

TUGAS AKHIR

EFEK PERENDAMAN AIR KAPUR TERHADAP BETON DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TARIK BETON

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

HUSNI FAJAR NAULIM

2007210127



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 : Husni Fajar Nauli M.

Npm : 2007210127

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Efek perendaman air kapur terhadap beton dengan abu sekam padi
sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tarik beton

Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Husni Fajar Nauli M.

Npm : 2007210127

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Efek perendaman air kapur terhadap beton dengan abu sekam padi
sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tarik beton

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera utara

Medan, 08 September 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Ir. Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

Dosen Pembanding II



Dr. Liza Evianti Tanjung, S.T., M.Eng

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Husni Fajar Nauli M.
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 13 Maret 2001
Npm : 2007210127
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang Berjudul: “Efek perendaman air kapur terhadap beton dengan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tarik beton.”

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

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

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

Medan, 08 September 2025

S. _____ an,



Husni Fajar Nauli M.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Efek perendaman air kapur pada beton dengan abu sekam padi sebagai pengganti semen terhadap kuat tarik beton.” ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Ijazah Sarjana pada Fakultas Teknik Sipil 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 Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Muhammad Husin Gultom, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Liza Evianti Tanjung, S.T., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terimakasih yang teristimewa kepada Kedua Orang Tua tercinta yang telah bersusah payah mendidik saya serta menjadi penyemangat saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
10. Sahabat-sahabat penulis yaitu Wahyu Nugraha, Febi Andira, Adiditia Ramadhan, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 05 September 2025

Penulis

Husni Fajar Nauli M.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton	4
2.2 Hidrasi Semen	4
2.3 Bahan Penyusun Beton	5
2.3.1 Air	5
2.3.2 Semen	6
2.3.3 Agregat Halus	6
2.3.4 Agregat Kasar	7
2.3.5 Abu Sekam Padi	7
2.3.6 Kapur (Lime)	8

2.4	Kuat Tarik Beton	9
BAB 3		10
METODE PENELITIAN		10
3.1.	Umum	10
3.2.	Sumber Data Dalam Penelitian	12
3.2.1.	Data Primer	12
3.2.2.	Data Sekunder	12
3.3.	Instrumen Penelitian	12
3.4.	Pemeriksaan Material	13
BAB 4		15
HASIL DAN PEMBAHASAN		15
4.1.	Hasil Penelitian	15
4.1.1.	Pengujian Agregat Kasar	15
4.1.1.1.	Berat Jenis	15
4.1.1.2.	Analisa Gradasi	16
4.1.1.3.	Kadar Lumpur	18
4.1.1.4.	Berat Isi	18
4.1.1.5.	Kadar Air	19
4.1.2.	Pengujian Agregat Halus	20
4.1.2.1.	Berat Jenis dan Penyerapan	20
4.1.2.2.	Analisa Gradasi	21
4.1.2.3.	Kadar Lumpur	23
4.1.2.4.	Berat Isi	23
4.1.2.5.	Kadar Air	24
4.2.	Mix Design	25
4.3.	Pengujian Beton Segar	26

4.3.1. Faktor Air Semen	26
4.3.2. Pengujian Slump	27
4.3.3. Pengujian Kuat Tarik Beton Normal	28
4.3.4. Pengujian Kuat Tarik Beton Campuran ASP dan Perendaman dengan Air Kapur	28
4.3.5. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi	29
4.3.6. Pengaruh Perendaman dengan Air kapur	30
BAB 5	31
KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1. Kesimpulan	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	38

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1:	Hasil berat jenis dan penyerapan air.	15
Tabel 4.2:	Hasil analisa saringan agregat kasar.	16
Tabel 4.3:	Batas gradasi agregat kasar.	17
Tabel 4.4:	Hasil kadar lumpur agregat kasar.	18
Tabel 4.5:	Hasil berat isi agregat kasar.	18
Tabel 4.6:	Hasil kadar air agregat kasar.	19
Tabel 4.7:	Hasil berat jenis dan penerapan air agregat halus.	20
Tabel 4.8:	Hasil analisa gradasi Agregat halus dengan batas zona 2.	20
Tabel 4.9:	Daerah gradasi agregat halus.	21
Tabel 4.10:	Hasil kadar lumpur agregat halus	22
Tabel 4.11:	Hasil berat isi dengan cara lepas,rokok, dan cara pengoyangan.	23
Tabel 4.12:	Lanjutan.	23
Tabel 4.13:	Hasil kadar air agregat halus.	23
Tabel 4.14:	Perencanaan campuran Beton SNI03-2834-2000.	24
Tabel 4.15:	Volume perbandingan ASP & Semen portland untuk kebutuhan 2 silinder.	25
Tabel 4.16:	Hasil uji slump test rata-rata beton segar.	26
Tabel 4.17:	Pengujian Kuat Tarik Beton Normal	27
Tabel 4.18:	Pengujian Kuat Tarik Beton Campuran ASP dan Perendaman dengan Air Kapur	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1: Bagan Alir	10
Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat kasar.	17
Gambar 4.2: Grafik analisa agregat halus.	22
Gambar 4.3: Grafik analisa Faktor air semen (FAS).	26

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan dalam bidang konstruksi sedang mengalami peningkatan yang pesat. Seiring peningkatan yang terjadi maka kebutuhan terhadap beton juga semakin meningkat, tanpa disadari tingginya pemakaian semen membuat produksi semen meningkat yang mana mengakibatkan emisi gas karbon dioksida CO₂ keudara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi(Akbar dkk., 2019).

Dalam suatu konstruksi, beton merupakan suatu bahan utama yang digunakan pada konstruksi sebuah bangunan. Beton memiliki beberapa kelebihan seperti mudah dalam pengerjaannya, memiliki kuat tekan tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, bahan dasar yang mudah diperoleh, dan mudah dibentuk. Beton terdiri dari campuran antara agregat halus, agregat kasar, dan semen yang kemudian dilarutkan dan dicampur dengan menggunakan air.

Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya teknologi, campuran dalam pembuatan beton juga mengalami perubahan dengan memasukkan bahan tambahan ataupun bahan pengganti dalam pembuatan beton. Abu sekam padi adalah limbah pertanian melimpah, terutama di negara berkembang. Ketika dibakar, sekam padi menghasilkan abu dengan kandungan silika tinggi (Rice Husk Ash/RHA), yang berpotensi menjadi pengganti sebagian semen dalam beton. Selain mengurangi limbah, abu sekam padi meningkatkan kekuatan tekan beton melalui reaksi pozzolanic dengan kalsium hidroksida, membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H), komponen utama yang memberikan kekuatan pada beton.

Kapur Alam juga merupakan bahan yang tersedia luas dan telah lama digunakan dalam konstruksi. Kapur, terutama yang mengandung kalsium karbonat (CaCO₃), dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam beton. Meskipun kapur sendiri tidak sekuat semen Portland, ketika dikombinasikan dengan bahan pozzolanik seperti abu sekam padi, kapur dapat membantu mengaktifkan reaksi

yang diperlukan untuk mengikat agregat dalam beton. Ini menghasilkan material dengan sifat mekanis yang lebih baik, seperti peningkatan kuat tarik dan kuat tekan.

