

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGGUNAAN LIMBAH ABU SEKAM PADI DAN BAHAN TAMBAHAN SIKAFUME TERHADAP PENYERAPAN DAN KUAT TEKAN BETON

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

DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD CHAIR SITOMPUL
(2107210039)



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Chair Sitompul
NPM : 2107210039
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan
Bahan Tambahan Sikafume Terhadap Penyerapan
Dan Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan tim penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPALA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan 30 Agustus 2025
Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Chair Sitompul
NPM : 2107210039
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan
Bahan Tambahan Sikafume Terhadap Penyerapan
Dan Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan tim penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 30 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

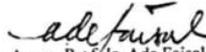
Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

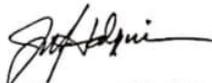


Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD .



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Chair Sitompul
Tempat,tanggal lahir : Serdang Bedagai, 27 Februari 2002
NPM : 2107210039
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya ,bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“Analisa Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Bahan Tambahan Sikafume Terhadap Penyerapan Dan Kuat Tekan Beton”

Bukan merupakan plagiatris mencuri hasil karya milik orang lain ,hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidak sesuai antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di prpses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiridan tidak ada atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi teknik sipil, Fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 30 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



10000
METERAL
TEMPEL
CE/30ANX054919477

Muhammad Chair Sitompul

ABSTRAK

ANALISA PENGGUNAAN LIMBAH ABU SEKAM PADI DAN BAHAN TAMBAHAN SIKAFUME TERHADAP PENYERAPAN DAN KUAT TEKAN BETON

Muhammad Chair Sitompul
2107210039

Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

Meningkatnya skala pembangunan, kebutuhan beton di masa yang akan datang juga semakin besar. Oleh karena itu, banyak percobaan dilakukan untuk menemukan sumber alami alternatif sebagai substitusi dari agregat alam. Contohnya adalah abu sekam padi (ASP). Proses pembakaran sekam padi menghasilkan unsur pozzolan dan mengandung silika yang mempunyai sifat meningkatkan kekuatan beton.. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa pengaruh penambahan abu sekam padi (ASP) dan sikafume (SF) terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada beton. Dalam penelitian ini, digunakan ASP 5%; 7,5%; dan 10%, lalu penambahan SF 5% setiap variasi. Hasil kuat tekan beton normal, kuat tekan beton SF, beton ASP 5%, 7,5%, 10% dan beton ASPSF 5%, 7,5%, 10%. Memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 24,05 Mpa, 24,80 Mpa, 22,85 Mpa, 26,69 Mpa, 29,66 Mpa, 21,61 Mpa, 23,87 Mpa, dan 24,06 Mpa. Pada penyerapan rata – rata sebesar 0,023%, 0,017%, 0,024%, 0,023%, 0,024%, 0,018%, 0,018%, dan 0,014%. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan ASP dapat menaikkan kuat tekan beton, pada campuran 10% ASP mengalami kenaikan 21% dari beton normal, mengalami penurunan 10,7% dari beton normal pada campuran 10% beton ASPSF. Penggunaan abu sekam padi memiliki sifat penyerapan yang tinggi sedangkan penggunaan abu sekam padi dengan sikafume memiliki sifat penyerapan yang rendah.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Sikafume, Kuat Tekan

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE USE OF RICE HUSK ASH AND SIKAFUME ADDITIONAL MATERIALS ON CONCRETE ABSORPTION AND COMPRESSIVE STRENGTH

Muhammad Chair Sitompul
2107210039

Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

The increasing scale of development, the need for concrete in the future will also be greater. Therefore, many experiments have been carried out to find alternative natural sources as a substitute for natural aggregates. An example is rice husk ash (ASP). The process of burning rice husks produces pozzolanic elements and contains silica which has the property of increasing concrete strength. The purpose of this study was to determine how much effect the addition of rice husk ash (ASP) and sikafume (SF) has on the compressive strength and water absorption of concrete. In this study, ASP 5%; 7.5%; and 10% were used, then the addition of SF 5% for each variation. The results of the compressive strength of normal concrete, compressive strength of SF concrete, ASP concrete 5%, 7.5%, 10% and ASPSF concrete 5%, 7.5%, 10%. Has an average compressive strength of 24.05 Mpa, 24.80 Mpa, 22.85 Mpa, 26.69 Mpa, 29.66 Mpa, 21.61 Mpa, 23.87 Mpa, and 24.06 Mpa. On average absorption of 0.023%, 0.017%, 0.024%, 0.023%, 0.024%, 0.018%, 0.018%, and 0.014%. It can be concluded that the use of ASP can increase the compressive strength of concrete, in a mixture of 10% ASP experienced an increase of 21% from normal concrete, experienced a decrease of 10.7% from normal concrete in a mixture of 10% ASPSF concrete. The use of rice husk ash has high absorption properties while the use of rice husk ash with sikafume has low absorption properties.

Keywords: Rice Husk Ash, Sikafume, Compressive Strength

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Bahan Tambahan *Sikafume* Terhadap Penyerapan Dan Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM. selaku Dosen Pembimbing dan sekaligus selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D. selaku Dosen Penguji I dan sekaligus selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, ST.,M.T. selaku Dosen Penguji II dan sekaligus selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Ir. Yakin Parlindungan Sitompul dan Ibunda Suriati yang dengan tulus memberi doa, kasih sayang, nasehat, serta dukungan semangat penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan kelompok penelitian.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

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

Medan, 30 Agustus 2025
Saya Yang Menyatakan



Muhammad Chair Sitompul

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK	ivv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan penelitian	2
1.4. Batasan masalah	2
1.5. Manfaat penelitian.	3
1.6. Sistematika Penulisan.	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Beton.	4
2.2. Material Pembentuk Campuran Beton	7
2.2.1. Semen	7
2.2.2. Agregat Halus.	9
2.2.3. Agregat kasar.	10
2.2.4. Air.	10
2.3. Bahan Tambahan.	11
2.3.1. Abu Sekam Padi.	11
2.3.2. Sikafume	12
2.4. Penyerapan Air Pada Beton	13
2.5. Penelitian Terdahulu.	14
BAB 3 METODE PENELITIAN	20

3.1. Metode Penelitian	20
3.2. Tahapan Penelitian	20
3.3. Teknik Pengumpulan Data	23
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.5. Alat dan Bahan	24
3.5.1. Alat	24
3.5.2. Bahan.	25
3.6. Pemeriksaan Material	25
3.7. Perencanaan Campuran Beton (Mix Desain).	26
3.7.1. Pemilihan Slump	27
3.7.2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum.	27
3.7.3. Perkiraan Air Pencampuran Dan Kandungan Udara.	27
3.7.4. Pemilihan rasio air-semen	29
3.7.5. Perhitungan Kadar Semen	30
3.7.6. Perkiraan Kadar Agregat Kasar	30
3.7.7. Perkiraan Kadar Agregat Halus	31
3.7.8. Penyesuaian Terhadap Kelembaban Agregat	32
3.7.9. Pengaturan Campuran Percobaan	33
3.8. Pemeriksaan slump	33
3.9. Pembuatan Benda uji	35
3.10. Perawatan (curing) Pada Benda Uji	36
3.11. Pengujian Kuat Tekan Beton	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Tinjauan Umum	39
4.2. Pemeriksaan Agregat Halus	39
4.2.1. Analisa Saringan Agregat Halus	39
4.2.2. Pengujian Kadar Air Agregat Halus	40
4.2.3. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	41
4.2.4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.	42
4.2.5. Pengujian Berat Isi Agregat Halus.	43
4.3. Pemeriksaan Agregat Kasar	43
4.3.1. Analisa Saringan Agregat Kasar	44

4.3.2.Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	45
4.3.3.Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	45
4.3.4.Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	46
4.3.5.Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	47
4.5.Pemeriksaan Abu Sekam Padi	48
4.4.Perencanaan Campuran Beton	49
4.4.1.Langkah – Langkah Perhitungan Mix Desain.	50
4.6.Kebutuhan Material	55
4.7.Hasil Pengujian Nilai Slump	57
4.8.Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	58
4.7.1. Hasil Kuat Tekan BN Dan BNSF	59
4.7.2. Hasil Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi .	59
4.7.3. Hasil Kuat Tekan Beton ASP Dengan Sikafume	60
4.9.Penyerapan Air Pada Beton	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1.KESIMPULAN	64
5.2.SARAN	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Hasil Pemeriksaan Senyawa Kimia Abu Sekam Padi (ASP)	12
Tabel 2.2: Analia Penelitian Terdahulu Pertama	14
Tabel: 2.3. Analia Penelitian Terdahulu Kedua	15
Tabel 2.4: Analia Penelitian Terdahulu Ketiga	17
Tabel 3.1: Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan kosntruksi (SNI 7656-2012)	27
Tabel 3.2: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah	28
Tabel 3.3: Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton (SNI 7656:2012)	29
Tabel 3.4: <i>lanjutan</i>	30
Tabel 3. 6: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656, 2012)	30
Tabel 3.7: Perkiraan awal berat beton segar	32
Tabel: 3. 8. JumlahVariasi benda uji beton	35
Tabel 4.1: Analisa Saringan Agregat Halus	40
Tabel 4.2: Pengujian Kadar Air Agregat Halus	40
Tabel 4.3: <i>lanjutan</i>	41
Tabel 4.4: Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	41
Tabel 4.5: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	42
Tabel 4.6: Hasil pengujian berat isi agregat halus	43
Tabel: 4. 7 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus	44
Tabel 4.8: Pengujian kadar Air agregat kasar.	45
Tabel 4.9: Pengujiankadar lumpur agregat kasar	46
Tabel: 4. 10 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	46
Tabel 4.11: <i>lanjutan</i>	47
Tabel 4.12: Hasil pengujian berat isi agregat kasar	47
Tabel 4.13: Pengujian Abu Sekam Padi	48
Tabel 4.14: Data - data hasil tes agregat	49
Tabel 4.15: Data kebutuhan Mix Design	49

Tabel 4.16: Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah (SNI-7656, 2012).	50
Tabel 4.17: Hubungan antara rasio air - semen (w/c) atau rasio air - bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton (SNI-7656, 2012).	51
Tabel 4.18: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656, 2012).	52
Tabel: 4. 19 Perkiraan awal berat beton segar (SNI-7656, 2012)	52
Tabel: 4. 20 Perbandingan berat bahan	54
Tabel 4.21: Nilai slump test	57
Tabel 4.22: Nilai kuat tekan beton	58
Tabel: 4. 23. Lanjutan	59
Tabel 4.24: Nilai Penyerapan Air Pada Beton	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Struktur Permukaan Abu Sekam Padi	12
Gambar 3.1: Diagram Ali Penelitian	22
Gambar 3. 2. Dimensi Kerucut Abrams	34
Gambar 3. 3. Sketsa Benda Uji	35
Gambar 3. 4. Setting Up Pengujian Kuat Tekan Beton	38
Gambar 4. 1. Grafik nilai slump test	58
Gambar 4.2: Kuat tekan rata-rata	61
Gambar 4.3: Nilai rata- rata penyerapan air pada beton	63
Gambar. 7. 1. Penjemuran Agregat Halus dan Kasar	69
Gambar. 7. 2. Pengujian Agregat Kasar Dan Halus	69
Gambar. 7. 3. Memasukan Agregat Kedalam Oven	70
Gambar. 7. 4. Analisa Saringan	70
Gambar. 7. 5. Memasukan Agregat Kedalam Mix	71
Gambar. 7. 6. Memasukan Beton Segar Kedalam Kerucut Abrams	71
Gambar. 7. 7. Memasukan Beton Ke dalam cetakan	72
Gambar. 7. 8. Pengujian Slump Test	72
Gambar. 7. 9. Penimbang Beton sebelum perendaman	73
Gambar. 7. 10. Perendaman Beton	73
Gambar. 7. 11. Pengangkatan Beton Setelah Perendaman	74

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penumpukan yang terjadi pada limbah diakibatkan oleh pengolahan limbah yang kurang optimal. Salah satu jenis limbah yang paling banyak ditemui adalah limbah pertanian, terutama di daerah pedesaan. (Aryastana, 2020). Limbah pertanian merupakan limbah yang berasal dari sisa hasil produksi produk pertanian, contohnya adalah sekam padi dan abu sekam padi (ASP). Sebab masyarakat Indonesia menjadikan nasi sebagai makanan pokok, terutama di pulau jawa, sumatera, bali, dan sebagian besar wilayah Indonesia. Berdasarkan hasil survei Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara produksi padi pada tahun 2024 diperkirakan sebesar 2,2 juta ton. Berat sekam padi adalah 20% dari berat padi sehingga jika dihitung dan diumpamakan seluruh sekam padi sebesar 440.000 ton. Dari studi Handayani Proses pembakaran sekam padi menghasilkan unsur pozzolan dan mengandung silika yang mempunyai sifat meningkatkan kekuatan beton (Aski dkk 2021). Dari studi Putro & Prasetyoko Bila silika dan pozzolan dicampur semen akan meningkatkan kekuatan beton. Sekam padi dapat diubah menjadi abu dengan kadar silika tinggi berbentuk amorphous untuk keperluan industri melalui proses dibakar secara terkontrol (Aski dkk 2021).

