

## **SKRIPSI**

# **EFEK PENAMBAHAN *ULTRAFINE* RHA DAN AIR LAUT SEBAGAI BAHAN PENCAMPUR TERHADAP KINERJA MORTAR DALAM KONSTRUKSI BERKELANJUTAN**

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana Teknik (ST) pada  
Program Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas  
Sulawesi Barat



Disusun Oleh :

**ROHANA SALAMA**

**D01 21 047**

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EFEK PENAMBAHAN *ULTRAFINE* RHA DAN AIR LAUT SEBAGAI  
BAHAN PENCAMPUR TERHADAP KINERJA MORTAR DALAM  
KONSTRUKSI BERKELANJUTAN**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**ROHANA SALAMA**

**D01 21 047**

**(Sarjana Jurusan Teknik Sipil)**

**Universitas Sulawesi Barat**

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Tanggal 25 Maret 2025

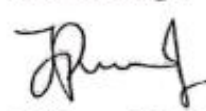
Mengetahui

Pembimbing 1



**Dr. Eng. Ir. Amry Dasar, S.T., M.Eng**  
NIP.198801152019031006

Pembimbing 2



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



**Ketua Jurusan**  
**Amalia Nurdin, ST., M.T**  
NIP.198712122019032017



**Dekan Fakultas Teknik**  
**Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.**  
NIP.196404051990032002

## ABSTRAK

### EFEK PENAMBAHAN *ULTRAFINE* RHA DAN AIR LAUT SEBAGAI BAHAN PENCAMPUR TERHADAP KINERJA MORTAR DALAM KONSTRUKSI BERKELANJUTAN

ROHANA SALAMA

Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Sulawesi Barat (2025)

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

Dunia konstruksi merupakan suatu tantangan untuk menjadikan beton sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan namun tetap mendukung sepenuhnya Pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini mengkaji penggunaan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) sebagai bahan tambah semen menggunakan air laut sebagai pencampur dalam pembuatan mortar. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efek penambahan 10%, 20% *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) dan air laut terhadap kinerja mortar dalam konstruksi berkelanjutan, kuat tekan dan porositas mortar. Metode penelitian yang digunakan 3 tipe *mix design* dengan nama sampel N-ST (0% URHA), UXA-ST (10% URHA), dan UXB-ST (20% URHA). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 28 dan 56 hari sedangkan porositas dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Hasil penelitian dengan penambahan URHA diperoleh nilai kuat tekan tertinggi sebesar 31.13 Mpa pada tipe N-ST (0% URHA) umur 56 hari. Pada pengujian porositas tipe UXA-ST (10% URHA) umur 56 hari memperoleh nilai porositas terendah sebesar 15.46 %.

Kata Kunci : Mortar, *Ultrafine Rice Husk Ash*, Air laut.

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan pembangunan infrastruktur khususnya di Indonesia semakin meningkat, hal demikian dikarenakan Indonesia merupakan negara yang berkembang. Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu aspek penting dan vital untuk mempercepat proses Pembangunan nasional. Berbagai infrastruktur didirikan dengan menggunakan beton, dari pembangunan yang paling sederhana hingga proyek dengan teknologi yang canggih. Beton menjadi kebutuhan yang tidak terhindarkan lagi, karena beton memiliki kuat tekan yang sangat baik dan mudah untuk dibentuk. Namun ketahanan beton juga banyak dipengaruhi beberapa hal, salah satunya adalah kondisi lingkungan yang agresif. (Maufida, 2018)

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari beberapa medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo 1992). Komposisi beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan rongga udara. Rongga udara mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton. Makin besar volume rongga udara yang terdapat dalam beton maka kuat tekan beton akan semakin menurun dan sebaliknya. (Alderson, J. Charles & Wall, 1992)

Penggunaan bahan baku konstruksi dilakukan secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan konstruksi di Indonesia, sehingga diperlukan upaya untuk mengurangi penggunaan bahan baku konstruksi agar tidak berdampak pada kerusakan lingkungan. Upaya yang dapat dilakukan yaitu menggunakan limbah sebagai bahan tambah atau pengganti bahan baku konstruksi. (Wahyuni et al., 2002) Pada akhir-akhir ini, bahan buangan (limbah) sering dimanfaatkan atau didaur ulang menjadi suatu bahan yang dapat difungsikan untuk keperluan-keperluan

tertentu. Dalam bidang rekayasa bangunan, limbah sudah sering diteliti untuk kemudian dimanfaatkan. Pada penelitian ini dilakukan penelitian pada pemanfaatan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) pada campuran beton.(Rosida et al., 2008)

Abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) dihasilkan dari sekam yang merupakan limbah dari sisa penggilingan padi yang tidak termanfaatkan secara optimal oleh Masyarakat. Pada umumnya produksi sekam hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan juga pupuk alami. Untuk itu akan dilakukan pemanfaatan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) yang merupakan sisa pembakaran sekam padi sebagai bahan tambah pada campuran beton, sehingga penelitian ini akan menemukan bahan alternatif tambahan pada campuran beton yang dapat menambah kekuatannya namun murah dan mudah didapat.(Alderson, J. Charles & Wall, 1992)

Penelitian ini menggunakan bahan tambah ultrafine abu sekam padi (*Rice Husk Ash*), penelitian ini juga menggunakan air laut sebagai bahan pengganti air tawar. Air laut banyak mengandung garam sulfat yang bersifat reaktif yang dapat merusak beton. Hal ini disebabkan karena senyawa dalam air laut seperti *Magnesium sulfat* bereaksi dengan *kalsium Hidroksida* dan *Kalsium Alumina Hidrat* yakni senyawa yang dihasilkan saat proses hidrasi (pengerasan beton) akan menghasilkan *Kalsium Sulfoaluminat* yang bersifat mengembang sehingga menyebabkan muai dan retak pada beton. Kondisi ini akan mengurangi keawetan (*durability*) beton dan untuk dalam jangka waktu yang cukup lama beton akan mengalami keropos dan rapuh.(Teknik et al., 2017)