Banyak bahan disekitar lingkungan dapat digunakan sebagai bahan penambah campuran dalam membuat beton, misalnya abu sekam padi dan kapur sebagai bahan untuk mengurangi penggunaan semen. Abu sekam padi merupakan hasil dari sisa pembakaran sekam padi. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa pembakaran yang kaya akan silika (SiO_2) (Raharja, As'ad, dkk., 2013).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dalam penelitian ini peneliti menggunakan abu sekam padi dan kapur sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton untuk mengetahui kuat tarik beton yang dihasilkan oleh bahan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh rendaman air kapur pada beton yang mengandung Abu sekam padi sebagai pengganti semen terhadap kuat tariknya?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

1. Metode perencanaan campuran adukan beton mengacu pada SNI 7656:2012.
2. Penambahan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen sebesar 0%, 3%, 5%, dan 7%.
3. Penelitian dilakukan pada beton dengan kuat awal adalah 20 Mpa pada umur 28 hari.
4. Metode perendaman beton menggunakan air kapur.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana rendaman air kapur mempengaruhi kuat tarik beton yang sudah dicampur dengan Abu Sekam Padi.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diperoleh penulis adalah bahwa:

1. Penggunaan kapur dalam campuran pembuatan beton dapat mengurangi penggunaan semen yang mana akan mengurangi biaya produksi dikarenakan penggunaan semen yang berkurang.
2. Dapat mengetahui pengaruh campuran abu sekam padi dan kapur terhadap kuat tarik beton.
3. Pemanfaatan sekam padi sebagai bahan tambahan dalam penelitian beton ini dapat memberi kontribusi bagi dunia industri.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan hasil dari penggabungan bahan-bahan seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, yang bisa ditambah dengan zat kimia untuk membantu proses pengerasannya. Bentuk akhir beton dapat disesuaikan dengan cetakan yang digunakan. Beton normal, yang memiliki kekuatan tekan antara 17-40 Mpa, biasanya dibuat dengan menggunakan kerikil atau batu pecah sebagai agregat kasar dan pasir sebagai agregat halus (Desmi, 2018).

Beton merupakan suatu bahan padat yang terbentuk dari penggabungan semen Portland atau jenis semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air. Proses ini dapat dilakukan dengan atau tanpa penambahan bahan lainnya (SNI-03-2847-2012).

Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya (Agung, 2018).

2.2 Hidrasi Semen

Hidrasi semen adalah proses kimia yang terjadi ketika semen dicampur dengan air. Proses ini menghasilkan adukan yang keras dan kuat, yang kemudian digunakan untuk membuat beton, mortar, dan bahan bangunan lainnya.

Hidrasi semen, terutama semen Portland biasa (OPC), mencakup reaksi dari senyawa seperti trikalsium silikat (C3S), dikalsium silikat (C2S), dan trikalsium aluminat (C3A). Produk utama dari hidrasi C3S adalah kalsium silikat hidrat (C-S-H) dan kalsium hidroksida (CH), yang berperan besar dalam perkembangan kekuatan beton (Zhao dkk., 2021).

Saat semen dan silika abu sekam padi berinteraksi/bereaksi dengan air, proses tersebut disebut dengan proses hidrasi, dan hasilnya dinamakan sebagai hidrasi semen. Semakin halus butiran semen maka akan semakin cepat terjadinya

hidrasi sehingga mengakibatkan kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang (Slat dkk., 2016).

2.3 Bahan Penyusun Beton

2.3.1 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting dan paling murah. Air berfungsi sebagai reaktor ($\pm 25\%$ berat semen) semen dan pelumas antar butir-butir agregat.

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang baik untuk pembuatan dan perawatan beton adalah air yang mengandung ion-ion utama yang biasanya mengandung unsur kalsium, magnesium, natrium, kalium, Bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat dan kadang-kadang mengandung karbonat (Nadia & Fauzi, 2011).

Untuk mengetahui air untuk campuran beton memenuhi kriteria standar yang diberikan atau tidak dapat dilakukan dengan cara analisis kimia. Analisis ini meliputi pemeriksaan terhadap sulfat, magnesium, amonium, klorida, pH, karbondioksida, minyak dan lemak, zat-zat yang menyusut (Hidayat & Afrina, 2020).

Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan untuk kualitas air dalam pengadukan beton adalah :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung yang dilihat visual
3. Tidak mengandung tersuspensi lebih dari 2 gram per liter
4. Tidak boleh mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram per liter, klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_3
5. Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan tidak lebih 10 %
6. Air yang meragukan harus dianalisa secara kimia

2.3.2 Semen

Semen dapat didefinisikan sebagai bahan pengikat atau bahan perekat material-material padat untuk dapat menjadi satu bentuk yang saling mengikat, kuat dan erat. Komposisi utama Semen Portland adalah: lime stone, silikat alumina, besi oksida dan sulfur terak.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (clinker) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{x H}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.4 atau ukuran 4,75 mm (Dumyati & Manalu, 2015). Menurut (Purwati dkk., 2014), ukuran butiran agregat berpengaruh terhadap kuat tarik beton. Hal ini ditunjukkan berdasarkan hasil dari pengujian agregat dengan ukuran yang besar memiliki kuat tarik yang rendah dibandingkan dengan ukuran agregat yang kecil.

Persyaratan agregat halus SNI 7656:2012:

Butir-butirnya harus keras, tajam, dan tidak berpori.

1. Harus kekal, tidak pecah atau hancur oleh cuaca; hasil uji natrium sulfat maksimum 12% dan uji magnesium sulfat maksimum 18%.
2. Kandungan lumpur (butiran halus lolos ayakan 0,06 mm) maksimum 5%.
3. Tidak mengandung zat reaktif terhadap alkali.
4. Butiran pipih dan panjang maksimum 20%.
5. Modulus halus butir 1,5 – 3,8 dengan variasi gradasi sesuai standar.
6. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi 1/5 jarak sisi cetakan, 1/3 tebal pelat beton, atau 3/4 jarak bersih antar tulangan.
7. Agregat halus dari laut atau pantai hanya boleh dipakai dengan izin lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

2.3.4 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan hasil dari proses disintegrasi alami batuan atau bisa juga berupa batu yang dipecahkan oleh industri pemecah batu, memiliki ukuran butir antara 5 mm hingga 40 mm sesuai dengan standar SNI 2847:2013. Agregat kasar ini harus dalam kondisi bersih, bebas dari bahan organik dan lumpur, serta memiliki bentuk dan ikatan yang baik.

Agregat kasar berupa koral/gravel yang berasal dari sungai, gradasi batu pecah hasil produksi dari stone crusher cenderung berbentuk single fraksi (gradasi seragam). Butiran agregat batu pecah dapat berbentuk pipih, bulat dan lonjong.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, kuat tekan beton yang menggunakan batu pecah bergradasi seragam ukuran 20 – 25 mm dengan $w/c = 0,5$ mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang menggunakan batu pecah bergradasi menerus ukuran 5 – 25 mm dengan $w/c = 0,5$, terjadi pada umur 7 hari dan 28 hari (Mulyati & Alluhri, 2016).

2.3.5 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan material yang memiliki sifat pozolan sehingga dapat menghasilkan senyawa yang bersifat seperti semen. Material pozolan merupakan material yang mempunyai kandungan silika atau silika alumina tinggi serta dapat bereaksi secara kimiawi dengan Ca(OH)_2 dan menghasilkan senyawa yang bersifat seperti semen (Abood Habeeb & Bin Mahmud, 2010).

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

Sekam padi sebagai limbah yang berlimpah khususnya di negara agraris, merupakan salah satu sumber penghasil silika terbesar. Sekam padi mengandung silika sebanyak 87%-97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna (Handayani dkk., 2014).

Komponen kimia yang paling dominan terkandung pada abu sekam padi yang dihasilkan yaitu SiO_2 sebesar 72,28 % dan senyawa hilang pijar sebesar 21,43 %.. Sedangkan persentase senyawa CaO , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 tergolong sangat rendah yaitu masing-masing sebesar 0,65 %, 0,37 %, dan 0,32 % (Bakri, 2001). karena abu sekam padi memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi maka abu sekam padi dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian matriks semen.

