63 Mpa. Nilai ini menunjukkan tingkat kekakuan beton yang realistis dan representatif terhadap kemampuan material dalam menahan deformasi elastis

2. Modulus Elastisitas Pada Beton Serat Tebu



Gambar 4.9 Grafik Stress Strain Beton Serat tebu

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

$$e_1 \text{ (Regangan awal standar)} = 0,000050$$

$$S_1 \text{ (Tegangan saat } e_1) = 2,830 \text{ MPa}$$

$$e_2 \text{ (Regangan saat } 40\% f_c') = 0,000400$$

$$S_2 \text{ (Tegangan saat } e_2) = 6,832 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih Tegangan } (S_2 - S_1) &= 6,832 - 2,830 \\ &= 4,002 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Maka :

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

$$E_c = \frac{(6,832 - 2,830)}{(0,000400 - 0,000050)}$$

$$E_c = 11.438,28 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan grafik hubungan tegangan-regangan (*stress-strain*) yang telah disinkronkan, perhitungan modulus elastisitas (E_c) dilakukan dengan menggunakan parameter tegangan S_2 sebesar 6,832 MPa (pada regangan $\epsilon_2 = 0,000400$) dan tegangan S_1 sebesar 2,830 MPa (pada regangan $\epsilon_1 = 0,000050$), sehingga menghasilkan selisih tegangan ($S_2 - S_1$) sebesar 4,002 MPa. Melalui pembagian selisih tegangan tersebut dengan selisih regangan sesuai standar ASTM C469, diperoleh nilai modulus elastisitas sebesar 11.438,28 MPa.

3. Modulus Elastisitas Pada Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu I



Gambar 4.10 Grafik Stress Strain Beton ASPST I

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

Dimana:

$$\begin{aligned} S_2 &= 40\% \times 17,551 \\ &= 7,020 \end{aligned}$$

$$S_1 = 2,839$$

$$\epsilon_2 = 0.00037$$

Maka :

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

$$E_c = \frac{(7,020 - 2,839)}{(0,00037 - 0,000050)}$$

$$E_c = 12886,93 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan Gambar 4.10, hubungan antara tegangan (stress) dan regangan (strain) pada pengujian beton Abu Sekam Padi Serat Tebu I (ASPST I) dapat dilihat melalui grafik stress-strain. Grafik tersebut menunjukkan pola peningkatan tegangan seiring dengan bertambahnya regangan yang dialami oleh benda uji selama pembebanan berlangsung. Dengan demikian, nilai modulus elastisitas yang didapatkan untuk sampel Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu I (ASPST I) adalah sebesar 12.886,93 MPa.

4. Modulus Elastisitas Pada Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu II



Gambar 4.11 Grafik Stress Strain Beton ASPST II

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

Dimana:

$$\begin{aligned} S_2 &= 40\% \times 17,965 \\ &= 7,186 \end{aligned}$$

$$S_1 = 2,832$$

$$\epsilon_2 = 0,00017$$

Maka :

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

$$E_c = \frac{(7,186 - 2,832)}{(0,00017 - 0,000050)}$$

$$E_c = 35534,51 \text{ Mpa}$$

Grafik *stress-strain* menampilkan hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada sampel Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu II (ASPST II). Grafik ini menggambarkan respon mekanis material beton selama proses pemberian beban hingga mencapai tingkat tegangan tertentu. Berdasarkan hasil analisis dan kalkulasi tersebut, didapatkan nilai Modulus Elastisitas untuk sampel Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu II (ASPST II) sebesar 35.534,51 MPa.

5. Modulus Elastisitas Pada Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu III



Gambar 4.11 Grafik Stress Strain Beton ASPSTIII

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

Dimana:

$$\begin{aligned} S_2 &= 40\% \times 13,10214 \\ &= 5,240 \end{aligned}$$

$$S_1 = 2,830$$

$$\epsilon_2 = 0.000129$$

Maka :