Beton merupakan elemen yang sangat penting untuk melakukan pengerjaan bangunan konstruksi. Elemen yang satu ini dapat mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Beton dibentuk oleh campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, air, agregat halus, agregat kasar, dengan atau tanpa bahan tambahan.(SNI 03-2834, 2000) Beton mengalami perkembangan yang sangat pesat dari masa ke masa, mulai dari bentuk hingga jenisnya telah sangat beragam dan bisa disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi.

Sika fume, disebut juga silica fume, adalah produk yang diperoleh melalui reduksi kuarsa berkemurnian tinggi dengan kokas dalam tanur listrik dalam produksi silicon dan ferosilikon. Sika Fume adalah generasi terbaru campuran beton dalam bentuk bubuk halus berdasarkan teknologi Silica Fume. Asap Sika

digunakan sebagai aditif yang sangat efektif untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi yang sesuai dengan standar ASTM C1240-00. (Data Teknis PT Sika Nusa Indonesia).

1.2. Rumusan masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan dan penyerapan air ?
2. Bagaimana dengan penambahan sikafume dapat menaikkan kuat tekan dan penyerapan air pada beton abu sekam padi ?.

1.3. Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton dan penyerapan air.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Sikafume pada beton yang mengandung abu sekam padi, terhadap kuat tekan dan penyerapan air.

1.4. Batasan masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode standart nasional Indonesia (SNI 7656 2012)
2. Abu sekam padi yang digunakan berasal dari limbah yang terdapat di daerah deliserdang dan setitarnya.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah split dari binjai
4. Semen yang digunakan semen type 1 adalah *Portland composite cement* (ppc).
5. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton dan penyerapan beton adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
6. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari untuk semua variasi beton.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kuat tekan dan penyerapan beton dengan variasi tambahan abu sekam padi dan sikafume sebagai bahan kimia tambahan
2. Memanfaatkan limbah sekam padi sebagai bahan tambah atau bahan penganti dari campuran beton dan mengurangi limbah yang ada disekitar lingkungan
3. Diharapkan menjadi bahan pertimbangan jika penelitian ini berhasil dapat di laksanakan dilapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 Metodologi Penelitian

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

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

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

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Bedasarkan SNI 2847:2013 didefinisikan Beton adalah bahan konstruksi yang tersusun dari campuran agregat kasar, agregat halus, semen (Portland cement), air dan bahan tambahan (admixture atau additive) atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Beton sangat banyak diminati masyarakat dalam konstruksi bangunan karena memiliki kuat tekan tinggi, daya tahan lama, kemampuan menahan berbagai beban dan nilai yang ekonomis. Beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Meningkatnya permintaan beton menjadikan tingginya keperluan bahan dasar penyusunnya. Mulyono (2005) menyatakan bahwa produk beton identic dengan kehancuran Lingkungan hidup, dimulai dari proses penambangan kapur, proses pembakaran dan emisi karbon ke atmosfer. oleh sebab itu diperlukan inovasi beton ramah lingkungan guna keberlanjutan pembangunan infrastruktur tanpa merusak lingkungan, (Aryastana, 2017).

Secara umum adapun kelebihan dan kelemahan penggunaan beton (Tjokrodimulyo, 2007) adalah sebagai berikut:

Kelebihan beton adalah sebagai berikut.

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton adalah sebagai berikut.

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

Klasifikasi beton dilakukan berdasarkan berbagai kriteria seperti kuat tekan, berat jenis, fungsi, cara pengoperasian, formulasi bahan, ketahanan lingkungan, dan waktu pengerasan. Setiap jenis beton mempunyai kelebihan dan sifat unik yang membuatnya cocok untuk aplikasi konstruksi tertentu.

Beton berdasarkan fungsi dan pengaplikasiannya antara lain:

1. Beton konvensional
Beton yang dibuat dengan komposisi standar (semen, air, agregat halus, agregat kasar) tanpa tambahan bahan khusus. Digunakan untuk struktur umum seperti lantai, dinding, dan fondasi.
2. Beton bertulang (Reinforced Concrete)
Menggunakan baja tulangan sebagai penguat untuk meningkatkan kekuatan tarik beton. Cocok untuk elemen struktural seperti kolom, balok, dan plat lantai.
3. Beton Prategang (Prestressed Concrete)
Menggunakan kabel atau batang baja yang diberi tegangan sebelum pengecoran untuk meningkatkan kekuatan menahan beban tarik. Umumnya digunakan pada jembatan, balok panjang, dan lantai gedung bertingkat.
4. Beton Pracetak (Precast Concrete)

Dicetak dan dikeraskan di luar lokasi proyek, kemudian dipasang di lokasi. Digunakan untuk elemen seperti balok, kolom, dan panel dinding.

5. Beton Ringan (Lightweight Concrete)

Menggunakan agregat ringan (seperti batu apung) untuk mengurangi berat total beton. Digunakan untuk elemen non-struktural atau struktur bertingkat tinggi.

6. Beton Kinerja Tinggi (High-Performance Concrete)

Beton yang memiliki karakteristik khusus, seperti kekuatan tekan tinggi, durabilitas tinggi, atau ketahanan terhadap serangan kimia dan suhu ekstrem.

7. Beton Self-Compacting

Beton yang memiliki kemampuan mengalir sendiri tanpa perlu pemadatan manual. Cocok untuk struktur yang kompleks atau sulit dijangkau oleh alat pemadat.

8. Beton Serat (Fiber Reinforced Concrete)

Mengandung serat (seperti serat baja, kaca, atau plastik) yang ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap retak, keausan, dan benturan.

9. Beton Aspal (Asphalt Concrete)

Campuran agregat dan aspal yang digunakan untuk pembangunan jalan.

10. Beton Siklop (Cyclopean Concrete)

Beton dengan campuran batu besar (cyclopean stone) yang digunakan untuk struktur massa besar seperti bendungan dan dinding penahan tanah.

Berdasarkan kuat tekan beton dapat dibagi menjadi tiga kriteria, yaitu :

1. Beton mutu Rendah (Low Strength Concrete), memiliki kuat tekan < 20 MPa digunakan untuk struktur tanpa beban seperti trotoar, jalan kecil (sempit), dinding pemisah dan lain-lain.
2. Beton mutu normal (Normal Strength Concrete), memiliki kuat tekan $20 - 40$ MPa umumnya digunakan untuk konstruksi bangunan bertingkat rendah dan menengah.

3. Beton mutu tinggi (High Strength Concrete), memiliki kuat tekan >40 MPa digunakan untuk struktur bangunan bertingkat tinggi seperti jembatan, gedung bertingkat tinggi, dan proyek infrastruktur besar.

2.2. Material Pembentuk Campuran Beton

Material yang digunakan pada campuran pembentuk beton terdiri dari bahan-bahan utama yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan bila dibutuhkan. Dalam campuran ini abu sekam padi telah digunakan sebagai pengganti semen, dan penambahan bahan kimia sikafume dalam campuran ini berperan untuk menaikkan kuat tekan beton dan penyerapannya. Dalam pembuatan campuran beton bahan yang digunakan harus berkualitas baik dan memenuhi syarat-syarat SNI yang telah ditetapkan untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi dan penyerapan yang baik. Bahan yang digunakan meliputi:

2.2.1. Semen

Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air, hal ini disebut hidrasi, dan terjadi proses pembekuan hingga membentuk batu padat, dan setelah pembekuan, bahan tersebut tetap mempertahankan kekuatan dan kestabilannya bahkan di dalam air. Fungsi semen adalah untuk mengikat partikel-partikel agregat menjadi satu sehingga membentuk massa padat dan juga untuk mengisi rongga antar partikel agregat. Semen terbagi dalam beberapa jenis yaitu:

1. Semen Abu atau semen portland adalah bubuk (bulk) berwarna abu kebirubiruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur / gamping dengan kadar Kalsium tinggi yang diolah dalam tanur dengan suhu 1400°C dan dengan tekanan yang tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini berdasarkan persentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 tipe, yaitu tipe I sampai tipe V.
2. Semen Putih (gray cement) adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (finishing), sebagai

filler atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (calcite) murni.

3. Oil Well Cement atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. Mixed dan Fly Ash Cement adalah campuran semen abu dengan Pozzolan buatan (fly ash). Pozzolan buatan (fly ash) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batu bara yang mengandung Amorphous Silica, Aluminium, dan Oksida lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

Salah satu jenis semen yang umum digunakan dalam pembuatan beton adalah semen Portland, yang terbuat dari campuran kalsium (Ca), silika (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3). Joseph Aspdin merupakan penemu semen Portland, pada tahun 1824 Joseph Aspdin mematenkan produknya di Inggris. Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dibuat dengan menghancurkan dan mencampurkan klinker dengan kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang dicampurkan dengan bahan baku utama. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi Standar Pengujian Bahan Bangunan Indonesia 1986 atau SII.0013-81 yang diadopsi dari ASTM C150 (1985).

Berdasarkan persentase kandungan penyusun, semen portland terdiri dari 5 tipe yaitu:

1. Semen Portland Tipe I adalah semen portland umum (normal portland cement) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Semen Portland Tipe II adalah semen portland yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.

3. Semen Portland Tipe III adalah semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi (high early strength portland cement). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi,
4. Semen Portland Tipe IV adalah semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (low heat portland cement). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.
5. Semen Portland Tipe V adalah semen portland yang tahan Sulfat (sulfat resisting portland cement). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena Sulfat, seperti di tanah/air yang kadar Alkalinya tinggi.

2.2.2. Agregat Halus.

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm. Agregat halus disebut juga dengan pasir, pasir bisa diperoleh dari 8 sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu (Prayuda, 2016). Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

1. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
2. Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding.
3. Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80. Agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali.
4. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.

2.2.3. Agregat kasar.

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butiran lebih besar dari 4,80 mm. Agregat kasar disebut juga sebagai kerikil, kericak, batu pecah, atau split (Prayuda, 2016). Adapun syarat-syarat agregat kasar yang baik untuk bahan campuran beton, antara lain sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur yang maksimum 1%.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
3. Agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
4. Agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
5. Agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yang hancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.

2.2.4. Air.

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam campuran beton dan memiliki harga yang paling murah. Saat membuat beton, air yang digunakan harus bersih dan bebas dari zat berbahaya seperti minyak, tanaman, dan bahan lainnya. Air memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan dan kemampuan kerja beton. Terlalu banyak air dapat melemahkan beton dan menyebabkannya segregasi. Air dan semen mencapai permukaan campuran beton yang baru dituang. Kemudahan pembuatan beton sangat bergantung pada jumlah air. Untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan dan memiliki kekuatan yang konsisten, perlu menjaga rasio air terhadap semen, yang dikenal sebagai rasio air-semen.

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. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung.

2.3. Bahan Tambahan

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari campuran beton itu sendiri

2.3.1. Abu Sekam Padi.

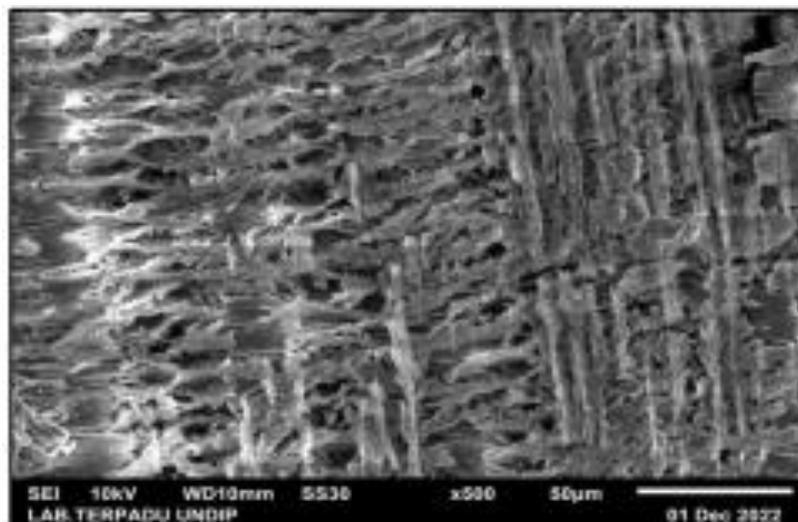
Padi merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban untuk bahan pangan, terutama di bagian negara Asia. Abu sekam padi merupakan hasil dari pembakaran tanaman padi yang menjadi arang. Proses pembakaran sekam padi menghasilkan unsur pozzolan dan mengandung silika yang memiliki sifat meningkatkan kekuatan pada beton. Bila silika dan pozzolan dicampur dengan semen, akan meningkatkan kuat tekan pada beton. Sekam padi dapat diubah menjadi abu dengan kadar silika yang tinggi berbentuk amorf untuk keperluan industri melalui proses pembakaran yang terkontrol (Hendrawat dkk, 2018).