Dengan dilakukan penelitian terhadap abu sekam padi yang dicampurkan kepada campuran beton, dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi atau pengaruh yang nyata antara kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan rencana K-225 Kg/cm^2 (Hidayat, 2011).

Berdasarkan penelitian (Tata & Amir Sultan, 2016), Pada pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan variasi abu sekam padi sebanyak 0%, 2,5%, 7,5% dan 10% terhadap berat pasir diperoleh kuat tekan optimum sebesar 18,24 Mpa.

2.3.6 Kapur (Lime)

Kapur merupakan salah satu komponen bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat. Kemampuan yang dimiliki kapur ini dapat dimanfaatkan untuk menambah campuran beton yang sebelumnya hanya menggunakan semen, pasir dan batu pecah.

Ada dua macam kapur yang dikenal yaitu *hydraulic lime* (HL) dan *natural hydraulic lime* (NHL). Dari kedua macam kapur ini yang merupakan bahan yang terdapat di alam yang mengandung kapur berlempung atau silika. Kedua bahan ini telah klasifikasikan kedalam kelas dan kekuatan masing-masing yang dicapai pada umur 28 hari seperti material yang berbahan dasar semen (Da Cruz & Supriatna, 2020).

Pada dasarnya kapur terbentuk dari bahan dasar batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3). Satuan kimia dan sifat bahan yang mengandung kapur ini berbeda dari satu tempat ketempat yang lain, bahkan dalam satu tempat yang samapun belum tentu memiliki sifat yang sama (Permatasari & Kurniawan, 2022).

Penelitian menurut Taurano dkk menunjukkan bahwa beton dengan campuran 5% bahan inovasi (2,5% abu sekam dan 2,5% kapur) dapat meningkatkan

kuat tekan beton dibandingkan beton normal, dengan hasil penelitian yang menunjukkan peningkatan sebesar 11,9% pada umur ke-8 dan 35,6% pada umur ke-14. Namun, kuat tekan tersebut mengalami penurunan bertahap pada umur ke-21 dan 28 (Taurano dkk., 2021).

2.4 Kuat Tarik Beton

Kekuatan Tarik beton dapat ditentukan dengan beberapa metoda pengujian yang berberda yaitu, pertama pegujian lentur ialah melalui percobaan lentur yang paling sering digunakan dalam menentukan kekuatan tarik beton dimana beban diterapkan yang selanjutnya dapat dihitung dengan rumus balok biasa, kedua pengujian belah (*Split Cylinder*) yaitu pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya untuk mendapatkan apa yang disebut kuat tarik belah dan ketiga yaitu pengujian Tarik *langsung* (*Direct Tensile*) dimana sebuah batang beton diberi gaya aksial tarik sampai batang beton runtuh.

Nilai kuat Tarik yang diperoleh berbeda, tergantung dari metoda pengujiannya, sehingga rasio kuat Tarik/ kuat tekan pun bervariasi (Pandaleke & Windah, 2017).

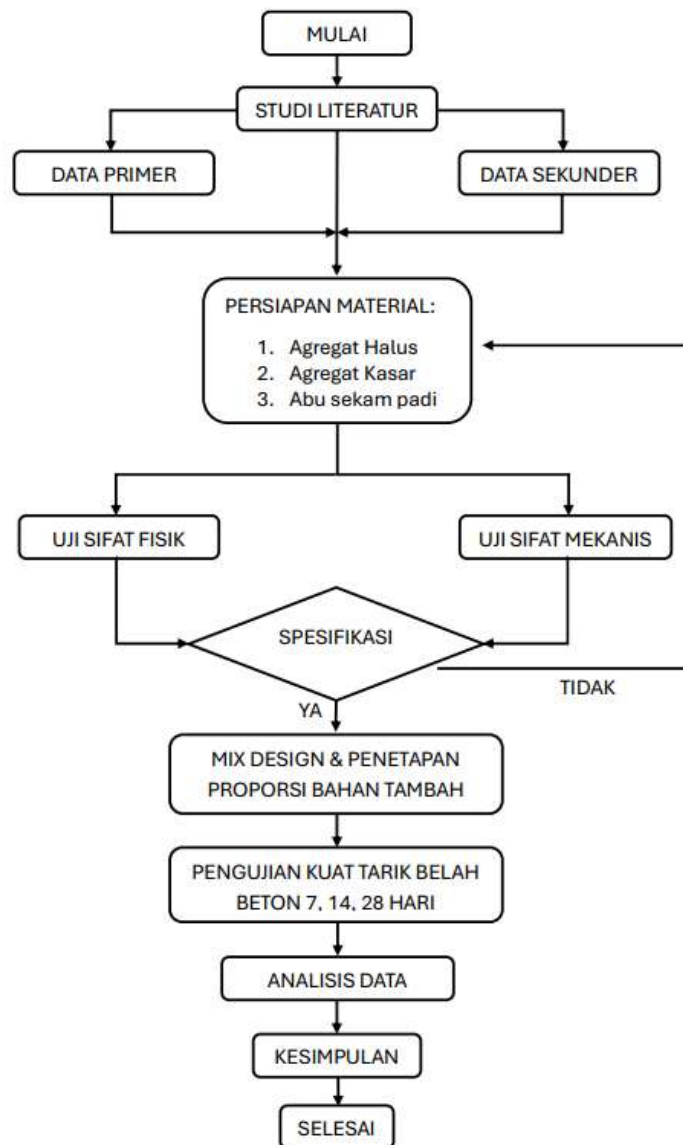
Menurut (Gasruddin & Masrin, 2018), substitusi kapur alam sebesar 20% dan 25% terhadap agregat halus dapat meningkatkan kuat tarik belah beton dibandingkan beton normal. Namun, substitusi kapur alam sebesar 30% terhadap agregat halus justru menurunkan kuat tarik belah beton dibandingkan beton normal.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode eksperimental laboratorium yaitu dengan melakukan berbagai macam pengujian sehubungan dengan data-data yang direncanakan sebelumnya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3. 1 Bagan Alir

Diagram diatas menjelaskan Proses pengujian beton yang dimulai dengan penyediaan bahan-bahan, yaitu abu sekam padi, agregat halus, dan agregat kasar. Setelah bahan-bahan ini tersedia, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian sifat fisik dan mekanis bahan-bahan tersebut. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa bahan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Jika bahan tidak memenuhi spesifikasi, maka proses tidak dapat dilanjutkan dan dianggap gagal hingga bahan diperbaiki.

Setelah bahan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan, proses berlanjut ke tahap perancangan campuran beton dan pengadukan. Campuran beton yang dihasilkan kemudian diuji dalam kondisi segar melalui beberapa pengujian, termasuk pengujian faktor air semen, slump test untuk mengukur konsistensi beton, serta pengujian berat isi beton segar. Jika hasil pengujian beton segar memenuhi kriteria, langkah selanjutnya adalah membuat benda uji dari campuran tersebut.

Benda uji yang telah dibentuk kemudian menjalani pengujian visual untuk memastikan permukaan beton rata, halus, dan bebas dari keropos maupun retakan. Jika benda uji memenuhi syarat visual, proses berlanjut, tetapi jika tidak, maka dianggap gagal dan perlu dilakukan perbaikan.

Setelah benda uji lolos pengujian visual, dilakukan perawatan (curing) pada benda uji tersebut selama periode tertentu untuk memastikan beton mengeras dengan baik. Setelah masa perawatan selesai, beton keras diuji untuk mengetahui kuat tekan yang dicapainya, dengan target minimal 20 MPa. Jika beton keras gagal mencapai kekuatan yang diinginkan, pengujian tersebut dianggap gagal.