Dunia konstruksi merupakan suatu tantangan untuk menjadikan beton sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan namun tetap mendukung sepenuhnya pembangunan berkelanjutan. Keberlanjutan pembangunan mensyaratkan keberlanjutan industri konstruksi, khususnya keberlanjutan beton, dalam hal desain dan kinerja struktur, serta siklus hidup (life-cycle) bangunan (Susilorini, 2008a). Beton yang ramah lingkungan dan awet harus dapat bertahan dalam lingkungan agresif, agar senantiasa berkelanjutan. Penggunaan bahan tambah pada beton dapat meningkatkan kualitas beton. Bahan tambah ultrafine abu sekam padi (RHA) merupakan salah satu inovasi bahan tambah yang mampu meningkatkan kekuatan beton pada dosis tertentu.(Sambowo et al., 2015)

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka peneliti ingin memanfaatkan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) sebagai bahan tambahan untuk pembuatan campuran beton normal dengan judul **“Efek Penambahan Ultrafine RHA dan Air Laut Sebagai Bahan Pencampur Terhadap Kinerja Mortar Dalam Konstruksi Berkelanjutan”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan memanfaatkan bahan utama seperti agregat halus pasir Sungai, semen, air laut serta ultrafine rice husk ash (RHA) dalam pembuatan beton dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efek penambahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) sebesar 10%, 20% dan air laut terhadap kinerja mortar dalam konstruksi berkelanjutan ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan bahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) 10%, 20% dan air laut terhadap kuat tekan mortar pada umur 7, 28, dan 56 hari?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan bahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) 10%, 20% dan air laut terhadap hasil pengujian porositas pada umur 28 dan 56 hari?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efek penambahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) sebesar 10%, 20% dan air laut terhadap kinerja mortar dalam konstruksi berkelanjutan
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) 10%, 20% dan air laut terhadap kuat tekan mortar pada umur 7, 28, dan 56 hari

3. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) 10%, 20% dan air laut terhadap hasil pengujian porositas pada umur 28 dan 56 hari

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja mortar terhadap bahan tambah *ultrafine rice husk ash* (RHA) dan pemanfaatan air laut yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam konstruksi berkelanjutan.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Agar permasalahan dalam penelitian ini berjalan secara efektif ataupun tidak terlalu luas, maka ruang lingkup pembahasannya dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
2. Semen yang digunakan adalah semen Portland komposit (PCC) tipe I.
3. Bahan pelekats atau tambahan yang digunakan adalah *ultrafine rice husk ash* (RHA) lolos saringan No.50, 200, 300 persentase penambahan 10%, 20% yang diambil dari desa Arjosari di kec. Wonomulyo Kab. Polewali Mandar Prov. Sulawesi Barat.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Sungai yang berasal dari Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar, yang lolos saringan No.4.
5. Agregat yang digunakan dicuci terlebih dahulu untuk memastikan kadar lumpur dalam agregat tidak tinggi.
6. Pencampuran menggunakan air laut yang berasal dari Kelurahan Pangali-ali, Kec. Banggae, Kab. Majene, Prov. Sulawesi Barat
7. Benda uji yang digunakan adalah benda uji kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk pengujian kuat tekan dan pengujian porositas.
8. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 28 dan 56 hari.
9. Pengujian porositas dilakukan pada umur 28 hari dan 56 hari.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian dan memperkaya teori yang penulis gunakan dalam mengulas penelitian yang telah dilakukan. Penulis menggunakan beberapa penelitian sebagai referensi dan memperkaya materi penelitian penulis. Selain itu, untuk menghindari kesamaan dengan penelitian ini. Oleh karena itu, dalam tinjauan pustaka ini peneliti memuat hasil-hasil peneliti terdahulu sebagai berikut :

- a. “Kinerja Kekuatan Beton dengan Menggunakan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Semen Tambahan (SCM)” (Patah & Dasar, 2022)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa RHA memiliki aktivitas pozzolan yang tinggi karena kandungan silika yang besar, sehingga dapat digunakan sebagai bahan semen tambahan (SCM). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan RHA sebagai SCM terhadap kinerja kekuatan beton. Sampel RHA dikumpulkan langsung dari sawah setelah proses pembakaran alami tanpa perlakuan tambahan, pengaturan suhu pembakaran, atau waktu yang dikontrol. RHA digunakan sebagai campuran pengganti semen, dan karakteristik mekanisnya dievaluasi menggunakan specimen beton berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RHA dengan rasio penggantian 7,5% menghasilkan kekuatan tekan optimum sebesar 40,65 Mpa pada 28 hari dan 48,79 Mpa pada 91 hari. Pengujian Tarik belah juga menunjukkan bahwa rasio penggantian RHA yang optimal adalah 10%, dengan nilai kekuatan tarik belah sebesar 4,57 Mpa pada 28 hari. Hasil ini memberikan masukan yang baik terkait penggunaan RHA sebagai SCM untuk meningkatkan kinerja kekuatan beton dan sebagai material berkelanjutan di masa depan.

- b. “Dampak Penggunaan Abu Sekam Padi, Air Laut, dan Pasir Laut terhadap Korosi Tulangan dalam Beton” (Patah & Dasar, 2023)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dampak penggunaan air laut dalam pencampuran beton, pasir laut, serta rasio substitusi RHA terhadap korosi tulangan baja. Spesimen uji memiliki ketebalan 150 mm dengan luas persegi Panjang 400 x 400 mm, serta tulangan baja polos berdiameter 10 mm yang tertanam di dalamnya. Pengujian dilakukan menggunakan metode *half-cell potential* (HCP) untuk mengukur potensi korosi serta uji palu untuk menilai kualitas beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua spesimen yang dicampur dengan air laut, pasir Sungai, dan rasio penggantian RHA sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% mengalami korosi berdasarkan metode *Half-Cell Potential*, yang konsisten dengan hasil korosi aktual. Sementara itu, hanya spesimen yang dicampur dengan air kerrang, pasir laut, dan tambahan 5% RHA yang secara efektif mampu menahan korosi, dengan hasil yang serupa dengan beton normal.