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada sampel abu sekam padi oleh Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro, didapatkan bahwa senyawa kimiayang dominan terkandung dalam sampel adalah senyawa SiO₂ (Silika) sebesar 91,13%. Oleh karena itu, berdasarkan standar ACI 234R-96, abu sekam

padi dapat digolongkan kedalam bahan tambahan jenis silica fume yang memiliki senyawa kimia berupa SiO_2 (Silika) lebih dari 85% dan dapat digunakan pada campuran beton.(Farhan., 2023a)

Tabel 2.1: Hasil Pemeriksaan Senyawa Kimia Abu Sekam Padi (ASP)

NO	Nama Sampel Uji	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Metode (SNI) / Alat
1	SP (MP-01)	C	% Berat	5,19	SEM EDX
		MgO		0,59	
		SiO_2		91,13	
		K_2O		1,50	
		CaO		0,92	
		FeO		0,67	



Gambar 2.1: Struktur Permukaan Abu Sekam Padi

2.3.2. Sikafume

Silica fume merupakan mineral admixture berupa material pozzolan yang halus. Silica fume berperan sebagai filler dan bahan pozzoland yang bereaksi secara kimia pada campuran beton. Silica fume memiliki ukuran yang sangat halus berkisar antara 0,1-1 mikron, lebih kecil dibandingkan butiran semen yang berkisar antara 5-50 mikron. Dengan ukuran partikel yang sangat halus, silica fume memiliki kemampuan untuk mengisi ronggarongga diantara butiran semen

sehingga campuran beton mengalami proses penjenuhan (lebih rapat) yang dapat meningkatkan kuat tekan pada beton .(Sopa N.R et al., 2023)

Ada beberapa keuntungan dalam memakai sikafume pada campuran beton. Keuntungan ini dapat di tinjau dari dua kondisi, diantaranya:

A. Saat beton dalam proses pengikatan:

1. Memudahkan pekerjaan (workability).
2. Mengurangi perembesan air dan beton (bleeding).
3. Memberikan waktu pengikatan (setting time) yang lama.

B. Saat beton dalam kondisi keras:

1. Meningkatkan kuat tarik.
2. Meningkatkan kuat lentur.
3. Memperkecil susut dan rangkai.
4. Meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan dari lingkungan agresif.
5. Sebagai penetrasi klorida.
6. Permeabilitas lebih kecil.

2.4. Penyerapan Air Pada Beton

Penyerapan air (water absorption) adalah banyak air yang dapat diserap oleh beton yang sudah jadi dari kondisi kering lapangan hingga kondisi basah pada saat perendaman 28 hari. Daya serap air adalah kemampuan serat untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh, artinya hingga serat tidak mampu menyerap air lagi karena sudah penuh. Besar kecilnya penyerapan air pada benda uji sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga. Semakin banyak poripori yang terkandung dalam benda uji maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang (Cristyan ,2020).

$$PPA = \frac{Mb - Mk}{Mk} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dengan:

PPA = Presentase Penyerapan Air (%)

Mb = Massa Basah (gr) (massa setelah direndam selama 24 jam)

Mk = Massa Kering (gr) (massa sebelum direndam selama 24 jam)

2.5. Penelitian Terdahulu.

Tabel 2.2: Analisa Penelitian Terdahulu Pertama

Nama penulis	Hendramawat Aski Safarizki, Marwahyudi dan Wahyu Aji Pamungkas.
Judul jurnal	BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA ERA NEW NORMAL
Jurnal	<i>Jurnal Riset Rekayasa Sipil</i>
Volume dan halaman	Volume 4, Halaman : 64-67
Tahun	2021
Reviewer	Muhammad chair sitompul
Tanggal	17 Desember 2024
Latar belakang	Latar belakang penelitian ini menjelaskan bahwa dalam era new normal, terjadi perlambatan kegiatan konstruksi di Indonesia akibat hambatan dalam arus transportasi barang material konstruksi. Beton merupakan komponen utama dalam bangunan, dan pengembangan inovasi komponen beton perlu dilakukan untuk mengurangi pemakaian semen yang berlebihan, yang dapat menghasilkan panas tinggi. Pemanfaatan abu sekam padi sebagai alternatif ramah lingkungan dalam campuran beton diusulkan untuk mengurangi penggunaan semen dan mencapai kuat tekan yang lebih tinggi
Tujuan	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan campuran beton yang dapat meningkatkan kuat tekan beton dan mengurangi kadar semen dalam mix design beton tanpa mengakibatkan penurunan kuat tekan beton yang direncanakan
Metodologi	Metodologi penelitian ini adalah penelitian destruktif laboratorium menggunakan sampel benda uji. Pembuatan benda uji dibedakan berdasarkan kadar abu sekam padi yang sudah ditentukan, yaitu 8%, 9%, 10%, 11%, dan 12%. Sampel silinder beton yang digunakan berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan pengujian dilakukan pada umur silinder beton 28 hari
Kesimpulan	Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton dapat menciptakan beton yang ramah lingkungan dan meningkatkan kuat tekan beton. Kadar

	optimal abu sekam padi yang digunakan adalah 10%, yang menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 25,70 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal yang hanya mencapai 22,39 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dapat mengurangi penggunaan semen tanpa mengurangi kekuatan beton.
Kelebihan	Kelebihan dari penggunaan abu sekam padi dalam campuran beton adalah dapat meningkatkan kuat tekan beton dan mengurangi penggunaan semen. Penelitian menunjukkan bahwa kadar optimal abu sekam padi yang digunakan adalah 10%, yang menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 25,70 MPa, lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal yang hanya mencapai 22,39 MPa. Selain itu, penggunaan abu sekam padi juga merupakan alternatif ramah lingkungan dalam kondisi era new normal
Kekurangan	

Tabel: 2.3. Analia Penelitian Terdahulu Kedua

Nama penulis	Muhammad Farhan, M. Nuklirullah, Fetty Febriasti Bahar
Judul jurnal	Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton
Jurnal	Jurnal Teknik
Volume dan halaman	Volume 21, Halaman : 58-67
Tahun	2023
Reviewer	Muhammad chair sitompul
Tanggal	17 Desember 2024
Latar belakang	Latar belakang penelitian ini adalah penumpukan limbah yang merupakan isu lingkungan yang masih banyak ditemui, terutama limbah pertanian seperti sekam padi dan abu sekam padi (ASP). Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai bahan tambahan dalam campuran beton terhadap kekuatan tekan beton, dengan mempertimbangkan bahwa penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton pada rentang 7,5%-10%
Tujuan	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari dan menguji pengaruh penambahan abu sekam padi yang

	digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton terhadap kekuatan tekan beton
Metodologi	Metodologi penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen untuk melihat pengaruh dan hubungan limbah abu sekam padi (ASP) yang ditambahkan sebagai bahan tambahan terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini membahas efek penggunaan limbah ASP sebagai bahan tambahan terhadap kekuatan tekan beton, dengan variasi substitusi abu sekam padi yang digunakan adalah 0%, 6%, 8%, 10%, dan 12% terhadap berat semen. Uji kuat tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 15 x 30 cm dan umur 28 hari
Kesimpulan	Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan tambahan dalam campuran beton dapat meningkatkan kualitas beton, terutama pada penambahan 10% yang menghasilkan kuat tekan optimal sebesar 29,32 MPa, meningkat 25,41% dibandingkan beton normal (0%). Penambahan 12% ASP menyebabkan penurunan kuat tekan menjadi 27,48 MPa, namun tetap lebih tinggi dari beton normal. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengeksplorasi variasi penambahan antara 8% hingga 12% untuk menentukan titik balik penurunan kuat tekan.
Kelebihan	Kelebihan penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan tambahan dalam campuran beton antara lain: <ol style="list-style-type: none"> 1. Peningkatan Kekuatan Tekan: Penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton, terutama pada penambahan 10% yang menghasilkan kuat tekan optimal sebesar 29,32 MPa, meningkat 25,41% dibandingkan beton normal (0%) 2. Kandungan Silika Tinggi: Abu sekam padi memiliki kandungan silika (SiO₂) yang tinggi, yaitu sebesar 91,13%, yang dapat membantu proses hidrasi semen dan meningkatkan kualitas beton 3. Pemanfaatan Limbah: Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambahan merupakan upaya pemanfaatan limbah pertanian yang menumpuk, sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan dari limbah tersebut. 4. Meningkatkan Kualitas Beton: Penggunaan abu sekam padi dapat meningkatkan kualitas beton dengan mengisi rongga pada beton, sehingga

	membuat beton lebih padat
Kekurangan	<p>Kekurangan penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan tambahan dalam campuran beton antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penurunan Kekuatan Tekan pada Penambahan Tinggi: Penambahan abu sekam padi sebesar 12% menyebabkan penurunan kuat tekan beton menjadi 27,48 MPa, yang merupakan penurunan sebesar 6,28% dari kuat tekan tertinggi pada variasi 10% . 2. Optimalisasi Penggunaan: Masyarakat masih memanfaatkan limbah abu sekam padi secara kurang optimal, yang menunjukkan bahwa ada potensi yang belum sepenuhnya dimanfaatkan dalam penelitian ini 3. Keterbatasan Variasi Penambahan: Penelitian ini hanya menguji variasi penambahan abu sekam padi hingga 12%, sehingga tidak dapat memberikan informasi tentang efek penambahan di atas 12% atau di antara variasi 8% hingga 12% secara lebih detail

Tabel 2.4: Analia Penelitian Terdahulu Ketiga

Nama penulis	Johnson Adegaye Adebola, Catherine Mayowa Ikumapayi, Chinwuba Arum
Judul jurnal	Effectiveness of Rice Husk and Sugarcane Bagasse Ashes Blended Cement in Improving Properties of Concrete
Jurnal	<i>Journal of Materials Science and Chemical Engineering</i>
Volume dan halaman	Volume 11, Halaman : 1-19
Tahun	2023
Reviewer	Muhammad chair sitompul
Tanggal	14 Januari 2025
Latar belakang	Latar belakang penelitian ini adalah meningkatnya permintaan dan biaya bahan bangunan alami akibat eksplorasi sumber daya alam yang terbatas, perubahan gaya hidup manusia, dan urbanisasi yang meningkat. Penggunaan bahan alternatif dari limbah industri, konstruksi, dan pertanian seperti abu sekam padi (RHA) dan abu ampas tebu (SBA) dianggap sebagai solusi untuk

	<p>pengelolaan sampah yang efektif melalui daur ulang dan sebagai pengganti bahan konvensional dalam industri konstruksi</p>
Tujuan	<p>Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas semen campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu (RHASBABC) terhadap permeabilitas dan sorptivitas beton, serta untuk meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton dengan meningkatkan distribusi pori-pori dan fitur morfologi beton serta memberikan ketahanan yang lebih tinggi terhadap panas/suhu</p>
Metodologi	<p>Metodologi penelitian ini meliputi beberapa tahap pengujian dan analisis untuk mengevaluasi sifat beton yang mengandung abu sekam padi (RHA) dan abu ampas tebu (SBA). Pertama, dilakukan pembuatan campuran beton dengan variasi penggantian semen secara parsial menggunakan RHASBA pada tingkat 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat semen, dengan rasio air-semen tetap 0,45 dan kandungan bahan pengikat konvensional sebesar 350 kg/m³ [4].</p> <p>Selanjutnya, dilakukan pengujian sifat mikrostruktural beton yang meliputi pemeriksaan morfologi menggunakan SEM, analisis difraksi sinar-X (XRD), serta analisis termal seperti TGA dan DTA untuk memahami fitur intrinsik beton setelah uji durabilitas.</p> <p>Pengujian sifat durabilitas meliputi uji permeabilitas dan sorptivitas. Uji permeabilitas dilakukan dengan metode Uji Penetrasi Klorida Cepat (RCPT), di mana spesimen beton ditempatkan dalam sel migrasi dengan larutan NaCl dan NaOH, kemudian arus listrik diukur selama 6 jam untuk menilai ketahanan terhadap penetrasi ion klorida</p> <p>Uji sorptivitas dilakukan dengan cara mengeringkan sampel beton, kemudian merendam sebagian dalam air dan</p>

	<p>mengukur pertambahan massa pada waktu tertentu untuk mendapatkan laju penyerapan air</p> <p>Pengujian kekuatan tekan dan kekuatan lentur juga dilakukan untuk menilai peningkatan sifat mekanik beton akibat penambahan RHASBA. Data dari semua pengujian ini dianalisis untuk menentukan pengaruh variasi penggantian semen terhadap sifat fisik dan mekanik beton, serta sifat durabilitasnya</p>
Kesimpulan	<p>Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan bahan pozzolan RHASBA (hasil kombinasi RHA dan SBA) sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton terbukti efektif dalam meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton. Penambahan 5% RHASBA mampu meningkatkan kekuatan tekan hingga 15%, menurunkan permeabilitas dan sorptivitas, serta memperbaiki mikrostruktur beton menjadi lebih padat dan stabil secara termal. Analisis mikrostruktur menggunakan SEM, XRD, TGA, dan DTA mendukung bahwa beton dengan RHASBA memiliki struktur yang lebih kuat dan tahan terhadap serangan kimia maupun panas. Dengan demikian, RHASBA merupakan bahan alternatif yang potensial untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan beton, sekaligus mendukung pengelolaan limbah industri dan pertanian secara berkelanjutan</p>
Kelebihan	<p>Berdasarkan citasi, kelebihan penggunaan RHASBA dalam beton meliputi peningkatan kekuatan tekan dan lentur, serta penurunan permeabilitas dan sorptivitas yang meningkatkan ketahanan terhadap serangan kimia dan panas. Selain itu, struktur mikro beton menjadi lebih padat dan stabil, yang mendukung kekuatan dan daya tahan beton secara keseluruhan</p>

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton yang akan di uji. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan untuk mengetahui durabilitas beton. Dengan dilakukan merendam beton di dalam air sebelum pengujian kuat tekan . Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi dengan sikafume terhadap kuat tekan beton dan penyerapannya. Mix desain yang digunakan SNI 7656:2012

3.2. Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan-tahapan penelitian, yaitu sebagai berikut.