Seluruh data hasil pengujian dikumpulkan dan dianalisis untuk memberikan gambaran tentang kualitas beton yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kesimpulan mengenai keberhasilan beton dengan campuran abu sekam padi dapat ditarik. Setelah kesimpulan diambil, proses pengujian pun selesai.

3.2. Sumber Data Dalam Penelitian

Suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari :

3.2.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil yang telah dilaksanakan di laboratorium seperti, Analisa saringan agregat, Berat jenis dan penyerapan, Pemeriksaan berat isi agregat, Pemeriksaan kadar air agregat, Perbandingan dalam campuran beton (*Mix Design*), Kekentalan adukan beton segar (*uji slu834mp*), Uji kuat tekan beton.

3.2.2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Serta data yang telah ditentukan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan hasil laporan dari penelitian-penelitian beton sebelumnya.

3.3. Instrumen Penelitian

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu :

1. Semen Portland PCC
2. Agregat Halus
3. Agregat Kasar
4. Air
5. Abu Sekam Padi
6. Kapur

3.4. Pemeriksaan Material

1. Kadar Lumpur

Menurut SNI-03-4141-1996, 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 1969:2008, 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 1970:2008, 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 1971:2011, 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.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Pada bagian ini disajikan hasil pengujian laboratorium terhadap material penyusun beton, yaitu agregat kasar dan agregat halus, serta hasil pengujian terhadap beton segar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan sifat-sifat material yang digunakan, guna memastikan kesesuaiannya terhadap standar yang berlaku. Hasil pengujian ini digunakan sebagai dasar dalam perancangan campuran beton (mix design) serta evaluasi mutu beton segar yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1.1. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian material Agregat halus dan kasar merupakan pengujian awal yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik Agregat halus dan kasar sebelum melakukan Mix design beton.

4.1.1.1. Berat Jenis

Tabel 4.1: Hasil berat jenis dan penyerapan air.

Keterangan	Sampel			Rata-rata	Satuan
	I	II	III		
Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh (A)	2565	2552	2570	2562,3	gr
Berat contoh kering oven 110°C (C)	2550	2550	2555	2551,7	gr
Berat contoh (SSD) di dalam air (B)	1620	1622	1625	1622,3	gr
BJ contoh kering (SSD) = $C/(A-B)$	2,7	2,74	2,7	2,71	gr
BJ contoh SSD = $A/(A-B)$	2,71	2,74	2,72	2,73	gr
BJ semu (Sa) = $C/(C-B)$	2,74	2,75	2,75	2,75	gr
Penyerapan air (Absorption) = $((A-C)/C) \times 100\%$	0,59	0,08	0,59	0,42	%

Dari hasil uji berat jenis diperoleh bahwa berat jenis SSD rata-rata sebesar **2557,5 gr**. Nilai rata-rata BJ contoh kering adalah **2,74 gr**, sedangkan BJ contoh SSD adalah **2,73 gr**. BJ contoh semu (Sa) rata-rata sebesar **2,75 gr**, dengan nilai penyerapan air sebesar **0,42%**. Berdasarkan hasil tersebut, agregat ini dapat

diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilai masih berada dalam batas yang diizinkan, yaitu **2,2 sampai 2,7** sesuai SNI 1970:2008.

4.1.1.2. Analisa Gradasi

Dari hasil berat jenis diatas, hasil analisa gradasi Agregat kasar dengan ukuran maksimal 40mm. Dan berdasarkan SNI 1969:2008 tentang analisa saringan Agregat kasar. Hasil penelitian ini dapat nilai analisa saringan Agregat kasar pada tabel berikut.

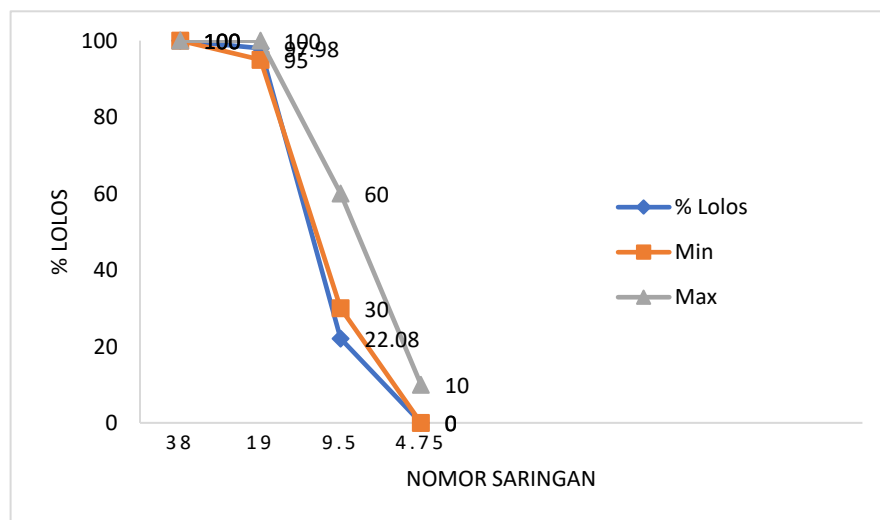
Tabel 4.2: Hasil analisa saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Lolos
38,1 mm (1,5 in)	0	0	0	100
19,0 mm (3/4 in)	101	2,02	2,02	97,98
9,52 mm (3/8 in)	3795	75,9	77,92	22,08
4,75 mm (No.4)	1104	22,08	100	0
2,36 mm (No.8)	0	0	100	0
1,18 mm (No.16)	0	0	100	0
0,60 mm (No.30)	0	0	100	0
0,30 mm (No.50)	0	0	100	0
0,15 mm (No.100)	0	0	100	0
Pan	0	0	100	0
Total	5000	100	-	-

Pada umumnya, analisa agregat kasar dinilai berdasarkan kesesuaian distribusi butirannya dengan batas gradasi yang ditetapkan oleh SNI 1969:2008. Batas gradasi agregat kasar menurut SNI ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Batas gradasi agregat kasar.

Ukuran saringan (mm)	Peresentase lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat kasar.

4.1.1.3. Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar dilakukan mengacu pada SNI 03-4141-1996. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil kadar lumpur agregat kasar.

Keterangan	Notasi	Sampel			Rata-rata	Satuan
		1	2	3		
Berat wadah + isi (awal)	W1	2541	2717	2610	2623	Gram
Berat wadah	W2	493	519	510	507	Gram
Berat contoh kering + wadah (akhir)	W4	2529	2697	2596	2607	Gram
Berat kering contoh awal ($W3 = W1 - W2$)	W3	2048	2198	2100	2115,3	Gram
Berat kering contoh akhir ($W5 = W4 - W2$)	W5	2036	2178	2086	2100	Gram
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 ($W6 = W3 - W5$)	W6	12	20	14	15,3	Gram
Persentase kotoran agregat lolos No.200 ($W6/W3 \times 100\%$)	—	0,59	0,91	0,67	0,72	%

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kadar lumpur sebesar 0,58% pada sampel I, 0,91% pada sampel II, dan 0,67% pada sampel III, dengan nilai rata-rata sebesar 0,72%. Nilai ini masih berada di bawah batas maksimum kadar lumpur agregat kasar yang diizinkan menurut SNI, yaitu 1%, sehingga agregat kasar yang diuji dapat dinyatakan memenuhi persyaratan.

4.1.1.4. Berat Isi

Pengujian berat isi agregat kasar dilakukan untuk mengetahui massa jenis curah agregat dalam kondisi lepas, rojok, dan goyangan, mengacu pada SNI 1973:2008. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil berat isi agregat kasar.