- c. “Keberlakuan Air Laut Sebagai Agen Pencampur dan Perawatan pada Beton Berusia 4 Tahun” (Barat & Barat, 2020)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini, keberlakuan air laut sebagai air pencampur dan perawatan specimen mortar semen berusia 4 tahun dievaluasi. Dalam beberapa skenario, air laut mungkin menjadi satu-satunya agen yang tersedia, sehingga perlu untuk mengoptimalkan kondisi penggunaannya dalam struktur beton. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, kami berfokus pada evaluasi kinerja jangka Panjang specimen mortar bertulang yang terpapar air laut. Spesimen yang digunakan terdiri dari semen Portland biasa (OPC) dan bahan tambahan semen (SCM), serta diperkuat dengan batang baja polos, baja berlapis epoksi, atau baja tahan karat. Specimen yang telah dibuat kemudian mengalami siklus pembasahan dan pengeringan (meniru kondisi zona pasang surut/percikan) di laboratorium, dan tingkat korosi dievaluasi menggunakan Teknik elektrokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air laut dapat digunakan sebagai agen

pencampur dan perawatan jika desain beton dilakukan dengan benar. Selain itu, SCM kinerja yang lebih baik dibandingkan OPC, dan batang baja berlapis epoksi serta baja tahan karat memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan batang baja polos. Temuan ini menekankan pentingnya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan air laut dalam pencampuran beton.

- d. “Beton berkelanjutan menggunakan air laut, pasir laut, dan abu bahan bakar kelapa sawit ultra halus : sifat mekanis dan ketahanannya”(Patah et al., 2025)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menyelidiki penggunaan POFA sebagai bahan pengganti sebagian semen (10%, 20%, dan 30%) dalam beton yang dicampur dengan air laut dan pasir laut, dengan focus pada perannya dalam keberlanjutan. Studi ini juga mengevaluasi sifat mekanis dan ketahanan beton air laut-pasir laut yang mengandung UPOFA sebagai bahan pengganti semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan air laut untuk mencampur beton yang mengandung 10% UPOFA secara signifikan meningkatkan sifat mekanisnya, dengan kekuatan tekan tertinggi sebesar 37,95 Mpa pada 28 hari (UP10-RS-SW), meningkat sebesar 10,82 Mpa (39,90%) dibandingkan dengan beton normal (N-RS-TW) yang memiliki kekuatan tekan 27,13 Mpa. Selain itu, penggunaan 10% UPOFA sebagai pengganti semen meningkatkan kekuatan tekan, kecepatan pulsa ultrasonic, dan ketahanan terhadap korosi, serta mengurangi penyerapan air, porositas, dan kedalaman penetrasi klorida.

- e. “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton” (Nuklirullah & Bahar, 2023)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambahan dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Sampel yang digunakan berupa beton berbentuk silinder dengan mutu rencana beton  $f_c' 20$  Mpa. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Hasil dari penelitian dengan variasi penambahan abu sekam padi pada beton sebanyak 0%, 6%, 8%, 10% dan 12% terhadap berat semen

memperoleh nilai kuat tekan optimum sebesar 29,32 Mpa. Pengujian di laboratorium terhadap kuat tekan beton membuktikan bahwa nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan secara linear pada penambahan 6%, 8% dan 10% abu sekam padi.

- f. “Mortar Abu Sekam Padi dan Air Laut : Alternatif Material untuk Lingkungan Pesisir” (Ridhayani et al., 2024)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini mengkaji potensi penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti Sebagian semen dalam campuran mortar yang menggunakan air laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat mekanis dan ketahanan mortar terhadap lingkungan agresif pesisir, yang meliputi paparan air asin dan korosi. Abu sekam padi dipilih karena ketersediaannya yang melimpah dan sifatnya sebagai limbah pertanian yang dapat digunakan Kembali. Air laut, di sisi lain, dipertimbangkan sebagai sumber air alternatif untuk pengadukan mortar di wilayah pesisir yang sering mengalami keterbatasan akses terhadap air tawar. Penelitian menganalisis nilai uji kuat tekan dan resistivitas Listrik pada benda uji dengan variasi penambahan abu sekam padi 10%, 20% hingga 30% terhadap berat semen dan pencampuran air laut pada umur uji 28 dan 91 hari. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan optimum pada variasi benda uji penambahan 20% abu sekam padi terhadap berat semen umur 91 hari sebesar 36,20 Mpa dengan hasil resistivitas listrik masuk dalam kategori sangat rendah terhadap laju korosi meskipun terkontaminasi ion klorida.

- g. “Pengaruh Curing Air Laut Terhadap Serapan dan Permeabilitas Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi” (Atma et al., 2016)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abrasi curing laut terhadap serapan dan permeabilitas beton mutu tinggi dengan bahan tambah abu sekam padi. Sampel yang digunakan untuk pengujian serapan beton berbentuk silinder yang berukuran 76,5 mm dan tinggi 150 mm sebanyak 12 buah, dengan kadar abu sekam padi sebanyak 15% dari berat semen. Sampel yang digunakan untuk

pengujian permeabilitas beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebanyak 12 buah, dengan kadar abu sekam padi sebanyak 15% dari berat semen. Pengujian dilakukan setelah curing selama 28 hari dalam air laut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai permeabilitas yang diuji dengan menggunakan air laut adalah  $5,8211 \cdot 10^{-9}$  m/dt, sedangkan menggunakan air tawar adalah  $5,6371 \cdot 10^{-9}$  m/dt. Nilai resapan yang terjadi apabila diuji dengan air laut adalah 1,1538% untuk rendaman 10 + 0,5 menit dan 1,6812%, pada rendaman 24 jam. Nilai serapan beton yang diuji dengan air tawar adalah 1,5971% rendaman 10 + 0,5 menit dan 3,4003% untuk rendaman 24 jam. Hasil pengujian permeabilitas dan serapan beton, menunjukkan penambahan abu sekam padi dapat mengurangi jumlah pori dalam beton, sehingga dapat mengurangi penetrasi air ke dalam beton.