1. Persiapan

Dalam hal ini mempersiapkan peralatan yang digunakan dan melakukan pengujian material pembuatan benda uji beton seperti agregat kasar, agregat halus, semen portland, air, abu sekam padi dan sikafume yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah material telah memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan dalam pencampuran beton (mix design)

3. Pengujian Dasar Material

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

4. *Mix Design*

Perhitungan mix design untuk pengadukan beton. Dimana perhitungan proporsi pada beton sesuai dengan yang disyaratkan. Perhitungan proporsi meliputi beton normal dan beton campuran abu sekam padi dan sikafume sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

5. Pembuatan Benda Uji

Setelah proses perhitungan mix design selesai, selanjutnya masuk ke tahap pembuatan benda uji dengan cara mencampurkan seluruh bahan yaitu agregat kasar, agregat halus, semen, air, abu sekam padi dan sikafume ke dalam mixer.

6. Pengujian Slump

Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.

7. Pencetakan Benda Uji

Setelah proses diatas selesai, selanjutnya melakukan pencetakan pada beton dengan cara memasukan adukan beton segar ke cetakan dan menunggu proses pengeringan beton.

8. Perawatan Benda Uji

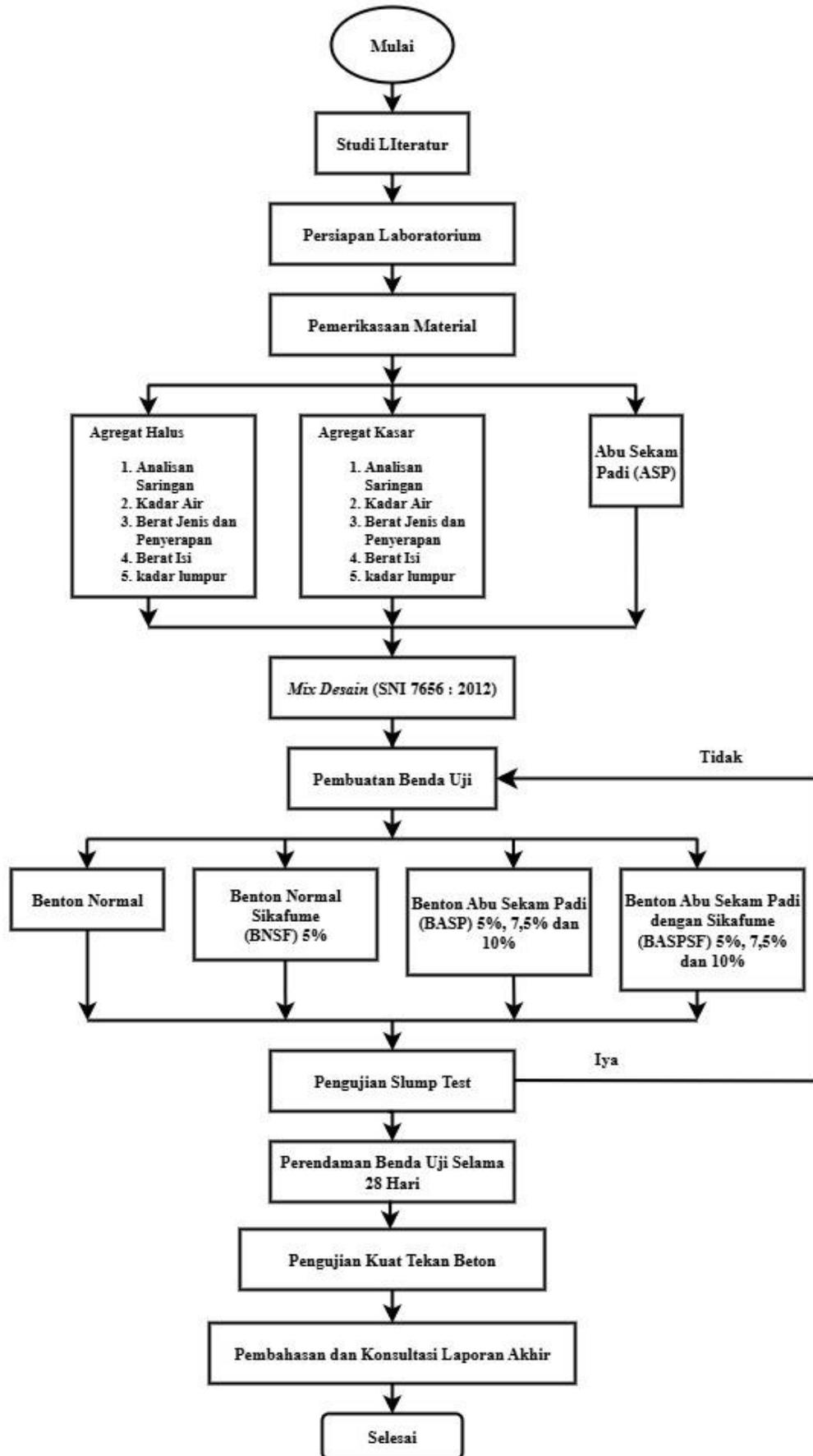
Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton di dalam bak perendam selama 28 hari. Setelah selesai perawatan selama 28 hari, beton diangkat dari bak dan dikeringkan.

9. Pengujian Beton

Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton

10. Pembahasan dan Laporan Akhir

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan mengevaluasi data dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excel*. Kemudian melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut. Secara keseluruhan tahapan penelitian ini disusun dalam bentuk diagram alir.



Gambar 3.1: Diagram Ali Penelitian

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Teknik Pengumpulan data terbagi menjadi dua yaitu:

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

1. Analisa saringan agregat (SNI C136:2012)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969 2016)
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016)
4. Pemeriksaan berat isi dan agregat (SNI-1973-2008)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971:2011)
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 2015)
7. Perencanaan campuran beton atau Mix Design (SNI 7656:2012)
8. Kekentalan adukan beton segar (slump) (SNI 1972:2008)
9. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
10. Uji kuat tekan beton (SNI 03-4431-2011).

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literature sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.4. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Waktu penelitian yang direncanakan selama ± 2 bulan..

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

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. Sedangkan untuk agregat kasar yang digunakan antara lain saringan 3/4", 1/2", 3/8", dan No 4.
2. Timbangan digital, berfungsi sebagai alat untuk menimbang berat bahan yang digunakan secara akurat.
3. Gelas ukur, digunakan sebagai takaran air
4. Oven, berfungsi sebagai alat mengeringkan sampel bahan.
5. Wadah atau ember, berfungsi sebagai tempat air perendaman sampel.
6. Plastik ukuran 10 kg, berfungsi sebagai wadah untuk bahan yang telah siap untuk di mixer.
7. Pan, berfungsi sebagai alat untuk alas pengaduk beton segar.
8. Skop tangan, berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakan.
9. Skrap, berfungsi untuk meratakan campuran beton.
10. Cetakan (bekisting) beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
11. Vaseline dan kuas, berfungsi untuk melapisi cetakan beton agar tidak menempel dalam cetakan.
12. Mesin pengaduk (*mixer*), berfungsi sebagai alat pencampur semua bahan hingga membentuk adonan beton segar.
13. Bak perendam, berfungsi untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
14. Kerucut Abrams, berfungsi untuk menguji *slump*.
15. Tongkat penumbuk, berfungsi untuk memadatkan benda uji.

3.5.2. Bahan.

Pada penelitian ini digunakan bahan untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Semen Portland

Semen Portland yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen Portland tipe I. Pengamatan yang dilakukan terhadap semen berupa kondisi fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen atau butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak terdapat yang menggumpal.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan no. 4. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan No.1/2". Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.

4. Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang digunakan pada penelitian ini untuk membantu reaksi semen menjadi pasta semen sehingga dapat mengikat agregat dan perawatan pada beton setelah di cor.

5. *Sikafume*

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sikafume* yang diperoleh langsung dari PT. Sika Indonesia di Medan, Sumatera Utara.

6. Abu sekam padi

Limbah abu sekam padi banyak dijumpai disekitar kita, terutama dari pembakran gabah padi

3.6. Pemeriksaan Material

1. Kadar Lumpur

Menurut (SNI 03-4141, 2015), 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.

2. Analisa Saringan

Menurut (SNI C136:2012), metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

3. Kadar Air Agregat

Menurut SNI-1971-2011, cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

4. Berat Jenis Agregat Kasar

Menurut (SNI 1969 2016), agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). 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.

5. Berat Jenis Agregat Halus

Menurut (SNI 1970 2016), agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air.

6. Berat Isi Agregat

Menurut (SNI-1973-2008), penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

3.7. Perencanaan Campuran Beton (Mix Desain)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI 7656:2012. Salah satu tujuan penelitian digunakan

perencanaan campuran beton dengan standar SNI 7656:2012 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 7656-2012 adalah sebagai berikut.

3.7.1. Pemilihan Slump

Tabel 3.1: Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (SNI 7656-2012)

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang.	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

3.7.2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi :

- a. $1/5$ dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting.
- b. $1/3$ tebalnya pelat lantai.
- c. $3/4$ jarak minimum antara masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning stands*).

3.7.3. Perkiraan Air Pencampuran Dan Kandungan Udara

Banyak air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada :

- a. Ukuran nominal maksimum, beton partikel dan radasi agregat

- b. Temperatur beton
- c. Perkiraan kadar udara, dan
- d. Penggunaan bahan tambahan kimia.

Tabel 3.2: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm	12,7 Mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 Mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	152	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air, diantaranya adalah :

1. Bahan Tambahan Kimia

Bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan, awet, lebih ekonomis, menambah atau mengurangi waktu pengikatan, mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti pengerjaannya, penyelesaian akhir (*finishing*), pemompaan, keawetan, dan kuat tekan serta kuat lenturnya.

2. Tingkat pemaparan ringan

Tingkat pemaparan beton ini meliputi kondisi di dalam dan di luar bangunan di lingkungan iklim di mana beton tidak akan mengalami pembekuan dan tidak

akan menerima zat-zat atau bahan-bahan pencair es. Bila penambahan udara diperlukan untuk mendapatkan sifat-sifat beton selain keawetannya seperti misalnya untuk memperbaiki sifat pengerjaan atau pengikatannya atau bagi beton dengan faktor semen yang rendah untuk memperbaiki kekuatannya, dapat dipakai kadar udara yang lebih rendah dari yang dibutuhkan untuk menambah keawetan beton.

3. Tingkat pemaparan sedang

Tingkat pemaparan beton di daerah beriklim dingin yang dapat membuat air membeku, namun beton tidak akan terpapar uap air atau air bebas secara terus menerus untuk jangka waktu lama sebelum terjadinya pembekuan dan juga tidak akan terpapar pada bahan-bahan pencair (deicing agents) atau bahan-bahan kimia agresif lainnya. Beberapa contoh termasuk : balok-balok di luar bangunan; kolom; dinding; kusen; atau panel yang tidak kontak langsung dengan tanah dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak mengalami kontak langsung dengan garam-garam cair.

4. Tingkat pemaparan berat

Tingkat pemaparan berat adalah beton yang terpapar pada bahan-bahan kimia cair atau bahan-bahan kimia agresif lainnya atau beton yang secara langsung terendam uap air atau air bebas sebelum terjadinya pembekuan.

3.7.4. Pemilihan rasio air-semen

Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembab pada temperature $(23 \pm 1,7)0C$ sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan pada Table 3.4 adalah untuk nominal agregat maksimum (19 – 25) mm.

Tabel 3.3: Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton (SNI 7656:2012)

Kekuatan beton umr 28 hari, Mpa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39

Tabel 3.4: *lanjutan*

Kekuatan beton umr 28 hari, Mpa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

3.7.5. Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam perkiraan kadar air pencampuran (Langkah 3) dibagi rasio-air semen (Langkah 4).

3.7.6. Perkiraan Kadar Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran normal maksimum dan gradasi yang samaakan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per-satuan volume beton dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 3. 5: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656, 2012)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* persatuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

3.7.7. Perkiraan Kadar Agregat Halus

Seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat per satuan volume beton atau metoda berdasarkan volume absolut.

1. Metode Berdasarkan Berat Satuan Volume Beton

Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama. Bila diinginkan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan

$$U = 10Ga(100 - A) + c \left(1 - \frac{Ga}{Gc}\right) - w (Ga - 1) \quad (3.1)$$

Keterangan:

U = Berat Beton Segar, kg/m³

G_a = Berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaan

jenuh (*SSD saturated surface dry*)

G_c = Berat jenis semen (umumnya 3,15)

A = Kadar udara (%)

w = Syarat banyaknya air pencampur, kg/m³

c = Syarat banyaknya semen, kg/m³

Tabel dibawah ini dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m³ tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Tabel 3.6: Perkiraan awal berat beton segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

2. Metode Berdasarkan Volume Absolut

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satu volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu, air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

3.7.8. Penyesuaian Terhadap Kelembaban Agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak presentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

1. Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air lebih besar dari 1,0% dan bila struktur pori-pori dalam jumlah butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelumnya terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan.

2. Menurut SNI 03-2493-1991, mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara bila penyerapannya kurang dari 1,0% dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*).

3.7.9. Pengaturan Campuran Percobaan

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran dilapangan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/ yield dan kadar udara, juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing-nya*). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut :

1. Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai slump yang sama seperti campuran beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m^3 . Jika nilai slump campuran tidak sesuai tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak $2 \text{ kg}/m^3$ untuk setiap penambahan atau pengurangan nilai slump sebesar 10 mm.
2. Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari peraturan pertama yaitu sebanyak $3 \text{ kg}/m^3$ untuk setiap 1% penambahan atau pengurangan kandungan udara.
3. Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m^3 dari campuran percobaan yang telah disesuaikan.
4. Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan Langkah no.4 jika perlu ubah volume agregat kasar dari tabel 3.3, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

3.8. Pemeriksaan slump

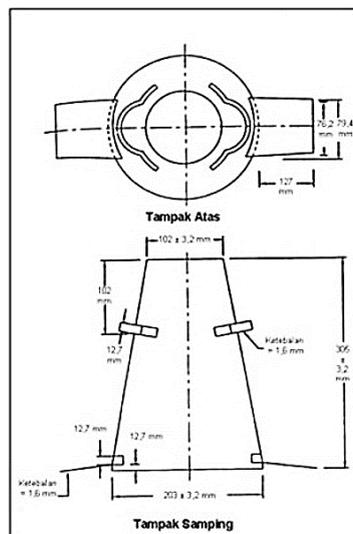
Pengambilan nilai slump dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan additive dan bahan pengisi (*filler*). Pengujian slump dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan ke dalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan

sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen.

Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat seperti yang dijelaskan pada SNI 1972-2008.

Pemeriksaan slump pada penelitian ini berdasarkan ketentuan SNI 1972:2008. Langkah-langkah pengujian slump :

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.



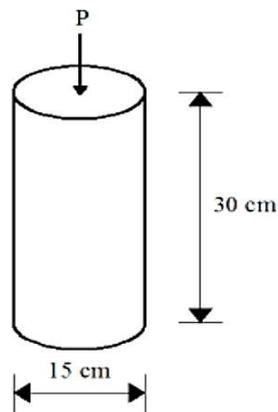
Gambar 3. 2. Dimensi Kerucut Abrams

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.

3.9. Pembuatan Benda uji

Setelah rencana campuran mix design langkah selanjutnya adalah membuat benda uji pemeriksaan kekuatan beton. Menggunakan standart SNI 7656-2012 “Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal”. Dengan campuran abu sekam padi yang sudah ditentukan. Benda Uji Pemeriksaan Kuat Tekan Benda uji ini berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30cm. Mengikuti penelitian terdahulu yang kedua untuk mendapatkan variasi campuran beton.



Gambar 3. 3. Sketsa Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Semen	Abu Sekam Padi	Sikafume	Jumlah Sampel
----	----------------	-------	----------------	----------	---------------

1	BN	%	0%	0%	3
2	BNSF	100%	0%	5%	3
3	BASP	95%	5%	0%	3
4	BASP	92,5%	7,5%	0%	3
5	BASP	90%	10%	0%	3
7	BASPSF	90%	5%	5%	3
8	BASPSF	87,5%	7,5%	5%	3
9	BASPSF	85%	10%	5%	3
Jumlah					24

Tabel: 3. 7. Jumlah Variasi benda uji beton

Keterangan:

BN = Beton Normal

BNSF = Beton Normal Sikafumee

BASP = Beton Abu Sekam Padi

BASPSF = Beton Abu Sekam Padi Sikafumee

3.10. 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.

3.11. 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).

Kekuatan tekan beton atau compressive strength merupakan salah satu sifat atau karakteristik yang paling penting dari beton yang ingin dicapai pada perencanaan campuran beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat umur beton mencapai 7, 14, 21, dan 28 hari. Pada umur 28 hari beton mencapai kekuatan tekan rencana.

Kuat tekan beton yang umumnya digunakan pada struktur beton bertulang adalah 17-30MPa, sedangkan kuat tekan beton yang digunakan pada struktur beton prategang adalah 30-45MPa. Ada beberapa faktor yang dapat memengaruhi kekuatan tekan beton. Ini termasuk faktor air semen, jenis agregat yang digunakan, jenis semen yang digunakan, penggunaan bahan tambahan, umur beton, pemeliharaan beton, dan lain-lain (Jacky, 2018). Uji destruktif seperti pengujian sampel berbentuk kubus atau silinder, atau bentuk lainnya. Kuat tekan benda uji beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan beton (N/mm² atau Mpa)

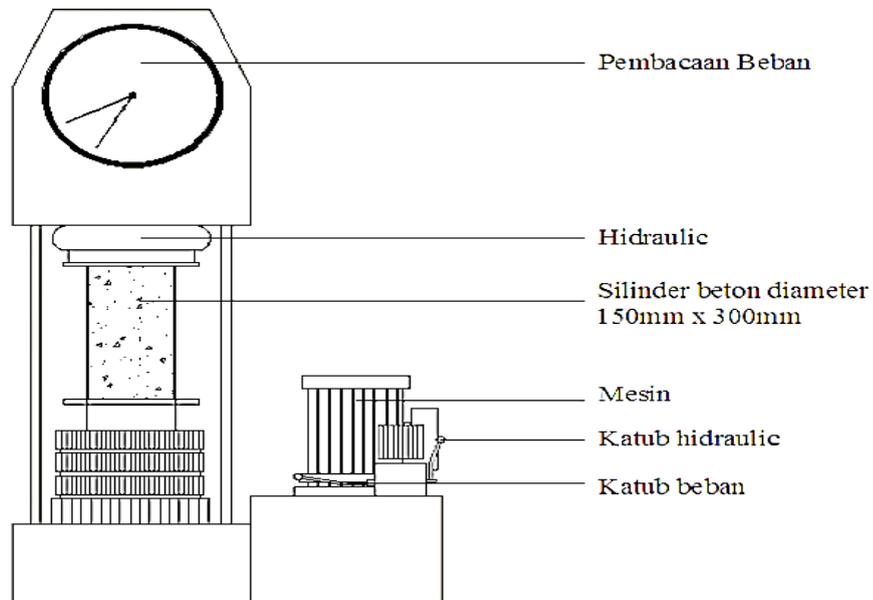
P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

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. 4. Setting Up Pengujian Kuat Tekan Beton

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Penelitian ini menggunakan material agregat halus yang telah lolos saringan No. 8 dan agregat kasar yang telah lolos saringan 1½". Kemudian material dicuci untuk menghilangkan kandungan lumpur dan sampah organik lainnya, setelah itu material tersebut dikeringkan di lapangan terbuka.

Dalam pemeriksaan agregat, peneliti mengumpulkan data bahan yang meliputi berat jenis, penyerapan air, kadar air, kadar lumpur, berat isi dan analisa gradasi agregat. Proses pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengikuti standar SNI dan Buku Panduan Praktikum Beton yang disediakan oleh Program Studi Teknik Sipil universitas tersebut.

4.2. Pemeriksaan Agregat Halus

Bahan yang membentuk beton agregat halus memiliki peran yang sangat krusial dalam menentukan kekuatan beton. Untuk mencapai kualitas yang baik, penting untuk melakukan pemeriksaan terhadap agregat. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, berat isi, berat jenis dan penyerapan air, kadar air dan kadar lumpur. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik agregat yang digunakan sebagai bahan penyusun beton.

4.2.1. Analisa Saringan Agregat Halus

Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan analisa saringan yang mengacu pada SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan mm (Inci)	Massa Tertahan (Gram)	Jumlah Tertahan (Gram)	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
9.52 mm (3/8 inci)	0	0	0.0	100
4.75 mm (No. 4)	12	12	2.4	97.6
2.36 mm (No. 8)	25	37	7.4	92.6
1.18 mm (No. 16)	34	71	14.2	85.8
0.6 mm (No. 30)	43	114	22.8	77.2
0.3 mm (No. 50)	371	485	97.0	3.0
0.15 mm (No. 100)	9	494	98.8	1.2
0.075 mm (No. 200)	4	498	99.6	0.4
Pan	2	500	100.0	0.0
Modulus Kehalusan			242.6	2.426

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

$$FM = \frac{98,8 + 97 + 22,8 + 14,2 + 7,4 + 2,4}{100}$$

$$FM = 2,426 \text{ dibulatkan menjadi } 2,43$$

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai FM sebesar 2,43%, Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8 yang berarti nilai memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

4.2.2. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian kadar air agregat halus yang mengacu pada SNI 03-1971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Keterangan	Notasi	Satuan	Benda Uji	
			I	II
Massa Wadah + Benda Uji	A	Gr	2059	2026
Massa Wadah	B	Gr	493	506
Massa Benda Uji	W1	Gr	1566	1520
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	C	Gr	2005	1975

Tabel 4.3: *lanjutan*

Keterangan	Notasi	Satuan	Benda Uji	
			I	II
Massa Wadah	D	Gr	493	506
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	Gr	1512	1469
Kadar Air Total	P	%	3.57	3.47
		%	3,52	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 3,52%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 3,57% dan percobaan kedua sebesar 3,47%.

4.2.3. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu pada SNI 03-4141, 2015, dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Keterangan	Persamaan	Benda Uji	
		I	II
Berat Wadah + Isi		2074 gr	2132 gr
Berat Wadah		504 gr	508 gr
Berat Wadah + Contoh Kering		2013 gr	2095 gr
Berat Kering Contoh Awal	$W1 - W2$	1570 gr	1624 gr
Berat Kering Contoh Akhir	$W3 - W2$	1509 gr	1587 gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	$W4 - W5$	61 gr	37 gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	$(W6 \div W4) \times 100$	3.89 %	2.28 %
Rata – Rata		3.08 %	

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 3,89% dan pada sampel 2 sebesar 2,28 %. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 3,08 %.

4.2.4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Keterangan	Hasil Pengamatan		
	Sampel I	Sampel II	Rata – rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (SSD), (B)	500 gr	500 gr	500 gr
Berat benda uji kering oven (E)	490 gr	492 gr	491 gr
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air (C)	1009 gr	1011 gr	1010 gr
Berat Piknometer Berisi Air (D)	673 gr	673 gr	673 gr
Berat Jenis Curah = $(E / (B+D - C))$	$2.99 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$3.04 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$3.01 \text{ gr} / \text{cm}^3$
Berat Jenis Kering Permukaan = $(B / (B + D - C))$	$3.05 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$3.09 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$3.07 \text{ gr} / \text{cm}^3$
Berat Jenis Semu = $(E / (E + D - C))$	$3.18 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$3.19 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$3.19 \text{ gr} / \text{cm}^3$
Penyerapan [(B – E) / x 100%	2.04 %	1.63 %	1.83 %

4.2.1. Pengujian Berat Isi Agregat Halus.

Hasil pengujian berat isi agregat halus yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil pengujian berat isi agregat halus

Keterangan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
Berat contoh & Wadah	Gr	5110	5290	5360
Berat Wadah	Gr	1763	1763	1763
Berat Contoh (4)	Gr	3347	3527	3597
Volume Wadah	cm ³	3315.84	3315.84	3315.84
Berat Isi	gr/cm ³	1.009	1.064	1.085
Rata – Rata	gr/cm ³	1.053		

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh rata-rata berat isi yaitu sebesar 1,05 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5 – 1,8 gr/cm³ sehingga berat pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan

4.3. Pemeriksaan Agregat Kasar

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

4.3.1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari hasil pengujian analisa gradasi agregat dengan pesifikasi ukuran maksimum 40 mm. berdasarkan acuan dari SNI 03-1968-1990, metode pengujian tentang analisa saringan agregat halus dan kasar. Dari hasil penelitian maka didapat data material analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada Tabel 4.7.

Tabel: 4. 7 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (Inci)	Gr	gr	(d)	(e)
(a)	(b)	(c)		
25.4 mm (1 inci)		0		100
19.1 mm (3/4 inci)	2295	2295	45.9	54.1
12.7 mm (1/2 inci)	1427	3722	74.44	25.56
9.52 mm (3/8 inci)	725	4447	88.94	11.06
4.75 mm (No. 4)	146	4593	91.86	8.14
2.36 mm (No. 8)			100	0
1.18 mm (No. 16)			100	0
0.6 mm (No. 30)			100	0
0.3 mm (No. 50)			100	0
0.15 mm (No. 100)			100	0
0.075 mm (No. 200)			100	0
Pan	407	5000	100	0
Modulus Kehalusan			801.14	8.01

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{Berat tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

$$FM = \frac{100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 91,86 + 88,94 + 74,44 + 45,9}{100}$$

$$FM = 8,01$$

4.3.2. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat halus yang mengacu pada SNI 03-1971-2011 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Pengujian kadar Air agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Satuan	Benda Uji	
			I	II
Massa Wadah + Benda Uji	A	gr	4153	3988
Massa Wadah	B	gr	565	494
Massa Benda Uji	W1	gr	3588	3494
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	C	gr	4112	3944
Massa Wadah	D	gr	565	494
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	gr	3547	3450
Kadar Air Total	P	%	1.16	1.28
Rata – rata		%	1.22	

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 1,22 %. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 1,16 % dan percobaan kedua sebesar 1,28%.