Pengujian	Lepas	Rojok	Goyangan	Satuan
Berat wadah + isi (1)	21986	22574	22986	g
Berat wadah (2)	5336	5336	5336	g
Berat contoh = (1-2) (4)	16650	17238	17650	g
Volume wadah (3)	11125	11125	11125	cm ³
Berat isi = (4)/(3)	1,5	1,55	1,59	g/cm ³

Dari hasil perhitungan diperoleh berat isi masing-masing sebesar 1,50 g/cm³ (lepas), 1,55 g/cm³ (rojok), dan 1,59 g/cm³ (goyangan), dengan nilai rata-rata 1,55 g/cm³ atau setara dengan 1550 kg/m³. Berdasarkan SNI 1996–2008, berat isi agregat kasar yang disyaratkan berada pada rentang 1,54 g/cm³ sampai 1,80 g/cm³. Dengan demikian, hasil pengujian ini dapat dinyatakan memenuhi syarat SNI.

4.1.1.5. Kadar Air

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan dengan metode pengeringan oven sesuai prosedur dalam SNI 03-1971-1990 atau revisinya SNI 1971:2011. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil kadar air agregat kasar.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Massa wadah + benda uji	g	4099	3776	3980
Massa wadah	g	506	493	500
Massa benda uji (W1)	g	3593	3285	3480
Massa benda uji kering oven (W2)	g	3568	3252	3450
Kadar air total (P) = ((W1-W2)/W2)*100	%	0,7	1,01	0,87

Dari hasil perhitungan diperoleh kadar air masing-masing sampel yaitu 0,70 % (sampel 1), 1,01 % (sampel 2), dan 0,87 % (sampel 3), dengan rata-rata 0,86 %. Meskipun SNI tidak menetapkan batas maksimum kadar air agregat, nilai di bawah

1 % umumnya dianggap sesuai untuk keperluan pencampuran beton, sehingga dapat dinyatakan layak digunakan dalam campuran beton.

4.1.2. Pengujian Agregat Halus

4.1.2.1. Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan 3 sampel agregat halus dengan rata-rata berat contoh SSD sebesar 500 gram. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu, serta nilai penyerapan air dari agregat halus.

Tabel 4.7 berikut menyajikan hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus:

Tabel 4.6: Hasil berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Pengukuran	Notasi	Satuan	Sampel			Rata-rata
			1	2	3	
Berat contoh SSD di udara	B	g	500	500	500	500
Berat contoh kering oven	A	g	489	487	488	488
Berat piknometer + air	C	g	994	995	995	994,67
Berat piknometer + contoh (SSD) + air	D	g	1301,48	1303,27	1302,87	1302,54
Bulk Sp. Gravity – Dry ($A/(B+C-D)$)	-	-	2,54	2,54	2,54	2,54
Bulk Sp. Gravity – SSD ($B/(B+C-D)$)	-	-	2,6	2,61	2,6	2,6
Apparent Sp. Gravity ($A/(A+C-D)$)	-	-	2,69	2,72	2,71	2,71
Absorption ($((B-A)/A \times 100)$)	-	%	2,25	2,67	2,46	2,46

4.1.2.2. Analisa Gradasi

Pemeriksaan analisa gradasi agregat halus dilakukan dengan metode uji analisis saringan. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui distribusi butiran agregat halus serta menentukan nilai modulus halus butir (FM). Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan batasan zona gradasi menurut SNI 7656:2012.

Tabel 4.7: Hasil analisa gradasi Agregat halus dengan batas zona 2.

Nomor Saringan	Sampel			Total Tertahan (g)	% Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Lolos
	1	2	3				
4,75 mm	65	70	68	203	6,78	6,78	93,22
2,36 mm	82	80	81	243	8,11	14,89	85,11
1,18 mm	137	184	161	482	16,09	30,98	69,02
0,60 mm	169	136	153	458	15,29	46,27	53,73
0,30 mm	464	436	450	1350	45,08	91,35	8,65
0,15 mm	11	14	12	37	1,24	92,59	7,41
Pan	69	78	75	222	7,41	100	0
Total	997	998	1000	2995	100		

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh persentase kumulatif tertahan dan lolos pada masing-masing saringan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan modulus halus butir (FM) dengan rumus:

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{ berat tertahan kumulatif } (\geq 0,15 \text{ mm})}{100}$$

Substitusi nilai:

$$FM = \frac{6,78 + 14,89 + 30,98 + 46,27 + 91,35}{100}$$

$$FM = \frac{190,28}{100} = 2,83$$

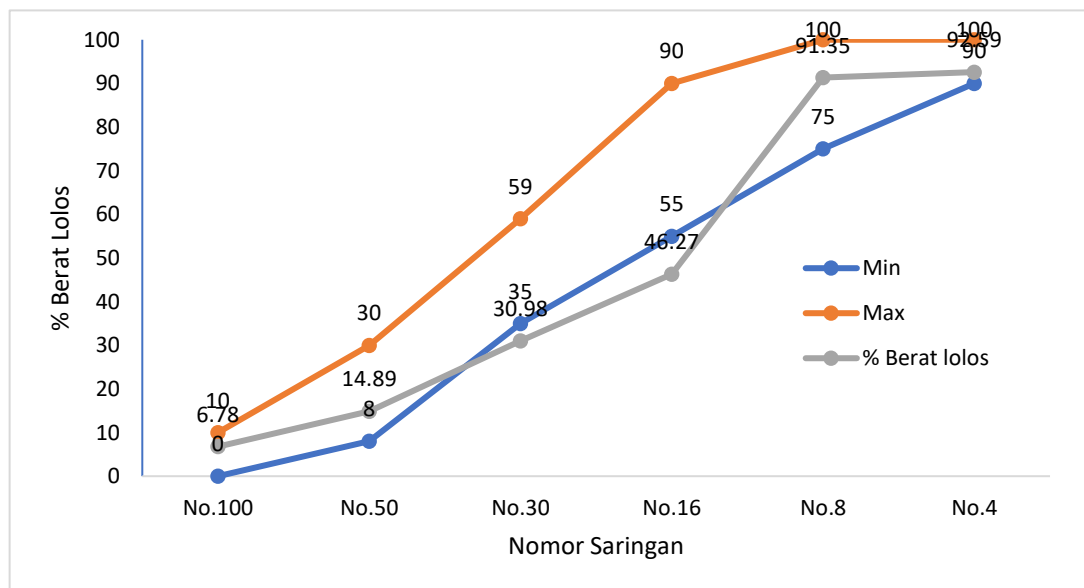
Dengan demikian, diperoleh nilai modulus halus butir sebesar 2,83. Nilai ini masih berada dalam rentang yang diizinkan untuk agregat halus, yaitu 1,5 – 3,8.

Oleh karena itu, agregat halus ini dapat digolongkan sebagai agregat normal dengan kriteria zona gradasi sesuai SNI 03-2834-2000 2.

Tabel 4.8: Daerah gradasi agregat halus.

Nomor saringan	Persenan bahan butiran yang lolos saringan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4,75 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,18 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

Berdasarkan tabel diatas Agregat halus yang digunakan memenuhi sarat dengan gradasi daerah II dengan jenis pasir sedikit kasar. Grafik presentase lolos komulatif persen bahan yang lewat dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik analisa agregat halus.

4.1.2.3. Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan untuk mengetahui persentase butiran halus yang lolos saringan No.200. Hasil pengujian ini penting karena kandungan lumpur yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kualitas pasta semen dan daya lekat beton. Menurut SNI 03-2834-2000, kadar lumpur pada agregat halus yang diizinkan adalah maksimum 5%.