- h. “Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Workabilitas Beton” (Rosida et al., 2008)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dilakukan untuk melihat kemungkinan pemanfaatan ASP sebagai bahan alternatif yang potensial. ASP yang digunakan berasal dari tempat penggilingan padi di Kec. Dalu-Dalu Kab. Rokan Hulu. Pengujian dilakukan mengacu pada standar SK SNI T-15-1990-03 dengan benda uji kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm. Sebelum pembuatan benda uji, dilakukan pemeriksaan material seperti Analisa saringan, berat spesifik dan penyerapan air, berat isi dan kadar lumpur, kemudian dilakukan rancangan campuran (*mix design*) untuk mutu  $f_c' = 22,5$  Mpa dengan komposisi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20% ASP sebagai bahan tambahan pengganti semen. Perawatan dengan cara direndam, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ASP hingga kadar tertentu dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini disebabkan kandungan silika pada ASP yang tinggi. Pemakaian optimum ASP yaitu pada kadar 15%. Di sisi lain, peningkatan kadar ASP justru mengurangi berat isi beton, yang disebabkan berat isi ASP yang lebih rendah dibanding semen. ASP juga meningkatkan

workabilitas beton. Jadi ASP layak digunakan sebagai campuran beton dengan kadar tertentu.

- i. “Pemanfaatan Limbah Serbuk Kaca dan Abu Sekam Padi pada Formulasi Timbunan Mortar Busa untuk Konstruksi Berkelanjutan” (Verani et al., 2024)

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasa, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dilakukan dengan pembuatan mix design kuat tekan rencana 800 kPa variasi campuran abu sekam padi sebagai substitusi semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dan serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus sebesar 10%. Tujuannya untuk menguji pengaruh bahan substitusi dari limbah terhadap kuat tekan mortar busa. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 63 benda uji. Dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 3, 7 dan 14 hari. Hasil kuat tekan rata – rata mortar busa normal pada umur 14 hari mencapai hasil rencana, yaitu sebesar 868,35 kPa. Mortar busa dengan variasi serbuk kaca 10% tanpa abu sekam padi mendapatkan 534,70 kPa. Sedangkan mortar busa dengan variasi serbuk kaca 10% dan abu sekam padi 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% mendapatkan 166,74 kPa, 91,65 kPa, 83,06 kPa, 121,99 kPa dan 282,86 kPa. Penggunaan abu sekam padi dan serbuk kaca terhadap kuat tekan terhadap kuat tekan mortar busa menurun secara signifikan dibanding mortar busa normal sehingga diperlukan kajian lebih lanjut terhadap potensi penggunaan abu sekam padi dan serbuk kaca dalam campuran mortar busa.

## **2.2 Mortar**

### **2.2.1 Pengertian Mortar**

Dalam industri konstruksi, selain beton dikenal istilah mortar. Mortar sendiri terdiri dari agregat halus (pasir), bahan pengikat (tanah liat, kapur, semen Portland) dan air. Fungsi mortar ini adalah sebagai matrik pengikat atau pengisi bagi komponen-komponen suatu struktur, baik structural maupun non-struktural.

Menurut definisinya, mortar adalah campuran pasir, perekat, dan air. Perekat berupa tanah liat, kapur dan semen. Bila yang digunakan sebagai perekat adalah

tanah liat maka disebut mortar lumpur (*mud mortar*), bila yang digunakan sebagai perekat adalah kapur maka disebut mortar kapur, dan bila yang digunakan sebagai perekat adalah semen maka disebut mortar semen. Pasir memiliki fungsi sebagai pengisi (bahan yang direkat).

Fungsi utama mortar adalah untuk meningkatkan daya rekat dan ikatan antara komponen-komponen suatu struktur. Kekuatan mortar bergantung pada kekuatan kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus. Mortar memiliki nilai komponen penyusun yang relatif rendah. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air dan kekuatan gesernya harus mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada mortar. Jika air menembus mortar dengan cepat atau dalam jumlah besar, mortar akan mengeras dan kehilangan sifat perekatnya. (Sujatmiko, H. 2023)

### 2.2.2 Jenis-Jenis Mortar

Berdasarkan jenis bahan perekatnya, mortar diklasifikasikan menjadi empat jenis yang akan dijelaskan di bawah ini (Tauhid NH, 2023) :

- a. Mortar lumpur, yaitu mortar yang dibuat dengan mencampur pasir, tanah liat/lumpur dan air kemudian diaduk secara merata, hingga diperoleh kekentalan yang baik. Mortar ini sering digunakan sebagai material dinding dan material perapian.



**Gambar 2.1** Mortar Lumpur

- b. Mortar kapur, yaitu mortar yang terbuat dari campuran pasir, kapur, dan air. Kapur dan pasir dicampur kering terlebih dahulu, lalu air ditambahkan. Mortar ini sering digunakan dalam membangun dinding bata.



**Gambar 2.2** Mortar Kapur

- c. Mortar semen, yaitu mortar yang terdiri dari campuran pasir, semen Portland dan air. Mortar ini lebih kuat daripada mortar tanah liat (mortar lumpur) atau mortar kapur dan sering digunakan pada area yang menahan beban seperti dinding dan pilar. Mortar ini kedap air dan dapat digunakan untuk komponen bangunan eksterior dan bawah tanah.



**Gambar 2.3** Mortar Semen

- d. Mortar khusus, yaitu mortar yang dibuat dengan penambahan asbes, serat, serat rami, serat kayu, serbuk gergaji, dan sebagainya. Mortar ini digunakan sebagai bahan kedap panas dan suara. Mortar tahan api diperoleh dengan menambahkan bubuk bata tahan api ke semen yang mengandung aluminium. Mortar ini sering digunakan untuk tungku api.



**Gambar 2.4** Mortar Khusus

Ditinjau dari spesifikasi sifat, menurut SNI 03-6882-2002 mortar diklasifikasikan dalam beberapa jenis/tipe, yaitu sebagai berikut (Pratama et al., 2023) :

- a. Mortar tipe M dengan kuat tekan rata-rata 28 hari minimum 17,2 Mpa,
- b. Mortar tipe S dengan kuat tekan rata-rata 28 hari minimum 12,4 Mpa,
- c. Mortar tipe N dengan kuat tekan rata-rata 28 hari minimum 5,2 Mpa, dan
- d. Mortar tipe O dengan kuat tekan rata-rata 28 hari minimum 2,5 Mpa.

### **2.2.3 Sifat-Sifat Mortar**

Mortar memiliki beberapa sifat menguntungkan yang memungkinkannya digunakan untuk pekerjaan tertentu. Menurut Tjokrodinuljo (1996:126), mortar yang bermutu baik harus memiliki sifat-sifat antara lain (Simanullang, 2014) :

- a. Harga terjangkau
- b. Tahan dalam waktu yang lama
- c. Mudah dikerjakan (dicampur, diangkat, dipasang, dan diratakan)
- d. Melekat dengan baik pada batu bata, batu, dan sebagainya
- e. Cepat kering dan mengeras
- f. Tahan terhadap masuknya air
- g. Tidak ada retakan setelah pemasangan.

Sifat ini memungkinkan mortar digunakan dalam berbagai bidang, seperti digunakan sebagai bahan pengikat antar bata dan untuk distribusi beban.

#### 2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan Mortar

Mortar memiliki kelebihan serta kekurangan, yaitu sebagai berikut (Wenda et al., 2018) :

##### a. Kelebihan Mortar

- 1) Campuran mortar mudah dipindahkan dan dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan.
- 2) Kombinasi kuat tekan mortar dan baja memungkinkan untuk menahan beban yang berat.
- 3) Dalam aplikasi tertentu dapat disemprotkan atau dipompa ke lokasi tertentu.
- 4) Tahan lama, tidak membusuk dan tidak rusak.

##### b. Kekurangan Mortar

- 1) Untuk memperoleh mortar dengan kuat tekan tinggi perlu dilakukan pencampuran komposisi antara semen, pasir dan air yang tepat dan benar.
- 2) Pada area tertentu diperlukan persiapan komposisi campuran yang tepat dan harus ditambahkan bahan tambahan aditif.
- 3) Karena kuat tariknya rendah, diperlukan tulangan tambahan yang terbuat dari baja. Misalnya pada kasus pondasi tiang pancang.

### 2.3 Material Penyusun Mortar Semen

#### 2.3.1 Semen Portland

Semen *Portland* didefinisikan menurut ASTM C 150, sesuai semen *hydraulic* yang diperoleh dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium *silikat hydraulic*, yang umumnya mengandung satu atau lebih *kalsium sulfat* sebagai bahan tambah digiling dengan bagian utamanya.

Khusus untuk pemakaian adukan mortar, yang dipakai adalah semen Portland type I, type II, dan type III. Pemilihan jenis semen Portland pada mortar adalah hal yang sangat penting. Jika kuat tekan awal tinggi tidak merupakan suatu persyaratan, maka pemakaian semen type III tidak digunakan.

Reaksi semen merupakan reaksi eksotermik (menularkan panas), Dimana proses hidrasi begitu mempengaruhi laju naiknya panas. Panas hidrasi tergantung dari komposisi kimia semen dan jumlah panas hidrasi yang diperoleh dari bahan-bahan penyusunnya. Pada hakikatnya banyak air yang diperlukan dalam proses hidrasi tersebut yakni sekitar 25% dari berat semen.

Perubahan kandungan kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen diperoleh beberapa tipe semen sesuai dengan tujuan penggunaannya. (Fuad, 2021)

a. Semen Portland di Indonesia (PBI, 1982) diklasifikasikan ke dalam 5 jenis yaitu sebagai berikut :

- 1) Jenis I merupakan semua semen Portland untuk tujuan umum, tidak memerlukan sifat-sifat yang khusus, misalnya bangunan gedung, trotoar jalan, jembatan, dan lain sebagainya.
- 2) Jenis II merupakan semen Portland yang tahan sulfat dan panas hidrasi sedang dan tahan terhadap sulfat lebih baik, pemakaiannya pada pir (dinding di laut dermaga), tembok tahan tanah yang tebal dan lain sebagainya.
- 3) Jenis III merupakan semen Portland yang memiliki kekuatan awal tinggi. Kekuatan umumnya dicapai dalam satu minggu. Umumnya digunakan Ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau jika struktur cepat digunakan.
- 4) Jenis IV merupakan semen Portland yang memiliki panas hidrasi yang rendah. Digunakan dalam kondisi Dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan massif contohnya bendungan gravitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat dari kelas I.
- 5) Jenis V merupakan semen Portland yang tahan terhadap sulfat, digunakan pada beton Dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya Dimana tanah atau air mengandung komposisi sulfat yang tinggi. (Tjokrodimulyo, 1995).

b. Pemeriksaan Berat Jenis

Pengujian berat jenis semen ini mengacu pada ASTM C-188, dengan berat jenis yang disyaratkan sebesar 3,15 dan kemurnian semen yang disyaratkan sebesar 3,0 hingga 3,2. Namun berat jenis semen yang diproduksi adalah rasio antara 3,05 dan 3,25. Rasio ini mempengaruhi proporsi semen dalam campuran, dan jika percobaan tidak memberi hasil seperti itu, maka pembakaran tidak mungkin selesai. Pengujian berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan Le Chateriel flaks menurut ASTM C-188 dengan Langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Botol Le Chateriel di isi dengan minyak tanah dengan skala botol di angka 0-1.
- 2) Botol Le Chateriel yang berisikan minyak tanah dimasukkan ke dalam wadah terlebih dahulu yang telah di isi air. Masukkan thermometer untuk mengukur suhu.
- 3) Tambahkan es batu ke dalam wadah tersebut. Tunggu sampai suhu air mencapai 4°C.
- 4) Pada saat suhu air dengan suhu cairan dalam botol Le Chateriel, selanjutnya baca skala pada botol sebagai pembacaan nilai(V1).
- 5) Semen Portland disaring dengan menggunakan saringan No. 40, kemudian timbang sebanyak 64 gram.
- 6) Keluarkan botol dari wadah lalu masukkan semen *Portland* sedikit demi sedikit ke dalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca denga menjaga agar semen tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol Le Chateriel.
- 7) Masukkan Kembali Le Chateriel berisi minyak tanah serta semen ke dalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4°C.
- 8) Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le Chateriel, skala pada botol dibaca sebagai nilai (V2).
- 9) Untuk mencari nilai berat jenis semen, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{w}{v_1 - v_2} \gamma_{\text{air}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

W = Berat benda uji semen *Portland*

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

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

$\gamma$  air = Berat isi air pada suhu 4°C

### 2.3.2 Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002 agregat halus merupakan agregat dengan besar butiran maksimum 4,75 mm yang asalnya dari alam atau hasil olahan. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu salah satu sebabnya adalah kikisan air terus menerus. Pasir juga dapat dihasilkan dari tanah, di dasar Sungai, atau dari tepi laut.

Tjokrodimuljo (1992) mengklasifikasikan pasir menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut :

- a. Pasir galian, dihasilkan langsung dari permukaan tanah atau dengan mengikis terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori, serta bebas dari kandungan garam, tetapi pasir ini harus dibersihkan terlebih dahulu.
- b. Pasir Sungai, dihasilkan langsung dari dasar Sungai, pasir ini umumnya memiliki butiran halus, bulat-bulat dikarenakan proses gesekan. Dikarenakan agregat ini bulat maka daya rekat antar butirnya tergolong tidak baik.
- c. Pasir laut dihasilkan dari Pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena adanya gesekan. Pasir ini adalah pasir yang paling buruk karena mengandung garam yang tinggi. Garam menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir seringa gak basah juga menyebabkan pengembangan Ketika sudah menjadi bangunan. Maka dari itu tidak disarankan untuk penggunaan pasir ini dalam membuat bangunan.

Menurut Tjokrodimuljo (1992) syarat-syarat agregat halus yang digunakan sebagai campuran mortar adalah sebagai berikut (Tauhid NH, 2023):

- a. Butir-butir agregat halus diharuskan tajam dan juga keras sehingga tidak mudah hancur. Menurut penjelasan Nugraha (1996) bahwa bentuk yang tajam diperlukan sebagai kaitan yang baik agar tidak mudah terjadi slip. Di sisi lain, bentuknya yang tajam juga dapat menimbulkan gesekan yang besar, sehingga mobilitas berkurang dan *workability*, tapi masalah ini dapat teratasi dengan penambahan air.
- b. Kandungan lumpur yang ada pada agregat tidak boleh melebihi 5%. Dimana lumpur yang dimaksud menurut Nugraha (1996) yaitu bagian yang dapat lolos ayakan 0,063. Jika kadar lumpur melebihi 5% maka harus dicuci lebih dulu. Pasir yang mengandung lumpur dapat menghalangi ikatan butir pasir dengan pasta semen.
- c. Agregat tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak. Bahan organik yang banyak dikhawatirkan akan bereaksi dengan senyawa-senyawa dari semen Portland yang akibatnya akan mengurangi kualitas campuran maupun mortar yang terbentuk.
- d. Gradasi yang digunakan harus baik, yaitu memiliki variasi butiran yang bermacam-macam, agar volume rongga berkurang dan semen Portland dapat dihemat. Gradasi pasir yang baik akan menghasilkan mortar yang padat dan memiliki kekuatan yang besar. Modulus halus butirnya antara 1,50-3,80.
- e. Pasir laut tidak bisa digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali telah berdasarkan petunjuk-petunjuk dari Lembaga pemeriksaan bahan yang telah diakui.

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, gradasi agregat untuk campuran dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

**Tabel 2.1** Gradasi Agregat Untuk Adukan

| Saringan           | Persen Lolos |              |
|--------------------|--------------|--------------|
|                    | Pasir Alam   | Pasir Olahan |
| No. 4 (4,76 mm)    | 100          | 100          |
| No. 8 (2,36 mm)    | 99-100       | 95-100       |
| No. 16 (1,18 mm)   | 70-100       | 70-100       |
| No. 30 (0,6 mm)    | 40-75        | 40-75        |
| No. 50 (0,3 mm)    | 0-35         | 20-40        |
| No. 100 (0,15 mm)  | 2-15         | 10-25        |
| No. 200 (0,075 mm) | 0            | 0-10         |

(Sumber : SNI 03-6820-2002)

### 2.3.3 Air Laut

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) menyatakan bahwa air laut memiliki kandungan sampai 35.000 ppm (3,5%) garam dan umumnya cuma digunakan untuk beton tanpa tulangan. Meski kekuatan awal lebih besar dibandingkan beton biasa, setelah 28 hari kekuatannya akan lebih rendah. Pengurangan ini dapat dihindari dengan mengurangi factor air semen. Pemakaian air laut dimungkinkan untuk digunakan dengan syarat pada lingkungan maritim harus memiliki factor air semen lebih kecil dari 0,45 dan memiliki tebal selimut sedikitnya 7,5 mm.

Menurut SNI 15-2094-2000, garam yang mudah larut dan membahayakan serta yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan structural adalah magnesium sulfat ( $MgSO_4$ ), natrium sulfat ( $Na_2SO_4$ ), dan kalium sulfat ( $K_2SO_4$ ). Untuk kejadian tertentu misalnya pada daerah yang terisolir air tawar atau pada kota-kota yang sulit memperoleh air bersih, maka tidak menutup kemungkinan air laut dipakai sebagai bahan pencampur. (Tauhid NH, 2023)

### 2.3.4 URHA (*Ultrafine Rice Husk Ash*)

Menurut Putro dan Prasetyoko (2007), Sekam padi jika dibakar dengan terkontrol pada suhu tinggi (500-600°C) akan menghasilkan abu silika yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia. Abu sekam padi (*Ultrafine Rice Husk Ash*) merupakan material limbah yang berasal dari pembakaran sekam padi. URHA (*Ultrafine Rice Husk Ash*) merupakan material yang memiliki sifat pozzolanic yaitu kandungan material terbesarnya adalah silika dan baik untuk digunakan dalam campuran pozzolan-kapur yaitu dapat mengikat kapur bebas yang timbul pada

waktu hidrasi semen. Silikon bisa bereaksi dengan kapur membentuk kalsium silika hidrat sehingga ketahanan dari beton bertambah besar karena kapurnya berkurang.

Penelitian sebelumnya Afrian (2017) mengenai kuat tekan mortar OPC abu sekam padi pada suhu tinggi. Hasil penelitian menunjukkan variasi penggantian semen oleh ASP sebesar 15% memiliki nilai kuat tekan yang optimum. Penambahan ASP yang terlalu banyak tidak serta merta meningkatkan kuat tekan mortar.

Penambahan URHA (*Ultrafine Rice Husk Ash*) yang semakin banyak tidak serta merta dapat meningkatkan nilai kuat tekan mortar. Pernyataan itu telah dibuktikan oleh Sitorus (2009) yang menyimpulkan bahwa pemakaian silika amorphous secara berlebihan di atas 10% akan menimbulkan dampak negative yang dapat menyebabkan retak atau pecahnya pasta semen. (Pada et al., 2024)

#### **2.4 Perawatan Benda Uji (*Curing*)**

Untuk menghindari pengeringan bidang-bidang mortar, selama paling sedikit dua minggu mortar harus dibasahi secara terus-menerus dengan menutupinya dengan karung-karung/kain basah atau dapat juga dilakukan dengan perendaman (menggenangnya) dengan air. Pada hari-hari pertama sesudah pencampuran mortar, proses pengerasan tidak boleh diganggu.

Perawatan (*Curing*) ini dilakukan setelah mortar mencapai final setting, artinya adalah mortar telah mengeras atau memasuki fase *hardening* (untuk permukaan mortar yang terbuka) atau setelah pembukaan cetakan.

Adapun tujuan pelaksanaan perawatan (*Curing*) mortar adalah untuk memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti agar berlangsung secara optimal sehingga mutu mortar yang diharapkan bisa tercapai, dan juga menjaga agar tidak terjadi susut yang berlebihan pada mortar akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak. (Ii & Pustaka, n.d.)

Kualitas dan durasi (lama) pelaksanaan perawatan pada mortar berpengaruh pada :

- a. Mutu/kekuatan mortar (*strength*)
- b. Keawetan struktur mortar (*durability*)

- c. Kekedapan air pada mortar (*water-tinghtness*)
- d. Ketahanan permukaan mortar, misal terhadap keausan (*wear resistance*)
- e. Kestabilan volume pada mortar, yang berhubungan dengan susut atau pengembangan (*volume stability : shrinkage and expansion*)

## 2.5 Sifat Mekanik Mortar

Mortar mempunyai sifat mekanik yang dapat mempengaruhi kinerja dan daya tahannya dalam jangka yang Panjang. Beberapa sifat mekanik utama yang harus dipertimbangkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 2.5.1 Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar adalah gaya maksimum persatuan luas yang bekerja pada benda uji mortar yang berbentuk kubus dengan ukuran tertentu dan umur tertentu. Kekuatan tekan mortar diwakili oleh kekuatan tekan maksimum dengan satuan Mpa.

Air sangat berpengaruh terhadap kekuatan tekan mortar. Proporsi adukan mortar sangat mempengaruhi kekuatan tekan mortar itu sendiri. Semakin rendahnya factor air semen, maka kuat tekannya semakin tinggi. Sebaliknya, Ketika factor air semen rendah maka akan sangat sulit dalam pengerjaannya. Berikut adalah rumus kuat tekan mortar (Fitro Darwis et al, 2018) :

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$\sigma_m$  = Kekuatan tekan mortar (Mpa)

$P_{maks}$  = Gaya tekan maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan mortar adalah faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat. Standarisasi nilai kuat tekan

mortar menurut SNI 03-0691-1996 tentang sifat-sifat fisika suatu mortar dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.2** Sifat-Sifat Fisika Mortar

| Mutu | Kuat Tekan (Mpa) |      | Klasifikasi                               |
|------|------------------|------|-------------------------------------------|
|      | Rata-rata        | Min  |                                           |
| A    | 40               | 35   | Digunakan untuk jalan                     |
| B    | 20               | 17,0 | Digunakan untuk pelataran parkir          |
| C    | 15               | 12,5 | Digunakan untuk pejalan kaki              |
| D    | 10               | 8,5  | Digunakan untuk taman dan penggunaan lain |

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

### 2.5.2 Pengujian Porositas (*Porosity*)

Pengujian porositas adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai porositas yaitu ukuran dari ruang kosong terhadap total volume suatu mortar juga dapat digunakan untuk mengetahui besaran persentase pori-pori mortar pada volume mortar. Pengujian ini mengacu pada ASTM C642 yang di uji pada umur 28 dan 56 hari setelah mortar mengalami perendaman di dalam air biasa. (Rahmayani et al., 2017). Adapun persamaan yang dapat digunakan dalam mencari porositas mortar adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{G2 - G1}{G2} \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$G1 = \frac{A}{C-D} \times 100 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$G2 = \frac{A}{A-D} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

n = Porositas benda uji

A = Berat kering oven benda uji (kg)

C = Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)

D = Berat benda uji dalam air (kg)

### 2.5.3 Standar Deviasi (S)

Penentuan nilai standar deviasi berdasarkan 2 hal yaitu sebagai berikut.  
(Kuat et al., 2020) :

- a. Menentukan mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran mortar yaitu semakin kecil nilai standar deviasi yang digunakan maka pengendalian pelaksanaan pencampuran mortar pada pelaksanaan semakin baik.

**Tabel 2.3** Mutu pelaksanaan pekerjaan diukur dengan deviasi standar  
(kg/cm<sup>2</sup>)

| Volume Pekerjaan |             | Mutu Pelaksanaan |                  |                  |
|------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| Ukuran           | Satuan (M3) | Baik Sekali      | Baik             | Dapat Diterima   |
| Kecil            | <1000       | $45 < S \leq 55$ | $55 < S \leq 65$ | $65 < S \leq 85$ |
| Sedang           | 1000 - 3000 | $35 < S \leq 45$ | $45 < S \leq 55$ | $55 < S \leq 75$ |
| Besar            | >3000       | $25 < S \leq 35$ | $35 < S \leq 45$ | $45 < S \leq 65$ |

(Sumber : Buku Teknologi Beton, hal.161)

- b. Volume pekerjaan (m<sup>3</sup>) semakin besar akan menghasilkan standar deviasi yang kecil.