4.3.3. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang mengacu pada SNI 03-4141, 2015, dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Pengujian kadar lumpur agregat kasar

Keterangan	Persamaan	Benda Uji	
		I	II
Berat Wadah + Isi		2495 gr	2570 gr
Berat Wadah		497 gr	562 gr
Berat Wadah + Contoh Kering		2481 gr	2548 gr
Berat Kering Contoh Awal	W1 - W2	1998 gr	2008 gr
Berat Kering Contoh Akhir	W3 - W2	1984 gr	1986 gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W4 - W5	14 gr	22 gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	$(W6 \div W4) \times 100$	0.7 %	1.1 %
Rata - Rata		0.9 %	

4.3.4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu berdasarkan SNI 1970:2016 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel: 4. 10 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Keterangan	Hasil Pengamatan		
	Sampel I	Sampel II	Rata – rata
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (SSD), (A)	3980 gr	3827 gr	3903,5 gr
Berat benda uji kering oven (B)	4012 gr	3845 gr	3928,5 gr
Berat benda uji didalam Air (C)	2245gr	2146 gr	2195,5 gr
Berat Jenis Curah = $(B / (A - C))$	$2.31 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$2.29 \text{ gr} / \text{cm}^3$	$2.30 \text{ gr} / \text{cm}^3$

Tabel 4.11: *lanjutan*

Berat Jenis Kering Permukaan = $(A / (A - C))$	2.29 gr /cm ³	2.28 gr /cm ³	2.29 gr /cm ³
Berat Jenis Semu = $(B / (B - C))$	2.27 gr /cm ³	2.26 gr /cm ³	2.27 gr /cm ³
Penyerapan ($[(A-B)/B] \times 100\%$)	0.80 %	0.47 %	0.63 %

4.3.5. Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar yang mengacu pada SNI 4804:1998 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pengujian berat isi agregat kasar

Keterangan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)	gr	6243	6457	6674
Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)	gr	1763	1763	1763
Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	gr	4480	4694	4911
Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)	cm ³	3315.84	3315.84	3315.84
Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	gr/cm ³	1.3510905	1.415629	1.48107
Rata - Rata (<i>Average</i>)	gr/cm ³	1.42		

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh rata-rata berat isi yaitu sebesar 1,42 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,4 – 1,8 gr/cm³ sehingga berat pada agregat kasar yang digunakan telah memenuhi persyaratan

4.5. Pemeriksaan Abu Sekam Padi

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air abu sekam padi (ASP) didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.13: Pengujian Abu Sekam Padi

URAIN	Satuan	Benda Uji		Rata - rata
		I	II	
<i>Wt of SSD sample in air (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)</i>	<i>gr</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<i>Wt of flask + water + sample (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)</i>	<i>gr</i>	<i>665</i>	<i>665</i>	<i>665</i>
<i>Wt of flask + water (Berat Piknometer penuh air)</i>	<i>gr</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>
<i>Wt of oven dry sample (Berat contoh SSD kering oven)</i>	<i>gr</i>	<i>80</i>	<i>87</i>	<i>83.5</i>
<i>Bulk sp. Grafity dry (Berat jenis contoh kering)</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>0.94</i>	<i>1.02</i>	<i>0.98</i>
<i>Bulk sp. Grafity SSD (Berat jenis contoh SSD)</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>1.18</i>	<i>1.18</i>	<i>1.18</i>
<i>Apparent sp. Grafity dry (Berat jenis contoh semu)</i>	<i>gr/cm³</i>	<i>1.23</i>	<i>1.21</i>	<i>1.22</i>
<i>Absorption (Penyerapan)</i>	<i>%</i>	<i>25.00</i>	<i>14.94</i>	<i>19.97</i>

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air abu sekam padi dari 2 sampel dengan berat contoh SSD kering kering permukaan jenuh rata – rata sebanyak 100 gr maka pada percobaan ini didapatkan nilai rata – rata berat jenis contoh kering 0,98 gr, berat jenis contoh SSD 1,18 gr dan berat jenis contoh semu 1,22 gr.

4.4. Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini peneliti akan menganalisis data-data yang diperoleh pada saat penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Data-data dasar hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data - data hasil tes agregat

No.	Data Tes Dasar	Nilai
1.	FM Agregat Halus	2,43%
2.	FM Agregat Kasar	8,01%
3.	Kadar Air Agregat Halus	3,52%
4.	Kadar Air Agregat Kasar	1,22%
5.	Berat Jenis Agregat Halus	3,07 gr/cm ³
6.	Berat Jenis Agregat Kasar	2,29 gr/cm ³
7.	Penyerapan Agregat Halus	1,83%
8.	Penyerapan Agregat Kasar	0,63%
9.	Kadar Lumpur Agregat Halus	3,08%
10.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	0,9%
11.	Berat Isi Agregat Halus	1,05 gr/cm ³
12.	Berat Isi Agregat Kasar	1,42 gr/cm ³

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (mix design) yang diinginkan. Perencanaan campuran beton (mix design) dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI 7656:2012.

Tabel 4.15: Data kebutuhan *Mix Design*

NO.	Keterangan		Mpa
1	Mutu beton	25	Mpa
2	Slump	75-100	Mm
3	Ukuran agregat maksimum	12,5	Mm
4	Berat kering oven agregat kasar	1658	kg/m ³
5	Berat jenis semen tanpa tambahan udara	3,15	Gr
6	Modulus Kehalusan Agregat halus	2,43	%
7	Berat jenis (SSD) agregat halus	3,07	Gr
8	Berat jenis (SSD) agregat kasar	2,29	Gr
9	Penyerapan air agregat halus	1,83	%
10	Penyerapan air agregat Kasar	0,63	%

4.4.1. Langkah – Langkah Perhitungan Mix Desain.

Adapun langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan kebutuhan material per $1m^3$ adalah sebagai berikut

1. Banyaknya Air Pencampuran

Tabel 4.16: Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Berbagai

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
<u>≥175*</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
<u>≥175*</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut :								
ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0

Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah (SNI-7656, 2012).

Berdasarkan Tabel 4.16 diatas maka didapat nilai banyaknya air adalah 216 kg/m³.

2. Rasio Air Semen

Berdasarkan SNI 7656:2012, apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diijinkan dan beton harus diukur untuk mencapai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton memiliki kadar air dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

Tabel 4.17: Hubungan antara rasio air - semen (w/c) atau rasio air - bahan bersifat semen {w/(c+p)} dan kekuatan beton (SNI-7656, 2012).

Kekuatan beton umur 28 hari, Mpa*	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Berdasarkan Tabel 4.17 diatas, diambil nilai rasio air-semen sebesar 0,61% sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan yaitu 25 MPa

3. Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari ketentuan pada Table 4.16 dan Tabel 4.17 diatas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur dibagi rasio Air- semen .

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Semen} &= \frac{\text{Kadar air Pencampur}}{\text{Rasio air semen}} \\
 &= \frac{216}{0,61} \\
 &= 354,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Berat Kering Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang mameuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 4.16. dibawah ini, atau dilakukan perhitungan secara analitis.

Tabel 4.18: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656, 2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* persatuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Berdasarkan Tabel 4.18 diatas, maka diambil nilai 0.66 untuk volume agregat kasar kering oven. Sehingga didapat berat kering agregat kasar sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Volume agregat kasar kering oven} \times \text{Berat kering oven agregat kasar}) \\
 &= (0,59 \times 1658) \\
 &= 978,22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Menurut SNI 7656:2012, Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari ketetapan, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya.

Tabel: 4. 19 Perkiraan awal berat beton segar (SNI-7656, 2012)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405

Berdasarkan data pada Tabel 4.17 diatas maka didapat nilai perkiraan berat beton adalah 2310 kg. Maka untuk mendapatkan volume agregat halus yang di

isyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Sehingga :

Air	:	216	Kg
Semen	:	354,1	Kg
Agregat Kasar	:	978,22	kg +
<hr/>			
	Jumlah :	1548,32	Kg

Jadi berat agregat halus adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat halus} &= (\text{Perkiraan volume beton} - \text{jumlah seluruh volume bahan}) \\
 &= (2310 \text{ kg} - 1548,32 \text{ kg}) \\
 &= 761,68 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6. Volume Absolute

Agregat halus yang dibutuhkan harus ditentukan berdasarkan volume absolut. Dengan diketahuinya jumlah semen, air udara, dan agregat kasar, kadar agregat halus dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air} &= \frac{216}{1000} \\
 &= 0,216 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume semen} &= \frac{216}{(3,15 \times 1000)} \\
 &= 0,112 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume agregat kasar} &= \frac{978,22}{(2,29 \times 1000)} \\
 &= 0,430 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume udara terperangkap} &= 2,5\% \times 1 \\
 &= 0,025 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume padat selain agregat halus} &= (0,216 + 0,112 + 0,430 + 0,015) \\
 &= 0,783 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume agregat halus} &= 1 - 0,783 \\
 &= 0,217 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat halus yang dibutuhkan} &= 0,217 \times 3,07 \times 1000 \\ &= 666,19 \text{ kg} \end{aligned}$$

7. Perbandingan Berat Bahan.

Berdasarkan SNI 7656:2012 Didapat nilai perbandingan berat Air (berat bersih), Semen, Agregat Kasar (kering), dan Agregat Halus (kering) pada tabel 4.18 dibawah ini.

Tabel: 4. 20 Perbandingan berat bahan

Keterangan	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	216	216
Semen	354,1	354,1
Ag. Kasar (kering)	978,22	978,22
Ag. Halus (kering)	761,68	666,19

8. Koreksi Terhadap Kandungan Air

Pengujian menunjukkan kadar air seperti dibawah ini. Jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat (massa) yang digunakan, maka berat (massa) penyesuaian dari agregat sebagai berikut.

Kadar air didapat :

$$\text{Agregat halus} = 3,52\%$$

$$\text{Agregat kasar} = 1,22 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus (basah)} &= 761,68 \times (1+0,0325) \\ &= 788,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar (basah)} &= 978,22 \times (1+0,0122) \\ &= 990,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan. Maka :

$$\begin{aligned} \text{Air yang diberikan agregat halus} &= 3,52\% - 1,83\% \\ &= 1,69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air yang diberikan agregat kasar} &= 1,22\% - 0,63 \% \\ &= 0,59\% \end{aligned}$$

Dengan demikian kebutuhan air untuk proporsi campuran beton adalah sebagai berikut:

$$= 216 - (788,5 \times 1,69\%) - (990,2 \times 0,59\%) = 196,83 \text{ kg}$$

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagai berikut :

Air (Yang ditambahkan)	=	196,83	Kg
Semen	=	354,1	Kg
Ag. Kasar (Basah)	=	990,2	Kg
<u>Ag. Halus (Basah)</u>	<u>=</u>	<u>788,5</u>	<u>Kg</u>
Jumlah	=	2329,63	Kg

4.6. Kebutuhan Material

Kebutuhan material didapat berdasarkan hasil perhitungan mix design diatas, dengan rincian sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan data sebagai berikut :

$$\text{Tinggi benda uji} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter benda uji} = 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume benda uji} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \times 30 \\ &= 5298,75 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Total bahan material yang diperlukan untuk membuat 1 benda uji normal berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm × 30 cm adalah sebagai berikut:

3. Maka semen yang dibutuhkan untuk benda silinder

$$= \text{Banyak semen} \times \text{Volume benda uji}$$

$$= 354,1 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 1,88 \text{ kg}$$

4. Dimana terdapat campuran ASP 5%, 7,5% dan 10 % dari berat semen untuk beton variasi

$$\text{ASP 5\%} = \frac{5}{100} \times 1,88$$

$$= 0,094 \text{ kg}$$

$$\text{ASP 7,5\%} = \frac{5}{100} \times 1,88$$

- $$= 0,141 \text{ kg}$$
- ASP 10% $= \frac{5}{100} \times 1,88$
 $= 0,188 \text{ kg}$
5. Dimana terdapat bahan tambahan *sikafume* 5%, dari berat semen untuk beton variasi
- Sikafume 5% $= \frac{5}{100} \times 1,88$
 $= 0,094 \text{ kg}$
6. Jumlah semen yang digunakan 1 benda uji beton variasi dengan ASP 5%, 7,5% dan 10 % dari berat semen untuk beton variasi
- Semen untuk beton variasi ASP 5% $= 1,88 - 0,094$
 $= 1,786 \text{ kg}$
- Semen untuk beton variasi ASP 7,5% $= 1,88 - 0,141$
 $= 1,739 \text{ kg}$
- Semen untuk beton variasi ASP 10% $= 1,88 - 0,188$
 $= 1,692 \text{ kg}$
7. Jumlah semen yang digunakan 1 benda uji beton variasi dengan Sikafume 5% dari berat semen untuk beton variasi
- Semen untuk beton variasi Sikafume 5% $= 1,88 - 0,094$
 $= 1,786 \text{ kg}$
8. Agregat halus yang dibutuhkan untuk benda silinder
- $$= \text{Banyak agregat halus} \times \text{Volume benda uji}$$
- $$= 788,5 \times 0,0053 \text{ m}^3$$
- $$= 4,2 \text{ kg}$$
9. Agregat kasar yang dibutuhkan untuk benda silinder
- $$= \text{Banyak agregat kasar} \times \text{Volume benda uji}$$
- $$= 990,2 \times 0,0053 \text{ m}^3$$
- $$= 5,25 \text{ kg}$$
10. Air yang dibutuhkan untuk benda silinder
- $$= \text{Banyak air} \times \text{Volume benda uji}$$
- $$= 196,83 \times 0,0053 \text{ m}^3$$
- $$= 1,05 \text{ kg}$$

11. Total berat beton

$$\begin{aligned} &= \text{Air} + \text{agregat halus} + \text{agregat kasar} + \text{semen} \\ &= 1,05 + 5,25 + 4,2 + 1,88 \\ &= 12,38 \text{ kg} \end{aligned}$$

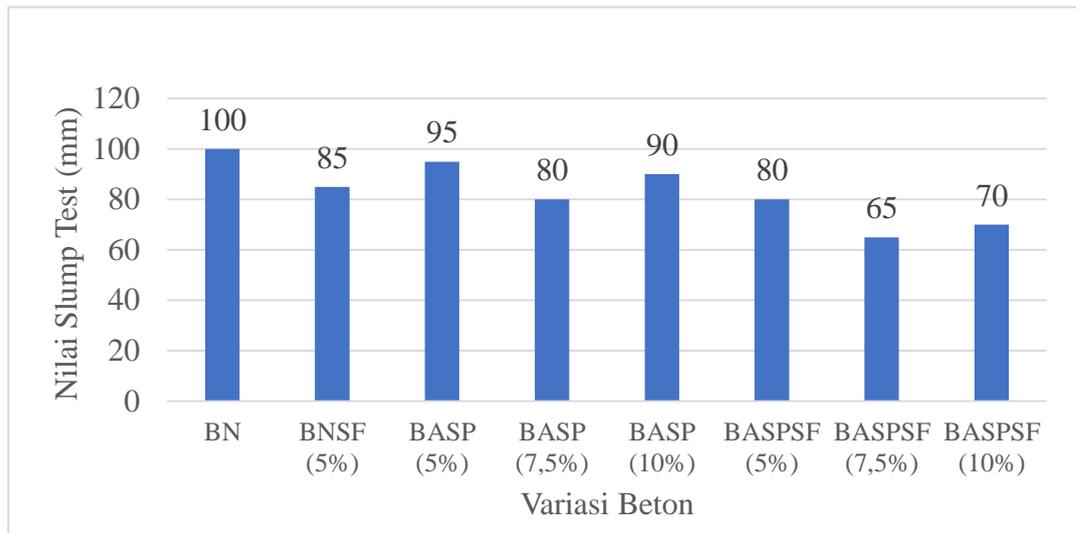
4.7. Hasil Pengujian Nilai Slump

Pengujian slump dilakukan untuk menentukan workability (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar normal maupun beton yang menggunakan bahan tambah serat. Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan Kerucut Abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan. Setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 10 detik. Setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, lalu ukur tinggi adukan. Selisih tinggi kerucut dengan adukan merupakan nilai slump. Pada Tabel 4.18 dijelaskan nilai slump pada masing-masing pencetakan beton. Seperti perencanaan slump pada mix design adalah 75- 100 mm.

Tabel 4.21: Nilai slump test

No	Kode Benda Uji	Abu Sekam Padi	Sikafume	Tinggi Slump (mm)
1	BN	0%	0%	100
2	BNSF (5%)	0%	5%	85
3	BASP (5%)	5%	0%	95
4	BASP (7,5%)	7,5%	0%	80
5	BASP (10%)	10%	0%	90
6	BASPSF (5%)	5%	5%	85
7	BASPSF (7,5%)	7,5%	5%	75
8	BASPSF (10%)	10%	5%	65

Berdasarkan pada tabel 4.20 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton Sikafume, beton ASP dan beton ASP ditambah campuran sikafume. Mengapa nilai slump mengalami turun disebabkan dapat campuran sikafume memiliki butiran yang kecil dan menyerap air sangat cepat.



Gambar 4. 1. Grafik nilai slump test

4.8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan Compression Testing Machine dengan benda uji sebanyak 21 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi benda uji 30 cm dan diameter benda uji 15 cm.

Tabel 4.22: Nilai kuat tekan beton

Variasi Beton	Kuat Tekan (MPa)		
	1	2	3
BN	24.80	25.95	21.41

Tabel: 4. 23. Lanjutan

BNSF (5%)	24.80	24.24	25.37
BASP (5%)	22.64	23.95	21.97
BASP (7,5%)	27.64	25.93	26.50
BASP (10%)	29.92	30.31	28.76
BASPSF (5%)	18.59	16.91	19.71
BASPSF (7,5%)	19.73	20.84	17.46
BASPSF (10%)	20.29	15.98	21.40

4.7.1. Hasil Kuat Tekan BN Dan BNSF

Pengujian beton normal dan beton sikafume dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tekan beton normal dan beton sikafume dapat dilihat pada Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 2 sebesar 25,95 Mpa . Dan pada beton sikafume memiliki kuat tekan tertinggi pada sampel ke 3 sebesar 25, 37 Mpa. Dari ketiga masing – masing benda uji beton normal diperoleh kuat tekan rata – rata sebesar 24.05 Mpa. Dan kuat tekan rata – rata beton sikafume memiliki nilai sebesar 24.80 Mpa

4.7.2. Hasil Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi .

Pengujian beton abu sekam padi (ASP) dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 9 buah. Diantara 9 buah benda uji dibagi menjadi 3 variasi dengan memiliki persentase sebesar 5% , 7,5% dan 10 % dari berat semen. Hasil kuat tekan beton ASP 5% dapat dilihat pada Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton ASP 5% mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 2 sebesar 23,95 Mpa. Dan memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 22,85 Mpa.

Hasil kuat tekan beton ASP 7,5% dapat dilihat pada Tabel 4.21 Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton ASP 7,5% mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 1 sebesar 27,64 Mpa. Dan

memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 26,69 Mpa. Hasil kuat tekan beton ASP 10% dapat dilihat Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton ASP 10% mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 2 sebesar 30,31 Mpa. Dan memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 29,66 Mpa.

Dari ketiga variasi beton ASP tersebut pada variasi beton ASP 10 % memiliki kuat tekan tertinggi mencapai 30,31 Mpa dan kuat tekan rata – rata sebesar 29,66 Mpa. Dari hasil kuat tekan tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Farhan et al., 2023b). Kesimpulan dari penelitian Farhan dan Kawan – kawan bahwa penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan tambahan dalam campuran beton dapat meningkatkan kualitas beton, terutama pada penambahan 10% yang menghasilkan kuat tekan optimal sebesar 29,32 MPa, meningkat 25,41% dibandingkan beton normal (0%). Penambahan 12% ASP menyebabkan penurunan kuat tekan menjadi 27,48 MPa, namun tetap lebih tinggi dari beton normal.

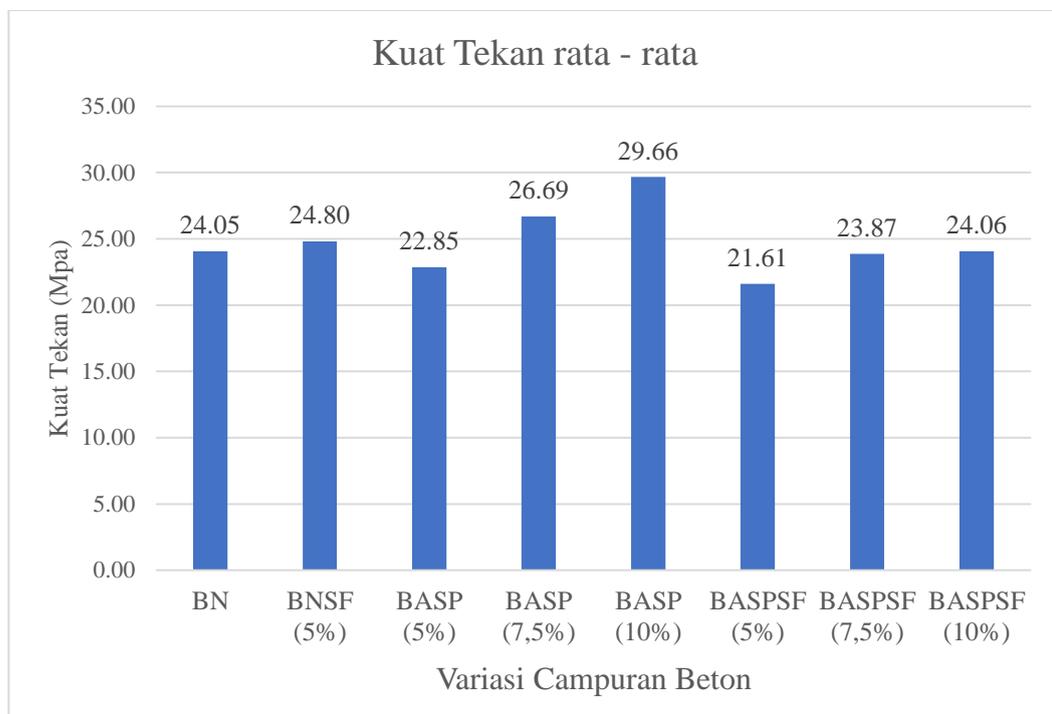
4.7.3. Hasil Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi Dengan Sikafume

Pengujian beton abu sekam padi dengan sikafume (BASPSF) dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 9 buah. Hasil kuat tekan beton BASPSF 5% dapat dilihat pada Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton BASPSF 5% mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 3 sebesar 23,69 Mpa. Dan memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 21,61 Mpa.

Hasil kuat tekan beton BASPSF 7,5% dapat dilihat pada Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton BASPSF 7,5% mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 2 sebesar 26,52 Mpa. Dan memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 23,87 Mpa. Hasil kuat tekan beton BASPSF 10% dapat dilihat pada Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut menjelaskan hasil uji kuat tekan beton BASPSF 10% mendapatkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada sampel ke 3 sebesar 27,65 Mpa. Dan memiliki kuat tekan rata – rata sebesar 24,06 Mpa.

Dari ketiga variasi beton BASPSF tersebut pada variasi beton BASPSF 10 % memiliki kuat tekan tertinggi mencapai 27,65 Mpa dan kuat tekan rata – rata

sebesar 24,06 Mpa. Mengapa terjadi penurunan pada semua variasi BASPSF, disebabkan kandungan partikel sikafume memiliki ukuran yang sangat halus dan sangat reaktif. Membuatnya mampu menyerapan air dari campuran beton. Penyerapan ini dapat mengurangi jumlah air yang tersedia untuk proses hidrasi semen, yang penting untuk membentuk ikatan kuat dalam beton. Dan bisa terjadi dikarenakan kesalahan diwaktu pencampuran bahan yang terlalu sebentar atau tidak merata dapat menyebabkan bahan – bahan tidak tercampur dengan sempurna.



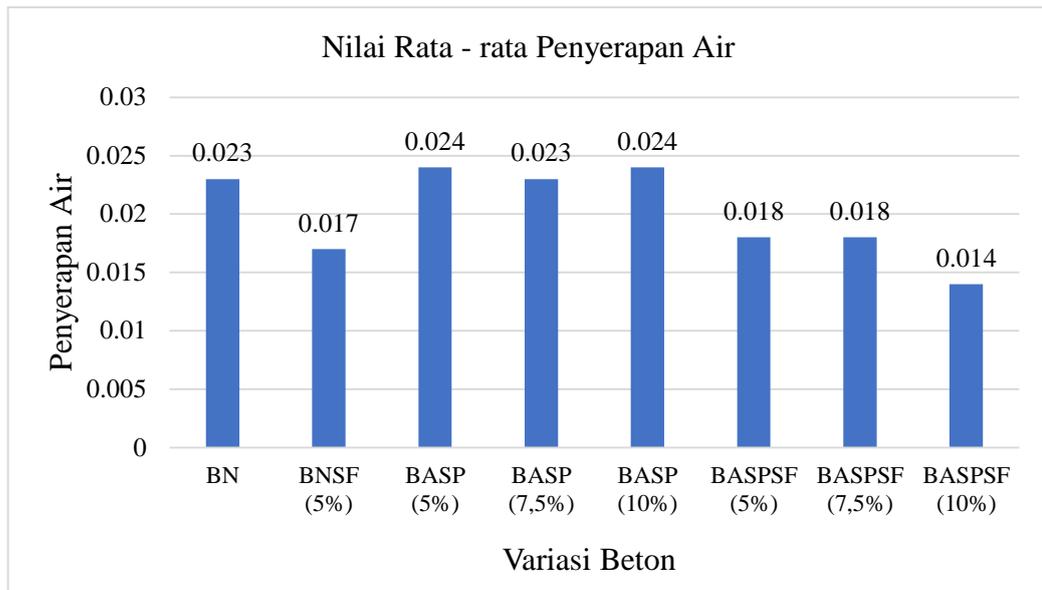
Gambar 4.2: Kuat tekan rata-rata

4.9. Penyerapan Air Pada Beton

Penyerapan air pada beton adalah penambahan berat dari suatu benda uji akibat air yang meresap kedalam pori – pori atau rongga – rongga pada benda uji, tetapi tidak termasuk air yang tertahan pada permukaan luar benda uji, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya (SNI 1970:2008).