Tabel 4.10: Hasil kadar lumpur agregat halus

Pengujian	Notasi	Sampel			Rata-rata	Satuan
		1	2	3		
Berat wadah + isi (W1)	W1	1946	2454	2100	2167	g
Berat wadah (W2)	W2	506	519	500	508,3	g
Berat contoh kering + wadah (W4)	W4	1910	2406	2050	2122	g
Berat kering contoh awal ($W3 = W1 - W2$)	W3	1440	1935	1600	1658,3	g
Berat kering contoh akhir ($W5 = W4 - W2$)	W5	1404	1887	1550	1613,7	g
Berat kotoran agregat lolos No.200 ($W6 = W3 - W5$)	W6	36	48	50	44,7	g
% Kotoran agregat lolos No.200 ($W6/W3 \times 100$)	-	2,5	2,48	3,13	2,7	%

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.10 diperoleh rata-rata kadar lumpur sebesar 2,7%. Nilai ini masih berada di bawah batas maksimum 5% sesuai SNI 03-2834-2000, sehingga agregat halus tersebut tidak memerlukan pencucian sebelum digunakan dalam campuran beton.

4.1.2.4. Berat Isi

Pengujian berat isi agregat kasar dilakukan dengan tiga metode, yaitu lepas, rojong, dan goncangan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat isi agregat kasar yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam perencanaan campuran beton. Metode yang berbeda akan menghasilkan nilai berat isi yang sedikit bervariasi tergantung pada tingkat kepadatan agregat dalam wadah.

Tabel 4.11: Data Timbangan berat isi dengan cara lepas, rojok, pengoyangan.

Keterangan	Lepas	Rojok	Goyangan	Satuan
Berat wadah + isi (W1)	21364	22765	22056	g
Berat wadah (W2)	5327	5327	5327	g
Volume wadah (V)	10948	10948	10948	cm ³

Tabel 4.12: Data perhitungan berat isi Agregat Kasar.

Keterangan	Lepas	Rojok	Goyangan	Satuan
Berat contoh (W1-W2)	16037	17438	16729	g
Berat isi (W1-W2)/V	1,46	1,59	1,53	g/cm ³
Rata-rata berat isi			1,53	g/cm ³
Konversi ke Kg/m ³			1530	Kg/m ³

Konversi dari satuan g/cm³ ke kg/m³ dilakukan dengan mengalikan hasil rata-rata dengan faktor 1000, karena 1 g/cm³ setara dengan 1000 kg/m³. Sehingga, nilai rata-rata 1,53 g/cm³ sama dengan 1530 kg/m³.

Nilai ini masih sesuai dengan kisaran umum berat isi agregat kasar menurut literatur, yaitu sekitar 1400 – 1800 kg/m³. Dengan demikian, agregat kasar yang diuji dapat dikategorikan memiliki berat isi normal dan layak digunakan dalam campuran beton.

4.1.2.5. Kadar Air

Tabel 4.13: Hasil kadar air agregat halus.

Pengujian	Notasi	Sampel			Rata-rata	Satuan
		1	2	3		
Massa wadah + sampel basah	W1	946	948	952	948,7	g
Massa wadah kosong	W2	506	509	505	506,7	g
Massa wadah + sampel kering oven	W3	936	938	944	939,3	g
Berat sampel basah (W1 – W2)	A	440	439	447	442	g
Berat sampel kering (W3 – W2)	B	430	429	439	432,7	g
Kadar air, $P = (A - B)/B \times 100$	P	2,33	2,33	1,82	2,16	%

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.13 diperoleh kadar air rata-rata sebesar 2,16%. Menurut SNI 7656:2012, kondisi agregat halus yang dijadikan acuan adalah keadaan jenuh kering permukaan (SbelumSD). Nilai kadar air yang diperoleh menunjukkan bahwa agregat masih mengandung air bebas, sehingga dalam perencanaan campuran beton perlu dilakukan koreksi terhadap kebutuhan air.

4.2. Mix Design

Perencanaan campuran beton (mix design) dilakukan berdasarkan SNI 7656:2012 dengan mempertimbangkan kuat tekan rencana, jenis semen, jenis agregat, faktor air-semen, slump, serta hasil uji gradasi agregat.

Tabel 4.14: Tabel Mix Design

No	Uraian	Tabel/Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan rencana, f'_c	Ditetapkan	20 MPa
	Jenis beton	Ditetapkan	Beton Normal
2	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland
3	Jenis agregat	Ditetapkan	Kasar: batu pecah; Halus: pasir alam
4	Faktor air-semen (FAS)	Ditetapkan	0,55
5	Slump	Ditetapkan	60–180 mm
6	Ukuran maks agregat kasar (Dmax)	Hasil Uji	20 mm
7	Kadar air bebas	Tabel SNI 7656:2012	185 kg/m ³
8	Kadar semen	Air/Fas	336,36 kg/m ³
9	Zona gradasi pasir	Hasil uji	Zona II (agak kasar)
10	Persen agregat halus	Tabel SNI 7656:2012	36%
11	Berat isi beton	Tabel SNI 7656:2012	2425 kg/m ³
12	Kadar agregat gabungan	$2425 - (\text{Air} + \text{Semen})$	1921,66 kg/m ³
13	Kadar agregat halus	$36\% \times 1921,66$	653,36 kg/m ³
14	Kadar agregat kasar	$64\% \times 1921,66$	1268,30 kg/m ³

Dari hasil perencanaan pada Tabel 4.14 diperoleh kuat tekan rencana 20 MPa dengan faktor air-semen 0,55, kadar semen 336,36 kg/m³, kadar air bebas 185 kg/m³, serta distribusi agregat halus 36% dan agregat kasar 64%. Campuran ini telah sesuai dengan persyaratan SNI 7656:2012.

Tabel 4.15: Volume perbandingan ASP & Semen portland untuk kebutuhan 2 silinder.

No	Variasi	PC (kg)	ASP (kg)	Pasir (kg)	Split 20–30 (kg)	Split 10–20 (kg)	Air (L)
1	Beton normal	5	0	9,7	9,41	9,41	2,75
2	ASP 3%	4,84	0,15	9,7	9,41	9,41	2,75
3	ASP 5%	4,74	0,25	9,7	9,41	9,41	2,75
4	ASP 7%	4,64	0,35	9,7	9,41	9,41	2,75

Dari Tabel 4.15 terlihat bahwa semakin besar persentase ASP yang digunakan, maka jumlah semen portland yang dipakai semakin berkurang, sementara kebutuhan agregat dan air tetap konstan. Hal ini sesuai dengan prinsip **substitusi sebagian semen** pada perencanaan campuran beton.

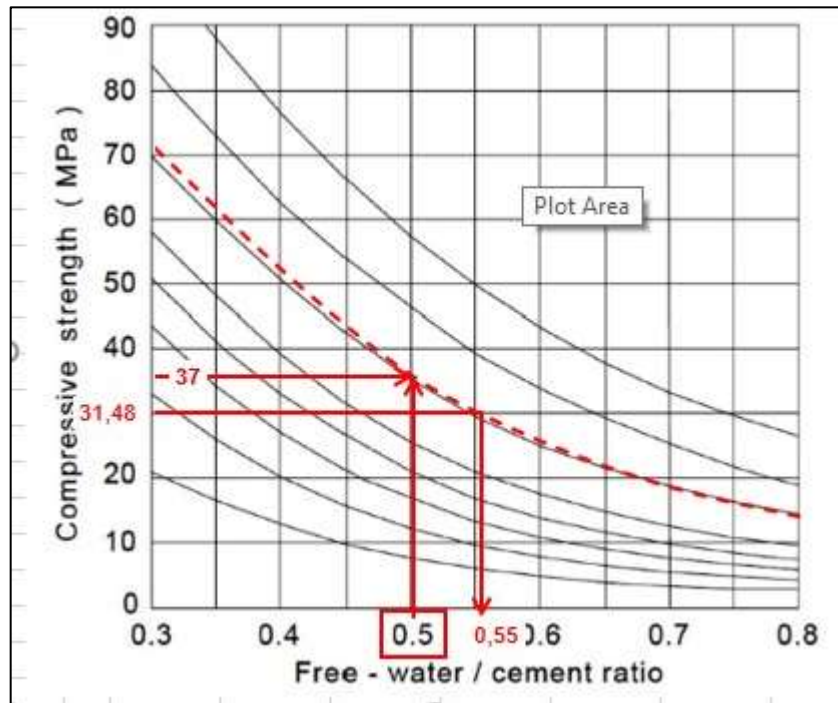
4.3. Pengujian Beton Segar

Dalam penelitian ini, parameter utama yang diuji pada beton segar adalah faktor air semen (FAS) dan nilai slump. Nilai FAS digunakan untuk mengontrol keseimbangan antara kemampuan kerja beton dan kekuatan tekan yang diharapkan, sedangkan uji slump digunakan untuk mengevaluasi tingkat kelecakan beton.

