

**SKRIPSI**

**EFEKTIVITAS PENGGANTIAN SEMEN DENGAN *ULTRAFINE RHA*  
LOLOS SARINGAN NO. 300 DAN PENGGUNAAN AIR LAUT SEBAGAI  
MEDIA PERAWATAN PADA MORTAR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada  
program studi Teknik Sipil



Disusun Oleh:

**MUHAMMAD WAHYU**

**D 01 21 368**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT  
MAJENE  
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**EFEKTIVITAS PENGGANTIAN SEMEN DENGAN *ULTRAFINE RHA***  
**SARINGAN NO. 300 DAN PENGGUNAAN AIR LAUT SEBAGAI**  
**MEDIA PERAWATAN PADA MORTAR**

**SKRIPSI**

Oleh  
**MUHAMMAD WAHYU**

**NIM: D0121368**

**(Program Sarjana Teknik Sipil)**

**(Universitas Sulawesi Barat)**

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik Tanggal 07 Maret 2025

Mengetahui,

**Pembimbing I**



**Irma Ridhavani, S.T., M.T**  
NIP. 198003142024212011

**Pembimbing 2**



**Dr. Eng. Ir. Dahlia Patah, S.T., M.Eng**  
NIP. 19860825 201504 2 001

**Ketua Jurusan**



**Amalia Nardin, S.T., M.T.**  
NIP. 19871212 201903 2 017

**Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T**  
NIP. 19640405 199003 2 002

## **ABSTRAK**

### **“EFEKTIVITAS PENGGANTIAN SEMEN DENGAN ULTRAFINE RHA SARINGAN NO. 300 DAN PENGGUNAAN AIR LAUT SEBAGAI MEDIA PERAWATAN PADA MORTAR”**

MUHAMMAD WAHYU

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat (2025)

[Muhammadwahyu2512@gmail.com](mailto:Muhammadwahyu2512@gmail.com)

Pemanfaatan abu sekam padi (Rice Husk Ash/RHA) sebagai bahan pengganti semen dalam campuran mortar merupakan salah satu upaya dalam meningkatkan keberlanjutan konstruksi dan mengurangi dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggantian sebagian semen dengan ultrafine RHA yang lolos saringan No. 300 serta penggunaan air laut sebagai media perawatan terhadap sifat mekanik mortar.

Pengujian dilakukan dengan variasi persentase penggantian semen oleh RHA (10%, dan 20%) metode perawatan yang digunakan, yaitu perendaman dalam air laut pada umur 7, 28 dan 56 hari. Parameter yang diuji meliputi kuat tekan, dan porositas mortar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ultrafine RHA hingga 20% mampu meningkatkan kuat tekan mortar secara signifikan dibandingkan dengan normal, dan penggunaan air laut sebagai media perawatan menunjukkan kontribusi meningkatkan kekuatan. Kombinasi penggunaan ultrafine RHA dan perawatan dengan air laut berpotensi untuk diterapkan dalam konstruksi di daerah pesisir dengan tetap mempertimbangkan batas optimal substitusi RHA.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Ultrafine RHA, mortar, air laut, kuat tekan, Porositas, perawatan.

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan konstruksi dari belahan dunia semakin lama semakin meningkat yang dimana proses pembangunan konstruksi gedung sebagian besarnya masih terbuat dari beton. Hal ini akan membuat penggunaan beton semakin meningkat sehingga jumlah sumber daya yang tersedia menurun dan hal ini akan mengganggu keseimbangan lingkungan, maka dari itu alternatif yang dapat dilakukan guna untuk menjaga keseimbangan lingkungan adalah menghasilkan beton ramah lingkungan.

Produksi semen merupakan salah satu sumber utama emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) global. Proses produksinya melibatkan beberapa tahapan yang berkontribusi terhadap emisi ini. Pertama, kalsinasi batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) pada suhu tinggi menghasilkan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan  $\text{CO}_2$ , di mana reaksi ini menyumbang sekitar 60% dari total emisi  $\text{CO}_2$  dalam produksi semen.

*Rice Husk Ash* (RHA) adalah ampas padat industri pertanian dalam bentuk serbuk halus yang diperoleh dari proses pembakaran. RHA yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam baik secara alami maupun buatan dianggap sebagai limbah padat yang parah bagi lingkungan. RHA yang mengandung pozzolan berpotensi sebagai bahan alternatif dan berkelanjutan untuk substitusi parsial semen guna meningkatkan daya tahan dan kekuatan beton dan, secara bersamaan, mengurangi potensi korosi sebagai konsekuensi dari situasi lingkungan yang keras. RHA berpotensi digunakan sebagai *supplementary cementitious* (SCM) material karena aktivitas pozzolan yang tinggi dengan jumlah silika yang besar (Patah & Dasar, 2023).

Menurut (Nassar & Room, 2025) *Ultrafine rice hush ash* merupakan RHA dengan ukuran partikel yang lebih halus dalam hal ini *Ultrafine rice hush ash* dapat mengurangi kemerosotan beton dikarenakan sifat pozzolan yang lebih baik, reaktivitas yang ditingkatkan dapat memfasilitasi ikatan dalam matriks

beton. Keberadaan *Ultrafine rice hush ash* (URHA) menyebabkan kurangnya pori-pori kapiler yang membuat pengembangan kekuatan dan daya tahan beton dalam jangka panjang. Sehingga penggunaan *Ultrafine rice hush ash* (URHA) dapat mengatasi masalah lingkungan yang terkait dengan pembuangan limbah abu sekam padi di Indonesia.

Sumber daya air merupakan elemen krusial dalam pembangunan berkelanjutan, terutama dalam sektor industri dan konstruksi. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan air tawar akibat pertumbuhan populasi dan urbanisasi, eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya ini menjadi tantangan global yang perlu segera diatasi. Dalam dunia konstruksi, penggunaan air laut sebagai campuran beton telah menarik perhatian karena ketersediaannya yang melimpah. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah kandungan garam yang dapat menyebabkan korosi pada baja tulangan, sehingga memerlukan inovasi material atau perlakuan khusus. Air laut, yang mencakup sekitar 97% dari total air di bumi, menawarkan solusi potensial sebagai alternatif bahan material berkelanjutan. Pemanfaatan air laut dalam berbagai aspek, seperti pencampuran beton, proses desalinasi untuk penyediaan air bersih, dan ekstraksi mineral untuk material konstruksi, telah menjadi fokus penelitian untuk mengurangi ketergantungan pada air tawar.

Media Perawatan (*Curing*) juga sangat berpengaruh dalam proses hidrasi semen hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan ketahanan mortar, perawatan air laut sebagai media perawatan dapat menjadi solusi terlebih lagi pada daerah Kabupaten Majene wilayahnya merupakan pesisir laut, Kondisi geografis ini, sangat menuntut kebutuhan pembangunan sarana infrastruktur terutama konstruksi, seperti jalan raya, pelabuhan, dermaga dan lain-lain.

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian ini dicoba dilakukan eksperimen untuk pemanfaatan *Ultrafine rice hush ash* (URHA) atau abu sekam padi yang lolos saringan No.300 sebagai bahan ganti dan air laut sebagai media perawatan (*Curing*) untuk mengetahui seberapa efektivitasnya pada pengujian kuat tekan dan porositas.

Dari latar belakang diatas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul ” **Efektivitas Penggunaan Ultrafine Rice Hush Ash Lolos Saringan No. 300 Dan Penggunaan Air Laut Sebagai Media Perawatan Pada Mortar**

## **2.1 Rumusan Masalah**

Berdasarkan Latar Belakang diatas maka peneliti mengangkat rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh Efektifitas *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) yang digunakan sebagai pengganti semen 10% dan 20%, pada uji Kuat tekan Mortar?
- b. Bagaimana pengaruh Efektifitas *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) yang digunakan sebagai pengganti semen 10% dan 20%, pada uji Porositas Mortar?
- c. Bagaimana Pengaruh *Water sea* ( Air Laut), Sebagai media perawatan terhadap mortar

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka adapun tujuan dari penelitian ini yaitu adalah sebagai berikut.

- a. Untuk mengetahui pengaruh Efektifitas *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) yang digunakan sebagai pengganti semen 10% dan 20%, pada uji Kuat Tekan Mortar
- b. Untuk mengetahui pengaruh Efektifitas *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) yang digunakan sebagai pengganti semen 10% dan 20%, pada uji Porositas Mortar.

- c. Untuk mengetahui Pengaruh *Water sea* ( Air Laut), Sebagai media perawatan terhadap mortar

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Semen yang digunakan adalah semen Portland Composit (PCC).
- b. Bahan tambah yang digunakan adalah *Rice Husk Ash* (RHA), yang didapatkan di kecamatan Mappilli, Kabupaten Polewali mandar, Provinsi Sulawesi barat.
- c. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Mapilli Kec. Mapilli, Kab. Polewali Mandar.
- d. Agregat yang digunakan dicuci terlebih dahulu untuk memastikan kadar lumpur dalam agregat tidak tinggi.
- e. Pencampuran menggunakan air tawar dari sumur bor Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
- f. Faktor air semen yang digunakan 50%.
- g. Benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder berukuran 10 cm x 20 cm, dan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
- h. Air laut yang digunakan berasal dari Kel. Pangaliali, Kec. Banggae, Kab. Majene

### **1.4 Manfaat Penelitian**

- a. Manfaat teoritis yaitu sebagai masukan untuk pengaruh bahan limbah *Rice Husk Ash* (RHA) sebagai media pengganti semen terhadap uji Porositas Daya Serap dan Kuat Tekan pada mortar, dengan menggunakan pasir sungai mapilli. Dan untuk mengetahui pengaruh air laut sebagai media perawatan pada beton.

- b. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya khususnya di bidang ketekniksipilan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dan memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil peneliti terdahulu sebagai berikut:

- a. (Sri Raharja, Sholihin As'ad, 2019) Judul penelitian, Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi, Beton kinerja tinggi merupakan suatu inovasi pembuatan beton dalam usaha untuk menciptakan beton yang memiliki kinerja yang lebih baik dari beton konvensional. Abu sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi yang tidak terpakai bila tidak diolah dapat mencemari lingkungan. Abu sekam padi mudah didapatkan di seluruh wilayah di Indonesia karena padi sebagai makanan pokok penduduk Indonesia. Karakteristik abu sekam padi yang cukup halus dengan kandungan silika aktif yang tinggi menjadi dasar penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Penggantian sebagian semen menggunakan abu sekam padi merupakan salah satu upaya menjadikan beton lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen ditinjau dari kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total 18 benda uji. Benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 7,62 cm (3 inch) dan tinggi 15,24 cm (6 inch) dan menggunakan variasi komposisi abu sekam padi 0%

, 2,5% , 5% , 7,5% , 10% dan 15%. Setiap jenis campuran beton dibuat 3 benda uji. Mutu beton yang direncanakan adalah  $f_c' = 80$  MPa. Uji kuat tekan dan modulus elastisitas dilakukan pada umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen mengakibatkan peningkatan nilai kuat tekan. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi 10% abu sekam padi yaitu sebesar 18,15% (dari 85,55 MPa menjadi 101,07 MPa). Pengaruh abu sekam padi terhadap modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekannya.

- b. (Vincent-uzogbe, si; ogirigbo, 2023) Judul penelitian Evaluasi Kinerja Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Beton di Lingkungan Laut di Sungai Escravos, Wilayah Delta Niger, Nigeria Semen telah terbukti menyebabkan masalah lingkungan selama produksinya dan merupakan bahan yang berbahaya relatif mahal dalam produksi beton. Bahan pengikat alternatif yang ramah lingkungan seperti abu sekam padi (RHA). Ini mulai digunakan. Oleh karena itu, tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk mengevaluasi kinerja RHA (dalam suhu dan waktu pembakaran terkontrol) sebagai pengganti sebagian (10% dan 20%) semen dalam beton di lingkungan laut di Sungai Escravos, wilayah Delta Niger, Nigeria. Sampel beton dibuat dengan RHA 10% dan 20% di Laboratorium dipaparkan sampel air payau dari Sungai Escravos pada hari ke 3, 7, 28 dan 90 dan hasilnya dibandingkan dengan beton cor PLC. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa kemampuan kerja beton segar Ini menurun dengan meningkatnya RHA dan semakin menurun bila dicampur dengan air garam. RHA berkontribusi positif dalam waktu pengikatan beton karena menambah waktu pengikatan awal dan mengurangi waktu pengikatan akhir. Beton 10% RHA memiliki kinerja terbaik pada semua kondisi, dengan peningkatan kekuatan sekitar 10%. Peningkatan Hal ini juga menyebabkan sedikit penurunan kekuatan. Semakin banyak RHA maka kapasitas beton pun semakin meningkat. untuk menahan penetrasi klorida yang lebih besar, dengan kedalaman penetrasi rata-rata yang lebih

rendah. Beton 10% RHA menunjukkan ikatan beton-tulang terkuat. 10% RHA optimal untuk penggantian sebagian semen pada beton. di lingkungan laut, karena meningkatkan kinerja beton.

- c. (Sari dkk, 2023) Judul Pengaruh Air Laut Pada Proses Curing Dan Treatment Terhadap Kekuatan Beton. Pembangunan konstruksi sipil di daerah pantai memerlukan bahan bangunan yang tahan terhadap air laut. Namun, air laut memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh air laut dan lingkungan laut terhadap kekuatan serta kedalaman karbonasi pada beton. Sampel beton berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm dicuring menggunakan air tawar dan air laut selama 7, 14, 28, dan 56 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang dicuring dengan air laut memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang dicuring dengan air tawar, dengan kuat tekannya sebesar 273,53 kg/cm<sup>2</sup>, 302,23 kg/cm<sup>2</sup>, 331,21 kg/cm<sup>2</sup>, dan 316,01 kg/cm<sup>2</sup>. Selain itu, beton yang terpapar lingkungan laut juga mengalami penurunan nilai kuat tekan pada usia 28 dan 56 hari pada tiap sampel. Sampel BAZ (426,63 kg/cm<sup>2</sup>); BTZ (384,09 kg/cm<sup>2</sup>, 361,05 kg/cm<sup>2</sup>); BSZ (351,6 kg/cm<sup>2</sup>, 342,2 kg/cm<sup>2</sup>). Pengujian karbonasi yang didapatkan pada usia 28 dan 56 hari pada sampel BUR dan BAZ 0 mm, BTZ 4,4 mm dan 6,4 mm, BSZ 7,4 mm dan 11 mm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin tinggi kedalaman karbonasi, semakin turun kuat tekan beton. Hasil ini menegaskan bahwa air laut dan lingkungan laut memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap kekuatan beton. Oleh karena itu, pemilihan material yang tepat dan perawatan yang baik menjadi kunci dalam konstruksi di daerah pantai.
- d. (Asriani dkk, 2023) Judul Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) Sebagai Upaya Pengurangan Penggunaan Semen Portland Pada Beton Normal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi untuk mengurangi penggunaan semen

terhadap kuat tekan beton. Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm. Bahan-bahan yang digunakan adalah pasir dari Sungai Puna, batu pecah dari sungai Puna, semen Portland tipe I merek tonasa, air diambil dari Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Sintuwu Maroso Poso, bahan variasi abu sekam padi dengan variasi 0 %, 2,5 %, 5%, dan 7,5 % dari volume agregat kasar yang digunakan jumlah setiap sampel sebanyak 3 sampel setiap variasi, dengan menggunakan umur beton 7 hari dan 28 hari, sehingga total benda uji adalah 24 sampel. Dari hasil pengujian ini membuktikan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat digunakan sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan semen Portland terhadap kuat tekan, Untuk nilai kuat tekan di umur 7 hari untuk 2,5% naik sebesar 2,98% dari beton normal, untuk 5% naik sebesar 4,85%, dan untuk 7,5% menurun, sementara untuk kuat tekan di umur 28 hari untuk 2,5% naik sebesar 1,43%, untuk 5% naik sebesar 2,67%, dan untuk 7,5% menurun. Maka Untuk desain proporsi campuran penggunaan variasi abu sekam padi (rice husk ash) yang optimum terjadi pada variasi *rice husk ash* (RHA) 5%, dengan nilai kuat tekan ( $f'c$ ) yang dihasilkan sebesar 14,06 Mpa atau 4,85% dari beton normal pada umur 7 hari dan nilai kuat tekan ( $f'c$ ) yang dihasilkan sebesar 21,50 Mpa atau 2,67% dari beton normal pada umur 28 hari. Hal ini dinilai sudah mencapai target kuat tekan yang telah direncanakan yaitu sebesar 20,75 Mpa pada umur 28 hari.

- e. (Uzda dkk, 2021) Judul Studi Ekperimental Variasi *Curring* Air Laut Terhadap Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Air Laut, Kelangkaan air bersih di beberapa lokasi di Provinsi Maluku, seperti di wilayah kabupaten Kepulauan Aru, di Kecamatan Kilmuri Kabupaten Seram Bagian Timur, serta Pulau Romang, Damer, Wetar, dan Kabupaten Maluku Barat Daya, mengakibatkan dampak negatif terhadap kebutuhan air bersih sebagai bahan campuran sehingga dibutuhkan inovasi pemanfaatan air laut sebagai bahan campuran beton. namun yang dipertanyakan apakah air laut bisa digunakan untuk campuran beton dan perawatan beton. Pengujian ini

dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air laut sebagai bahan campuran dan curing terhadap kuat tekan beton. Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi eksperimental dengan variasi perawatannya menggunakan curing basah (Wet), basah kering (wet – dry), kering (dry) dengan mutu rencana 14,525 MPa .Hasil penelitian menunjukkan untuk (curing) kering udara kuat tekan rata-rata sebesar 17,064 Mpa dan mengalami peningkatan kuat tekannya sebesar 17% dari mutu rencana, sama halnya dengan (curing) air tawar menunjukkan nilai kuat tekan yang sama dengan (curing) air laut, hasil pengujian kuat tekan rata-ratanya didapatkan (curing) air tawar (21,024 Mpa) sedangkan air laut (21,027 Mpa) dan peningkatan kuat tekan sebesar 45%. untuk (curing) basah – kering mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 50% dari mutu yang direncanakan dan rata-rata nilai kuat tekan sebesar 21,778 Mpa.

- f. (Ridhayani, Nurdin, Rohani, Manaf & Fauzi.2024) Judul Mortar Abu Sekam Padi dan Air Laut : Alternatif Material untuk Lingkungan Pesisir Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran mortar dengan air laut memiliki potensi sebagai material konstruksi berkelanjutan di wilayah pesisir. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan 20% abu sekam padi pada umur 91 hari menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 36,20 MPa dan memiliki resistivitas listrik yang rendah terhadap laju korosi, meskipun terpapar ion klorida. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi abu sekam padi dan air laut dapat menjadi alternatif material konstruksi yang ramah lingkungan dan tahan terhadap kondisi agresif pesisir.

## 2.2 Pengertian Mortar

Mortar merupakan campuran pasir, lem dan air. Bahan pengikatnya antara lain tanah liat, kapur atau semen. Jika digunakan tanah sebagai bahan pengikat disebut mortar lumpur, jika digunakan kapur sebagai bahan

pengikat disebut mortar kapur, dan jika digunakan semen sebagai bahan pengikat disebut mortar semen. Pasir berfungsi sebagai bahan pengisi atau bahan perakat. Fungsi utama mortar adalah untuk meningkatkan daya rekat dan ikatan dengan bagian-bagian komponen bangunan. Keawetan mortar tergantung pada daya rekat pasta semen terhadap partikel agregat halus. Mortar mempunyai nilai komposisi yang relatif rendah. Mortar harus kedap air dan kekuatan gesernya dapat menahan gaya yang diberikan pada mortar. Jika air meresap dengan cepat atau dalam jumlah banyak ke dalam mortar, maka mortar akan mengeras dan kehilangan ikatan perekatnya. (Sujatmiko, 2024).

### **2.2.1 Kelebihan dan kekurangan Mortar**

Mortar juga tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya, Adapun kekurangan dan kelebihan pada mortar dibahas oleh (Zuraidah & Hastono, 2018), ialah sebagai berikut.

#### **a. Kelebihan Mortar**

- 1) Campuran mortar mudah diangkut dan dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan.
- 2) Kuat tekan mortar bila dipadukan dengan baja akan mampu menahan beban yang besar.
- 3) Dalam beberapa penggunaan, dapat disemprotkan atau disuntikkan pada lokasi tertentu.
- 4) Awet, tidak lapuk.

#### **b. Kekurangan Mortar**

- 1) Untuk memperoleh mortar dengan kuat tekan yang tinggi perlu dilakukan pencampuran dengan bahan semen, pasir dan air yang benar.

- 2) Di beberapa daerah, persiapan campuran harus hati-hati dan harus ditambahkan bahan tambahan.
- 3) Kuat tariknya rendah sehingga diperlukan tulangan tambahan. Misalnya saja untuk pondasi tiang pancang.

### 2.2.2 Jenis-Jenis Mortar

Adapun jenis-jenis mortar yang ada saat ini yaitu adalah sebagai berikut.

- a. Mortar Lumpur : Mortar lumpur adalah campuran bahan bangunan yang terdiri dari tanah liat atau lumpur, pasir, dan air. Ketiga bahan tersebut dicampur hingga merata untuk menghasilkan adukan dengan kelecakan yang baik. Mortar ini umumnya digunakan dalam konstruksi tradisional, seperti pembuatan dinding tembok atau tungku api di pedesaan. Namun, mortar lumpur memiliki kelemahan, yaitu kurang tahan terhadap air dan kelembapan tinggi, sehingga penggunaannya terbatas pada kondisi tertentu.



**Gambar 2.1** Mortar Lumpur  
*Sumber : Dokumentasi Google*

- b. Mortar Kapur : Mortar kapur merupakan bahan bangunan yang terbuat dari campuran kapur, pasir, dan air sebagai bahan pengikat utama. Mortar ini telah digunakan sejak lama terutama pada bangunan bersejarah seperti bangunan batu dan dinding bata. Keunggulan mortar kapur antara lain fleksibilitasnya dan kemampuannya

menyerap serta melepaskan uap air. Ini akan mencegah penumpukan kelembapan yang dapat merusak struktur. Selain itu, mortar kapur ramah lingkungan karena terbuat dari bahan alami. Namun, kekurangannya adalah butuh waktu lebih lama untuk kering dibandingkan mortar semen, sehingga dibutuhkan kesabaran saat mengaplikasikannya. Saat ini, mortar kapur sering digunakan dalam restorasi bangunan bersejarah untuk menjaga keaslian bangunan sekaligus menjaga kestabilan dan ketahanan bangunan.



**Gambar 2.2** Mortar Kapur  
*Sumber : Dokumentasi Google*

- c. **Mortar Semen** : Mortar semen adalah campuran bahan bangunan yang menggunakan semen Portland sebagai pengikat utama, dicampur dengan pasir dan air untuk menciptakan adukan yang kuat dan tahan lama. Mortar ini merupakan salah satu bahan yang paling umum digunakan dalam konstruksi modern karena memiliki daya rekat yang tinggi, cepat mengering, dan tahan terhadap cuaca serta tekanan mekanis. Mortar semen sering digunakan untuk merekatkan bata, batu, atau blok beton dalam pembuatan dinding, lantai, dan struktur lainnya. Keunggulan utama mortar semen adalah kekuatannya yang lebih besar dibandingkan mortar tradisional seperti mortar kapur atau mortar lumpur. Namun, penggunaannya memerlukan perhitungan



yang tepat, karena kelebihan semen dalam campuran dapat menyebabkan retak pada struktur akibat pengerasan yang terlalu cepat. Mortar semen telah menjadi pilihan utama dalam berbagai proyek konstruksi karena sifatnya yang serbaguna, ekonomis, dan efisien.



**Gambar 2.3** Mortar Semen  
*Sumber : Dokumentasi Google*

## **2.3 Material Penyusun Mortar**

### **2.3.1 Semen Portland**

Semen portland adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinker dan terutama terdiri dari kalsium silikat, yang bersifat hidrolis, dan gipsum sebagai komponen tambahan (PUBI-1982). Bila semen dicampur dengan air, dihasilkan campuran yang disebut pasta semen. Semen dicampur dengan air dan ditambahkan pasir untuk membuat mortar semen, dan dengan kerikil dan batu pecah disebut juga beton. Pada campuran beton, semen dan air merupakan gugus aktif. Gugus aktif ini bertindak sebagai perekat atau pengikat, dan gugus tidak bergerak, yaitu pasir atau kerikil, bertindak sebagai pengisi. Fungsi semen adalah untuk mengikat agregat menjadi suatu massa yang kompak atau padat. Ada juga pekerjaan untuk mengisi rongga antar partikel agregat. Dalam campuran beton, semen menyumbang sekitar 10% dari volume beton. Karena merupakan bahan aktif, maka penggunaannya harus dikontrol dengan baik. Semen mengandung bahan atau senyawa antara

lain kapur, silikat, aluminium oksida, dan besi oksida yang semuanya merupakan unsur dasar. Bahan dasar pembuatan semen portland terdiri dari batu kapur (batu kapur), tanah liat atau lempung, pasir silika, pasir besi, dan gipsum.

Adapun kandungan bahan kimia dalam semen dapat dilihat dalam tabel 2.1

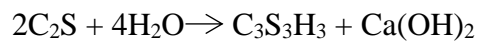
**Tabel 2.1** Kandungan bahan-bahan kimia dalam Bahan Baku Semen

	CaO(%)	SiO(%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO(%)
Batu kapur	52,77	1,02	0,92	0,7	1,33
Tanah liat	9,27	46,99	16,46	6,62	2,44
Pasir silica	1,41	90,51	3,26	1,65	2,98
Pasir besi	1,03	12,38	3,49	76,21	0,34

*Sumber: Ir. Gideon H. Kusuma, 1993*

Setelah mencampur semen dan air, dilakukan dua proses: pengerasan dan pengeringan. Proses pencampuran dimulai beberapa menit setelah pencampuran dan disebut batch pertama (kombinasi awal). Proses ini berakhir setelah beberapa jam dan disebut pengikatan akhir. Setting time adalah lamanya waktu semen mulai mengeras setelah kontak dengan air hingga bubur semen mencapai kekentalan yang tidak dapat ditangani lagi. Proses pengerasan dimulai segera setelah semen bersentuhan dengan air. Proses pengerasan kimia meliputi hidrasi dan hidrolisis. Hidrasi adalah pembentukan senyawa baru dengan air. Hidrolisis adalah proses mengubah komponen-komponen ini menjadi komponen lain di bawah pengaruh bahan kimia dan air. Proses hidrasi melepaskan panas yang disebut panas hidrasi. Tetapi sekitar 20% berat semen dibutuhkan untuk hidrasinya. Namun, kelebihan air juga diperlukan untuk memberikan pelumasan pada partikel semen sehingga campuran lebih mudah ditangani dan dikerjakan. Kelebihan

air ini harus ada dan menguap meninggalkan rongga pada semen yang mengeras, mendorong terbentuknya retakan susut, namun kelebihan air ini harus dibatasi. Pengerasan semen Portland merupakan proses kompleks yang mengarah pada pembentukan komponen baru pada batu semen yang awalnya tidak terdapat pada klinker. Reaksi hidrasi yang biasa dihasilkan semen adalah:



Tipe-tipe semen Menurut ASTM C150, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

a. Jenis Semen

- 1) Semen portland biasa (OPC) Tipe I, merupakan semen serba guna, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan sulfat, kekuatan awal).
- 2) Semen sulfat sedang kelas II, semen beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi yang sesuai.
- 3) Semen mutu awal tinggi kelas III, semen untuk beton dengan kuat awal (pengerasan) tinggi.
- 4) Semen panas hidrasi rendah kelas IV. Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah dan mempunyai kekuatan awal rendah.
- 5) Tipe V: High Sulphate Resistance Cement, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

b. Pemeriksaan Berat Jenis

Uji berat jenis semen ini didasarkan pada ASTM C-188, dengan berat jenis yang disyaratkan sebesar 3,15 dan kemurnian semen yang disyaratkan sebesar 3,0 hingga 3,2 menurut ASTM C-188. Namun kepadatan semen yang dihasilkan bervariasi antara 3,05 hingga 3,25. Rasio ini mempengaruhi proporsi semen dalam campuran dan jika pengujian tidak memberikan hasil seperti itu, maka pembakaran tidak

sempurna. Uji berat jenis dapat dilakukan pada potongan Le Chateriel sesuai dengan ASTM C-188 dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- 1) Isi botol *Le Chaletier* dengan minyak tanah dengan menggunakan skala botol 0 sampai 1.
- 2) Tempatkan botol *Le Chateriel* yang berisi minyak tanah ke dalam wadah yang sudah diisi air.
- 3) Tambahkan es ke wadah. Oleh karena itu, suhu air akan menjadi 4°C.
- 4) Bila suhu air sesuai dengan suhu cairan dalam botol *Le Chateriel*, bacalah timbangan pada botol (V1)
- 5) Saring semen Portland dengan saringan #40 dan timbang 64 gram.
- 6) Keluarkan botol dari wadahnya dan tambahkan semen portland ke dalam botol secara bertahap bersama minyak tanah menggunakan corong kaca. Hati-hati jangan sampai semen mengenai bagian dalam dinding atas botol *Le Chatelier*.
- 7) Kembalikan botol *Le Chatelier* yang berisi minyak tanah dan semen ke dalam wadah dan pertahankan suhu air pada 4°C.
- 8) Jam Ketika suhu air dan suhu cairan dalam botol *Le Chatelier* cocok, nilai (V2) akan ditampilkan pada skala botol.
- 9) Untuk menentukan nilai berat suatu mutu semen digunakan rumus.

$$\text{Berat jenis} = \frac{w}{w_1 - w_2} \gamma_{\text{air}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

W = berat benda uji semen portland

V1 = Pembacaan pada botol Le Chatelier yang berisi minyak tanah pada suhu 4°C

V2 = Pembacaan pada botol Le Chatelier yang berisi minyak tanah dan semen pada suhu 4°C

$\gamma_{\text{air}}$  = berat isi air pada suhu 4°C

### 2.3.2 Air

#### a. Air Tawar

Air merupakan bahan baku penting dalam produksi beton. Air diperlukan ketika bereaksi dengan semen dan sebagai pelumas antar partikel agregat untuk kemudahan penanganan dan pengumpulan. Sekitar 25% berat semen dalam air diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Namun pada kenyataannya sulit untuk mencapai nilai koefisien air-semen yang lebih rendah dari 0,35. Kelebihan air yang terkandung di dalamnya digunakan sebagai pelumas. Jumlah air yang ditambahkan untuk pelumasan tidak boleh terlalu banyak. Terlalu banyak produk akan mengurangi kekuatan beton. Pendarahan mungkin terjadi. Aliran ini menyebabkan terbentuknya lapisan tipis sehingga mengurangi daya rekat antar lapisan beton. Peranan air dalam campuran beton adalah :

- 1) Sebagai pelumas agregat halus dan kasar
- 2) Bereaksi dengan semen membentuk pasta semen
- 3) Penting untuk mengencerkan material semen pada seluruh permukaan agregat.
- 4) Basahi agregat untuk mencegah penyerapan air penting yang diperlukan untuk reaksi kimia.
- 5) Tuangkan campuran beton ke dalam bekesting.

Banyaknya air yang digunakan dapat dinyatakan dalam satuan berat atau satuan volume. Dalam praktiknya, air biasanya diukur dalam satuan volume atau liter. Banyaknya air (volume) yang digunakan untuk beton dengan mutu tertentu harus dihitung dengan mengevaluasi kadar air (*moisture content*) agregat halus dan kasar. Kadar air dalam agregat mengurangi jumlah air yang dibutuhkan untuk campuran beton. Pada saat yang sama, agregat dapat menyerap air dari campuran beton. Dalam kasus ini, Anda perlu mencari cara untuk mengatasi penyerapan dengan meningkatkan jumlah air yang perlu ditambahkan ke campuran beton.

Sumber air yang dapat ditambahkan ke campuran beton. Sumber air berikut dapat digunakan untuk mencampur beton:

- 1) Air diserap ke dalam agregat dan permukaan agregat menjadi kering jenuh (permukaan jenuh kering = SSD)
- 2) Air ditambahkan selama proses pencampuran. Jumlah ini dikoreksi untuk air permukaan pada agregat dan/atau tidak termasuk air yang diserap oleh agregat menurut dasar perhitungan rasio air/semen (FAS).
- 3) Air permukaan berbasis agregat. Jumlahnya bervariasi dan mempengaruhi jumlah total air yang digunakan dalam campuran beton.

b. Air Laut

Air laut adalah campuran kompleks yang terdiri dari air dan berbagai zat terlarut, terutama garam, serta beberapa zat lain dalam jumlah yang lebih kecil. Air laut menutupi sekitar 70% permukaan bumi dan merupakan bagian penting dari ekosistem global.

Penggunaan air laut sebagai bahan campuran beton bukanlah praktik umum karena air laut mengandung garam, terutama natrium klorida (NaCl), yang bisa menyebabkan korosi pada tulangan baja dalam beton dan mempengaruhi kualitas serta daya tahan beton. Namun, air laut masih bisa digunakan dalam pencampuran beton dalam situasi tertentu dengan syarat-syarat khusus.

### 2.3.3 Agregat

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam yang terbentuk dari hasil dekomposisi alami batuan atau pasir dari industri penghancuran batuan dan mempunyai ukuran partikel kurang dari 3/16 inci atau 5 mm (melewati saringan No. 4).

Agregat halus yang menjadi bahan dasar beton cetak pada umumnya adalah pasir alam. Sebaliknya pasir yang terbuat dari batu pecah umumnya tidak cocok untuk pembuatan beton karena mengandung partikel yang terlalu halus yang terbawa selama produksi.

Persyaratan yang harus dipenuhi agregat halus menurut spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F) adalah:

- 1) Agregat halus harus terdiri dari partikel yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan  $\pm 2,2$ .
- 2) Batuan yang halus harus kuat. Dengan kata lain tidak boleh rusak atau hancur karena pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
- 3) Sifatnya bersifat permanen bila diuji dalam larutan sulfat jenuh. Artinya bila menggunakan natrium sulfat, luas maksimum yang akan dimusnahkan adalah 12 %. Jika menggunakan magnesium sulfat, luas rekahan maksimum adalah 10%.
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (diukur berdasarkan berat kering). Lumpur berarti bagian yang dapat lolos saringan 0,060 mm. Jika kadar lumpur melebihi 5%, pencucian agregat halus harus dibersihkan.
- 5) Agregat halus tidak boleh mengandung terlalu banyak bahan organik. Hal ini harus dibuktikan dengan eksperimen warna AbramsHarder. Oleh karena itu, bila direndam dalam larutan NaOH 3%, cairan yang berada di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- 6) Agregat halus yang tidak memenuhi uji warna ini boleh digunakan juga, dengan syarat kuat tekan campuran agregat pada umur 7 hari dan 28 hari paling sedikit 95% dari kuat tekan campuran agregat yang sama. Tapi larutan NaOH 3%. Setelah itu dicuci bersih dengan air dalam jangka waktu yang sama.
- 7) Susunan ukuran partikel agregat halus harus sesuai dengan faktor kehalusan 1,5 hingga 3,8 dan terdiri dari partikel dengan ukuran

berbeda. Apabila disortir dengan susunan saringan yang ditentukan, Zona 1, 2, 3, dan 4 (SKBI/BS.882) harus termasuk dalam salah satu rentang susunan partikel yang ditentukan dalam dan memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Area tersisa pada layar 4,8 mm harus maksimal 2% berat.
  - b) Sisa pada saringan 1,2 mm paling banyak 10%.
  - c) Sisanya di atas layar 0,3 mm harus maksimal 15%
- 8) Untuk beton tahan lama, reaksi antara pasir dan alkali harus negatif.
- 9) Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus pada mutu beton apa pun kecuali atas petunjuk laboratorium pengujian bahan yang terakreditasi.
- 10) Agregat halus yang digunakan dalam plesteran dan penerapannya sesuai dengan Spesifikasi harus memenuhi standar. Persyaratan di atas.

Susunan ukuran partikel agregat halus lebih penting dibandingkan agregat kasar . Agregat halus bersama-sama dengan semen dan air membentuk mortar yang melekat dan mengisi rongga antar partikel agregat kasar , sehingga beton yang dihasilkan mempunyai permukaan yang rata.

Penggunaan butiran halus yang terlalu sedikit menyebabkan masalah berikut:

- a. Segregasi terjadi karena mortar tidak dapat mengisi rongga antar partikel agregat kasar dengan baik sehingga memudahkan agregat kasar untuk terpisah satu sama lain.
- b. Campuran tersebut tidak mengandung pasir, yang disebut "kekurangan pasir".
- c. Campuran beton sulit untuk diolah, sehingga dapat dibuat sarang kerikil.
- d. Finishing menghasilkan beton yang permukaannya kasar.
- e. Beton yang sudah jadi tidak tahan lama.



Jika kita menggunakan terlalu banyak partikel halus, gejala berikut akan terjadi:

- a. Campuran menjadi tidak ekonomis.
- b. Untuk mencapai ekuatan yang sama diperlukan jumlah semen yang lebih besar, namaun mencapai kekuatannya dengan mencampurkan agregat halus dengan agregat kasar dalam perbandingan yang optimal.
- c. Campuran pasir tambahan yang disebut refinishing.
- d. Beton buatan menunjukkan tanda rangkak dan susut lebih besar dari.

**Tabel 2.2** Gradasi Saringan Ideal Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5	100	100
4,75	95-100	97,5
2,36	80-100	90
1,18	50-85	67,5
600 $\mu$	25-6	42,5
300 $\mu$	5-30	17,5
150 $\mu$	0-10	5

Sumber: (ASTM C33)

#### 2.3.4 Risk Hush Ash (URHA)

*Rice Husk Ash* (RHA), adalah sisa hasil pembakaran sekam padi, yaitu kulit luar dari biji padi yang biasanya dikeluarkan selama proses penggilingan. Abu ini memiliki karakteristik kimia dan fisik tertentu yang menjadikannya berguna dalam berbagai aplikasi, terutama karena kandungan silikanya yang tinggi. Dalam pembuatan abu sekam padi panas yang harus dihasilkan agar terciptanya abu dari sekam padi yaitu sekitar 500-700°C, sekam padi memiliki unsur manfaat untuk peningkatan kekuatan beton, mempunyai sifat pozzolan dan mengandung silika yang

sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan beton yang tinggi.

Adapun komposisi campuran kimia dalam abu sekam padi dapat dilihat pada tabel berikut .

**Tabel 2.3** Komposisi campuran dalam abu sekam padi

NO	KOMPONEN KIMIA	JUMLAH
1	SiO <sub>2</sub>	72,28%
2	loss on ignition, LOI	21,43%
3	CaO	0,65%
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37%
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32%

Sumber : (Bakri, 2009)

## 2.4 Sifat Mekanik Mortar

Mekanik mortar adalah sifat fisik dan kekuatan mortar dalam menahan berbagai jenis beban atau tekanan setelah pemadatan. Mortar, yang merupakan campuran semen, pasir, udara, dan terkadang bahan tambahan lainnya, memiliki peran penting dalam konstruksi sebagai perekat antar material seperti batu bata, beton, atau batu alam. Sifat mekanik mortar meliputi kemampuan menahan tekanan (kuat tekan), gaya tarik (kuat tarik), gaya lentur (kuat lentur), serta gaya geser dan beban dinamis. Dan ada beberapa sifat mekanik mortar yang dipertimbangkan dalam pengujian ini yaitu.

### 2.4.1 Kuat Tekan

Menurut (Rizqawaldy, 2023), Kekuatan tekan beban mortar adalah besarnya beban per satuan luas di mana benda uji beton akan runtuh ketika dikenai gaya tekan. Untuk pengujian ini, digunakan sampel kubus dengan ukuran 5x5x5 cm. Nilai kuat tekan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$f_c$  = Kuat Tekan Mortar (Mpa)

$P$  = Gaya Tekan Aksial (Newton,N)

$A$  = Luas Penampang Melintang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Penentuan nilai standar deviasi didasarkan dua hal yaitu menentukan mutu pengendalian pencampuran beton dimana semakin kecil nilai standar deviasi yang digunakan maka pengendalian pelaksanaan pencampuran semakin baik dan yang kedua adalah volume pekerjaan ( $\text{m}^3$ ) semakin besar akan menghasilkan standar deviasi yang kecil.

Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan standar deviasi adalah sebagai berikut

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$S$  = standar deviasi

$\sum$  = simbol sigma (menunjukkan penjumlahan)

$x_i$  = nilai data ke-i

$\bar{x}$  = rata-rata sampel

$n$  = jumlah data dalam sampel

Dan untuk klasifikasi nilai standar deviasi yang telah ditentukan dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut.

Kondisi Pengerjaan	Standar Deviasi (MPa)	
	Lapangan	Laboratorium
Sempurna	< 3	< 1,5
Sangat Baik	3 – 3,5	1,5 – 1,75
Baik	3,5 – 4	1,75 – 2
Cukup	4 – 5	2 – 2,5
Kurang Baik	> 5	> 2,5

**Gambar 2.4** Klasifikasi standar deviasi untuk berbagai kondisi pengerjaan  
*Sumber : Buku Teknologi Beton*

#### 2.4.2 Pengujian Porositas (*Porosity*)

Menurut (Simanjuntak & Wardhono, 2022), pengujian porositas mortar adalah proses untuk menentukan jumlah dan ukuran pori-pori dalam mortar yang telah mengeras. Porositas mengacu pada ruang kosong atau rongga di dalam struktur mortar, yang dapat mempengaruhi kinerja dan daya tahannya. Adapun rumus yang digunakan dalam pengujian porositas mortar adalah sebagai berikut ini.

$$n = \frac{G_2 - G_1}{G_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

$$G_1 = \frac{A}{C - D} \times 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$G_2 = \frac{A}{A - D} \times 100 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

n = Porositas (100%)

A = Berat kering oven benda uji

C = Berat SSD (Setelah rendam dalam air) (Kg)

D = Berat benda uji dalam air (Kg)

## DAFTAR PUSTAKA

- Asriani. (2023). Universitas sintuwu maroso poso 2023. Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) Sebagai Upaya Pengurangan Penggunaan Semen Portland Pada Beton Normal.
- ASTM C33. (2023). Designation: C33/C33. <https://doi.org/10.1520/C0033>
- Bakri, . (2009). Komponen Kimia Dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai Scm Untuk Pembuatan Komposit Semen. *Perennial*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.24259/perennial.v5i1.184>
- Devi, D. S., Nurmeyliandari, R., & Pramadona, A. P. (2024). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi dan Limbah Granit Terhadap Kuat Tekan Beton. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 74–82. <https://doi.org/10.35334/be.v8i1.4976>
- Ir. Gideon H. Kusuma, M. E. (1993). Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. *Sksni T-15-1991-03*, 4, 140.
- Mindrasari, p., sambowo, k. A., & basuki, a. (2014). Pengaruh curing air laut pada beton mutu tinggi dengan bahan tambah abu sekam padi ditinjau terhadap kuat tarik belah dan modulus of rupture \_ mindrasari \_ matriks teknik sipil. *September*, 391–399.
- Nassar, R. U. D., & Room, S. (2025). Strength, Durability, and Microstructural Characteristics of Binary Concrete Mixes Developed with Ultrafine Rice Husk Ash as Partial Substitution of Binder. *Civil Engineering and Architecture*, 13(1), 595–611. <https://doi.org/10.13189/cea.2025.130137>
- Patah, D., & Dasar, A. (2023). The Impact of using Rice Husks Ash, Seawater and Sea Sand on Corrosion of Reinforcing Bars in Concrete. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 9(September), 251–262. <https://doi.org/10.22146/jcef.6016>

- Ridhayani, I., Nurdin, A., Rohani, I., Manaf, A., & Fauzi, A. (2024). Mortar Abu Sekam Padi dan Air Laut : Alternatif Material untuk Lingkungan Pesisir. 6(2), 99–105.
- Rizqawaldy, m. A. (2023). Mechanical properties of mortar using carbon fiber. Nucl. Phys., 13(1), 104–116.
- Sari, r. M. (2023). Pengaruh air laut pada proses curing dan treatment terhadap kekuatan beton.
- Simanjuntak, D. M., & Wardhono, A. (2022). Analisis kuat tekan dan porositas mortar geopolimer menggunakan abu sekam padi sebagai bahan substitusi fly ash pada molaritas 8 deva maria simanjuntak arie wardhono. Rekayasa teknik sipil, 4(3), 1–10.
- Sri Raharja, Sholihin As'ad, S. S. (2019). Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi. Jurnal iptek, 22(2), 51–58. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2018.v22i2.435>
- Sujatmiko, H. (2024). Pengaruh variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan Effect Of Variations in Mortar Mix Composition on Compressive Strength. Nusantara Hasana Journal, 3(8), Page.
- Uzda, R., Lamotokana, M., & Suat, R. A. (2021). Studi Ekperimental Variasi Curing Air Laut Terhadap Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Air Laut. 7(April), 35–40.
- Vincent-uzogbe, si; ogirigbo, r. (2023). Evaluasi Kinerja Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada. 2022.
- Zuraidah, S., & Hastono, B. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan. Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil, 1(1), 8–13. <https://doi.org/10.25139/jprs.v1i1.801>