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

$$E_c = \frac{(5,240 - 2,839)}{(0,000129 - 0,000050)}$$

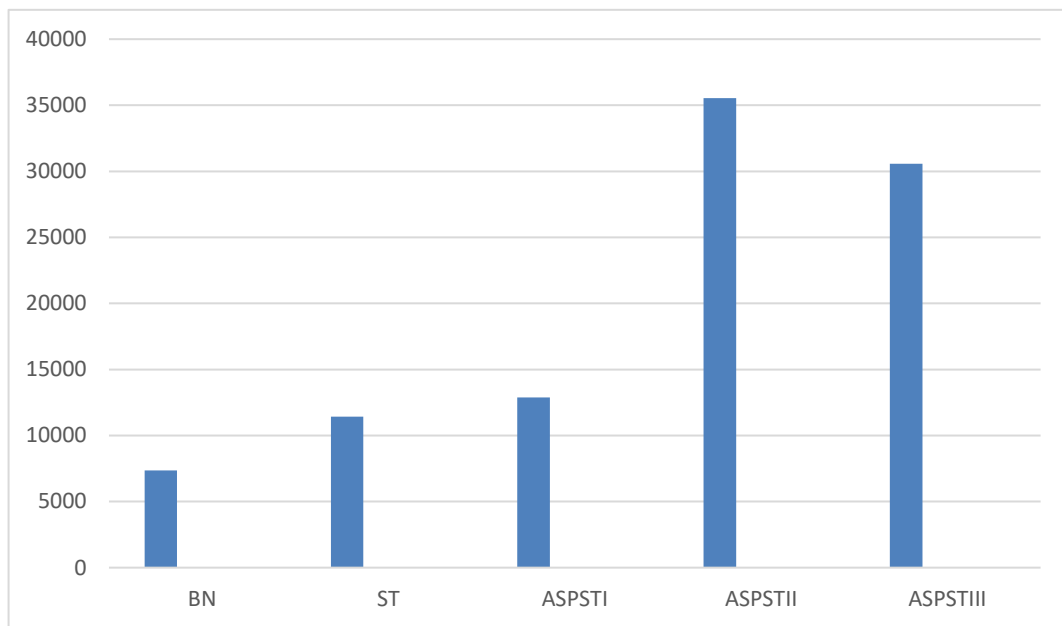
$$E_c = 30570,98 \text{ Mpa}$$

Grafik *stress-strain* menampilkan hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada sampel Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu III (ASPST III). Grafik ini menunjukkan kurva perubahan tegangan terhadap peningkatan regangan selama benda uji menerima pembebanan hingga mencapai kapasitas maksimumnya. Berdasarkan hasil kalkulasi tersebut, diperoleh nilai Modulus Elastisitas untuk sampel Beton Abu Sekam Padi Serat Tebu III (ASPST III) sebesar 30.570,98 MPa.

Dari hasil pengujian modulus elastisitas yang dilakukan di laboratorium Universitas Utara, maka diperoleh hasil pengujian pada setiap benda uji yang dapat dilihat pada tabel – berikut

Tabel 19 nilai hasil pengujian modulus elastisitas beton.

Sampel	Nilai Modulus Elastisitas Beton (Mpa)
Beton normal	7363,63
Beton Serat Tebu 0,5%	11434,28
Beton Variasi 0,3% ASP + 0,5% ST	12886,93
Beton Variasi 0,6% ASP + 0,5% ST	35534,51
Beton Variasi 0,9% ASP + 0,5% ST	30570,98



Dari hasil pengujian modulus elastisitas pada tabel 4.18, terjadi kenaikan tertinggi pada beton variasi 0,6% ASP + 0,5% ST dengan nilai modulus sebesar 35534,51 Mpa dan nilai modulus terendah pada beton variasi 0,3%ASP + 0,5%ST dengan hasil 12886,28 Mpa. Hasil perbandingan dan presentase perubahan modulus elastisitas beton variasi terhadap beton normal dapat dilihat sebagai berikut:

a. Beton variasi 0,3%ASP+0,5%ST

$$\begin{aligned} \text{Perubahan nilai modulus elastisitas beton} &= 12886,96 - 7363,63 \\ &= 5523,33 \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan modulus elastisitas beton} = \frac{12886,96}{7363,63} = 1,75$$

$$\begin{aligned} \text{Peresentase perubahan modulus elastisitas beton} &= \frac{5523,33}{7363,63} \times 100 \\ &= 75\% \end{aligned}$$

b. Beton variasi 0,6%ASP+0,5%ST

$$\begin{aligned} \text{Perubahan nilai modulus elastisitas beton} &= 35534,51 - 7363,63 \\ &= 28170,88 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan modulus elastisitas beton} = \frac{35534,51}{7363,63} = 4,82$$

$$\begin{aligned}\text{Peresentase perubahan modulus elastisitas beton} &= \frac{28170,88}{7363,63} \times 100 \\ &= 382,56\%\end{aligned}$$

c. Beton variasi 0,9%ASP+0,5%ST

$$\begin{aligned}\text{Perubahan nilai modulus elastisitas beton} &= 30570,98 - 7363,63 \\ &= 23207,35 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan modulus elastisitas beton} = \frac{23207,35}{7363,63} = 3,15$$

$$\begin{aligned}\text{Peresentase perubahan modulus elastisitas beton} &= \frac{23207,35}{7363,63} \times 100 \\ &= 315,16\%\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan presentase perubahan modulus elastisitas beton diperoleh nilai peningkatan. pada beton variasi 0,3% ASP + 0,5% ST terjadi peningkatan sebesar 75% dari beton normal. Pada beton variasi 0,6% ASP + 0,5% ST terjadi peningkatan sebesar 382,56% dari beton normal. Sedangkan pada beton variasi 0,9%ASP + 0,5%ST terjadi peningkatan sebesar 315,16% dari beton normal maka dari itu dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi dan serat tebu dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas pada beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian penambahan abu sekam padi pada beton berserat tebu terhadap modulus elastisitas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) dan Serat Tebu (ST) pada campuran beton dapat berpengaruh pada nilai kuat modulus elastisitas. Dimana pada penelitian ini menggunakan variasi 0,3% , 0,6% , 0,9% ASP; dengan tambahan 0,5% ST mengalami kenaikan dan penurunan nilai modulus elastisitas pada beton dengan nilai ASPST I = 12886,93 Mpa; ASPST II = 35534,51 Mpa; ASPST III = 30570,98 Mpa;
2. Berdasarkan pengujian diketahui perbandingan modulus elastisitas beton antara beton normal dan beton variasi abu sekam padi dan serat tebu dengan nilai ST = 1,55 x beton normal, ASPST I = 1,75 x beton normal, ASPST II = 4,82 x beton normal, ASPST III = 4,15 x beton normal.
3. Penambahan abu sekam padi dan serat tebu dapat memberikan kontribusi yang positif terhadap beton dimana dengan penambahan tersebut dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas beton.

5.2. Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi abu sekam padi dan serat tebu pada campuran beton untuk meningkatkan ketahanan beton agar memperoleh hasil yang lebih beragam.

2. Perlu dilakukan penambahan jumlah variasi pada serat tebu untuk menghasilkan data yang lebih bervariasi.
3. Perlu dilakukan penelitian menggunakan serat alami lainnya untuk mengetahui perbandingan nilai modulus beton yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, M. D. (2022). *Karakterisasi silikon dioksida amorf terhidrasi dari cangkang laut dan potensi pemanfaatannya* [Skripsi/Tesis tidak dipublikasikan].
- American Concrete Institute (ACI). (n.d.). *State-of-the-art report on high-strength concrete* (ACI 363R-92).
- Andriansyah, T., & Kurnia, F. (2023). Pengaruh penambahan ampas serat tebu terhadap modulus elastisitas beton mutu 25 MPa. *Jurnal Teknik Sipil*, (S.I.).
- Arizki, M., et al. (2015). Pengaruh persentase pori terhadap kuat tekan mortar beton. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 11(2).
- Asroni, A. (2010). *Balok dan pelat beton bertulang*. Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1993). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal* (SNI 03-2834-1993).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal* (SNI 03-2834-2000).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung* (SNI 03-2847-2002).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2012). *Metode pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa* (SNI 7656:2012).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2018). *Semen Portland Pozolan* (SNI 15-0302-2004/Amandemen 1:2018 / SNI 0013-18).
- Fas, J. A., et al. (2014). Studi komparasi penggunaan semen portland pozolan (PPC) dan portland composite cement (PCC) terhadap kuat tekan beton umur 28 hari. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1).
- Hannant, D. J. (1978). *Fibre cements and fibre concretes*. John Wiley & Sons.
- Hunggurami, E., et al. (2017). Analisis karakteristik agregat kasar dan agregat halus asal Kupang berdasarkan spesifikasi standar nasional Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1).
- Ikhsan, M., dkk. (2016). Pengaruh penambahan serat nilon pada karakteristik beton ringan teknologi foam. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 12(2), 115-124.
- Kemalasari, M., & Wijayanti, A. (2008). Analisis karakteristik kimiawi semen portland tipe I, II, III, IV, dan V di Indonesia. *Media Teknik Sipil*, 8(2).

- Koidah, S., & Setiawan, A. (2022). Studi literatur persyaratan agregat kasar untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi berdasarkan SK SNI S04-1989-F. *Jurnal Konstruksi*, 10(1).
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Molina-Román, P. (2025). Analysis of the influence of sugarcane bagasse fibers in the natural state on the mechanical properties of concrete. *Journal of Natural Fibers*, 22(1), 2451407. <https://doi.org/10.1080/15440478.2025.2451407>
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi beton*. Penerbit Andi.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi beton (Edisi 2)*. Penerbit Andi.
- Neville, A. M. (1975). *Properties of concrete* (2nd ed.). Pitman Publishing.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1987). *Concrete technology*. Longman Scientific & Technical.
- Pade, Y., dkk. (2013). Analisis perbandingan rumus modulus elastisitas beton normal menurut beberapa standar internasional. *Jurnal Sipil Statik*, 1(4).
- Purwati, A., & As'ad, S. (2013). Pengaruh gradasi dan ukuran maksimum agregat halus terhadap modulus elastisitas beton. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(2).
- Purwati, A., As'ad, S., & Sunarmasto. (2024). Efek variasi ukuran agregat terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton mutu tinggi Grade 80. *Jurnal Infrastruktur dan Teknik Sipil*, 12(1).
- Raharja, S. (2013). *Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton*. Universitas Sebelas Maret.
- Saepudin, A., et al. (2022). Analisis durabilitas dan ketahanan kimia beton akibat paparan sulfat lingkungan ekstrem. *Jurnal Teknologi Bahan Konstruksi*, 8(2).
- Salain, I. M. A., & Widiarsa, I. B. R. (2006). Karakteristik mekanis beton dengan menggunakan semen portland pozzolan (PPC). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(2).
- Samekto, W., & Rahmadiyanto, C. (2001). *Teknologi beton*. Penerbit Kanisius.
- Sari, N. P., & Yasri, D. (2023). Pengaruh penyerapan dan penambahan kadar air terhadap penurunan nilai modulus elastisitas beton. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur*, 11(1).
- Tata, A., dkk. (2021). Optimalisasi ukuran partikel abu sekam padi (silika reaktif) lolos saringan no. 200 terhadap peningkatan kuat tekan beton. *Jurnal Material*

Konstruksi, 5(3).

Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.

Wang, X., et al. (2015). Effect of coarse aggregate type on the compressive strength and elastic modulus of concrete. *Construction and Building Materials*, 84, 442-448.

LAMPIRAN



Gambar L.1: Abu Sekam Padi



Gambar L.2 : Pengujian Berat Jenis



Gambar L.3 : Pengujian Analisa saringan



Gambar L.4 : Adukan beton segar



Gambar L.5 : Pengujian Berat isi agregat



Gambar L.6 : Penimbangan Agregat



Gambar L.7 : Pengujian Kuat tekan



Gambar L.8 : Pemasangan Capping



Gambar L.9 : Semen



Gambar L.10: Wadah



Gambar L.11: Timbangan



Gambar L.12: Piknometer



Gambar L.13: Serat Tebu



Gambar L.14: Cetakan Beton



Gambar L.15: Sekop



Gambar L.16: Pelastik



Gambar L.17: Terpal



Gambar L.18: Saringan



Gambar L.19: Alat Slump Test



Gambar L.20: Bak Perendaman



Gambar L.21: Mix



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Tuahta putra perdana s.milala
Tempat, Tanggal Lahir : Berastagi, 15 Agustus 2001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Berastagi, jalan udara gang pertanian perumahan baru no 8
Nomor Hp : +62 813 7050 3039
Nama Ayah : Herwin sembiring milala
Nama Ibu : Sarni ginting
E-mail : putratuahta6@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM : 1907210175
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar : SDN 047160 Berastagi 2007-2013
Sekolah Menengah Pertama : SMP swasta bersama 2013-2016
Sekolah Menengah Atas : SMA negeri 1 berastagi 2016-2019