4.3.1. Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) Tantang grafik hubungan antara mencapai keseimbangan yang tepat antar kemampuan kerja dan kekuatan adalah kunci saat FAS yang tepat untuk campuran beton. Perkiraan kuat beton rata-rata 31,48 Mpa, semen yang digunakan semen portland tipe I. pengujian beton pada umur 28 hari,

dengan menggunakan benda uji silinder dan Agregat kasar yaitu kerikil maka digunakan nilai FAS 0,55.



Gambar 4.3: Grafik analisa Faktor air semen (FAS).

4.3.2. Pengujian Slump

Pengujian slump untuk mengukur tinggi permukaan adukan beton setelah dilepas dari alat slump yang digunakan. Pengujian ini membantu bahwa campuran beton memiliki jumlah air yang tepat dan memenuhi syarat untuk penggunaan tertentu.

Tabel 4.9: Hasil uji slump test rata-rata beton segar.

No Variasi	Berat isi Sampel (kg/m ³)			Nilai Slump Test (cm)
	1	2	3	
Beton Normal	12100	11800	12050	8
ASP 3%	12200	12000	12050	8,5
ASP 5%	12100	11900	12000	8
ASP 7%	12138	12000	12050	7,5
Rata-rata nilai Slump Test				8

4.3.3. Pengujian Kuat Tarik Beton Normal

Pengujian kuat tarik beton normal dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Medan Area (UMA), menggunakan mesin uji tekan hidrolik (compression testing machine) dengan kapasitas 2000 kN. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-2491-2014 untuk menentukan nilai kuat tarik belah tidak langsung dari beton. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil kuat tarik belah beton normal seperti yang disajikan pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17: Pengujian Kuat Tarik Beton Normal

No.	Umur (hari)	Berat (gr)	Tanggal		Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata-rata (MPa)
			Pembuatan	Pengetesan		
1	7	12280	17 Juni 2024	24 Juni 2024	1,98	1,97
2		12310			2,02	
3		12295			1,91	
4	14	12340	17 Juni 2024	1 Juli 2024	2,26	2,25
5		12250			2,22	
6		12260			2,28	
7	28	12410	17 Juni 2024	15 Juli 2024	2,61	2,59
8		12395			2,54	
9		12370			2,61	

4.3.4. Pengujian Kuat Tarik Beton Campuran ASP dan Perendaman dengan Air Kapur

Pengujian kuat tarik beton pada campuran yang mengandung abu sekam padi (ASP) dan mengalami perendaman dengan air kapur bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan substitusi serta media perawatan terhadap kekuatan tarik belah beton. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-2491-2014, dengan prosedur yang sama seperti pada beton normal, namun dengan perlakuan khusus pada komposisi material dan metode curing.

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil kuat tarik belah beton campuran ASP dan perendaman dengan air kapur seperti yang disajikan pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18: Pengujian Kuat Tarik Beton Campuran ASP dan Perendaman dengan Air Kapur

No.	Umur	Identitas Benda Uji	Berat	Tanggal		Kuat Tarik Belah
	(Hari)			Pembuatan	Pengetesan	
1	7	3% ASP	11770	17 Juni 2024	24 Juni 2024	1,98
2		5% ASP	11484			2,02
3		7% ASP	11770			1,91
4	14	3% ASP	12374	17 Juni 2024	1 Juli 2024	2,26
5		5% ASP	12154			2,22
6		7% ASP	12132			2,28
7	28	3% ASP	12026	17 Juni 2024	15 Juli 2024	2,61
8		5% ASP	12184			2,54
9		7% ASP	12456			2,61

4.3.5. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan variasi penambahan abu sekam padi (ASP) menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran (3%, 5%, dan 7%) mengalami peningkatan nilai kuat tarik dari umur 7 hari hingga 28 hari. Meskipun demikian, nilai kuat tarik belah beton dengan penambahan ASP masih berada di bawah beton normal pada setiap umur pengujian.

Campuran 3% ASP menunjukkan peningkatan kuat tarik belah dari 1,98 MPa pada umur 7 hari menjadi 2,61 MPa pada umur 28 hari. Peningkatan yang terjadi relatif stabil pada setiap umur pengujian, sehingga campuran ini dapat dikatakan mampu memberikan perkembangan kekuatan yang konsisten.

Campuran 5% ASP mengalami peningkatan dari 2,02 MPa pada umur 7 hari menjadi 2,54 MPa pada umur 28 hari. Nilai akhir yang diperoleh sedikit lebih rendah dibandingkan campuran 3% dan 7%, meskipun laju peningkatannya cukup seimbang.

Campuran 7% ASP menunjukkan nilai kuat tarik belah paling rendah pada umur 7 hari, yaitu 1,91 MPa, namun mengalami peningkatan yang lebih signifikan dibandingkan variasi lainnya hingga mencapai 2,61 MPa pada umur 28 hari. Hal ini mengindikasikan bahwa pada dosis tinggi, abu sekam padi memperlambat perkembangan kekuatan awal, tetapi mampu memberikan peningkatan yang lebih besar pada umur lanjut.

Secara komparatif, pada umur 28 hari campuran 3% ASP dan 7% ASP menghasilkan nilai kuat tarik belah yang sama, yaitu 2,61 MPa, sedangkan campuran 5% ASP berada sedikit lebih rendah dengan nilai 2,54 MPa. Fakta ini menunjukkan bahwa peningkatan persentase abu sekam padi tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kuat tarik belah beton. Campuran dengan kadar rendah (3%) cenderung memberikan hasil yang stabil, sedangkan pada kadar tinggi (7%) meskipun awalnya lebih rendah, dalam jangka panjang mampu menyamai hasil campuran 3%.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi pada campuran beton memberikan pengaruh terhadap perkembangan kuat tarik belah. Pada umur awal, nilai kuat tarik belah cenderung lebih rendah, namun pada umur lanjut (28 hari) seluruh variasi campuran menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, terutama pada variasi 7% yang memiliki laju pertumbuhan kekuatan lebih tinggi.

4.3.6. Pengaruh Perendaman dengan Air kapur

Perendaman dalam air kapur memberikan pengaruh penting terhadap perkembangan kekuatan beton campuran abu sekam padi (ASP). Air kapur (larutan kalsium hidroksida/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$) mengandung ion kalsium (Ca^{2+}) yang dapat bereaksi dengan silika amorf (SiO_2) dalam abu sekam padi. Reaksi ini dikenal sebagai reaksi pozolanik, yaitu proses pembentukan senyawa sekunder seperti kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang merupakan komponen utama penyumbang kekuatan beton.