Tabel 4.24: Nilai Penyerapan Air Pada Beton

Variasi Beton	Sebelum	Sesudah	Penyerapan air (%)	Rata - rata (%)
BN	12750	13013	0.021	0.023
	12390	12685	0.024	
	12405	12700	0.024	
BNSF (5%)	12350	12550	0.016	0.017
	12425	12635	0.017	
	12395	12605	0.017	
BASP (5%)	12035	12320	0.024	0.024
	12040	12315	0.023	
	12045	12345	0.025	
BASP (7,5%)	12325	12615	0.024	0.023
	12170	12430	0.021	
	12025	12305	0.023	
BASP (10%)	12185	12495	0.025	0.024
	12165	12445	0.023	
	12110	12405	0.024	
BASPSF (5%)	12295	12520	0.018	0.018
	12190	12415	0.018	
	12165	12385	0.018	
BASPSF (7,5%)	12190	12395	0.017	0.018
	12295	12510	0.017	
	12480	12715	0.019	
BASPSF (10%)	12030	12195	0.014	0.014
	12220	12400	0.015	
	12265	12415	0.012	



Gambar 4.3: Nilai rata- rata penyerapan air pada beton

Dapat kita lihat dari tabel dan grafik rata – rata penyerapan air pada beton diatas. Bahwa penyerapan air yang memiliki nilai tertinggi pada campuran beton diatas. Bahwa penyerapan air yang memiliki nilai tertinggi pada campuran beton ASP 5% sebesar 0,024%. Dan pada campuran BASPSF 10% memiliki penyerapan air sebesar 0,014% . Dari pengujian penyerapan air tersebut didapatkan beton dengan campuran ASP tanpa sikafume memiliki penyerapan air yang lebih tinggi dibandingkan beton campuran ASP dengan sikafume. Karena berperan sebagai filler dan bahan pozzoland yang bereaksi secara kimia pada campuran beton. Silica fume memiliki ukuran yang sangat halus berkisar antara 0,1-1 mikron, lebih kecil dibandingkan butiran semen yang berkisar antara 5-50 mikron. Dengan ukuran partikel yang sangat halus, silica fume memiliki kemampuan untuk mengisi ronggarongga diantara butiran semen sehingga campuran beton mengalami proses penjenuhan (lebih rapat).

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian “Analisa Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Bahan Tambahan Sikafume Terhadap Penyerapan Dan Kuat Tekan Beton” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan ASP dapat menaikkan kuat tekan beton, pada campuran 10% ASP mengalami kenaikan 21% dari beton normal, 29,66 Mpa. Penggunaan abu sekam padi memiliki sifat penyerapan yang tinggi
2. Dan pada campuran ASP dengan SF tidak dapat menaikkan kuat tekan beton, tetapi pada variasi 10% mencapai 24,06 Mpa setara dengan beton normal. Disebabkan kandungan partikel sikafume memiliki ukuran yang sangat halus dan sangat reaktif. Membuatnya mampu menyerapan air dari campuran beton. Dan Penggunaan abu sekam padi dengan sikafume memiliki sifat penyerapan yang rendah .

5.2. SARAN

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

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi lainnya terhadap penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti semen pada campuran beton untuk mengetahui tingkat kuat tekan beton yang dihasilkan dengan jumlah variasi abu sekam padi lebih dari 10 % dari berat semen dan juga sikafume lebih dari 5% dari berat semen
2. Untuk penelitian selanjutnya harus dibuat jumlah sampel lebih dari satu untuk satu variabel agar dapat menghindari adanya kesalahan atau kegagalan yang diakibatkan baik secara natural maupun buatan (human error).

3. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mencakup aspek pengujian kuat tarik, kuat lentur dan durabilitas beton lainnya yang tidak diujikan pada penelitian ini dan juga perlu diperhatikan campuran bahan kimia dan bahan alami lainnya yang dapat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebola, J. A., Ikumapayi, C. M., & Arum, C. (2023). Effectiveness of Rice Husk and Sugarcane Bagasse Ashes Blended Cement in Improving Properties of Concrete. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 11(08), 1–19. <https://doi.org/10.4236/msce.2023.118001>
- Aski Safarizki, H., & Wahyu Aji Pamungkas, dan. (n.d.-a). *BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA ERA NEW NORMAL*.
- Aski Safarizki, H., & Wahyu Aji Pamungkas, dan. (n.d.-b). *BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA ERA NEW NORMAL*.
- Bahan, D., Sikafume, T., Kwat, T., & Beton, T. (n.d.). *ANALISIS SUBSTITUSI ABU TEMPURUNG KELAPA DAN SERBUK KACA PADA CAMPURAN SEMEN*.
- Berlian Hakim, C., Tsabita Nurza Arifiya, P., & Wijayanti, aida. (2023a). LITERATUR JURNAL : ANALISA PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DAN AGREGAT HALUS PADA BETON. In *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri* (Vol. 4, Issue 2).
- Berlian Hakim, C., Tsabita Nurza Arifiya, P., & Wijayanti, aida. (2023b). LITERATUR JURNAL : ANALISA PENGGUNAAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DAN AGREGAT HALUS PADA BETON. In *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri* (Vol. 4, Issue 2).
- Cristyan Ardynatha, D., Priskasari, E., & Aditama, D. V. (n.d.-a). Program Studi Teknik Sipil S1, ITN MALANG PENGARUH PENYERAPAN AIR PADA PENGGUNAAN SERAT BAMBU DENGAN TREATMENT NAOH TERHADAP MUTU BETON. In *Student Journal GELAGAR* (Vol. 2020).
- Cristyan Ardynatha, D., Priskasari, E., & Aditama, D. V. (n.d.-b). Program Studi Teknik Sipil S1, ITN MALANG PENGARUH PENYERAPAN AIR PADA PENGGUNAAN SERAT BAMBU DENGAN TREATMENT NAOH TERHADAP MUTU BETON. In *Student Journal GELAGAR* (Vol. 2020).
- Cristyan Ardynatha, D., Priskasari, E., & Aditama, D. V. (n.d.-c). Program Studi Teknik Sipil S1, ITN MALANG PENGARUH PENYERAPAN AIR PADA PENGGUNAAN SERAT BAMBU DENGAN TREATMENT NAOH TERHADAP MUTU BETON. In *Student Journal GELAGAR* (Vol. 2020).

- Farhan, M., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023a). Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 58–67. <https://doi.org/10.37031/jt.v21i1.351>
- Farhan, M., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023b). Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 58–67. <https://doi.org/10.37031/jt.v21i1.351>
- Feng, X., Kelly, M., & Sarma, H. (2021). The association between educational level and multimorbidity among adults in Southeast Asia: A systematic review. In *PLoS ONE* (Vol. 16, Issue 12 December). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261584>
- Hidayat, R. (n.d.). *Pengaruh Serbuk Kaca Pada Kuat Tekan Sebagai Subtitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive*.
- Kaselle, H. (n.d.). *Prosiding 4 th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020*.
- Legiawati, L., Halim, P. A., Fitriani, M., Hikmahrachim, H. G., & Lim, H. W. (2023). Microbiomes in Acne Vulgaris and Their Susceptibility to Antibiotics in Indonesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Antibiotics* (Vol. 12, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010145>
- Man Ahda, N. ', & Zulkarnain, F. (2024). *Analysis of The Substitution of Coconut Shell Ash and Glass Powder in Cement Mixtures with Sikafume Additives on The Compressive Strength of Concrete*. 3. <https://doi.org/10.24853/jurtek.16.2.241-250>
- Maryani, D., & Lisantono, A. (2023). PENGARUH PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON EXPANDED POLYSTYRENE. *Jurnal Teknik Sipil*, 208–214. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i3.7887>
- Mengenai, P., Tekan, K., & Yang, B. (n.d.). *SEMINAR HASIL*.
- Nasional, K., & Sipil, T. (n.d.). *SUSTAINABILITY OF FOREST CITY FOR THE NEW STATE CAPITAL KoNTekS 17 Ikn nusantara*.
- Nazar, B., Zulkarnain, F., Keguruan, F., & Pendidikan, D. I. (n.d.). *PENGARUH ABU BATANG PISANG DITAMBAH SIKACIM CONCRETE ADDITIVE TERHADAP KUAT TEKANBETON (Studi Penelitian)*.
- Penambahan, P., Serbuk, L., Sebagai, K., Sebagian, P., Halus, A., Sikafume®, P., Kuat, T., Beton, T., Zulkarnain, F., Six, R., & Parinduri, R. (2024). *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*. 6(2), 316–323. <https://doi.org/10.52005/teslink.v11i1.xxx>

PENGARUH PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI TERHADAP WORKABILITAS, RESAPAN DAN KEKUATAN TEKAN BETON. (n.d.).

Pengaruh-Penambahan-Abu-Tempurung-Kelapa-Terhadap-Kuat-Tekan-Beton-Dengan-Faktor-Air-Semen-Tetap. (n.d.).

PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR SERTA PENGARUH PENAMBAHAN SIKA FUME TERHADAP KETAHANAN BETON MUTU TINGGI (Studi Penelitian) IRGI ILHAM SANI. (n.d.).

Prastiyo, M., Ramadhani, R., Nugroho, M. W., Sundari, T., Koresponden, *, Artikel, I., & Disetujui, D. D. (n.d.). *ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI PADA BETON $f'c$ 18,68 MPa TERHADAP KUAT TEKAN* Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang.

SKRIPSI NIKO FEBRIANSYAH ISWAN. (n.d.).

Sopa N.R, Y. M., Nisumanti, S., & Chandra, D. (2023). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton $Fc'25$. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6>

Widiana, N., Satyarno, I., & Siswosukarto, S. (2023). The Effect of Polypropylene Fiber and Steel Fiber on Geopolymer Concrete. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 25(1), 71–80. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v25i1.40999>

Zulkarnain, F., & Maulidza, L. (2024). PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN. *Journal of Community Service*, 6(3).

Zulkarnain, F., & Putri, F. (2023). *KoNTekS Ke-17 Balikpapan*.

LAMPIRAN



Gambar. 7. 1. Penjemuran Agregat Halus dan Kasar



Gambar. 7. 2. Pengujian Agregat Kasar Dan Halus



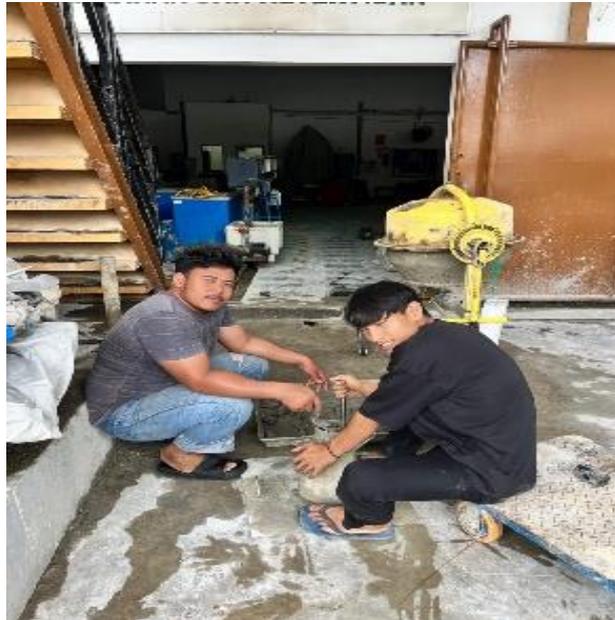
Gambar. 7. 3. Memasukan Agregat Kedalam Oven



Gambar. 7. 4. Analisa Saringan



Gambar. 7. 5. Memasukan Agregat Kedalam Mix



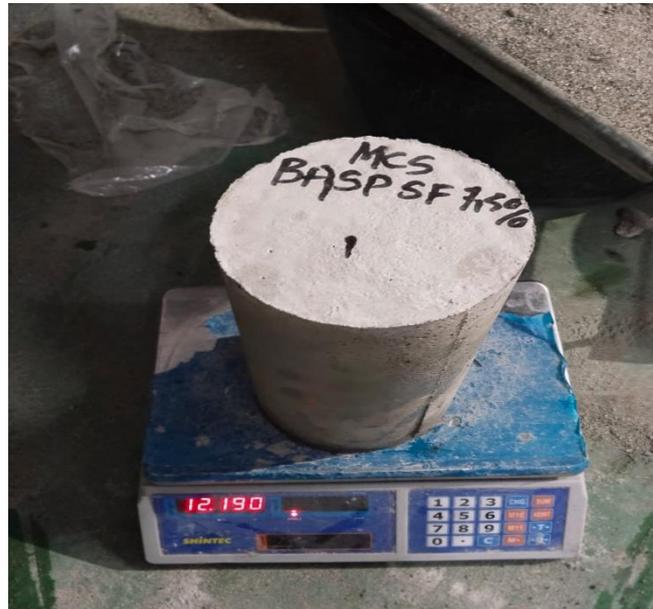
Gambar. 7. 6. Memasukan Beton Segar Kedalam Kerucut Abrams



Gambar. 7. 7. Memasukan Beton Ke dalam cetakan



Gambar. 7. 8. Pengujian Slump Test



Gambar. 7. 9. Penimbang Beton sebelum perendaman



Gambar. 7. 10. Perendaman Beton



Gambar. 7. 11. Pengangkatan Beton Setelah Perendaman

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Muhammad Chair Sitompul
Tempat, Tanggal Lahir : Serdang Bedagai, 27 Februari 2002
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Alamat : Jalan Camar XVI No. 443
No Hp : 082179208405
Nama Ayah : Ir. Yakin Parlindungan Sitompul
Nama Ibu : Suriati
Email : mchairsitompul2@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210039
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar : SD NEGERI 066052
Sekolah Menengah Pertama : SMP NEGERI 5 PERCUT SEI TUAN
Sekolah Menengah Atas : SMA NEGERI 11 MEDAN