**Tabel 2.4** Deviasi Standar

| Tingkat pengendalian mutu pekerjaan | S (Mpa) |
|-------------------------------------|---------|
| Memuaskan                           | 2.8     |
| Sangat baik                         | 3.5     |
| Baik                                | 4.2     |
| Cukup                               | 5.6     |
| Jelek                               | 7.0     |
| Tampa kendali                       | 8.4     |

(Sumber : Buku Teknologi Beton, hal. 169)

## DAFTAR PUSTAKA

- Ada, P. (2018). *VARIASI PENGUNAAN*. 05, 21–30.
- Afrian, M., Olivia M., dan Djauhari, Z., (2017): Kuat tekan mortar OPC abu sekam padi pada suhu tinggi, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 4(1), 1-5, ISSN 2355-6870.
- Alderson, J. Charles & Wall, D. (1992). No Titleバイオフィードバックへの工学的アプローチ. *Japanese Society of Biofeedback Research*, 19, 709–715. [https://doi.org/10.20595/jjbf.19.0\\_3](https://doi.org/10.20595/jjbf.19.0_3)
- Atma, U., Yogyakarta, J., Chrismaningwang, G., Basuki, A., & Sambowo, K. (2016). *PENGARUH CURING AIR LAUT TERHADAP SERAPAN DAN PERMEABILITAS*. 26–27.
- Barat, U. S., & Barat, U. S. (2020). *Applicability of seawater as a mixing and curing agent in 4-year-old concrete* (Vol. 259, Issue 119692).
- Fuad, I. S. (2021). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Dan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Mortar Dengan Fas 0,3. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 9(2). <https://doi.org/10.52333/destek.v9i2.785>
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (n.d.). *No Title*.
- Kuat, U., Beton, T., Kali, P., Rongi, D., Sampolawa, K., Buton, K., Sayfullah, S., & Saputra, A. (2020). *Sang pencerah*. 6(1), 26–34.
- Maufida, A. (2018). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perlakuan Perendaman Air Tawar Dan Air Laut. *Digital Repository Universitas Jember, September 2018*, 2019–2022.
- Nugraha, D. 1996. Pengaruh Variasi Campuran Semen Merah (Batu Bata) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023). *Pengaruh Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton*. 21(1), 58–67.
- Pada, S., Terhadap, M., & Tekan, K. (2024). *Pengaruh penggunaan limbah abu sekam padi dan superplasticizer pada mortar terhadap kuat tekan*. 26–28.
- Patah, D., & Dasar, A. (2022). Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM). *Journal of the Civil Engineering Forum*, 8(September), 261–276.  
<https://doi.org/10.22146/jcef.3488>
- 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>
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2025). Sustainable concrete using seawater, sea-sand, and ultrafine palm oil fuel ash: Mechanical properties and durability. *Case Studies in Construction Materials*, 22(November 2024), e04129.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e04129>
- Pratama, R., Azhari, A., & Fakhri, F. (2023). Pengaruh Perawatan Mortar Menggunakan Air Gambut Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Sainstek*, 11(2), 151–159.
- Putro, A. L. dan Prasetyoko, D. (2007): Abu sekam padi sebagai sumber silika pada sintesis zeolit ZSM-5 tanpa menggunakan tempat organik, *Akta Kimia Indonesia*, 3(1), 33-36 dalam Agung, G. F., Hanafie, M. R. dan Mardina, P. (2013): Ekstraksi silika dari abu sekam padi dengan pelarut KOH, *Konversi*, 2(1), 28-31, ISSN 2541-3481.
- Rahmayani, I. S., Saputra, E., & Olivia, M. (2017). *Kuat Tekan Dan Porositas Mortar*. 15(1), 57–65.
- 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.

Rosida, E., Puri, A., & Masrizal. (2008). Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Workabilitas Beton. *Jurnal Saintis, Vo. 10*(No. 1), 1–10.

Sambowo, K. A., Basuki, A., Sipil, J. T., Maret, U. S., Sipil, J. T., Maret, U. S., & Maret, U. S. (2015). *PENGARUH ABRASI AIR LAUT PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN BAHAN*. 9(KoNTekS 9), 7–8.

Simanullang, D. Y. (2014). *KAJIAN KUAT TEKAN MORTAR MENGGUNAKAN PASIR SUNGAI DAN PASIR APUNG DENGAN BAHAN TAMBAH FLY ASH DAN CONPLAST DENGAN PERAWATAN ( CURING )*.

Sitorus, T. K. (2009): *Pengaruh penambahan silika amorf dari sekam padi terhadap sifat mekanis dan sifat fisis mortar*, Skripsi, Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara dalam Pascasari, A., Wahyuni. A.S., Islam. M., Gunawan. A., dan Afrizal. Y. (2021): Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan mortar, *Jurnal Inersia*, **13**(2), 84-88, ISSN 2086-9045.

Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Dan, S., & Indonesia, U. I. (2023). *Tugas akhir*.

Sujatmiko, H. PENGARUH VARIASI KOMPOSISI CAMPURAN MORTAR TERHADAP KUAT TEKAN. Nusantara Hasana Journal. nusantarahasanajournal.com; 2023;. Available from: <<https://nusantarahasanajournal.com/index.php/nhj/article/view/1041>>

Tauhid, NH. Pengaruh Rendaman Air Laut dan Penggunaan Mortar Air Laut Pada Dinding Terhadap Kuat Tekan dan Lentur. dspace.uui.ac.id; 2023;. Available from: <<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/45199>>

Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., Maret, U. S., & Sutami, J. I. (2017). *Galuh Chrismaningwang (1) , Wibowo (2) , Muchamad Hadiyanto (3)*. 654–661.

Verani, A., Sihombing, R., Febriansya, A., & Zulpanani, A. (2024). *Pemanfaatan*

*Limbah Serbuk Kaca dan Abu Sekam Padi pada Formulasi Timbunan Mortar Busa untuk Konstruksi Berkelanjutan. 6(3), 110–122.*

Wahyuni, A. S., Islam, M., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2002). Available at : <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/inersiajournal> ISSN 2086-9045  
*PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT. 13(2), 84–88.*

Wenda, K., Zuridah, S., Hastono, B., Sipil, T., Teknik, F., Sipil, T., Teknik, F., Sipil, T., & Teknik, F. (2018). *Pengaruh variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan. 1, 8–13.*