Namun, efek perendaman ini tidak instan. Pada umur 7 hari, kuat tarik beton campuran masih rendah karena reaksi pozolanik membutuhkan waktu untuk berkembang. Baru setelah 14 dan 28 hari, kekuatan tarik mulai menunjukkan peningkatan yang signifikan, terutama pada campuran 7% ASP (dari 0,95 MPa ke 1,95 MPa).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perendaman air kapur berfungsi sebagai curing aktif yang mendukung kerja abu sekam padi sebagai material pengganti sebagian semen, terutama jika dipadukan dengan waktu curing yang cukup.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton normal dan beton campuran abu sekam padi (ASP) yang direndam dalam air kapur, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Beton normal dan beton campuran ASP sama-sama mengalami peningkatan kuat tarik belah seiring dengan pertambahan umur pengujian (7–28 hari).
2. Beton campuran ASP memiliki kuat tarik belah yang lebih rendah dibandingkan beton normal. Namun, seluruh variasi campuran (3%, 5%, dan 7%) menunjukkan peningkatan nilai dari umur 7 hingga 28 hari. Campuran dengan kadar 3% dan 7% ASP memberikan hasil paling optimal pada umur 28 hari dengan nilai kuat tarik belah sebesar 2,61 MPa, yang mendekati nilai beton normal.
3. Perendaman dalam air kapur membantu mempercepat reaksi pozzolanik abu sekam padi dengan kalsium hidroksida, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik belah beton meskipun nilainya tidak melampaui beton normal.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, berikut saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Penelitian lebih lanjut disarankan dilakukan pada umur lebih dari 28 hari, untuk melihat perkembangan kekuatan beton campuran ASP jangka panjang, terutama karena reaksi pozzolanik cenderung berlangsung lebih lambat.
2. Variasi kadar abu sekam padi di atas 7% perlu diuji untuk mengetahui batas optimal penggunaan ASP yang masih dapat meningkatkan atau mempertahankan kualitas beton.

3. Uji sifat mekanik lainnya seperti kuat tekan, modulus elastisitas, dan porositas sebaiknya dilakukan, agar karakteristik beton campuran ASP dapat dikaji lebih menyeluruh.
4. Penggunaan ASP disarankan pada konstruksi non-struktural terlebih dahulu, seperti paving, kanstin, atau elemen arsitektural ringan, sambil menunggu pengujian lanjutan untuk aplikasinya di struktur utama.
5. Metode curing alternatif, seperti variasi konsentrasi air kapur atau kombinasi dengan metode curing lain (uap, basah kering), dapat menjadi opsi untuk diteliti agar reaksi pozolanik lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abood Habeeb, G., & Bin Mahmud, H. (2010). Study on Properties of Rice Husk Ash and Its Use as Cement Replacement Material. Dalam *Materials Research* (Vol. 13, Nomor 2).
- Agung, A. (2018). Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar SNI 7656-2012 dan ASTM C 136-06. *Ruang Teknik Journal*, 1(2), 142–148.
- Akbar, I., Djauhari, Z., Suryanita, R., Jurusan, M., Sipil, T., Teknik, F., & Riau, U. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Mekanik Beton Pada Campuran Beton Normal. *Jom FTEKNIK*, 6(1).
- Bakri. (2001). Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM untuk Pembuatan Komposit Semen. *Jurnal Perennial*, 5(1), 9–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.24259/perennial.v5i1.184>
- Da Cruz, J., & Supriatna, Y. (2020). Analisis Kuat Tekan Beton K-175 dengan Campuran Serbuk Kapur dan Serbuk Batu Bata untuk Penghematan Semen Sebagai Bahan Pengikat Dasar. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 1(1), 9–13. <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/crane>
- Desmi, A.-. (2018). Pengaruh Penggunaan Abu Jerami dengan Penambahan Zat Additive Sikacim Concrete Terhadap Kuat Tekan Beton. *TERAS JURNAL*, 8(1), 339. <https://doi.org/10.29103/tj.v8i1.120>
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Fropil*, 3(1).
- Gasruddin, A., & Masrin, S. (2018). Analisa Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Bahan Campuran Pasir Alam dengan Pasir Kapur Desa Rongi Kecamatan Sampolawa Kabupaten Buton Selatan. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Uniyadan*, 7(1).
- Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P. (2014). Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/jbat.v3i2.3698>
- Hidayat, A. (2011). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton K-225 Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton K-225. *Jurnal Aptek*, 3(2).
- Hidayat, A., & Afrina, Y. (2020). Penurunan Mutu Beton Struktural Akibat Pemakaian Air Sungai Yang Tercemar Oleh Limbah. 45–49.
- Mulyati, & Alluhri, S. B. (2016). Pengaruh Agregat Kasar Batu Pecah Bergradasi Seragam Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 3(1).
- Nadia, & Fauzi, A. (2011). Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus campuran Beton. *Jurnal Konstruksia*, 3(1).

- Pandaleke, R. E., & Windah, R. S. (2017). Perbandingan Uji Tarik Langsung dan Uji Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 649–666.
- Permatasari, S., & Kurniawan, S. (2022). Analisis Kuat Tekan Beton Mutu K-250 terhadap Pengaruh Penambahan Batu Kapur dari Desa Cantung Kecamatan Hampang Kabupaten Kotabaru. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(2). <http://u.lipi.go.id/1320332466>
- Purwati, A., As'ad, S., & Sunarmasto. (2014). Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(2).
- Raharja, S., As'ad, S., & Sunarmasto. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 1(4), 503–510.
- Slat, V. B., Sumajouw, M. D. J., & Wallah, S. (2016). Pengaruh Kehalusan Semen Terhadap Peningkatan Kekuatan Mortar. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(3), 547–553.
- Tata, A., & Amir Sultan, M. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal Sipil Sains*, 06(11).
- Taurano, G. A., Abda, J., Fernando, R., & Utama, A. B. (2021). ANALISIS UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN SUBSTITUSI KAPUR DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI CAMPURAN SEMEN. *ORBITH*, 17(1), 1–11.
- Zhao, K., Zhang, P., Xue, S., Han, S., Müller, H. S., Xiao, Y., Hu, Y., Hao, L., Mei, L., & Li, Q. (2021). Quasi-elastic neutron scattering (QENS) and its application for investigating the hydration of cement-based materials: State-of-the-art. *Materials Characterization*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.110890>

LAMPIRAN



Gambar: uji slump



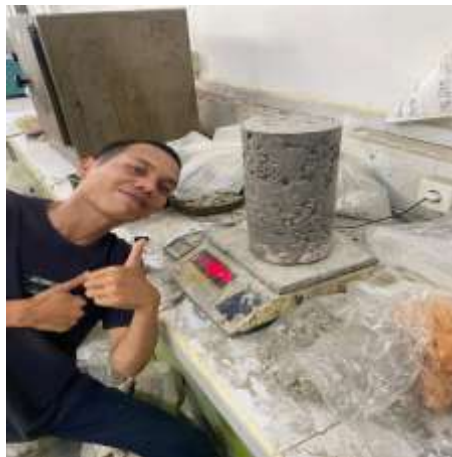
Gambar: Merojok Benda Uji



Gambar: Analisa saringan



Gambar: Pembuatan Benda Uji



Gambar: Penimbangan Benda Uji



Gambar: Perendaman benda uji menggunakan air kapur



Gambar: Proses pengujian kuat tarik belah beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI MAHASISWA

Nama Lengkap : Husni Fajar Nauli M.
Tempat Tanggal Lahir : Medan, 13 Maret 2001
Alamat : JL. Sakura 3 Komplek Taman Sakura
Indah Blok A no.5
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
No.HP/Telp : 085378562957

DATA DIRI ORANG TUA

Ayah : Husin Simbolon
Ibu : Neti Ayuni

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri Percobaan
2. SMP Negeri 1 Medan
3. SMA Harapan 3 Medan
4. S1 Teknik Sipil-Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara