

TUGAS AKHIR
ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON MENGGUNAKAN
CAMPURAN ABU SEKAM PADI DAN KAPUR SEBAGAI BAHAN
PENGGANTI SEMEN

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

Disusun Oleh:

VICKY TUAH ANANDA
1807210012



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Vicky Tuah Ananda

NPM : 1807210012

Program Studi : Teknik Sipil

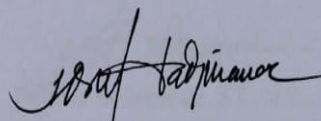
Judul Skripsi : Analisis Modulus Elastisitas Beton Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Dan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Semen.
(Studi Penelitian)

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 16 September 2022

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Vicky Tuah Ananda

NPM : 1807210012

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Modulus Elastisitas Beton Menggunakan
Campuran Abu Sekam Padi Dan Kapur Sebagai Bahan
Pengganti Semen.
(Studi Penelitian)

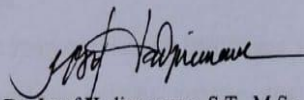
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 16 September 2022

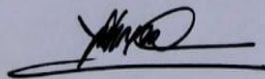
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



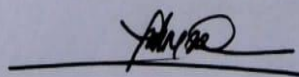
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

Dosen Pembanding II



Sri Prafanti S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Vicky Tuah Ananda
Tempat, Tanggal Lahir : Kutacane, 19 September 2000
NPM : 1807210012
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Modulus Elastisitas Beton Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Dan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Semen”. Bukan merupakan plagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 September 2022

yang menyatakan,



Vicky Tuah Ananda

ABSTRAK

ANALISIS MODULUS ELASTISITAS BETON MENGGUNAKAN CAMPURAN ABU SEKAM PADI DAN KAPUR SEBAGAI BAHAN PENGANTI SEMEN

Vicky Tuah Ananda

1807210012

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

Seperti yang kita ketahui bahwa beton sangat lemah dalam kuat tarik tidak hanya kuat tarik saja yang menjadi permasalahan, tetapi nilai modulus elastisitas juga sangat mempengaruhi dalam kekuatan beton itu sendiri, dalam penelitian ini abu sekam padi dan kapur digunakan sebagai bahan pengganti keseluruhan dalam adukan beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara 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 kapur sebagai bahan pengganti campuran beton direncanakan dengan tiga variasi yaitu 50%, 30%, dan 20% untuk abu sekam padi dan 50%, 70%, 80% untuk kapur, menggunakan factor air semen sebesar 0.45. Jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 18 buah benda uji untuk pengujian modulus elastisitas dan kuat tekan. Dari hasil pengujian modulus elastisitas beton, nilai maksimum di dapatkan pada campuran variasi abu sekam padi 50% + kapur 50% sebesar 5340 MPa dengan kuat tekan maksimum di dapatkan pada campuran variasi abu sekam padi 50% + kapur 50% pada FAS 0.45 sebesar 2.35 MPa, namun nilai yang dihasilkan masih dibawah beton normal.

Kata Kunci: Beton normal, kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, abu sekam padi.

ABSTRACT

MODULUS ANALYSIS OF CONCRETE ELASTICITY USING A MIXTURE OF RICE HUSK ASH AND LIME AS A CEMENT SUBSTITUTE MATERIAL

Vicky Tuah Ananda

1807210012

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

As we know that concrete is very weak in tensile strength, not only tensile strength is the problem, but the value of the modulus of elasticity also greatly affects the strength of the concrete itself, in this study rice husk ash and lime were used as a substitute for the whole in the concrete mix. This study uses an experimental method in the laboratory of the University of Muhammadiyah North Sumatra by making cylindrical specimens measuring 15 cm in diameter and 30 cm in height. after going through the treatment phase for 28 days. Variations in the addition of rice husk ash and lime as a substitute for concrete mixtures are planned with three variations, namely 50%, 30%, and 20% for rice husk ash and 50%, 70%, 80% for lime, using a water-cement factor of 0.45. The number of specimens made was 18 specimens for testing the modulus of elasticity and compressive strength. From the results of testing the modulus of elasticity of concrete, the maximum value is obtained in a mixture of 50% rice husk ash + 50% lime variation of 5340 MPa with the maximum compressive strength obtained in a 50% rice husk ash + 50% lime variation mixture at 0.45 FAS of 2.35 MPa. , but the resulting value is still below normal concrete.

Keywords: Normal concrete, compressive strength of concrete, modulus of elasticity of concrete, rice husk ash.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisi Modulus Elastisitas Beton Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Semen”.

Dimana Tugas Akhir adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilakukan oleh Mahasiswa/i Teknik Sipil dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Beton, Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir penulis.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing I sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
3. Ibu Sri Farfanti S.T., M.T, selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibuk Rizki Efrida S.T., M.T, selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilann kepada penulis.

7. Kedua orang tua, ayahanda tercinta Awaludin, S.H, dan ibunda tersayang Ratna Waty yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang banyak membantu penulis untuk melengkapi administrasi selama penulisan Tugas Akhir ini.
9. Terimakasih penulis berikan kepada diri sendiri yang mampu melewati segala rintangan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini. Kamu hebat dan kuat.
10. Keluarga besar Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara (IMMFATEK) yang memberikan motivasi, dukungan, dan menciptakan memori yang tak terlupakan semasa kuliah.
11. Terimakasih Namira Rahmadhani yang telah memberikan semangat, saran, dan solusi selama penulisan Tugas Akhir ini.
12. Rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara Stambuk 2018.
13. Sahabat-sahabat penulis: Nabeela Hanifa Andana, S.Tr.T., Meilani Haida Putri, Julaikha Sella, Dian Antoni, Azzura mawaddah.

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

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, September 2022
Penulis

Vicky Tuah Ananda

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton	5
2.1.1 Workabilitas Beton	6
2.1.2 Modulus Elastisitas Beton	7
2.2 Bahan Dasar Pembuatan Beton	8
2.2.1 Agregat	8
2.2.2 Semen	9
2.2.3 Agregat Halus	9
2.2.4 Agregat Kasar	13
2.2.5 Air	14
2.3 Abu Sekam Padi (ASP)	14
2.4 Kapur (Ca)	15
2.5 Modulus Elastisitas	16

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1	Metodelogi Penelitian	18
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	21
3.3	Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	21
3.3.1	Data Primer	21
3.3.2	Data Skunder	22
3.4	Alat dan Bahan	22
3.4.1	Alat	24
3.4.2	Bahan	23
3.5	Desain Benda Uji	25
3.6	Langkah-langkah Pemeriksaan Agregat	25
3.6.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	25
3.6.2	Analisa Gradasi Agregat	26
3.6.3	Kadar Lumpur Agregat	26
3.6.4	Berat Isi Agregat	27
3.6.7	Kadar Air Agregat	27
3.7	Abu Sekam Padi	28
3.8	Kapur	28
3.9	Mix Design	28
3.10	Pembuatan Benda Uji	28
3.11	Pemeriksaan Slump Test	30
3.12	Perawatan (Curing) Pada Benda Uji	31
3.13	Pengujian Kuat Tekan Beton	32
3.14	Pengujian Modulus Elastisitas	33

BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1	Hasil Pemeriksaan Campuran Beton	34
4.2	Pemeriksaan Agregat Halus	35
4.2.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	35
4.2.2	Analisa Gradasi Agregat Halus	36
4.2.3	Kadar Lumpur Agregat Halus	38
4.2.4	Berat Isi Agregat Halus	38
4.2.5	Kadar Air Agregat Halus	39

4.3	Pemeriksaan Agregat Kasar	39
4.3.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	39
4.3.2	Analisa Gradasi Agregat Kasar	41
4.3.3	Kadar Lumpur Agregat Kasar	42
4.3.4	Berat Isi Agregat Kasar	42
4.3.5	Kadar Air Agregat Kasar	43
4.4	Perencanaan Campuran dan Kebutuhan Bahan Beton	43
4.4.1	Mix Disgn Beton Normal Mutu Sedang	43
4.5	Kebutuhan Bahan	51
4.6	Pengujian Slump Test (Slump Rencana 30 – 60 mm)	54
4.7	Hasil Dan Analisa Penyerapan Air Pada Beton	55
4.8	Pengujian Kuat Tekan Beton	58
4.9	Pengujian Modulus Elastisitas	59

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batas gradasi pasir kasar No.1	10
Gambar 2.2 Batas gradasi pasir sedang No.2	10
Gambar 2.3 Batas gradasi pasir agak halus No.3	11
Gambar 2.4 Batas gradasi pasir halus No.4	11
Gambar 2.5 Batas gradasi agregat	12
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	21
Gambar 3.2 Pembuatan benda uji	30
Gambar 3.3 Pengujian <i>slumpflow</i>	31
Gambar 3.4 Perawatan beton	32
Gambar 3.5 Pengujian kuat tekan	33
Gambar 3.6 Pengujian modulus elastisitas	33
Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat halus (Zona 2)	37
Gambar 4.2 Grafik gradasi agregat kasar	41
Gambar 4.3 Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm	46
Gambar 4.4 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,45	48
Gambar 4.5 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38	49
Gambar 4.6 Grafik Slump Test	55
Gambar 4.7 Grafik perbandingan penyrapan air	57
Gambar 4.8 Grafik kuat tekan beton campuran	58
Gambar 4.9 Grafik modulus elastisitas beton campuran kapur dan ASP	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas gradasi agregat halus	10
Tabel 2.2	Batas gradasi agregat kasar	12
Tabel 2.3	Komposisi kimia abu sekam padi	15
Tabel 2.4	Komposisi kimia kapur	15
Tabel 3.1	Jumlah benda uji untuk campuran abu sekam padi dan kapur	27
Tabel 4.1	Data-data hasil pemeriksaan dasar	34
Tabel 4.2	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	35
Tabel 4.3	Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2	36
Tabel 4.4	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	38
Tabel 4.5	Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan	38
Tabel 4.6	Hasil pengujian kadar air agregat halus	39
Tabel 4.7	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	39
Tabel 4.8	Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm	41
Tabel 4.9	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	42
Tabel 4.10	Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara pengoyang	42
Tabel 4.11	Hasil pengujian kadar air agregat kasar	43
Tabel 4.12	Data-data pengetesan dasar	44
Tabel 4.13	Perencanaan Campuran Beton	44
Tabel 4.14	Banyaknya kapur yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder	53
Tabel 4.15	Banyaknya ASP yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder	53
Tabel 4.16	Variasi penambahan kapur dan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen keseluruhan	53
Tabel 4.17	Nilai <i>slump Test Test</i> beton campuran kapur dan ASP	54
Tabel 4.18	Hasil pengujian penyerapan beton normal	55
Tabel 4.19	Hasil pengujian penyerapan beton pada beton campuran ASP 50% dan Ca 50%	56
Tabel 4.20	Hasil pengujian penyerapan beton pada beton campuran ASP 30% dan Ca 70%	56
Tabel 4.21	Hasil pengujian penyerapan beton pada beton campuran ASP 20% dan Ca 80%	57

Tabel 4.22 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton	58
Tabel 4.23 Modulus elastisitas beton menggunakan excel	59

DAFTAR NOTASI

f_c	= Kuat tekan beton (MPa)
P	= Beban maksimum (N)
A	= Luas penampang beton tertekan (mm^2)
PL	= Passing Ability ratio beton segar
PF	= Faktor kerapatan
w/c	= Faktor air semen rencana
H_1	= Tinggi rata rata beton segar pada bagian ujung boks horizontal (mm)
H_2	= Tinggi rata-rata beton segar pada bagian boks vertical (mm)
A	= Luas penampang benda uji (mm^2)
W_g	= Jumlah agregat kasar (kg/m^3)
W_{gt}	= Berat isi agregat kasar (kg/m^3)
W_s	= Jumlah agregat halus (kg/m^3)
W_{sl}	= Berat isi agregat halus (kg/m^3)
C	= Jumlah semen (kg/m^3)
W_f	= Jumlah fly ash dibutuhkan (kg/m^3)
W_{wc}	= Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen (kg/m^3)
W_{sp}	= Jumlah superplasticizer (kg/m^3)
$n\%$	= Dosis superplasticizer yang digunakan (%)
a/s	= Perbandingan agregat kasar dan agregat halus (%)
$A\%$	= Persentase fly ash yang digunakan (%)
E_c	= Modulus elastisitas (MPa)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya ilmu dan teknologi sangat diperlukan untuk mendukung perkembangan infrastruktur dalam teknik sipil, termasuk inovasi teknologi pada beton. Dalam pengembangan infrastruktur pada bidang pekerjaan yang berhubungan dengan konstruksi dibutuhkan suatu pengalaman pekerjaan lapangan. Terutama sumber daya manusia itu sendiri sangat dituntut untuk tidak hanya mampu dalam ruang lingkup perkuliahan tapi juga mampu dilapangan (Sandya, 2019).

Beton merupakan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Beton merupakan campuran dari material pembentuk beton yang terdiri dari agregat kasar (krikil), agregat halus (pasir), dan semen serta air sebagai katalis untuk mereaksikan campuran tersebut. Beton pada dasarnya memiliki keunggulan-keunggulan diantaranya memiliki modulus elastisitas yang tinggi, perawatan dan pembentukan yang mudah serta mudah mendapatkan bahan penyusunannya (Melinda, 2020).

Dalam penelitian ini abu sekam padi (ASP) dan kapur (Ca) digunakan sebagai pengganti semen. Pemanfaatan limbah abu sekam padi dan kapur sebagai pengganti semen diharapkan dapat menghasilkan kuat tekan beton yang mencukupi persyaratan, sejauh ini sebagian limbah abu sekam padi telah dimanfaatkan oleh banyak masyarakat tapi belum secara maksimal, karena terbilang belum maksimal pemanfaatan limbah abu sekam padi tersebut dengan ini peneliti ingin menggunakan limbah abu sekam padi sebagai bahan tambahan atau bahan pengganti yang mampu memberikan kontribusi kekuatan pada beton. Selain itu, penggunaan bahan tambah kapur akan membantu meningkatkan kekuatan beton sampai dengan 20%, sehingga meningkatkan pencegahan keretakan pada beton dan pelapukan dini (Tobing, 2018).

Penggunaan semen untuk campuran beton merupakan salah satu unsur utama untuk pembuatan beton dan bila sewaktu-waktu semen dapat habis, oleh karena itu diperlukan alternatif lain sebagai bahan pengganti semen. Salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui adalah abu sekam padi (Heldita, 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian yang telah disampaikan maka dapat ditentukan rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *ASP* dan *Ca* sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *ASP* dan *Ca* sebagai bahan pengganti semen terhadap modulus elastisitas beton?
3. Bagaimana hasil perbandingan beton normal dan beton menggunakan campuran abu sekam padi dan kapur sebagai bahan pengganti semen?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah dilakukan bertujuan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar penelitian ini lebih terarah dimana hanya menitik beratkan pembahasan sesuai dengan batasan yang telah ditentukan. Batasan-batasan dalam pembahasan masalah ini adalah :

1. Pengujian Beton dilakukan untuk mengetahui kualitas beton yang bagus. Standard nasional Indonesia (SNI 1974:2011).
2. Melakukan pengujian modulus elastisitas beton normal dan beton campuran abu sekam padi dan kapur, pada umur setelah peredaman 28 hari.
3. Pengujian ini menggunakan cetakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Bahan pembuatan beton : Dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
5. Bahan pembuatan beton : *Rice Husk Ash*, agregat halus dari tanjung merawa, agregat kasar dan air digunakan dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

6. Pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
7. Penelitian ini menggunakan alat-alat yang telah tersedia di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton dengan menggunakan campuran abu sekam padi dan kapur sebagai bahan pengganti semen.
2. Untuk mengetahui peningkatan modulus elastisitas beton dengan menggunakan campuran abu sekam padi dan kapur sebagai bahan pengganti semen.
3. Untuk membandingkan beton normal dan beton menggunakan campuran abu sekam padi dan kapur.

1.5 Manfaat Penelitian

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

Adapun beberapa manfaat khusus dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Abu sekam padi dan Kapur dapat menjadi salah satu bahan alternatif untuk mengurangi penggunaan semen.
2. Penambahan abu sekam padi dan kapur sebagai bahan pengganti semen diharapkan dapat menjadi bahan pengganti semen yang bisa meningkatkan nilai modulus elastisitas pada beton.
3. Dengan penelitian yang maksimum diharapkan bahan tambah tersebut dapat dijadikan bahan tambah komponen beton yang berkualitas baik dan ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam lima bab. Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut :

1. BAB 1 Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

2. BAB 2 Tinjauan Pustaka

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

3. BAB 3 Metode Penelitian

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

4. BAB 4 Analisa Data dan Pembahasan

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah.

5. BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

6. Daftar Pustaka.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Menurut SNI 03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk suatu massa padat. Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah: kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penyelesaian, pemadatan beton dan perawatan beton (Badan Standardisasi Nasional, 2002).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain yaitu:

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
4. Pengerjaan atau workability mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton jua memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu:

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

Yang mana kita ketahui bersama kelebihan dan kekurangan beton Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), jika kekurangan pada beton normal tersebut di kolaborasikan dengan menggunakan abu sekam padi dan kapur maka dapat menghasilkan beton yang baik. Adapun kelebihan abu sekam padi dan kapur sebagai berikut :

1. Menurut (Rahman, 2017) Abu sekam padi memiliki sifat pozzolanic yang memiliki kandungan silika dan kapur bebas yang tinggi. Kedua hal ini sangat dibutuhkan untuk hidrasi pada semen.
2. Menurut (Handayani, Nurjanah, & Rengga, 2014) dalam sekam padi mampu menghasilkan silika sebanyak 87% - 97% setelah mengalami pembakaran yang sempurna yang mana bisa menambah kuat tekan pada beton.
3. Menurut (Setiyarto, 2018) penambahan kapur dan flyash sebesar 25% dan 75% dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolimer secara signifikan.

2.1.1 Workabilitas Beton

Workability adalah tingkat kemudahan beton untuk ditempatkan, dipadatkan sehingga tidak ada udara yang terjebak tanpa terjadi pemisahan agregat (segresi) dan mengeluarkan air yang berlebihan (bleeding). Untuk mengukur workability beton yang paling sering digunakan metode slump test, hasil yang didapat dari pengukuran tinggi keruntuhan dari uji kerucut Abrams yang dinyatakan dalam centimeter. Untuk beton yang kental workability sulit,

angka slump nya di kisaran 0 - 8 cm dan yang pengerjaannya lebih mudah pada slump 8 -12 cm (Amiruddin et al., 2015).

2.1.2 Modulus Elastisitas Beton

Menurut (Harahap et al., 2019) tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu. Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat- sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Selanjutnya, karena beton memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban yang kecil, ada beberapa macam definisi untuk modulus elastisitas.

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

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

Perencanaan campuran beton yang sering digunakan dalam pelaksanaan konstruksi harus dapat memenuhi persyaratan kekuatan, keawetan, kemudahan, dan ekonomis (Charniago and Lingga 2000).

2.2 Bahan Dasar Pembuatan Beton

Material yang digunakan pada campuran beton yang dipakai sebagai bahan penyusun utama yaitu semen, agregat dan air dan bila mana bahan pembuatan beton pada campuran ini, akan digunakan abu sekam padi dan kapur sebagai pengganti semen. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.2.1 Agregat

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

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

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

dapat juga mengurangi ekspansi akibat panas. Pembagian agregat dibagi menjadi dua macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

2.2.2 Semen

Semen yaitu salah satu bahan pembuatan bangunan yang paling penting dalam dunia konstruksi saat ini. Bahan ini memiliki kegunaan untuk mengikat bahan bangunan lainnya secara bersamaan. Bahan utama yang terkandung dalam semen adalah kapur dan unsur-unsur kimia pendukung lainnya.

Terdapat beberapa jenis semen yang berada dipasaran untuk di perjual belikan. Menurut (SNI, 2004) semen dapat digolongkan menjadi beberapa bagian sesuai jenis dan kegunaannya, yaitu:

1. Semen Portland I digunakan untuk membangun konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus, semisal perumahan, jalan raya, landasan pacu, dan lain-lain.
2. Semen Portland II digunakan untuk membangun konstuksi di tanah rawa, pinggir laut, saluran irigasi, dan bendungan.
3. Semen Portland III biasa digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi, jalan tol, dan bandara.
4. Semen Portland IV digunakan pada bangunan yang kondisinya dapat dipengaruhi perubahan temperatur, semisal dam dan lapangan udara.
5. Semen Portland V, banyak digunakan untuk membangun proyek yang memiliki kandungan sulfat tinggi, semisal pembangkit listrik tenaga nuklir, tempat pengolahan limbah, dan lain-lain.

2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (stone crusher).

Menurut (SNI 03-2834-2000, n.d.) tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal, pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya. Pengelompokan tersebut dapat dilihat melalui Tabel 2.4 dibawah ini:

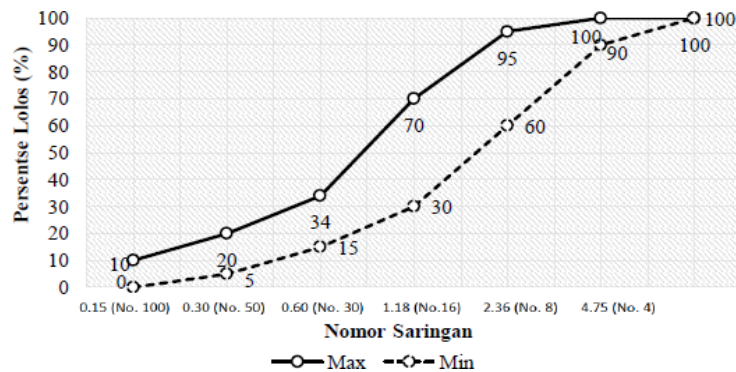
Tabel 2.1: Batas gradasi agregat halus menurut SNI 03 – 2834 – 2000.

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

Sumber: SNI – 03 – 2834 – 2000

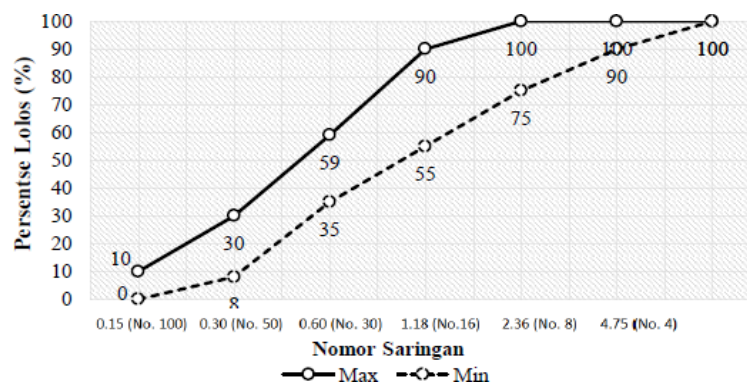
Keterangan :

- Daerah gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah gradasi I = Pasir Agak Kasar
- Daerah gradasi I = Pasir Agak Halus
- Daerah gradasi I = Pasir Halus



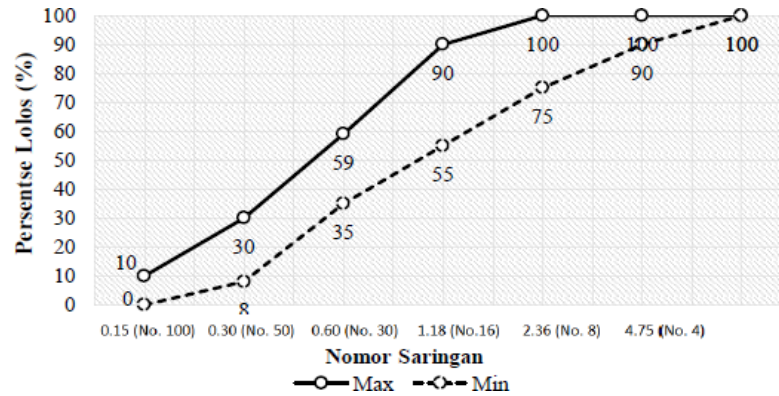
Gambar 2.1: Batas gradasi pasir kasar No. 1

Sumber: SNI – 03 – 2834 – 2000



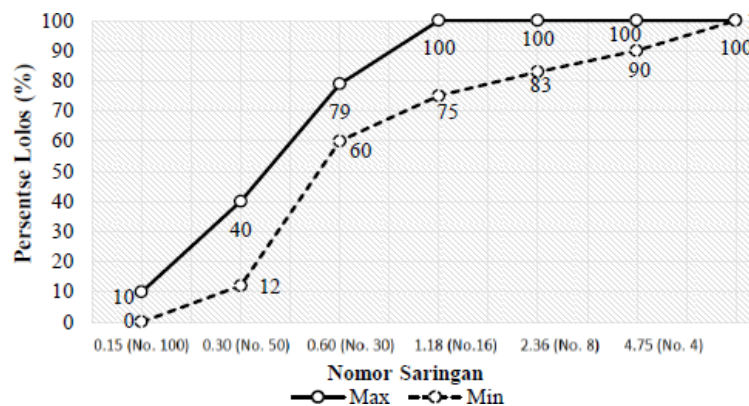
Gambar 2.2: Batas gradasi pasir sedang No. 2

Sumber : SNI – 03 – 2834 - 2000



Gambar 2.3: Batas gradasi pasir agak halus No. 3

Sumber: SNI – 03 – 2834 – 2000



Gambar 2.4: Batas gradasi pasir halus No. 4

Sumber: SNI – 03 – 2834 – 2000

Menurut penelitian (Sandya et al., 2019) padi yang dibakar pada temperature 600 – 900oC akan menghasilkan abu sekam berkisar 16-25% yang mengandung silika kadar tinggi sekitar 87-97%. Karena kandungan silika yang tinggi, abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen, Dilihat dari kandungan senyawa tersebut, abu sekam padi dapat digunakan sebagai pozzolan karena mengandung $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ lebih dari 70% sesuai mutu pozzolan yang disyaratkan dan sangat cocok ditambahkan pada agregat halus dalam pembuatan beton.

2.2.4 Agregat Kasar

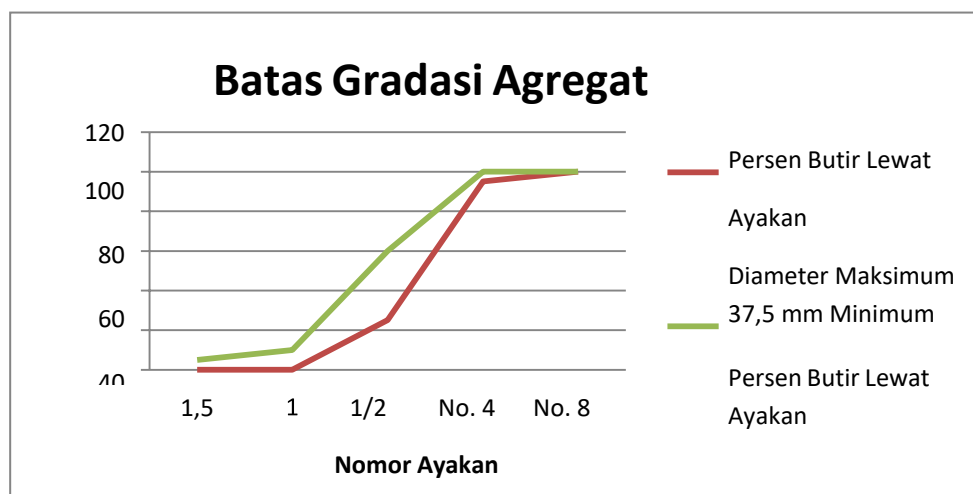
Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Ukuran butir kerikil berkisar antara 4,8 mm dan 40 mm. Agregat kasar/ kerikil yang baik adalah apabila butir-butinya keras dan tidak berpori. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, serta zat-zat yang reaktif alkali. Bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti, terik matahari dan hujan. Butir-butir yang berbentuk pipih tidak lebih dan 20% dari agregat seluruhnya. (Prasetyo, Agus, 1993).

Menurut (ASTM C 33, 1986) agregat kasar memiliki batas gradasi dengan diameter maksimum 37,5 yang dapat dilihat dalam Tabel 2.3 dan dijelaskan dengan rinci pada Gambar 2.1.

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat kasar menurut ASTM C – 33 (1986).

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

Sumber: ASTM C – 33 (1986)



Gambar 2.5: Batas gradasi agregat

2.2.5 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen (proses pengikatan) serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Proses pengikatan berawal beberapa menit setelah pencampuran yang disebut initial set (pengikatan awal) dan berakhir setelah beberapa jam disebut final set (akhir pengikatan). Waktu pengikatan adalah jangka waktu dari mulai mengikatnya semen setelah berhubungan dengan air sampai adukan semen menunjukkan kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk dikerjakan lebih lanjut. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan. Kelebihan air yang ada digunakan sebagai pelumas. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan menimbulkan bleeding. Hasil bleeding ini berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

Menurut penelitian (Sandya et al., 2019) Pada dasarnya abu sekam padi tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Penambahan air dan aktivator (sodium silikat dan natrium hidroksida) akan mengakibatkan adanya reaksi kimia antara oksida silikat yang dikandung oleh abu sekam padi dengan sodium silikat dan sodium hidroksida. Dari reaksi kimia tersebut, senyawa silikat alumino anorganik yang terdapat dalam abu sekam padi dengan penambahan aktivator (sodium silikat dan sodium hidroksida) akan memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen portland.

Proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan

dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Air harus bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat dikonsumsi sebagai air minum.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda-benda terapung yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung alkali atau garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton.

4. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2gr/lt.
5. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₄, dimana ppm adalah singkatan dari part permillion yaitu kandungan zat kimia yang masih diperbolehkan.
6. Dianalisa secara kimia dan mutunya dievaluasi menurut pemakaian.
7. Bila dibandingkan kekuatan tekannya dengan yang mengandung air suling.

sebagai pencampuran maka persentase kekuatan tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10% pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang akan dihasilkan akan berkurang kekuatannya.

2.3 Abu Sekam Padi

Menurut (Trimurtiningrum, 2021) Abu sekam padi merupakan material yang memiliki sifat pozolan sehingga dapat menghasilkan senyawa yang bersifat seperti semen. Material pozolan merupakan material yang mempunyai kandungan silika atau silika alumina tinggi serta dapat bereaksi secara kimiawi dengan Ca(OH)₂ dan menghasilkan senyawa yang bersifat seperti semen. Secara fisik, abu sekam padi memiliki ukuran butiran yang sesuai dengan syarat-syarat dari (ACI, 1986) yaitu lolos pada ayakan No. 325 atau setara dengan 45 *milimicron*.

Abu sekam padi memiliki unsur senyawa kimia yang disebabkan oleh pembakaran sekam padi. Untuk itu, seluruh komponen organik diubah menjadi gas karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) hingga meninggalkan abu yang bersifat anorganik (Amaria, 2012). Nilai paling umum kandungan silika (SiO₂) dalam abu sekam padi adalah 94-96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah. Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500-600 °C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia. (Prasetyoko, 2001).

Peneliti terdahulu telah melakukan penelitian mengenai unsur-unsur kimia yang terkandung dalam abu sekam padi, diantaranya dapat dilihat pada Tabel 2.5 dibawah ini:

Tabel 2.3: Komposisi kimia abu sekam padi.

Komponen	%Berat
SiO ₂	89,90
K ₂ O	4,50
CaO	1,01
P ₂ O	2,45
MgO	0,79
Fe ₂ O ₃	0,47
Al ₂ O ₃	0,46
MnO	0,14
CO ₂	0,10
S	0 < LLD

Sumber: (Hadipramana dkk. 2016)

2.4 Kapur (Ca)

Menurut (Melinda et al., 2020) Kapur merupakan bahan bangunan yang di peroleh dari galian alam. Kapur alam ini berwarna putih atau putih kekuningan dan memiliki butiran yang mirip dengan pasir. Kapur alam ini sudah digunakan sejak lama oleh masyarakat sebagai bahan bangunan. Penggunaan kapur alam ini adalah sebagai bahan substitusi semen pada beton karena karakteristik butirannya mirip dengan pasir, pada penelitian kali ini menggunakan kapur yang sudah di proses yang sudah menjadi butiran kecil, maka dari itu harus di ayak lagi pakai ayakan No. 200 sehingga tekstur kapur akan lebih halus sama seperti semen.

Tabel 2.4: Komposisi kimia kapur

Komponen	%Berat
SiO ₂	1,2
CaCO ₃	95,2
MgCO ₃	0,90
H ₂ O	2,7

Sumber: (Melinda et al., 2020)

2.5 Modulus Elastisitas

Menurut (Harahap et al., 2019) Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan seera elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E) atau Modulus Young. Kajian tentang hubungan tegangan-regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan persamaan analisis dan perencanaan suatu bagian struktur. Kemampuan bahan untuk menahan beban yang didukungnya dan perubahan bentuk yang terjadi pada bahan itu amat tergantung pada sifat tegangan dan regangan tersebut. Pada baja terjadi perubahan bentuk seera elastis pada pembebanan dibawah elastis, sehingga beban uji kembali pada bentuk semula bila pembebanan ditiadakan. Beton berubah bentuk mengikuti regangan elastis dan sebagian mengalami regangan plastis.

Tolak ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari desakan yang diberikan. Murdock dan Brook (1991), modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dapat dihitung.

Dengan :

P = beban yang diberikan (ton)

A = luas tampang melintang (mm^2)

Δl = perubahan panjang akibat beban P (mm)

L = panjang semula (mm)

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

$$E_c = \frac{S_1 - S_2}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (2.1)$$

Dengan:

E_c = modulus elastisitas (MPa) .

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

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

ϵ_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Menurut (Harahap et al., 2019) modulus elastisitas beton antara lain sebagai berikut :

1. Kelembaban Beton dengan kandungan air yang lebih tinggi memiliki modulus elastisitas yang juga lebih tinggi dari pada beton dengan spesifikasi yang sama.
2. Agregat dalam beton, semakin tinggi pula modulus elastisitas beton tersebut. Nilai modulus dan proporsi volume agregat dalam campuran mempengaruhi modulus elastisitas beton. Semakin tinggi modulus agregat dan semakin besar proporsi agregat.
3. Umur beton Modulus elastisitas beton meningkat seiring pertambahan umur beton seperti halnya kuat tekannya, namun modulus elastisitas meningkat lebih cepat dari pada kekuatannya.
4. Mix Design Beton Jenis beton memberikan nilai E (modulus elastisitas) yang berbeda-beda pada umur dan kekuatan yang sama.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi merupakan langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mencari, mengumpulkan, mencatat, mempelajari, menulis, dan menganalisa data yang telah diperoleh. Dalam penelitian ini dibutuhkan metodologi yang berfungsi sebagai panduan kegiatan yang dilaksanakan dalam pengumpulan data.

Diagram alir penelitian adalah suatu cara pembuatan campuran beton yang memiliki beberapa bagian untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan standart yang telah ditentukan.

1. Persiapan material

Dalam hal ini mempersiapkan material seperti agregat kasar, agregat halus, air, kapur, dan abu sekam padi.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material ini bertujuan untuk memastikan apakah agregat kasar dan agregat halus memiliki kekurangan dari syarat yang sudah ditentukan.

3. Pengujian Dasar Material

Pengujian dasar dilakukan pada sampel agregat kasar, agregat halus, abu sekam padi, dan kapur. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.

4. Mix Design

Perhitungan mix design berfungsi untuk menentukan proporsi campuran beton. Dimana didalam perhitungan ini harus sesuai dengan yang diisyaratkan. Proporsi campuran beton meliputi beton normal, dan beton campuran ASP sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

5. Pembuatan Benda Uji

Setelah proses perhitungan mix design selesai, hal yang dilakukan adalah proses pembuatan benda uji dengan cara mencampurkan seluruh bahan yaitu agregat kasar, agregat halus, abu sekam padi, dan kapur kedalam mixer.

6. Pengujian Slump Flow

Pengujian ini dilakukan pada beton segar yang memiliki fungsi untuk melihat kemampuan fillingability yang dapat dilihat dari diameter lingkaran yang terbentuk dari beton segar.

7. Pencetakan Benda Uji

Setelah seluruh proses diatas selesai, maka dilakukan pencetakan pada beton. Hal ini dilakukan dengan cara memasukkan adukan beton segar kedalam cetakan yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, lalu dikeringkan selama ± 24 jam.

8. Perawatan Benda Uji

Jika beton telah mengering secara sempurna, beton tersebut di angkat dari cetakan lalu dilakukan perawatan beton (curing). Perawatan tersebut dilakukan dengan cara merendam beton pada bak perendam dengan estimasi waktu 28 hari. Setelah selesai perawatan selama 28 hari, beton diangkat dari bak dan dikeringkan.

9. Pengujian Kuat Tekan Beton

kemudian dilakukan uji kuat tekan beton yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar ketahanan beton setelah diberi beban-beban tertentu.

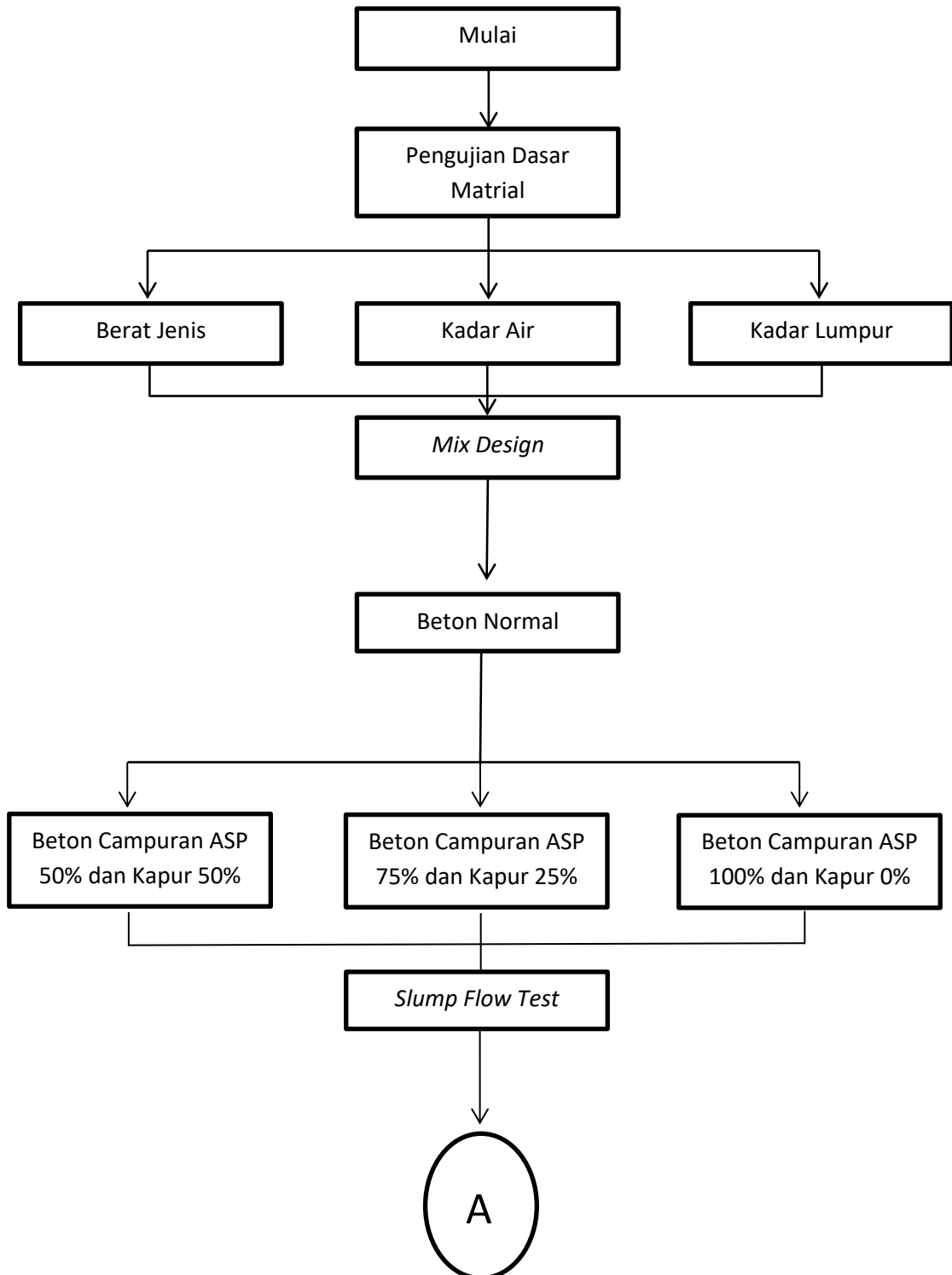
10. Pengujian Modulus Elastisitas

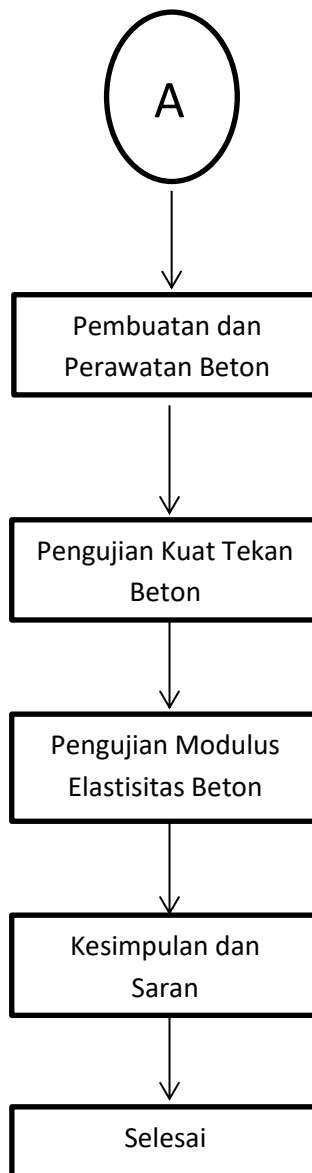
Setelah semua rangkain di atas selesai, kemudian dilakukan uji modulus elastisitas yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar modulus elastisitas beton yang menggunakan campuran abu sekam padi dan kapur.

11. Pembahasan dan Laporan Akhir

Dengan diketahuinya nilai kuat tekan beton, maka telah selesai semua rangkaian dalam proses pembuatan beton. Hal yang dilakukan pada tahap akhir ialah mencatat, mengolah, dan mengevaluasi data yang telah didapatkan. Lalu selanjutnya melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut.

Untuk mempersingkat rangkaian kegiatan diatas, maka disusun lah diagram air dalam proses penelitian ini. Diagram alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini :





Gambar 3.1 Bagan alir metode penelitian

3.2. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Waktu penelitian yang dilakukan direncanakan kurang lebih selama 3 bulan dan akan dimulai pada awal bulan 4.

3.3. Sumber Data Dan Teknik Pengambilan Data

3.3.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 2008).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).
4. Pemeriksaan berat isi dan agregat (SNI 03-4804, 1998).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (Mix Design) (SNI 03-2834-2000).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
9. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011).
10. Uji modulus elastisitas beton (SNI 2847-2013).

3.3.2. Data Skunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan jurnal yang berhubungan dengan teknik beton dan bimbingan langsung oleh dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Data yang digunakan yaitu :

1. Peraturan SNI-03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Praturan SNI 1974:2011 tentang metode uji kuat tekan beton silinder.
3. Peraturan SNI 2847-2013 tentang uji modulus elastisitas beton.

3.4. Alat dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, maka diperlukan peralatan dan bahan yang berkualitas untuk memenuhi persyaratan yang berlaku. Dan ada beberapa alat yang telah tersedia di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Alat-alat yang digunakan sebagai berikut :

3.4.1. Alat

1. Satu set saringan untuk agregat halus, meliputi: No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, Pan. Saringan ini digunakan untuk memeriksa gradasi pasir yang digunakan.
2. Timbangan digital, berfungsi sebagai alat untuk menimbang berat bahan yang digunakan secara akurat.

3. Gelas ukur, digunakan sebagai takaran air, admixtures yang digunakan dalam pengerjaan beton self compacting concrete.
4. Stopwatch, berfungsi sebagai alat mengukur waktu pengujian.
5. Piknometer, berfungsi sebagai alat melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada pasir, abu sekam padi, dan serat sabut kelapa.
6. Oven, berfungsi sebagai alat mengeringkan sampel bahan.
7. Wadah atau ember, berfungsi sebagai tempat air perendaman sampel.
8. Plastik ukuran 10 kg, berfungsi sebagai wadah untuk bahan yang telah siap untuk di mixer.
9. Pan, berfungsi sebagai alat untuk alas pengaduk beton segar.
10. Skop tangan dan alat cetok, berfungsi sebagai alat pencampur beton segar, dan meratakan permukaan beton dalam cetakan.
11. Selang, berfungsi sebagai alat untuk mengalirkan air dan membersihkan mixer.
12. Cetakan (bekisting) beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
13. Vaseline dan kuas, berfungsi untuk melapisi cetakan beton agar tidak menempel dalam cetakan.
14. Satu set alat slump flow test, yang terdiri dari tadi: kerucut abrams, penggaris, dan plat.
15. Mesin pengaduk (mixer), berfungsi sebagai alat pencampur semua bahan hingga membentuk adonan beton segar.
16. Bak perendam, berfungsi untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
17. Mesin uji tekan beton (compression test machine), berfungsi untuk mengukur kuat tekan beton.
18. Mesin uji modulus elastisitas, berfungsi untuk mengukur modulus elastisitas pada beton.

3.4.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan beton campuran abu sekam padi dan kapur :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu kerikil yang diperoleh dari Jl. Megawati, Kota Binjai dengan ukuran maksimum 20 mm.

2. Agregat Halus

Agregat Halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu krikil yang diperoleh dari Jl. Megawati, Kota Binjai.

3. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi diperoleh dari Kabupaten Aceh Tenggara. Abu sekam padi diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi dengan suhu sekitar 500°C - 800°C.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang layak minum dan sesuai dengan syarat-syarat penggunaan air pada beton.

5. Kalsium

Kalsium yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari panglong yang sudah menjadi serbuk kapur.

3.5 Jumlah Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter tinggi 30 cm, lebar 15 cm yang berjumlah 8 buah. Untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas. Jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1. Jumlah benda uji untuk campuran abu sekam padi dan kapur

No	Variasi Campuran Beton	Pengujian	
		Kuat Tekan	Modulus Elastisitas
		28 Hari	28 Hari
1	Beton Normal	2 Benda Uji	3 Benda Uji

Lanjutan Tabel 3.1. Jumlah benda uji untuk campuran abu sekam padi dan kapur

2	Beton campuran 20% ASP+80%Ca	2 Benda Uji	3 Benda Uji
3	Beton campuran 30% ASP+70%Ca	2 Benda Uji	3 Benda Uji
4	Beton campuran 50% ASP+50%Ca	2 Benda Uji	3 Benda Uji
Jumlah Benda Uji		8 Benda Uji	12 Benda Uji
Total Benda Uji		20 Benda Uji	

3.6 Langkah-langkah Pemeriksaan Agregat

3.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

Adapun prosedur pengujian agregat kasar sebagai berikut :

1. Pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ ssd).

7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

3.6.2 Analisa Gradasi Agregat

Analisa gradasi agregat dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Adapun prosedur pengujian gradasi agregat sebagai berikut :

1. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
3. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

3.6.3 Kadar Lumpur Agregat

Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

prosedur pengujian kadar lumpur agregat sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 500 gram Kemudian ditimbang (W1).
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencucisecukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda ujihilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.

4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
7. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

3.6.4 Berat Isi Agregat

penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

prosedur percobaan berat isi agregat sebagai berikut :

1. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
2. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
3. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
4. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2).
5. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

3.6.5 Kadar Air Agregat

Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

prosedur percobaan kadar air agregat sebagai berikut :

1. Timbang berat talam kosong dan catat (W1).
2. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
3. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$).
4. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.

5. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
6. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).

3.7. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi dihasilkan dari pembakaran kulit padi dari limbah pabrik penggilingan padi. Warna yang dihasilkan dari pembakaran tersebut berupa putih keabu-abuan hingga hitam. Warna tersebut tergantung pada sumber padi yang diperoleh serta suhu pada saat pembakaran. Dalam penelitian ini abu sekam padi diperoleh dari Kabupaten Aceh Tenggara.

3.8. Kapur (Ca)

Kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur yang digunakan dalam campuran beton, yaitu kapur bubuk yang di jual di panglong. Dalam penelitian ini kapur diperoleh dari panglong sekitaran kota Medan.

3.9 Mix Design

Hal ini menentukan presentase 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 dengan mempermudah proses pengerjaan.

3.10. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm, tinggi 300 mm. Yang berjumlah 8 buah, untuk pengujian kuat tekan. Untuk pengujian modulus elastisitas menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter berukuran 150 mm dan tinggi 300 mm yang berjumlah 12 buah. Dalam proses pembuatan benda uji, dilakukan beberapa tahapan yang dilakukan. Tahapan tersebut adalah :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan benda uji.
2. Menimbang masing-masing bahan sesuai dengan yang telah ditentukan.

3. Membersihkan cetakan dengan menggunakan skrup dan kain lap, lalu mengolesinya dengan vaseline secukupnya.
4. Menghidupkan mesin pengaduk (mixer).
5. Masukkan bahan dimulai dari air, agregat kasar, agregat halus, abu sekam padi, dan kapur mulai dari yang terberat hingga terkecil.
6. Setelah tercampur rata masukkan abu sekam padi, dan kapur lalu biarkan hingga merata.
7. Masukkan air kedalam mesin pengaduk.
8. Memeriksa slump flow pada beton segar.
9. Memasukkan campuran beton segar 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 tekan beton.
15. Melakukan uji modulus elastisitas beton.



Gambar 3.2 Pembuatan benda uji

3.11. Pemeriksaan Slump Test

Langkah langkah pengujian slump test :

1. Basahi kerucut Abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
2. 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 500 mm 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.



Gamabr 3.3 Pengujian *slumpflow*

3.12. Perawatan (Curing) Pada Benda Uji

Proses perawatan (curing) yang dilakukan untuk benda uji pada penelitian ini berdasarkan ketentuan SNI 2493:2011. Proses ini dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur rencana (28 hari). Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perendaman benda uji ini 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 dari keran Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.

5. Diamkan rendaman benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering lalu timbang benda uji tersebut.



Gambar 3.4 Perawatan beton

3.13. Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (crack).

Adapun langkah langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.

3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.



Gambar 3.5 Pengujian kuat tekan

3.14. Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 2 buah dengan berbagai variasi suhu pembakaran dan perlakuan. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati besarnya perubahan panjang regangan silinder beton akibat pembebanan serta besarnya beban yang P pada saat beton mulai retak.



Gambar 3.6 Pengujian modulus elastisitas

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Hasil dan analisa pemeriksaan agregat

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh dari penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data yang didapat seperti tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data-data hasil pemeriksaan dasar

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,176 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,571 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,3 %
4	Kadar lumpur agregat halus	3,5 %
5	Berat isi agregat kasar	1,77 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,63 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	7,086
8	FM agregat halus	2,775
9	Kadar air agregat kasar	0,30 %
10	Kadar air agregat halus	1,16 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,18 %
12	Penyerapan agregat halus	2,66 %
13	Nilai slump rencana	30-60 mm
14	Ukuran agregat maksimum	40 mm

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai.

4.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tabel 4.2: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	Sample	Sample	Rata-Rata
	1 (gr)	2 (gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD)kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E)	486	488	487
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (<i>Berat Piknometer penuh air</i>) (D)	689	692	690.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (<i>Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air</i>) (C)	993	995	994
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.47	2.47	2.47
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.55	2.53	2.54
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.67	2.63	2.65
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$ (%)	2.88	2.53	2.66

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,54 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,66%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,66% dari berat kering agregat sendiri.

4.2.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Tabel 4.3: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.

Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Zone 2
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
4.75 (No.4)	78	83	161	6,44	6,44	93,56	90-100
2.36 (No. 8)	91	102	193	7,72	14,16	85,84	75-100
1.18(No.16)	142	157	299	11,96	26,12	73,88	55-90
0.60 (No.30)	450	394	844	33,76	59,88	40,12	35-59
0.30 (No.50)	329	368	697	27,88	87,76	12,24	8-30
0.15 (No.100)	103	82	185	7,40	95,16	4,84	0-10
Pan	57	64	121	4,84	100	0	0-5
Total	1250	1250	2500	100			

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{161}{2500} \times 100\% = 6,44 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{193}{2500} \times 100\% = 7,72 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{299}{2500} \times 100\% = 11,96 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{844}{2500} \times 100\% = 33,76 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{697}{2500} \times 100\% = 27,88 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{185}{2500} \times 100\% = 7,40 \%$$

$$\text{PAN} = \frac{121}{2500} \times 100\% = 4,84 \%$$

- Persentase Berat Kumulatif Tertahan

$$\text{No.4} = 0 + 6,44 = 6,44 \%$$

$$\text{No.8} = 6.44 + 7.72 = 14,16 \%$$

$$\text{No.16} = 14.16 + 11,96 = 26,12 \%$$

$$\text{No.30} = 26.12 + 33,76 = 59,88 \%$$

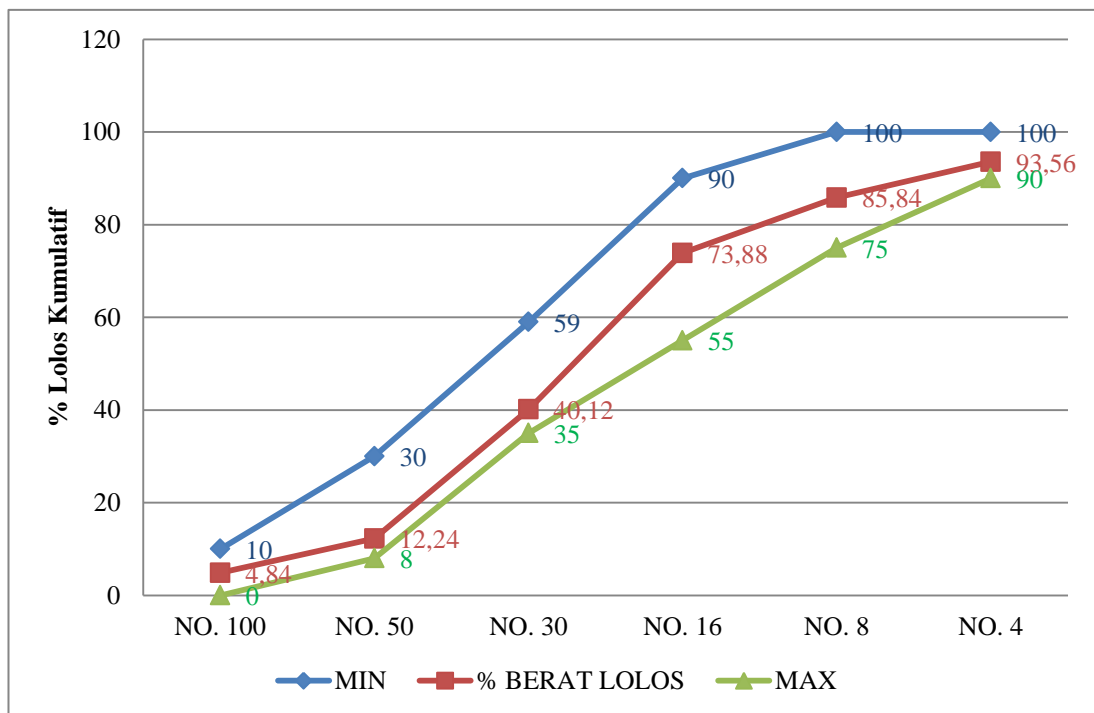
$$\text{No.50} = 59.88 + 27,88 = 87,76 \%$$

$$\text{NO.100} = 87.76 + 7,40 = 95,16 \%$$

$$\text{PAN} = 95.17 + 4,84 = 100 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 289,52 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\ &= \frac{289.52}{100} \\ &= 2,89 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 : Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).

Dari Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,89%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

Pengujian	Satuan	sample 1	sample 2	Rata- rata
Berat SSD	gr	1000	1000	1000
Berat SSD setelah dicuci	gr	965	968	967
Berat kotoran	gr	35	32	34
Persentase kotoran	%	3,6	3,3	3,5

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,5%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.2.4 Berat Isi Agregat Halus

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Pengujian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata- rata
Berat contoh	gr	17566	18306	18383	18085
Berat wadah	gr	5336	5336	5336	5336
Berat contoh & wadah	gr	22902	23642	23719	23421
Volume wadah	cm ³	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
Berat isi	gr/cm ³	1,58	1,65	1,65	1,63

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,63 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.2.5 Kadar Air Agregat Halus

Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Pengujian	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1493	1509
Berat contoh SSD	gr	1000	1000
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1481	1498
Berat wadah	gr	493	509
Berat air	gr	12	11
Berat contoh kering	gr	988	989
Kadar air	%	1,21	1,11
Rata-rata		1.16 %	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 1,16%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 1,21%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 1,11%.

4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai, secara umum batu pecah ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 4.7: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1 (gr)	2 (gr)	Rata-Rata (gr)
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)			
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2492	2456	247

Lanjutan tabel 4.7 : Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air

<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan)(C)	2480	2459	2469.5
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1550	1529	1539.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B)	2.63	2.65	2,64
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B)	2.65	2.65	2,65
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) C / (C - B)	2.67	2.64	2.66
COARSE AGGREGATE (Agregat Kasar)	1 (gr)	2 (gr)	Rata-Rata 1,5 (gr)
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	6.44 (gr)	6.34 (gr)	6.39 (gr)
<i>Absorption</i> (Penyerapan) [(A -C) / C] x 100 % (%)	0.48	- 0,12	0.18

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD (Saturated Surface Dry) rata-rata sebesar 2,65 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (absorption) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,18%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,18% dari berat kering agregat sendiri.

4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Tabel 4.8: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm.

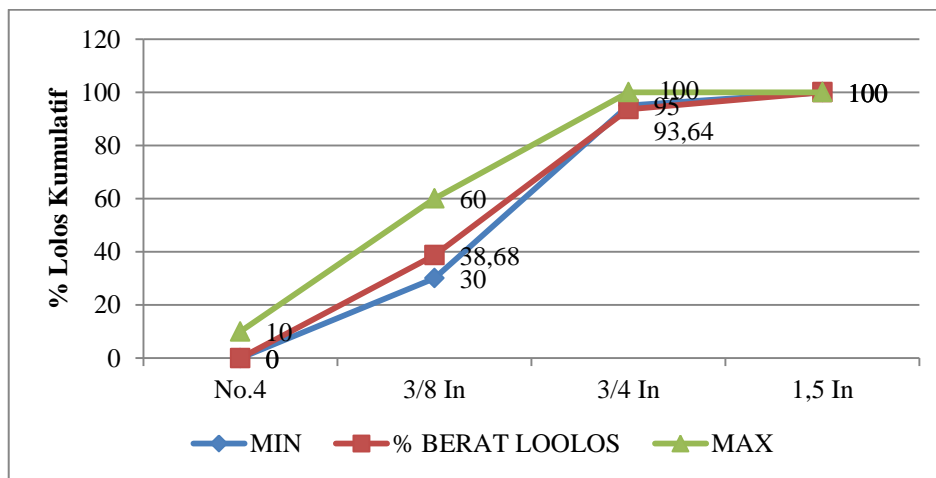
Sieve Size (mm)	Retained Fraction				Cumulative (%)		Limits Zone 2
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing	
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0,00	0,00	100,00	100-100
19.0 (3/4 in)	90	69	159	6,36	6,36	93,64	95-100
9.52 (3/8 in)	705	669	1374	54,96	61,32	38,68	30-60
4.75 (No. 4)	455	512	967	38,68	100	0	0-10
Total	1250	1250	2500	100			

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 667,68 %

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100}$$

$$= \frac{667,68}{100}$$

$$= 6.67 \%$$



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Kasar.

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 6,67%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.3.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Tabel 4.9: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Satuan	sample 1	sample 2	Rata-rata
Berat SSD	gr	1500	1500	1500
Berat SSD setelah dicuci	gr	1497	1494	1496
Berat kotoran	gr	3	6	5
Persentase kotoran	%	0,2	0,4	0,3

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,3%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SK SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.3.4 Berat Isi Agregat Kasar

Tabel 4.10: Hasil pengujian berat isi dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara pengoyang.

Pengujian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Pengoyangan	Rata-rata
Berat contoh	gr	18836	19837	20523	19732
Berat wadah	gr	5336	5336	5336	5336
Berat contoh & wadah	gr	24172	25173	25859	25068
Volume wadah	cm ³	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
Berat isi	gr/cm ³	1,69	1,78	1,84	1,77

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah 1,77 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.3.5 Kadar Air Agregat Kasar

Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	2009	1993
Berat contoh SSD	gr	1500	1500
Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	2004	1989
Berat wadah	gr	509	493
Berat air	gr	5	4
Berat contoh kering	gr	1495	1496
Kadar air	%	0,33	0,27
Rata-rata		0,30	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,30%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,33%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,27%.

4.4 Perencanaan Campuran dan Kebutuhan Bahan Beton

4.4.1 Mix Disgn Beton Normal Mutu Sedang

Pada hal ini penulis menggunakan data-data dari penelitian yang sudah dilakukan pada pengetesan dasar pada tabel 4.1 dibawah ini. Data-data dibawah ini digunakan untuk dalam perencanaan beton atau mix design dengan kekuatan yang direncanakan sebesar 25 MPa.

Tabel 4.12: Data-data pengetesan dasar.

No	Data Pengetesan Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716 gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571 gr/cm ³
3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,3 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,5 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,63 gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,165 gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,30 %
10.	Kadar air agregat halus	1,16%
11.	Penyerapan agregat kasar	0,18 %
12.	Penyerapan agregat halus	2,66 %
13.	Nilai slump rencana	30 – 60 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	40 mm

Maka, dari data-data tabel 4.11 diatas perencanaan campuran beton (Mix Design) yang berdasarkan SNI 03-2834-2000 dapat dibuat seperti pada tabel 4.12.

Tabel 4.13: Perencanaan Campuran Beton SNI 03-2834-2000.

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
SNI 03-2834-2000			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekank yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi Standar		12 MPa
3	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2 + 3	42,7 MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe I

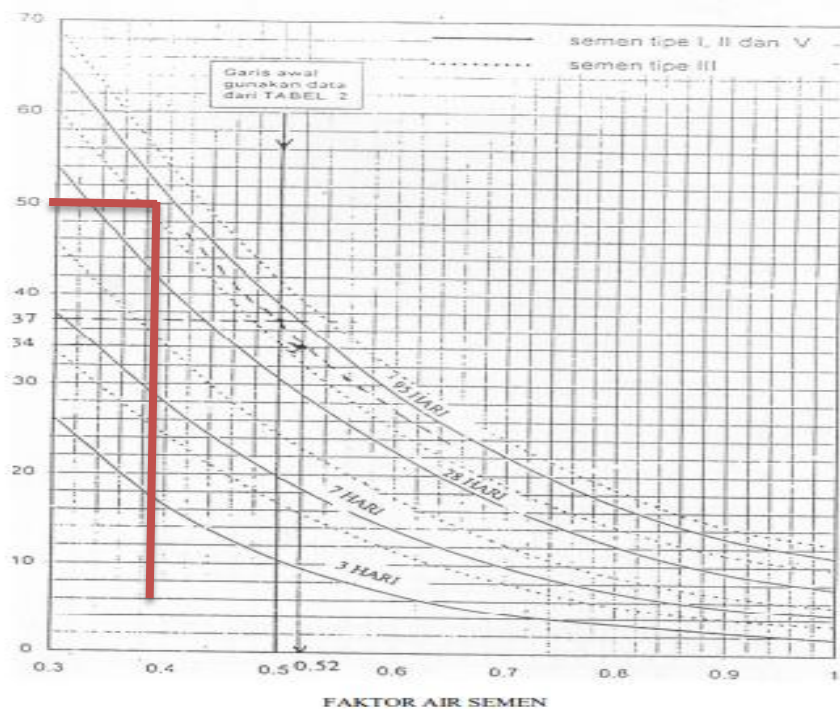
Lanjutan Tabel 4.13: Perencanaan Campuran Beton SNI 03-2834-2000

6	Jenis agregat: - kasar	Ditetapkan	Batu pecah Binjai		
	- halus	Ditetapkan	Pasir alami Binjai		
7	Faktor air-semen bebas	Tabel	0,45		
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60		
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm		
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm		
11	Kadar air bebas	Tabel 3.	170 kg/m ³		
12	Jumlah semen	11/7	377,77 kg/m ³		
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	377,77 kg/m ³		
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³		
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,45		
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1	Daerah gradasi zona 2		
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2	Gradasi maksimum 40 mm		
18	Persen agregat halus	Item 18	36 %		
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Item 19	2,578		
20	Berat isi beton	Gambar 4.5	2450,25 kg/m ³		
21	Kadar agregat gabungan	20 - (12 + 11)	2032,55 kg/m ³		
22	Kadar agregat halus	18 x 21	731,71 kg/m ³		
23	Kadar agregat kasar	21-22	1300,84 kg/m ³		
24	Proporsi campuran - Tiap m ³ - Tiap campuran uji m ³ - Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 Silinder)	Semen (kg)	Air(kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
		377,77	170	731,71	1300,95
		1	0,450	1,936	3,443
2,00	0,953	3,878	6,894		
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	447,368	170	710,650	1159,482
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,38	1,59	2,59
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,371	0,900	3,782	6,136

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 25 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Deviasi standar deviasi karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15, maka nilai yang diambil sebesar 12 MPa.
3. Nilai tambah margin (M) adalah 5,7 MPa.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$) :

$$\begin{aligned}
 f'cr &= f'c + \text{Deviasi standar} + M \\
 &= 25 + 12 + 5,7 \\
 &= 42,7 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I (ditetapkan).
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 4.3 tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tekan beton rata-rata 42,7 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,45.



Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm.

8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan tabel 3.8 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 30-60 mm.
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 30-60 mm sehingga dari Tabel 3.7 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut.

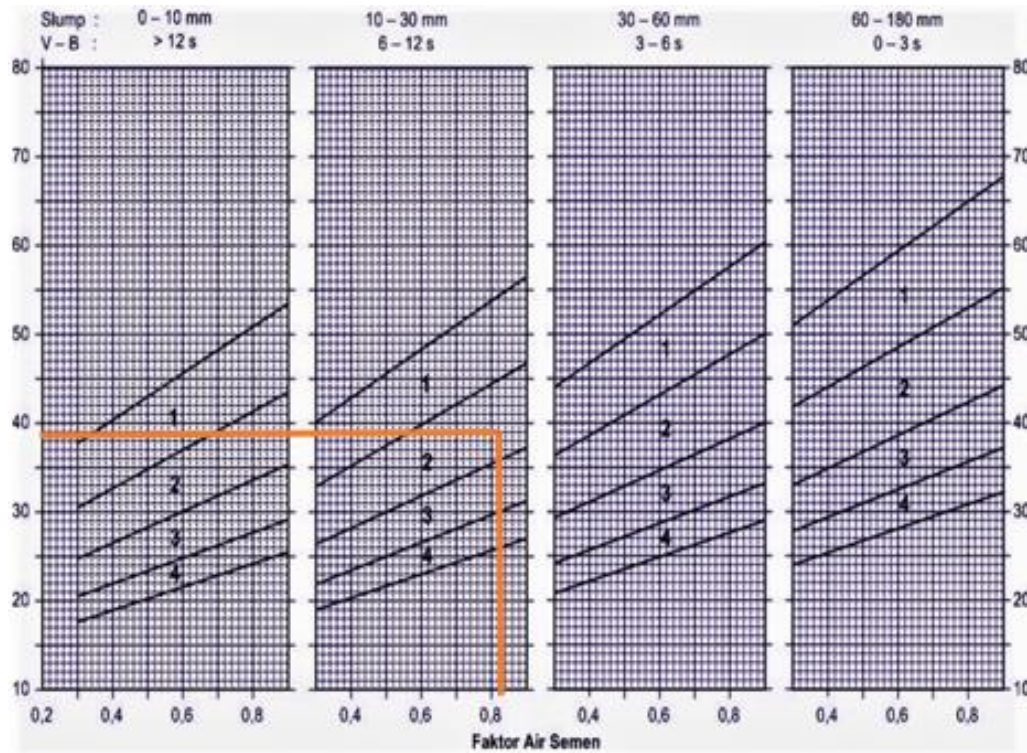
$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 \\
 &= 170 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Kadar semen dapat dihitung dengan cara nilai kadar air bebas dibagi faktor airsemen, maka jumlah semen yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\
 &= \frac{170}{0,45} \\
 &= 377,77 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar 377,77 kg/m.
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 3.8 mempunyai kadar semen minimum per-m³ sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,45.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi pasirno.2.
17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.
18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 30-60 mm, faktor

air semen 0,45 dan ukuran butir maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 4.4. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar.

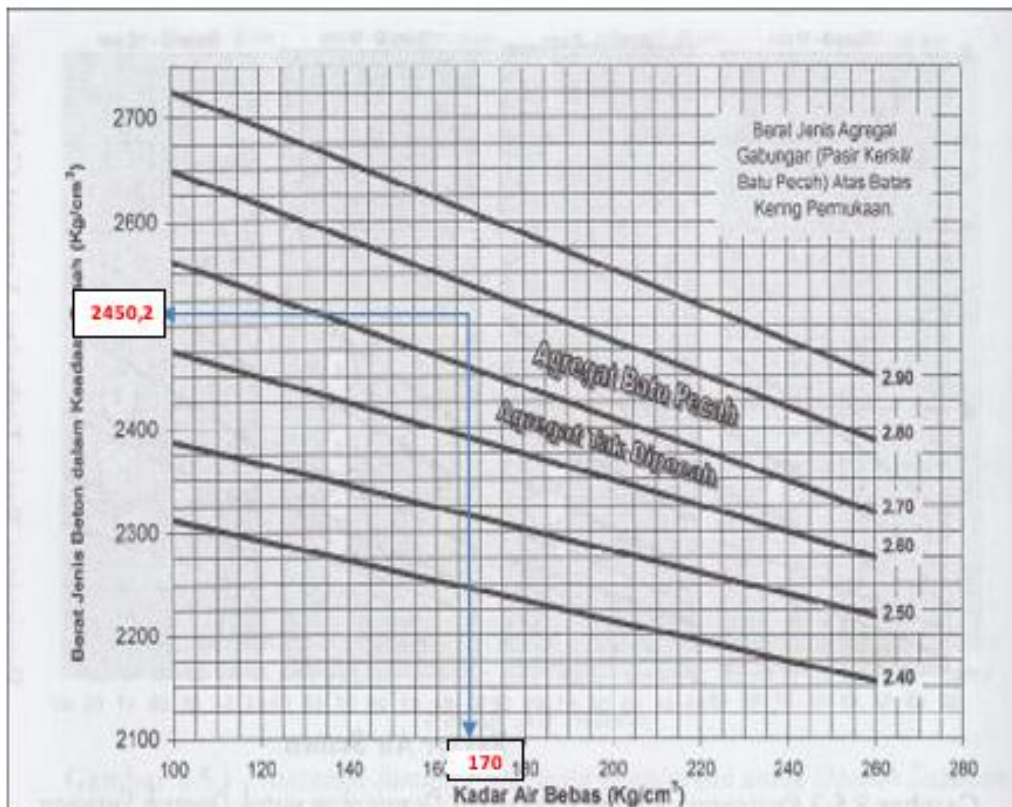


Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,45(SNI 03-2834-2000).

19. Menghitung berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Relatif} &= (AH \times BJAH) + (AK \times BJA K) \\ &= (0,360 \times 2,571) + (0,610 \times 2,716) \\ &= 2,578 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,578, maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2487,5 kg/m³.



Gambar 4.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - (\text{kadar semen} + \text{kadar air bebas}) \\
 &= 2450,25 - (170 + 377,77) \\
 &= 2032,55 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \times \% \text{AH} \\
 &= 0,360 \times 2032,55 \\
 &= 731,71 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\
 &= 2032,55 - 731,71 \\
 &= 1300,84 \text{ kg/ m}^3
 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

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

$$\begin{aligned}
 - \text{ Semen} &= \frac{377,77}{377,77} = 1 \\
 - \text{ Air} &= \frac{170}{377,77} = 0,450 \\
 - \text{ Pasir} &= \frac{731,71}{377,77} = 1,936 \\
 - \text{ Batu Pecah} &= \frac{1300,84}{377,77} = 3,443
 \end{aligned}$$

25. Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari.

Diketahui:

- Jumlah air (B)	= 170 kg/ m ³
- Jumlah agregat halus (C)	= 731,71 kg/m ³
- Jumlah agregat kasar (D)	= 1300,84 kg/m ³
- Penyerapan agregat halus (C _a)	= 2,67%
- Penyerapan agregat kasar (D _a)	= 0,18%
- Kadar air agregat halus (C _k)	= 1,16%
- Kadar air agregat kasar (D _k)	= 0,30%

a. Air

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 170 - (1,16 - 2,67) \times \frac{731,71}{100} - (0,30 - 0,18) \times \frac{1300,84}{100} \\
 &= 179,48 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

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

$$= 731,71 + (1,16 - 2,67) \times \frac{731,71}{100}$$

$$= 720,66 \text{ kg/m}^3$$

c. Agregat Kasar

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

$$= 1300,84 + (0,30 - 0,18) \times \frac{1300,84}{100}$$

$$= 1302,40 \text{ kg/m}^3$$

Maka untuk tiap m^3 diperlukan:

-Semen	= 377,77 : 377,77	= 1
-Air	= 179,84 : 377,77	= 0,476
-Agregat halus	= 720,66 : 377,77	= 1,907
-Agregat kasar	= 1302,40 : 377,77	= 3,447

4.5 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang maka kebutuhan bahan untuk 1 m^3 sebagai berikut:

- PC = 377,77 kg/m^3
- Agregat halus = 720,66 kg/m^3
- Agregat kasar = 1302,40 kg/m^3
- Air = 179,84 kg/m^3

a. Untuk satu benda uji silinder (kg)

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

- Tinggi = 30 cm = 0,3 m
- Lebar = 15 cm = 0,15 m

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

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

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

Maka,

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $377,77 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 2,00 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $720,66 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 3,819 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
= $1302,40 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 6,902 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak air x Volume 1 benda uji
= $179,84 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 0,953 kg

Proporsi campuran untuk 1 benda uji dengan volume 0.0053 m^3 dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air	:
2,00	:	3,819	:	6,902	:	0,953	:

Berdasarkan dari analisa saringan maka yang didapat dari berat untuk masing-masing saringan untuk 1 benda uji silinder. Untuk agregat halus tertera pada Tabel 4.13, sedangkan untuk agregat kasar tertera pada Tabel 4.14. Nilai total berat tertahan didapat dari % berat tertahan dikalikan dengan jumlah total agregat yang telah didapat dari perbandingan.

➤ Kapur (Ca)

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kapur hidrolik sebesar 50%, 70% dan 80% dari berat pengganti semen keseluruhan. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4.14: Banyaknya kapur yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Persentase banyaknya kapur (%)	Banyaknya kapur dari berat semen (gr)
50%	1000
70%	1400
80%	160

➤ Abu Sekam Padi (ASP)

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ASP sebesar 50%, 30% dan 20% dari berat pengganti semen keseluruhan. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4.15: Banyaknya ASP yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Persentase banyaknya ASP (%)	Banyaknya abu sekam padi dari berat semen (gr)
50%	1000
30%	600
20%	400

Tabel 4.16: Variasi penambahan kapur dan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen keseluruhan

Kapur (Ca)	Abu sekam padi (ASP)
0 %	0 %
50 %	50 %
70 %	30 %
80 %	20 %

Keterangan:

1. 0 % Kapur (Ca) + 0 % Abu Sekam Padi (ASP)
2. 50 % Kapur (Ca) + 50 % Abu Sekam Padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen keseluruhan
3. 70 % Kapur (Ca) + 30 % Abu Sekam Padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen keseluruhan
4. 80 % Kapur (Ca) + 20 % Abu Sekam Padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen keseluruhan

4.6 Pengujian Slump Test (Slump Rencana 30 – 60 mm)

Menurut (Fajar, 2014) Pada pengujian *slump Test* bertujuan untuk meningkatkan (*workability*) pada pekerjaan konstruksi. Nilai slump yang sesuai dengan perencanaan akan sangat membantu dalam pengerjaan struktur, *slump Test* dilakukan untuk mengetahui *workability* beton campuran menggunakan kapur dan ASP.

Hal-hal yang mempengaruhi *slump Test* adalah :

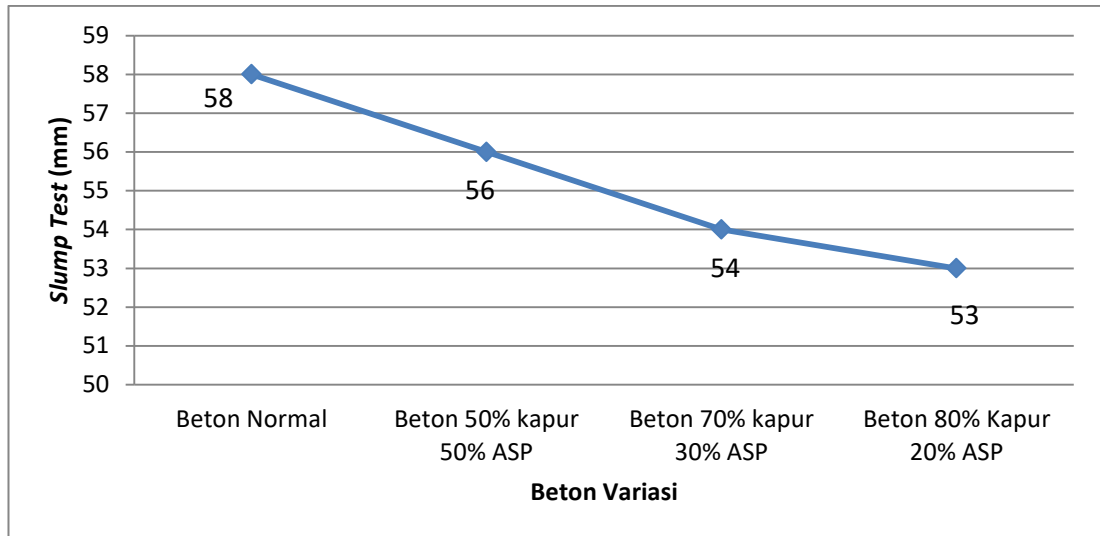
- Kadar air agregat
- Kadar lumpur agregat
- Faktor air semen
- Gradasi agregat
- Bahan tambah yang digunakan

Dalam pengujian ini didapatkan hasil *slump Test* dengan melihat beton yang dimasukan kedalam kerucut *abrams*, dalam penelitian ini nilai *slump Test* direncanakan sebesar 30 mm sampai 60 mm dan beton tidak perlu lagi untuk di padatkan. Berikut hasil dari pengujian *slump Test* beton normal dan beton variasi kapur dan ASP dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.17 Nilai *slump Test Test* beton campuran kapur dan ASP

No	Variasi	<i>Slump Test (mm)</i>
1	BN	58
2	50% kapur - 50% ASP	56
3	70% kapur - 30% ASP	54
4	80% kapur – 30% ASP	53

Hasil dari Tabel 4.7 terdapat perubahan diameter *slump test* pada setiap campuran kapur dan ASP, berikut grafik slump test



Gambar 4.6 Grafik Slump Test

Hasil dari Gambar 4.6 terdapat perubahan diameter *slump flow* pada setiap campuran kapur dan ASP pada beton, campuran kapur 50% ASP 50% terdapat nilai slump yang tinggi yaitu 56 mm dan sedangkan beton dengan campuran kapur 70% ASP 30% mendapatkan nilai slump sebesar 54 mm dan kapur 80% ASP 20% terdapat nilai slump sebesar 53 mm.

Sedangkan 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.

4.7 Hasil dan Analisa Penyerapan Air

Tabel 4.18: Hasil pengujian penyerapan beton normal.

Benda Uji	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (Kg)	Sesudah (Kg)		

Lanjutan Tabel 4.18: Hasil pengujian penyerapan beton

BN-1	28	11445	11551	106	243
BN-2	28	11200	11580	380	

Tabel 4.19: Hasil pengujian penyerapan beton pada beton campuran ASP 50% dan Ca 50%

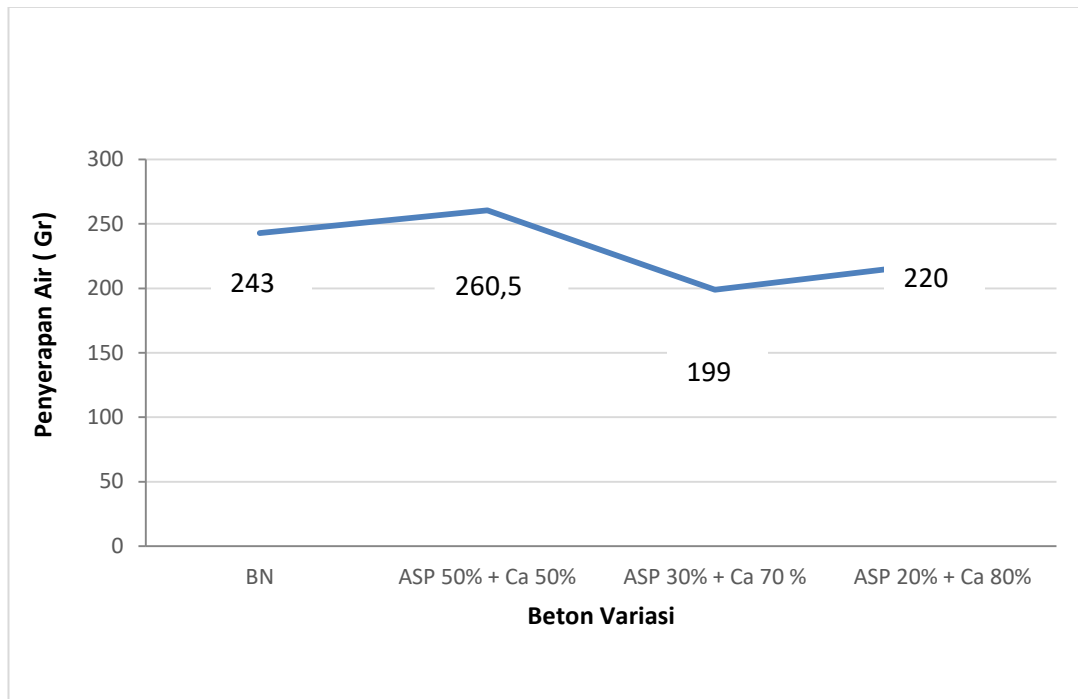
Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (gr)	Sesudah (gr)		
1	28	10409	10604	195	260,5
2	28	10359	10490	131	

Tabel 4.20: Hasil pengujian penyerapan beton pada beton campuran ASP 30% dan Ca 70%

Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (gr)	Sesudah (gr)		
1	28	10639	10744	105	199
2	28	10735	10923	188	

Tabel 4.21: Hasil pengujian penyerapan beton pada beton campuran ASP 20% dan Ca 80%

Sampel	Umur Beton (hari)	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (gr)	Sesudah (gr)		
1	28	11221	11363	142	220
2	28	11215	11371	156	



Gambar 4.7 : Grafik perbandingan penyerapan air

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapat penyerapan air beton normal sebesar 143 gr, beton campuran Ca 50% - ASP 50% sebesar 260,5 gr, beton campuran Ca 70% - ASP 30% mendapatkan sebesar 199 gr, dan beton campuran Ca 80% - ASP 20% sebesar 220 gr. Didapat bahwa penyerapan air tertinggi pada beton dengan campuran Ca 50% - ASP 50% yaitu sebesar 260,5 gr, sedangkan beton dengan penyerapan air terendah terdapat pada beton campuran Ca 70% - ASP 30% yaitu sebesar 199 gr.

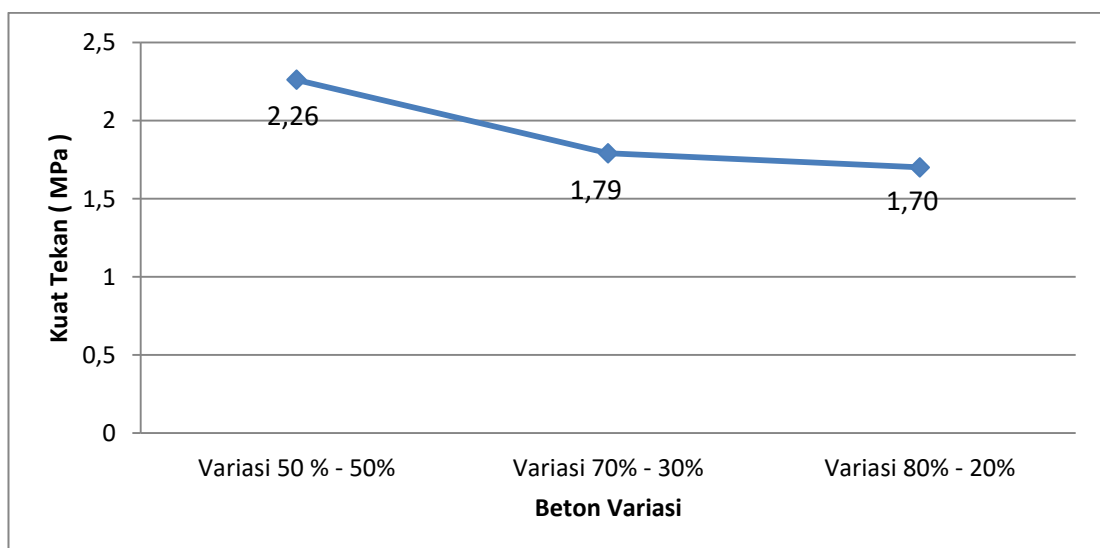
4.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode sesuai dengan SNI 03-1974-1990, pengujian pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (compressive strength test) dengan kapasitas 150 ton. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.22 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton

Benda Uji	Nama Sempel	Beban maksimum (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata
1	Beton normal	441,3	25	26,39
2		490,33	27,77	
3	Kapur 50% ASP 50%	40,40	2,29	2,26
4		39,22	2,22	
5	Kapur 70% ASP 30%	31,96	1,81	1,79
6		31,18	1,76	
7	Kapur 80% ASP 20%	30,59	1,73	1,70
8		29,41	1,66	

Dari tabel 4.22 dapat digambar hubungan kuat tekan rata-rata beton menggunakan campuran ASP dan Ca



Gambar 4.8 Grafik kuat tekan beton campuran

Didalam pengujian kuat tekan beton dengan campuran kapur dan ASP didapat kuat tekan dengan variasi kapur 50% ASP 50% sebesar 2,26 MPa, kapur 70% ASP 30% sebesar 1,79 MPa, dan kapur 80% ASP 20% sebesar 1,70 MPa. Pengujian kuat tekan ini dilakukan guna mendapatkan data hasil uji kuat tekan yang nantinya data ini akan digunakan dalam pengujian modulus elastisitas beton.

4.8 Pengujian Modulus Elastisitas

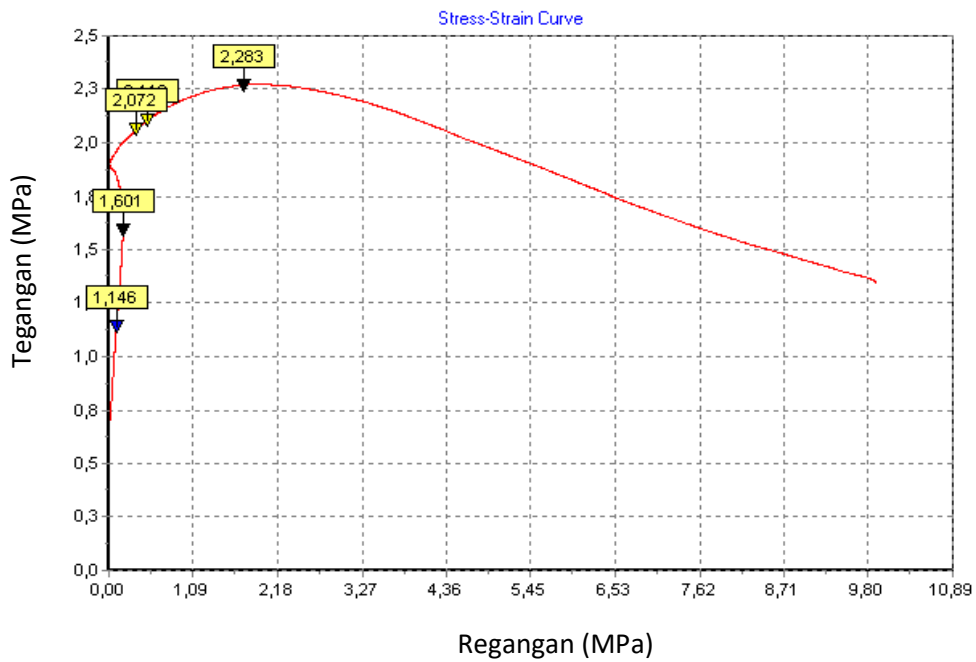
Pengujian modulus elastisitas dilakukan dengan menggunakan CTM (*Compression Testing Machine*), menggunakan metode ASTM C-469 dengan penambahan beban secara konstan untuk mengetahui besar beban yang diterima sampai dengan beban maksimum (saat beton mulai retak) dan *extensometer* untuk mengetahui perubahan panjang yang terjadi sehingga dapat diketahui nilai tegangan dan regangan yang terjadi pada setiap pembebanan. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. pengujian modulus elastisitas beton ini dilakukan pada saat umur beton 28 hari pada beton normal maupun pada beton dengan bahan tambah kapur 50%, 70%, 80% dan ASP 50%, 30%, 20%.

Data hasil pengujian tegangan dan regangan aksial diolah dengan menggunakan grafik yang dihasilkan dari pengujian lab terpadu Universitas Sumatra Utara, sehingga akan diperoleh hubungan tegangan-regangan aksial pada setiap benda uji. Berikut nilai modulus elastisitas beton yang dihitung secara manual :

Tabel 4.23 Modulus elastisitas beton

Sampel Beton	FAS	Nilai Modulus Elastisitas (MPa)
Beton Normal	0,45	35092
Ca 50% ASP 50%	0,45	24
Ca 70% ASP 30%	0,45	15,69
Ca 80% ASP 20%	0,45	13,87

1. Perhitungan modulus elastisitas beton campuran Ca 50% ASP 50%



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

Dimana:

$$\begin{aligned} S_2 &= 40\% \times 2,32 \\ &= 0,928 \end{aligned}$$

$$S_1 = 0,7$$

$$\epsilon_2 = 0,01$$

$$\epsilon_1 = 0,00005$$

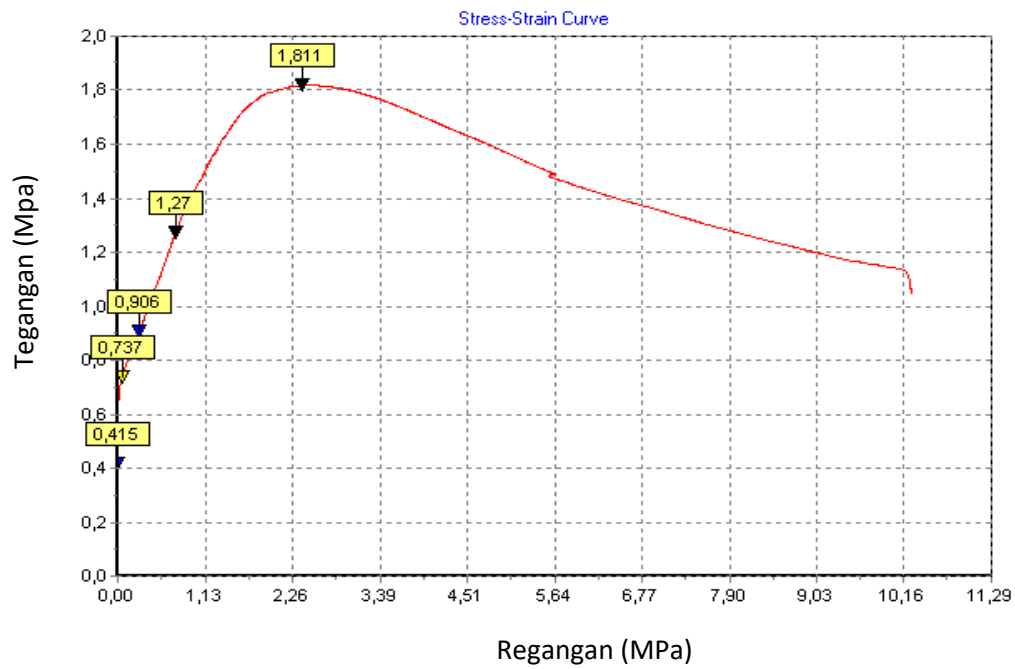
Maka :

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

$$E_c = \frac{0,928 - 0,7}{0,01 - 0,00005}$$

$$= 24 \text{ MPa}$$

2. Perhitungan modulus elastisitas beton campuran 70% Ca – 30% ASP



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

Dimana:

$$\begin{aligned} S_2 &= 40\% \times 1,822 \\ &= 0,728 \end{aligned}$$

$$S_1 = 0,415$$

$$\epsilon_2 = 0,01$$

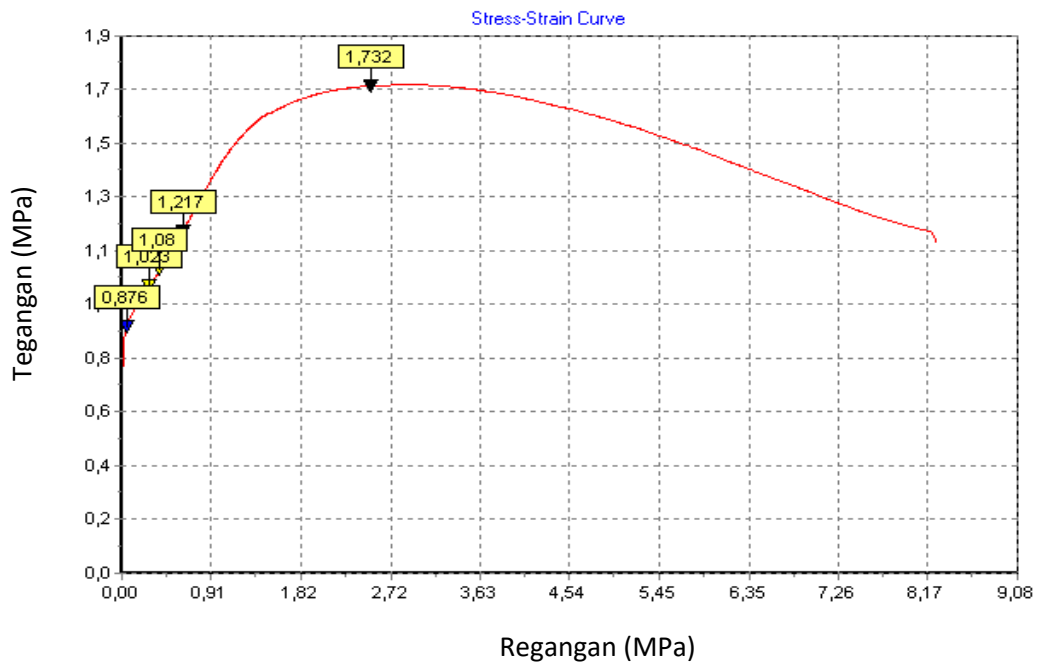
$$\epsilon_1 = 0,00005$$

Maka :

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

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{0,728 - 0,415}{0,01 - 0,00005} \\ &= 15,69 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Perhitungan modulus elastisitas beton campuran 70% Ca – 30% ASP



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

Dimana:

$$\begin{aligned} S_2 &= 40\% \times 1,735 \\ &= 0,694 \end{aligned}$$

$$S_1 = 0,556$$

$$\epsilon_2 = 0,01$$

$$\epsilon_1 = 0,00005$$

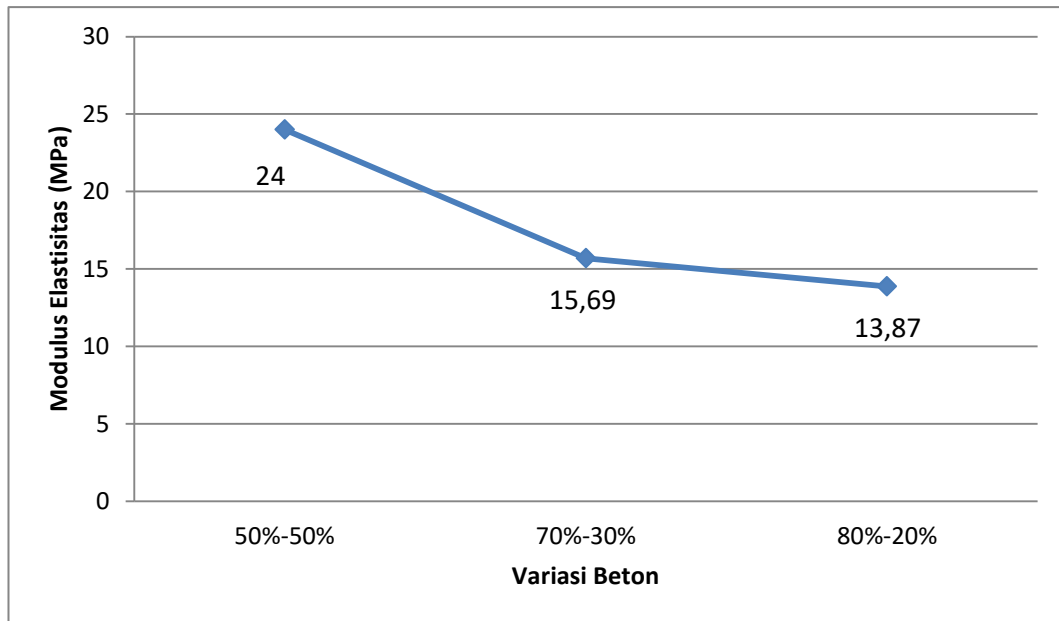
Maka :

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

$$E_c = \frac{0,694 - 0,556}{0,01 - 0,00005}$$

$$= 13,87 \text{ MPa}$$

Dari tabel 4.23 dapat digambar modulus elastisitas beton campuran



Gambar 4.9 Grafik Modulus elastisitas beton campuran kapur dan ASP

Dari tabel 4.11 dan gambar 4.3 setiap variasi memiliki modulus elastisitas yang berbeda-beda dapat di ketahui pada penambahan kapur dan ASP sehingga didapatkan peningkatan dan penurunan nilai modulus elastisitas pada beton. Nilai modulus elastisitas maksimum adalah pada beton campuran kapur 50% dan ASP 50% menghasilkan nilai modulus elastisitas beton sebesar 24 MPa. Pada beton campuran kapur 70% dan ASP 30% menghasilkan sebesar 15,69 MPa, dan beton campuran kapur 80% dan ASP 20% menghasilkan sebesar 13,87 MPa. Nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan dan penurunan pada setiap variasinya.

Menurut (Mayssara A. Abo Hassanin Supervised, 2014), nilai modulus elastisitas setiap variasi mengalami penurunan yang disebabkan akibat dari penambahan substitusi ASP, sehingga workabilitas campuran menjadi tidak maksimal akibat tidak seimbangnya penggunaan campuran. Penyebab lainnya juga dikarenakan ASP sangat menyerap air, akibatnya kekuatan beton yang dihasilkan menjadi menurun.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat di tarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada beton campuran kapur dan ASP, nilai *slump flow* mengalami peningkatan dan penurunan di setiap variasi nya. *Slump flow* maksimal yaitu sebesar 58 mm pada beton normal. Sedangkan *slump flow* minimum adalah sebesar 50 mm pada variasi 70% kapur – 30% ASP. Hal ini disebabkan oleh penggunaan air dalam campuran beton tersebut. Pada variasi 70% - 30% nilai *slump flow* menurun diakibatkan penggunaan air dan ASP.
2. Dalam penelitian ini terdapat 3 variasi beton dengan hasil nilai kuat tekan rata-rata yang berbeda-beda di setiap variasi nya, nilai kuat tekan rata-rata tertinggi terdapat pada campuran beton variasi 50% kapur - 50% ASP dengan nilai kuat tekan nya sebesar 2,26 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan rata-rata terendah terdapat pada beton variasi campuran 80% kapur - 20% ASP dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 1,70 MPa. Kuat tekan didapatkan rendah Hal ini terjadi karena tidak adanya penggunaan semen pada beton campuran kapur dan ASP.
3. Pada penelitian beton campuran kapur dan ASP, nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan dan penurunan di setiap variasi nya, nilai modulus elastisitas tertinggi didapatkan pada beton campuran 50% kapur – 50% ASP dengan nilai modulus elastisitas sebesar 24 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah terdapat pada beton variasi 80% kapur – 20% dengan nilai sebesar 13,87 MPa.
4. Penambahan kapur dan abu sekam padi dapat memberikan kontribusi yang kurang positif terhadap beton, dimana dengan campuran tersebut dapat menghasilkan nilai kuat tekan beton dan modulus elastisitas tetapi belum bisa melewati nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton normal.
5. Dalam pelaksanaan penelitian, kami mendapati penggunaan kapur dan ASP memang tidak bisa di jadikan untuk bangunan kontruksi. Tetapi

penggunaan kapur dan ASP bisa digunakan pada penggunaan non-kontruksi seperti pembuatan batako, vlnel, dan batu-bata.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan mampu membantu dalam perkembangan proses teknologi beton ataupun penerapan di lapangan. Diberikan harapan juga kepada peneliti selanjutnya agar mampu mengembangkan penelitian ini lebih dalam. Adapun saran yang dapat diambil antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan kapur dan abu sekam padi dengan variasi yang beragam. Agar mengetahui batas variasi dimana yang mampu menghasilkan kuat tekan dan modulus elastisitas yang konstan.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian yang lebih dalam mengenai sifatsifat fisis dan kimiawi dari abu sekam padi.
3. Penggunaan takaran air dalam penelitian harus dilakukan secara teliti dan mengurangi proses trial and error agar menghasilkan campuran beton yang berkualitas.
4. Perlu dilakukan penelitian dengan FAS yang berbeda agar mengetahui perbandingan kuat tekan dan modulus di setiap variasi FAS nya.
5. Penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai literature tambahan atau sebagai bahan evaluasi untuk penelitian selanjutnya. Dengan harapan, penelitian selanjutnya akan menghasilkan karakteristik beton campuran kapur dan ASP yang lebih baik daripada penelitian sebelumnya.

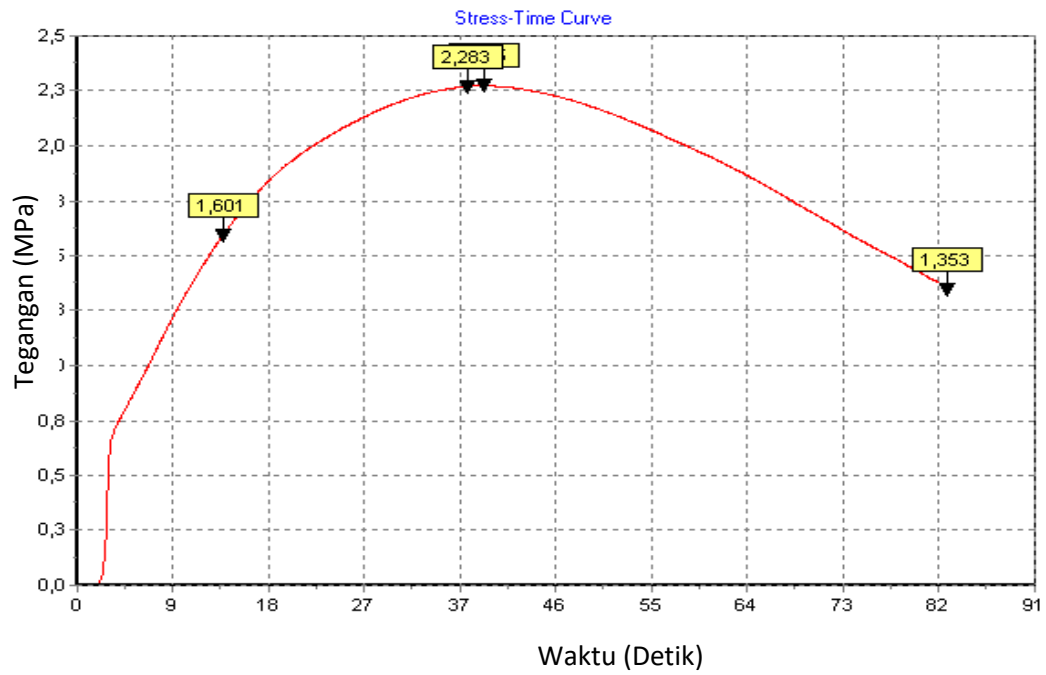
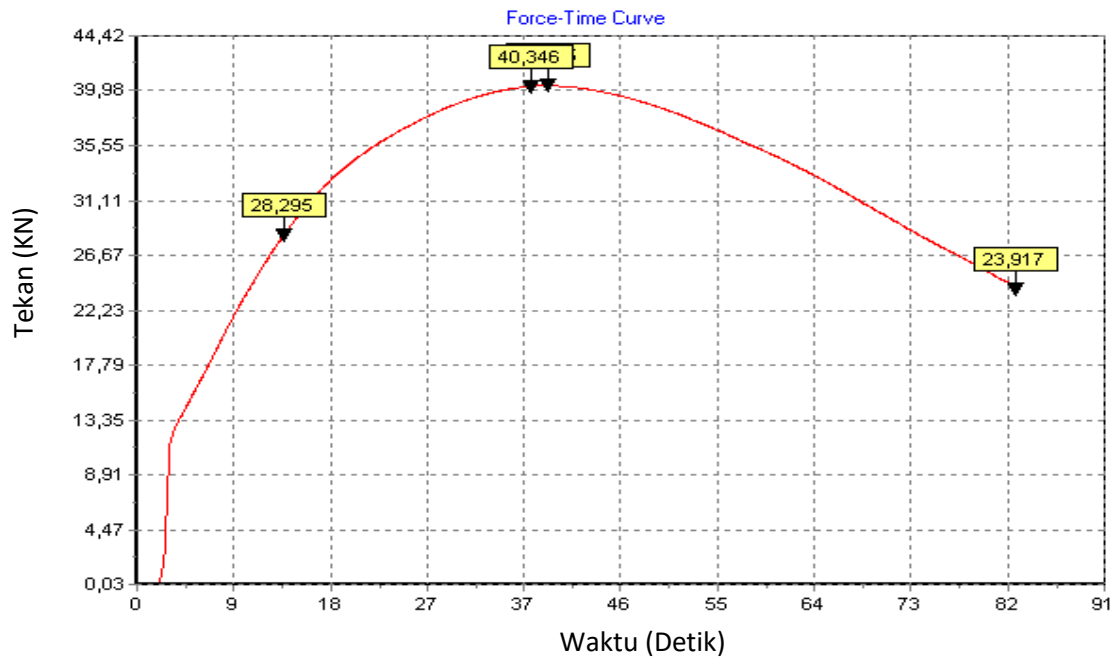
DAFTAR PUSTAKA

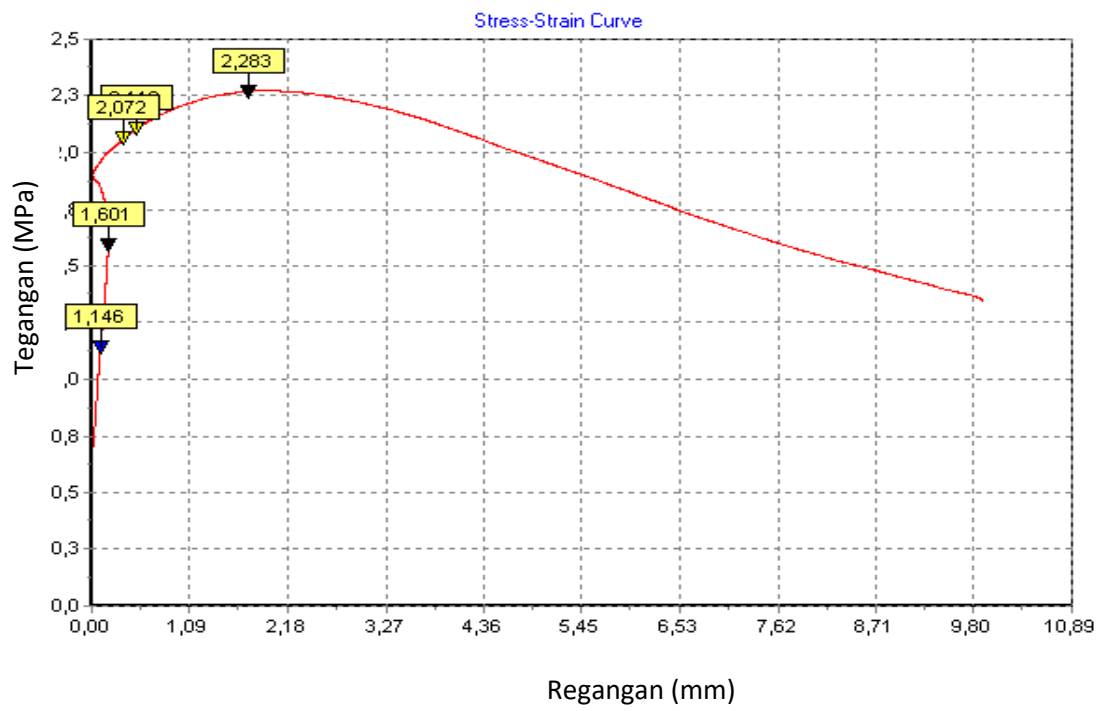
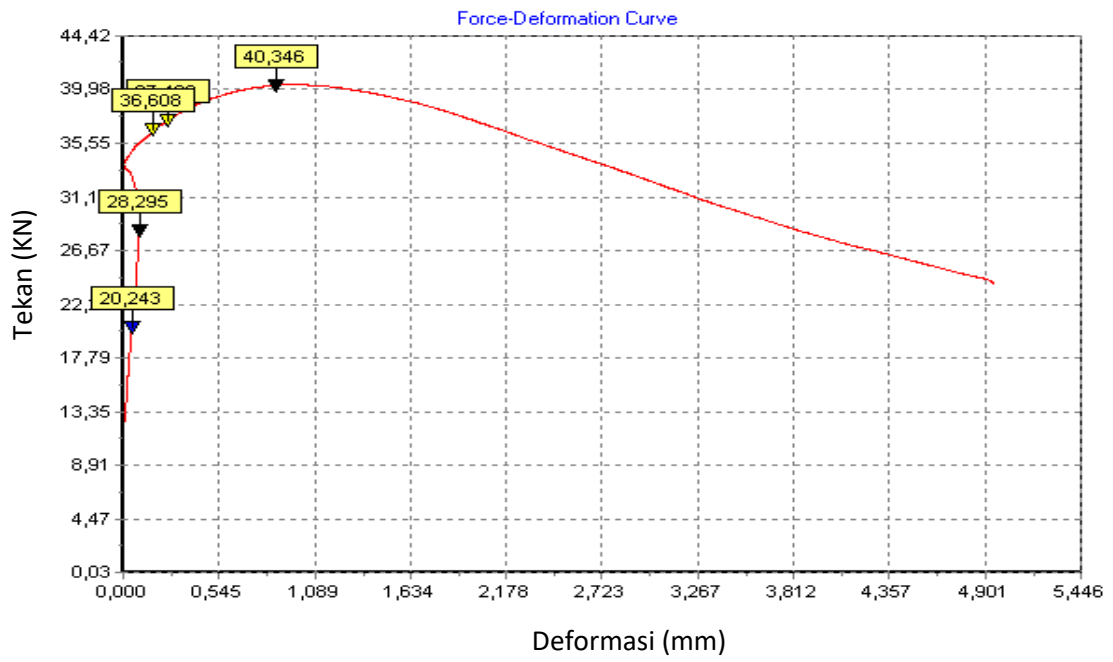
- Andi Kusnadi.” 2008. ANDI KUSNADI, no.
- Ahmad, I. A., Taufieq, N. A. S., & Aras, A. H. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 63. <https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>.
- Amaria. (2012). Adsorpsi Ion Sianida Dalam Larutan Menggunakan Adsorben Hibrida Aminopropil Silika Gel Dari Sekam Padi Terimpregnasi Aluminium (Adsorption Of Cyanide Ions In Solution Using A Hybrid Adsorbent Aminopropyl Silica Gel From Rice Husks Of Impregnated With).
- Astm C 33. (1986). Astm C 33-03. Standard Specification For Concrete Aggregates. United States : American Standard Testing And Material, I(C), 1–11.
- Dan, S. (n.d.). Analisis pengaruh beton dengan bahan admixture naphtalene
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal*, 3(1), 1–13. <https://www.journal.ubb.ac.id/index.php/fropil/article/view/1203>.
- Effendi, Z., Saidi, T., & Aulia, T. B. (2018). Studi Komparasi Variasi Jenis Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Fly Ash Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Aditif. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(3), 158–170. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i3.11781>.
- EFNARC. (2005). The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. The European Guidelines for Self Compacting Concrete, May, 63. <http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>.
- Galih Adya Taurano al., (2021). Analisis Uji Kuat Tekan Beton Dengan Substitusi Kapur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Semen.
- Hadipramana, J., Riza, F. V., Rahman, I. A., Loon, L. Y., Adnan, S. H., & Zaidi, A. M. A. (2016). Pozzolanic Characterization of Waste Rice Husk Ash (RHA) from Muar, Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012066>.
- Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P. (2014). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3698>.
- Hermant, J., Pack, P. D. F., Putaran, P., Pada, P., Ekst, P., Silika, R., Sekam, D., Skrips, P., Sulfat, K., Geopolimer, M., Precusor, D., Ash, F. L. Y., Abu, D. A. N., Padi, S., Abdurrachim, H., & Ut, D. (n.d.). *Pemanfaatan limbah abu sekam padi menjadi natrium silikat*.
- Harahap, W. R., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2019). *ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR (Studi Penelitian)*.
- Heldita, D. (2019). ... ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil, Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang,

Abu Sekam Padi Ex Desa (*Teknologi Aplikasi Konstruksi*): *Jurnal Program Studi* 8(1), 46–52. <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/download/799/570>.

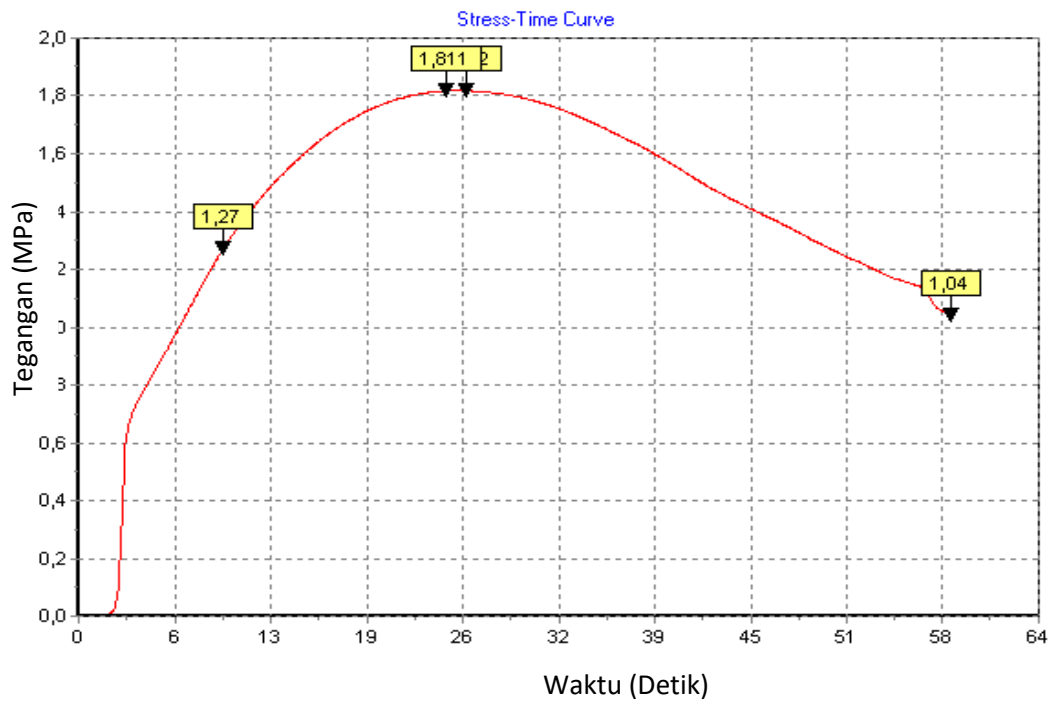
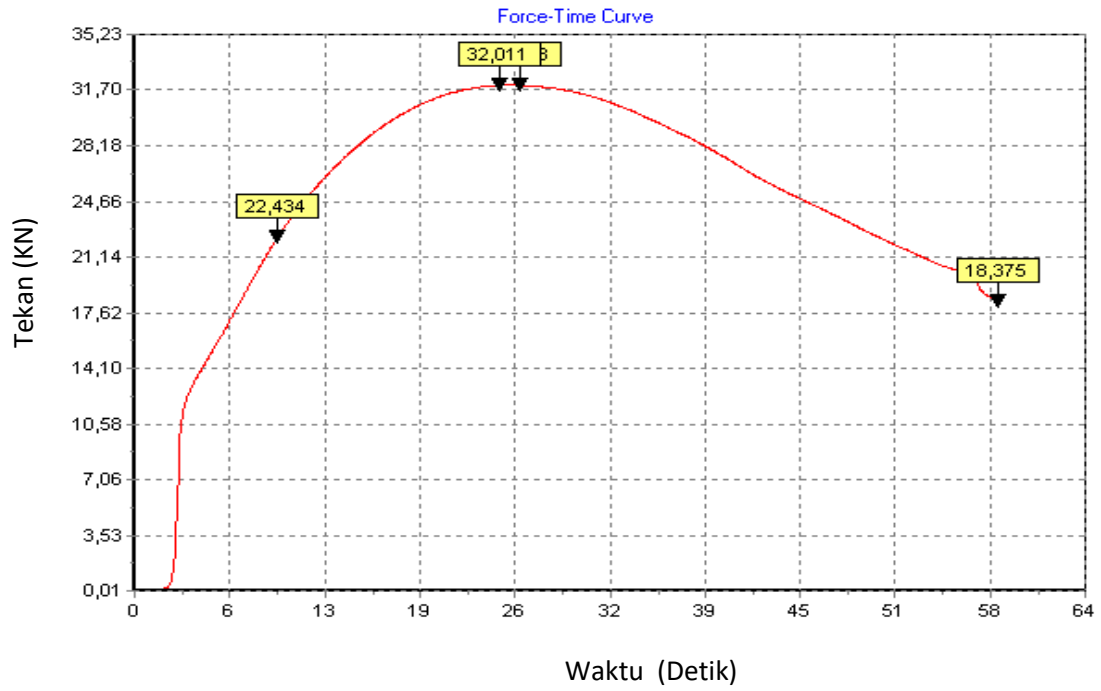
- Fajar, M. (2014). *Program studi teknik sipil fakultas teknik universitas muhammadiyah surakarta 2014*. 1–4.
- Harahap, W. R., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2019). *ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR (Studi Penelitian)*.
- Melinda, S., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2020). *Menggunakan Kapur Dan Batu Apung Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen*. 8(5).
- Prasetyo, Agus, L. teori tugas akhir penelitian beton. (1993). *Penelitian Beton*.
- Pris Hendri Lumban Tobing, Titik Penta Artiningsih, B. (2018). *Penggunaan Abu Sekam Padi Dan Ly Ash Sebagai Pen-Substitusi Semen Pada Pada Beton*. 1–9.
- Sandya, Y., Prihantono, & Musalamah, S. (2019). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 5(2), 59–63.
<https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/eb/issue/view/1755>
- Setiyarto, Y. D., & Pahlevi, M. H. A. (n.d.). Potensi Penggunaan Abu dan Kapur untuk Mengurangi Jumlah Semen dalam Campuran Beton Potential Use of Ashes and Lime to Reduce the Number of *Prosiding-Saintiks.Ftik.Unikom.Ac.Id*.
http://prosiding-saintiks.ftik.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/volume-2/vii-6-y.djoko-setiyarto-potensi-penggunaan-abu-dan-kapur-untuk-mengurangi-jumlah-semen.pdf/pdf/vii-6-y.djoko-setiyarto-potensi-penggunaan-abu-dan-kapur-untuk-mengurangi-jumlah-semen.pdf
- Trimurtiningrum, R. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Workabilitas, Resapan Dan Kekuatan Tekan Beton. *Jurnal Arsitektur*, V, 201–212.

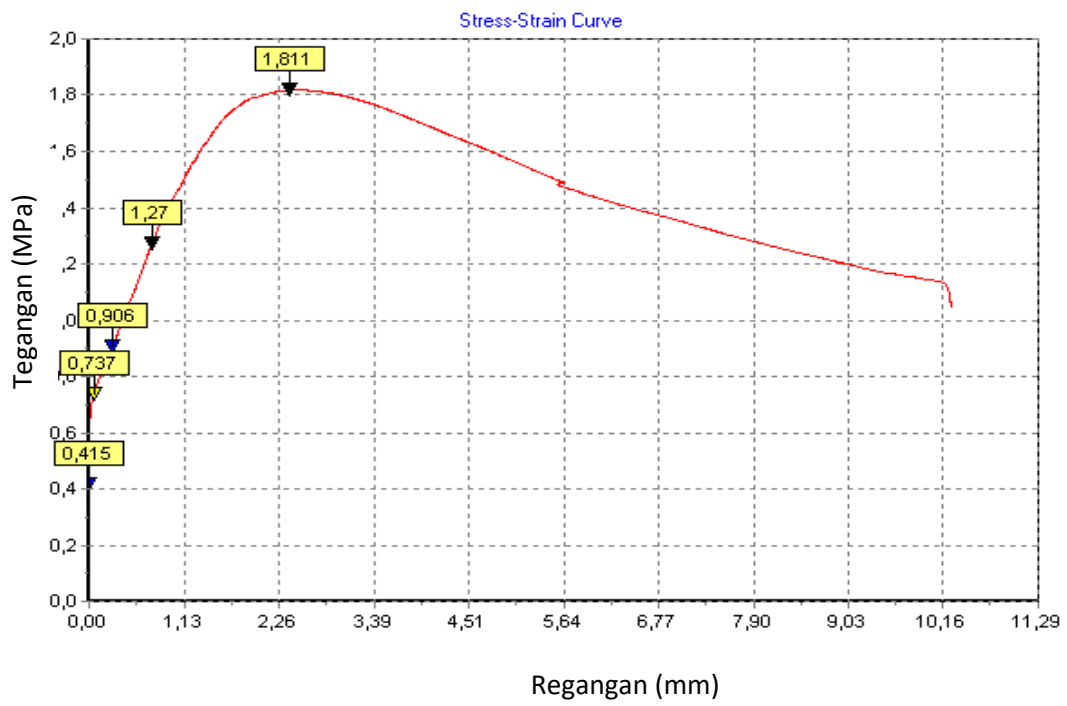
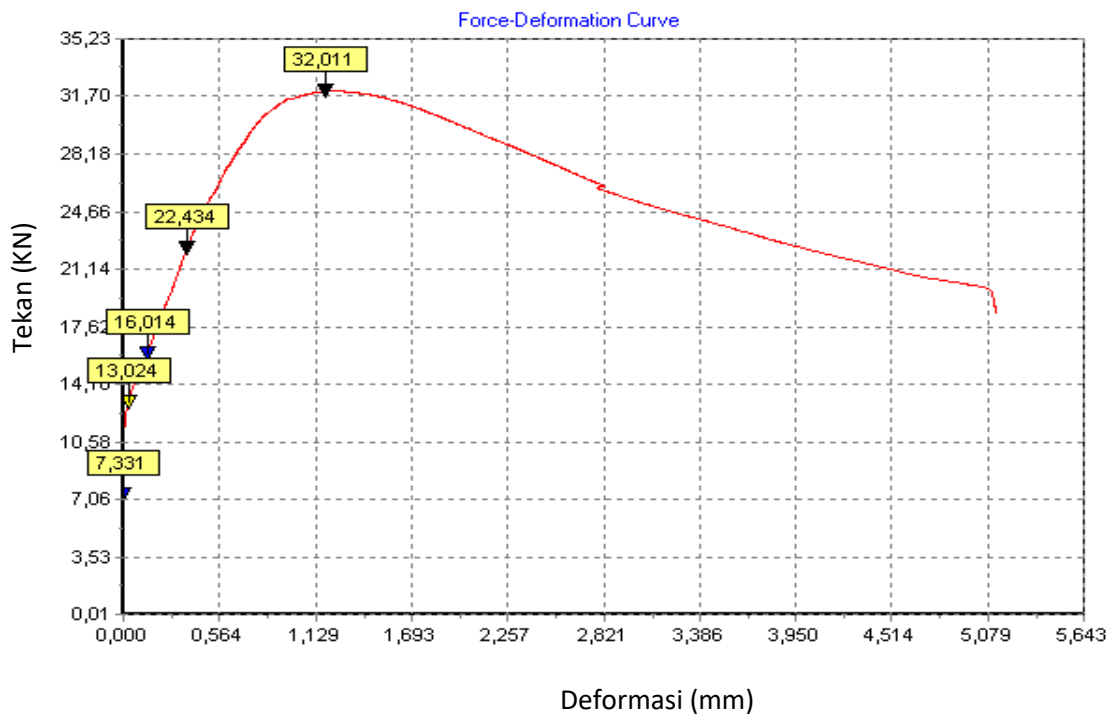
Grafik 50% Ca- 50% ASP



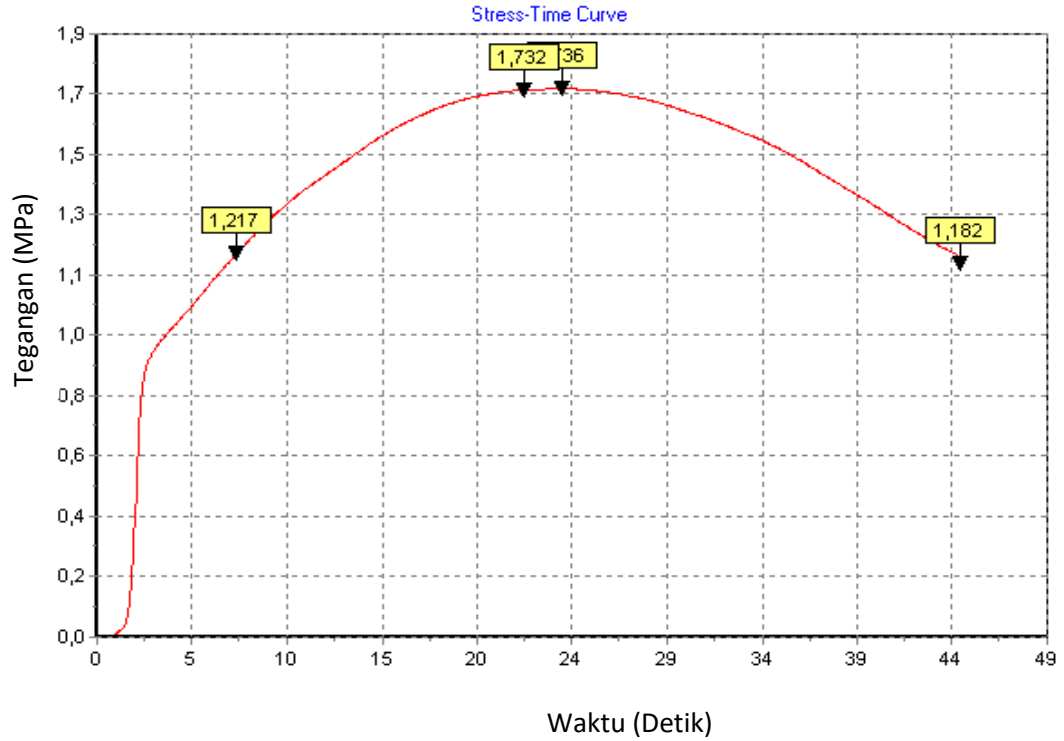
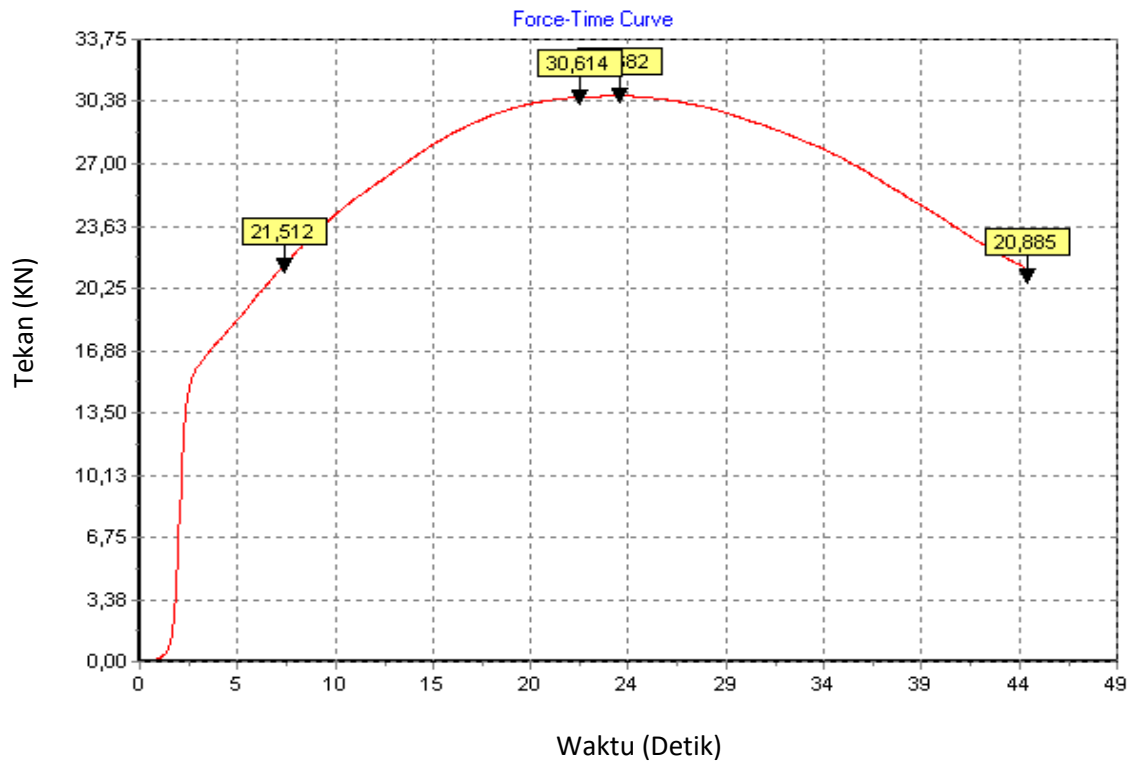


Grafik 70% Ca – 30% ASP





Grafik 80% Ca – 20% ASP



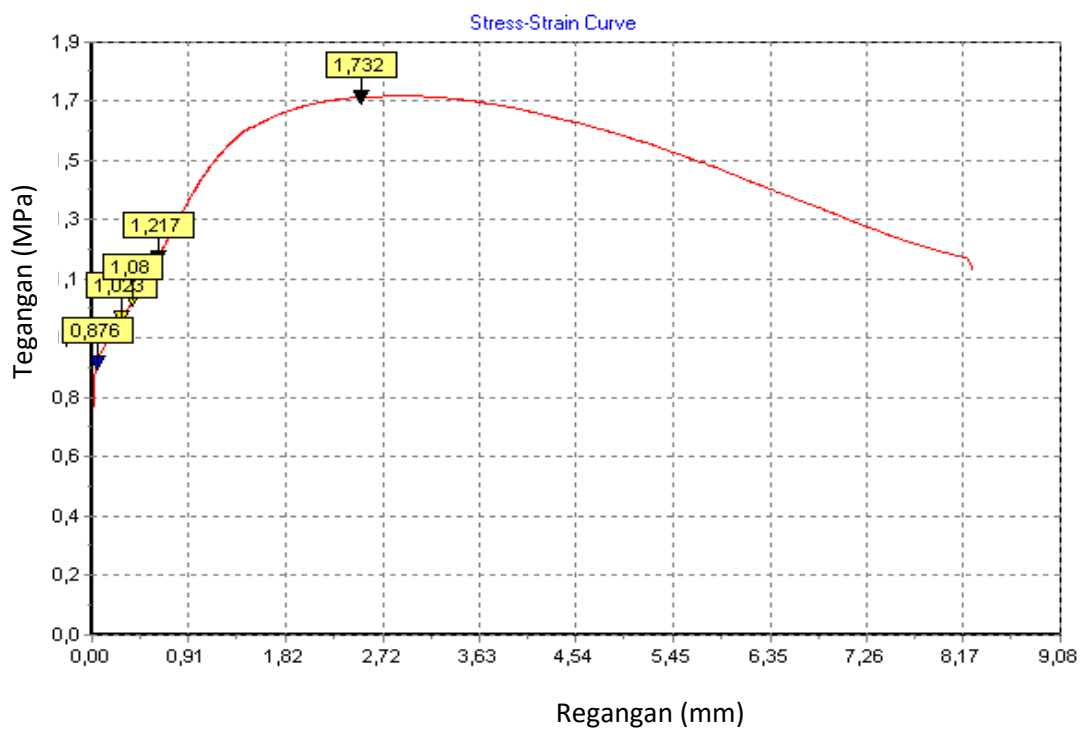
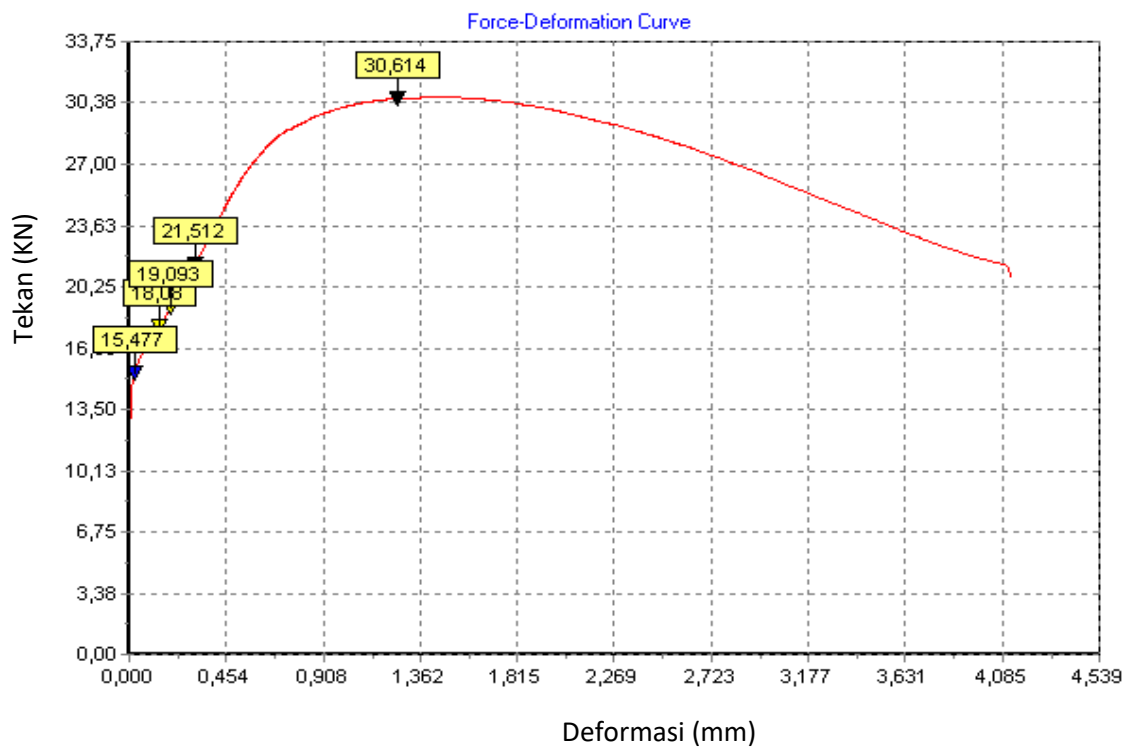


FOTO-FOTO DOKUMENTASI



Lampiran 1: Agregat kasar.



Lampiran 2: Agregat halus.



Lampiran 3: Air.



Lampiran 4: Abu Sekam Padi.



Lampiran 5: Kapur.



Lampiran 6: Saringan agregat kasar



Lampiran 7: Saringan agregat halus.



Lampiran 8: Cetakan benda uji



Lampiran 9: Oven.



Lampiran 10 : Gelas ukur .



Lampiran 11: Kerucut abrams.



Lampiran 12: Mixer beton.



Lampiran 13: Timbangan.



Lampiran 14: Tongkat penumbuk.



Lampiran 15: Besi plat 2m x 1m.



Lampiran 16: Bak perendaman.



Lampiran 17: Alat tulis.



Lampiran 18: Ember.



Lampiran 19: Plastik.



Lampiran 20: Sendok semen.



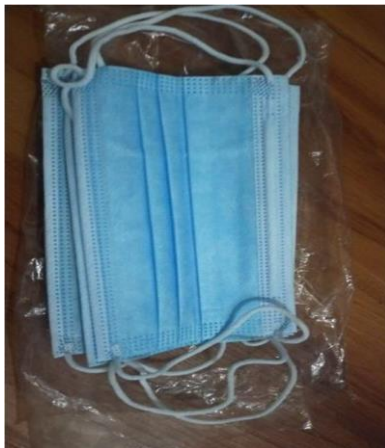
Lampiran 21: Penggaris.



Lampiran 22: Sekop tangan.



Lampiran 23: Skrap.



Lampiran 24: Masker.



Lampiran 25: Sarung tangan.



Lampiran 26: Proses pembuatan adukan beton.



Lampiran 27: Proses pengujian *slump test*.



Lampiran 28: Proses perojokan adukan beton.



Lampiran 29: Perendaman benda uji



Lampiran 30: Menimbang berat beton setelah perendaman



Lampiran 31: Pengujian kuat tekan



Lampiran 32: Pengujian modulus elastisitas

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama : Vicky Tuah Ananda
Tempat, Tanggal Lahir : Kutacane, 19 September 2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Desa Batu Mbulan Alsi Dusun Lawe Bulan
No.Hp : 0822-7742-7792
E-mail : vickytuahananda@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Awalludin, S.H
Ibu : Ratnawaty
No.Hp : 082161137251

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210012
Jurusan : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
1.	SD	SD Negeri Percontohan	2012
2.	SMP	SMP Negeri 1 Badar	2015
3.	SMA	SMA Negeri 1 Kutacane	2018