

SKRIPSI

**OPTIMALISASI PENAMBAHAN *ULTRAFINE RICE HUSK ASH* (URHA)
DAN AIR LAUT SEBAGAI MEDIA PERAWATAN UNTUK
MENINGKATKAN KETAHANAN DAN KEKUATAN MORTAR**

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



Disusun Oleh:

KARTAWAN

D01 21 028

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

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI PENAMBAHAN *ULTRAFINE RICE HUSK ASH* (URHA) DAN AIR LAUT SEBAGAI MEDIA PERAWATAN UNTUK MENINGKATKAN KETAHANAN DAN KEKUATAN MORTAR

TUGAS AKHIR

Oleh

KARTAWAN

NIM: D0121028

(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



Irma Ridhavani ,ST., MT
NIP. 19800314202412011

Pembimbing 2



Dr. Eng.Ir Dahlia Patah, S.T.,M.Eng
NIP. 198608252015042001

Ketua Jurusan



Amalia Nurdin,ST.,MT
NIP. 198712122019032017

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP. 196404051990032002

ABSTRAK
OPTIMALISASI PENAMBAHAN *ULTRAFINE RICE HUSK ASH* (URHA)
DAN AIR LAUT SEBAGAI MEDIA PERAWATAN UNTUK
MENINGKATKAN KETAHANAN DAN KEKUATAN MORTAR

KARTAWAN

Teknik Sipil, Universitas Sulawesi Barat (2025)

kartawanbuntu@gmail.com

Pemanfaatan limbah pertanian seperti *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) sebagai bahan tambahan dalam mortar merupakan inovasi untuk meningkatkan kualitas material konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan URHA sebanyak 0%, 10% dan 20% terhadap kuat tekan dan porositas mortar yang dirawat menggunakan air laut. Pengujian dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari untuk kuat tekan serta 28 hari dan 56 hari untuk porositas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan presentase URHA dalam mortar berkontribusi pada peningkatan kuat tekan, dengan hasil optimal pada persentase 20% pada umur 28 hari. Selain itu, nilai porositas mortar cenderung menurun dengan bertambahnya persentase URHA, menunjukkan kepadatan material. Penggunaan air laut sebagai media perawatan tidak memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap kuat tekan mortar, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif perawatan khususnya di wilayah pesisir.

Dengan demikian, kombinasi URHA dan air laut sebagai media perawatan terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas mortar. Hal ini memberikan solusi inovatif bagi industri konstruksi dalam mengembangkan material yang lebih berkelanjutan dan tahan terhadap lingkungan agresif.

Kata Kunci: Mortar, *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA), air laut, kuat tekan, porositas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia konstruksi terus berkembang pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan infrastruktur yang kuat dan tahan lama. Namun, yang menjadi tantangan utama pada sektor ini adalah bagaimana mengoptimalkan bahan konstruksi untuk memanfaatkan sumber daya yang ada tanpa mengorbankan biaya dan dampak lingkungan. Mortar adalah adukan yang terdiri dari agregat halus(batu apung), bahan perekat (abu sekam padi, semen portland) dan air. Fungsi mortar adalah sebagai matrik pengikat bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Penggunaan mortar untuk konstruksi yang bersifat struktural misalnya mortar pasangan batu bata untuk dinding pengisi.

Mortar seringkali menghadapi tantangan yang ditimbulkan oleh kondisi cuaca yang ekstrem dan paparan lingkungan yang agresif, terutama di daerah pesisir yang memiliki garam yang terlarut didalam air dan tanah. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak akan solusi inovatif untuk meningkatkan daya tahan mortar di bawah kondisi ekstrem. Dalam konteks ini, inklusi media *curing* yang inovatif dan material alternatif telah dipikirkan sebagai langkah untuk meningkatkan sifat mortar.

Salah satu material alternatif yang memiliki potensi tinggi adalah *Rice Husk Ash* (Abu Sekam Padi). Sekam padi merupakan limbah penggilingan padi, sekam padi yang di bakar mengandung silika (SiO_2) dan kalsium hidroksida (CaOH_2). Penambahan abu sekam padi dalam presentasi tertentu dapat meningkatkan kekuatan mortar semen karena menghasilkan reaksi hidrasi semen yaitu kalsium silikat hidrat (Pascasari dkk, 2021).

Menurut Nassar & Room (2025) *Ultrafine Rice Husk Ash*, yang dibedakan dari RHA normal dengan ukuran partikel yang lebih halus menawarkan sifat pozzolan yang lebih baik karena luas permukaannya yang meningkat. Reaktivitas yang ditingkatkan ini memfasilitasi ikatan yang lebih baik di dalam matriks beton, yang berkontribusi pada peningkatan karakteristik daya tahannya. Keberadaan *Ultrafine Rice Husk Ash* menyebabkan kurangnya pori-pori kapiler, yang kondusif bagi pengembangan kekuatan dan daya tahan beton dalam jangka panjang. Sehingga

penggunaan *Ultrafine Rice Husk Ash* tidak hanya mengatasi masalah lingkungan yang terkait dengan pembuangan sekam padi, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan produksi beton dengan mengurangi ketergantungan pada *sement portland*.

Di sisi lain, media perawatan (*curing*) juga memainkan peran penting dalam proses hidrasi semen yang mempengaruhi sifat mekanik dan ketahanan mortar. Pemanfaatan air laut sebagai media perawatan menawarkan solusi praktis di daerah pesisir, di mana ketersediaan air tawar sering kali terbatas. Meskipun air laut memiliki kandungan garam yang dapat mempengaruhi kualitas material, pendekatan yang tepat dalam penggunaannya dapat memberikan hasil yang optimal bahkan dalam kondisi ekstrem.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini di coba dilakukan eksperimen untuk pemanfaatan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) yang merupakan abu sekam padi yang lolos saringan 300 (0,050 mm) sebagai bahan tambah dan air laut sebagai media perawatan untuk mengetahui seberapa optimalnya pada pengujian kuat tekan dan porositas pada mortar.

Berangkat dari latar belakang diatas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Optimalisasi penambahan *ultrafine rice husk ash* (URHA) dan air laut sebagai media perawatan untuk meningkatkan ketahanan dan kekuatan mortar”**.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memanfaatkan bahan utama seperti agregat halus pasir sungai, semen dan *ultrafine rice husk ash* (URHA) serta air laut sebagai media perawatan dalam pembuatan mortar dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penambahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) sebanyak 10% dan 20% terhadap kuat tekan dan porositas mortar dibandingkan dengan mortar normal pada umur 7, 28, dan 56 hari menggunakan air laut sebagai media perawatan?

- b. Berapa presentasi optimal antara 10% dan 20% URHA untuk mencapai kuat tekan maksimum dan porositas minimum dibandingkan dengan sampel normal menggunakan air laut sebagai media perawatan?
- c. Bagaimana interaksi antara penambahan URHA dengan variasi persentase terhadap kuat tekan dan porositas mortar yang dirawat menggunakan air laut?
- d. Apakah kombinasi penambahan URHA dan air laut sebagai media perawatan memberikan hasil yang signifikan dalam meningkatkan ketahanan dan kekuatan mortar dibandingkan sampel normal?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka diperoleh tujuan penelitian berikut:

- a. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) sebanyak 10% dan 20% terhadap kuat tekan dan porositas mortar dibandingkan dengan mortar normal pada umur 7, 28, dan 56 hari menggunakan air laut sebagai media perawatan
- b. Untuk mengetahui presentasi optimal antara 10% dan 20% URHA untuk mencapai kuat tekan maksimum dan porositas minimum dibandingkan dengan sampel normal menggunakan air laut sebagai media perawatan
- c. Untuk mengetahui interaksi antara penambahan URHA dengan variasi persentase terhadap kuat tekan dan porositas mortar yang dirawat menggunakan air laut
- d. Untuk mengetahui kombinasi penambahan URHA dan air laut sebagai media perawatan memberikan hasil yang signifikan dalam meningkatkan ketahanan dan kekuatan mortar dibandingkan sampel normal

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada perkembangan material konstruksi, khususnya pemanfaatan *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) dan air laut sebagai media perawatan dalam meningkatkan ketahanan

dan kekuatan mortar. Sehingga hasil penelitian ini dapat memberikan solusi inovatif dalam memanfaatkan limbah sekam padi sebagai bahan tambah konstruksi yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini dapat membantu industri konstruksi, khususnya di wilayah pesisir, untuk menghasilkan mortar dengan ketahanan tinggi dan berkualitas baik dilingkungan pesisir.

1.5 Batasan Masalah

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

- a. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat
- b. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Komposit (PCC) tipe 1
- c. Bahan pelekats atau tambahan yang digunakan adalah *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) lolos saringan 300 mehs dengan presentase penambahan 10% dan 20% yang di ambil dari Desa Arjosari di kec. Wonomulyo, Kab. Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat
- d. Agregat halus yang digunakan adalah pasir sungai yang berasal dari Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar, yang lolos saringan nomor 4.
- e. Perawatan dengan menggunakan air laut yang berasal dari pangali-ali Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat.
- f. Sebelum agregat halus digunakan, terlebih dahulu dicuci semua untuk memastikan kadar lumpur dalam agregat halus tidak tinggi.
- g. Benda uji cetakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x5 cm untuk pengujian kuat tekan dan porositas.
- h. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 28, dan 56 hari sesuai dengan SNI 03-6825-2002.
- i. Pengujian porositas dilakukan pada umur 28 dan 56 hari saja sesuai dengan SNI 03-6827-2002.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum, proses penyusunan proposal penelitian sistematika penulisan sangat dibutuhkan agar penulis dapat menyelesaikan dengan baik ataupun terstruktur. Dalam penulisan proposal penelitian ini ada 5 tahapan sistematika penulisan diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tinjauan pustaka serta teori-teori tentang bahan, metode penelitian dan segala yang bersangkutan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat tentang tahap-tahap penelitian seperti studi kepustakaan, tempat dan waktu penelitian serta bahan-bahan yang digunakan juga berisi tentang bagan alur penelitian dan metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil dan data-data penelitian

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai hasil yang diperoleh dari penelitian dan disertai dengan saran-saran yang diusulkan.

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. “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Mortar”(Pascasari et al., 2021)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan mortar dengan bahan tambah abu sekam padi terhadap kuat tekan mortar normal. Abu sekam padi yang digunakan telah dibakar dengan suhu tinggi diatas 400°C. Persentase abu sekam padi yang digunakan yaitu 6%, 9%, 12%, dan 15% dengan 7 sampel tiap variasinya. Jumlah seluruh kubus mortar adalah 105 buah dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm. Rentang nilai initial flow yang digunakan yaitu 105%-115% (SNI 03-6882-2002). Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14, 21, dan 28 hari. Kuat tekan mortar tertinggi terjadi pada variasi 9% dengan nilai kuat tekan sebesar 13,24 MPa, dengan peningkatan persentase sebesar 10,15% dari mortar normal. Kuat tekan mortar terendah terjadi pada variasi 6% dengan nilai kuat tekan sebesar 11,22 MPa, dengan penurunan persentase sebesar 6,66% dari mortar normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi dengan variasi 9% dan 12% menghasilkan kuat tekan lebih besar dari mortar normal.

- b. “Pengaruh Air Laut Pada Proses *Curing* dan *Treatment* Terhadap Kekuatan Beton”(SARI, 2023)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak air laut dan lingkungan pesisir terhadap kekuatan beton serta tingkat karbonasinya. Sampel beton berbentuk kubus dengan dimensi 15x15x15 cm disubjekkan pada

perawatan dengan air tawar dan air laut selama periode 7, 14, 28, dan 56 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang diperlakukan dengan air laut memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang diperlakukan dengan air tawar, dengan nilai kekuatan tekan berturut-turut adalah 273,53 kg/cm², 302,23 kg/cm², 331,21 kg/cm², dan 316,01 kg/cm². Selain itu, beton yang terpapar lingkungan pesisir juga mengalami penurunan nilai kekuatan tekan pada usia 28 dan 56 hari untuk setiap sampel.

- c. “Mortar Abu Sekam Padi dan Air Laut: Alternatif Material Untuk Lingkungan Pesisir”(Ridhayani, Nurdin, Rohani, Manaf, & Fauzi, 2024)

Penelitian ini menganalisis kuat tekan dan resistivitas listrik dari benda uji dengan variasi penambahan abu sekam padi sebanyak 10%, 20%, dan 30% dari berat semen, yang dicampur dengan air laut dan diuji pada umur 28 dan 91 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimal dicapai pada penambahan 20% abu sekam padi dari berat semen pada umur 91 hari, dengan nilai mencapai 36,20 MPa. Hasil resistivitas listrik berada dalam kategori sangat rendah terhadap laju korosi, bahkan ketika terkontaminasi dengan klorida.

- d. “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) dan Abu Terbang”(Nur’ilmi & Arie Wardhono, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proporsi optimum mortar geopolimer yang ditinjau dari kuat tekan dan porositas dengan perbandingan fly ash dan rice husk ash yang divariasi, sedangkan sodium silikat (Na₂SiO₃) dan sodium hidroksida (NaOH) tetap pada kondisi NaOH 15 molar SS/SH sebesar 4,0 dan w/s = 1,449 dengan enam buah mix design yang tiap mix design mendapat dua perlakuan yaitu disimpan pada suhu ruang dan oven 24 jam yang berdimensi 5x5x5cm³. penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium. Metode eksperimen adalah jenis studi tertentu yang berusaha memahami bagaimana variabel tertentu mempengaruhi variabel bariatrik dengan menganalisisnya secara langsung. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa kadar optimum terjadi pada kondisi fly ash: rice husk ash adalah 80%:

20% pada suhu oven yaitu mix design 11. Kekuatan tekan maksimum rata-rata yang dihasilkan yaitu 4,14 MPa dan hasil uji porositas sebesar 10,69%

- e. “Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Mortar”(Fatmawati, Triwardaya, Wiyana, Pawiro, & Parhadi, 2020)

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen (OPC) pada campuran mortar. Di samping itu, dengan penggunaan limbah abu sekam padi ini akan dianalisis kuat tekan. Limbah abu sekam padi yang digunakan dari pembakaran bata di daerah Mranggen. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Dengan membuat benda uji Kubus 5x5x5 yang berjumlah 45 (empat puluh lima), dengan rincian masing-masing variasi 3 kubus (umur 7 har, 14 hari dan 28 hari). Dari hasil pengujian Kuat Tekan Mortar Normal rata-rata umur 28 hari adalah 41.17 Mpa, 5% abu sekam adalah 32.72 Mpa, 10% abu sekam adalah 23.22 Mpa, 15% abu sekam adalah 15.02 Mpa dan 20% abu sekam adalah 15.15 MPa.

2.2 Mortar

2.2.1 Pengertian Mortar

Mortar merupakan campuran antara pasir, semen, dan air. Bahan perekat yang biasa digunakan antara lain tanah liat, kapur, dan semen. Bila tanah digunakan sebagai perekat disebut mortar lumpur, jika kapur digunakan sebagai perekat disebut mortar kapur, dan bila semen digunakan sebagai perekat disebut mortar semen. Pasir berfungsi sebagai bahan pengisi (bahan yang direkat). Fungsi utama mortar adalah untuk meningkatkan kekuatan rekat dan ketahanan rekat dengan komponen suatu struktur. Kekuatan mortar ditentukan oleh kekuatan kohesif pasta semen dan partikel agregat halus. Mortar memiliki nilai komponen yang relatif rendah. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air dan kuat gesernya harus mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada mortar. Jika air menembus mortar dengan cepat atau dalam jumlah banyak, mortar akan mengeras dan kehilangan kekuatan rekatnya. (Zuraidah & Hastono, 2018).

Menurut SNI 03-6825-2002, mortar merupakan campuran material yang terdiri atas agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu.

2.2.2 Jenis-Jenis Mortar

Standar spesifikasi mortar mengacu pada kuat tekannya, yaitu kemampuan mortar dalam menerima beban. Sama halnya dengan beton, kekuatan mortar dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain air semen dan kepadatan, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat dan juga umur mortar. Mortar ada beberapa jenis mortar antara lain (Salmonda, 2018) :

a. Mortar Kuno

Mortar pertama dibuat dari tanah liat dan lempung. Saat itu persediaan batu sangat langka, namun persediaan tanah liat sangat melimpah. Menurut sejarah, teknik bangunan dengan beton dan mortar dimulai di Yunani. Hal ini ditunjukkan dengan penggalian saluran bawah tanah di Megara yang menunjukkan bahwa reservoir ditutupi dengan mortar pozzolan setebal 12 mm. Pozzolan adalah mortar yang dibuat dengan menambahkan abu vulkanik pada batu kapur dan dikenal sebagai semen hidrolik karena mengeras dalam air. Orang Yunani memperoleh abu vulkanik dari pulau Thira dan Nisyros, atau kemudian dari koloni Yunani Chicaarchia (Pozzuoli) dekat Napoli, Italia. Bangsa Romawi meningkatkan penggunaan dan produksi bahan yang dikenal sebagai mortar dan semen pozzolan. Belakangan, orang Romawi menggunakan mortar tanpa pozzolan, tetapi merusak tembikar dengan aluminium oksida dan silika dalam campuran. Meskipun mortar ini tidak sekuat mortar pozzolan, kepadatannya yang lebih tinggi membuat lebih tahan terhadap tetesan air. Namun, teknik pembuatan mortar dan semen terhidrolisis, yang disempurnakan dan dipraktikkan secara luas oleh orang Yunani dan Romawi, hilang selama hampir 2000 tahun.



Gambar 2.1 Mortar Kuno

b. Mortar Semen (Semen Mortar)

Mortar semen Portland (sering disebut hanya sebagai mortar semen) terbuat dari campuran semen portland, pasir serta air. Mortar semen ditemukan pada pertengahan abad ke-19 sebagai bagian dari upaya ilmiah untuk mengembangkan mortar yang lebih kuat daripada yang tersedia pada saat itu. Ini menjadi populer pada akhir abad ke-19 dan menggantikan mortar kapur dalam konstruksi hingga tahun 1930. Mortar semen digunakan karena lebih cepat kering dibandingkan mortar kapur dan dapat mempercepat proses konstruksi.



Gambar 2.2 Mortar Semen

c. Mortar Polimer (Polimer Semen Mortar)

Mortar semen polimer (PCM) adalah bahan dimana polimer menggantikan pengikat semen terhidrasi dalam mortar semen tradisional. Campuran polimer meliputi lateks atau emulsi, polimer yang dapat terdispersi kembali dalam bentuk bubuk, polimer yang larut dalam air, resin cair, dan monomer. Ini memiliki permeabilitas rendah dan mengurangi terjadinya retakan susut pengeringan. Yang dirancang khusus untuk memperbaiki struktur beton.



Gambar 2.3 Polimer

d. Mortar Kapur (Kapur Mortar)

Mortar kapur (kapur mortar) dibuat dengan cara mencampur pasir, kapur, dan air. Penggunaan mortar kapur yang paling awal diketahui terjadi sekitar tahun 4000 di Mesir Kuno sebelum masehi. Mortar kapur digunakan di seluruh dunia, terutama pada bangunan di Eropa dan Afrika selama Kekaisaran Romawi. Kebanyakan bangunan batu di Eropa dan Asia sebelum tahun 1900 dibangun dari semen kapur (mortir kapur). Membuat mortar kapur itu mudah. Bakar jeruk nipis di tempat pembakaran untuk membuat kapur tohor. Kapur kemudian dicampur dengan air membentuk kapur sirih untuk membuat dempul kapur atau bubuk kapur sirih. Campurkan ini dengan pasir dan air untuk membuat mortar. Mortar kapur jenis ini disebut mortar kapur non-hidrolik. Waktu pengeringan sangat lambat karena bereaksi dengan karbon dioksida di udara. Kecepatan pengerasan dapat ditingkatkan dengan menggunakan batu kapur, yang dikalsinasi dalam tanur untuk membentuk kapur hidrolik yang bereaksi jika terkena air, atau dengan menambahkan bahan pozzolan seperti tanah liat terkalsinasi atau debu batu campuran mortar semen.

Masalah muncul ketika mortar semen digunakan untuk merenovasi bangunan tua yang awalnya dibangun dengan mortar kapur. Hal ini karena mortar kapur lebih lunak dibandingkan mortar semen, sehingga dapat memberikan fleksibilitas pada batu bata untuk beradaptasi jika terjadi perubahan tanah atau perubahan kondisi lainnya. Mortar semen lebih sulit dan kurang fleksibel. Hal ini dapat menyebabkan kedua mortar yang ada

menempel pada salah satu sisi dinding bata sehingga menimbulkan keretakan pada bata.



Gambar 2.4 Mortar Kapur

e. Mortar Pozzolan (Pozzolona Mortar)

Pozzolana berkualitas tinggi terbuat dari abu vulkanik berpasir. Awalnya ditemukan dan ditambang pada di Pozzuoli, Italia, di wilayah sekitar Gunung Vesuvius. Arsitek Romawi kuno Vitruvius berbicara tentang empat jenis pozzolana yang ditemukan di daerah vulkanik Italia: hitam, putih, abu-abu, dan merah. Pozzolana halus, bila dicampur dengan kapur, memberikan sifat yang mirip dengan semen Portland. Membentuk mortar yang padat dan dapat mengeras dalam air.



Gambar 2.5 Bubuk Pozzolan

2.2.3 Sifat-Sifat Mortar

Perencanaan dan pelaksanaan struktur beton memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat mortar dan sifat-sifat mortar setelah pengerasan. Adapun sifat-sifat mortar antara lain (Zuraidah & Hastono, 2018):

a. Keawetan (*Durability*)

Ini adalah kemampuan mortar untuk menahan kondisi desain tanpa terjadi korosi dalam periode desain. Dalam hal ini nilai faktor air semen (FAS) dan jumlah minimal pemakaian harus dibatasi tergantung kondisi lingkungan.

b. Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan kemampuan mortar dalam menahan beban dan gaya mekanis hingga mengalami kegagalan. Nilai kuat tekan mortar ditentukan dengan prosedur pengujian standar menggunakan mesin uji dengan memberikan beban tekan secara bertahap pada kenaikan beban tertentu sampai benda uji retak atau patah.

c. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas mortar adalah hubungan antara kuat tekan dan regangan mortar. Biasanya, diberikan antara 25% dan 30%.

d. Kemampuan (*workability*)

Kemampuan (*workability*) mengacu pada sifat campuran mortar dan ditentukan oleh kemudahan pencampuran, pengangkutan, pemadatan, dan penyelesaian akhir. Dengan kata lain, ketangkasan adalah jumlah kemudahan yang dibutuhkan untuk mencapai kompaksi sempurna.

Berdasarkan SNI 03-6825-2002, Mortar yang memenuhi ketentuan spesifikasi proporsi harus terdiri bahan bersifat semen, agregat, dan air yang seluruhnya harus memenuhi persyaratan butir 4 dan persyaratan proporsi menurut Tabel 2.1. Kecuali dinyatakan lain, baik mortar semen-kapur atau mortar semen pasangan dapat digunakan. Bila dipersyaratkan jenis mortar yang kekuatannya lebih rendah, maka mortar dengan kekuatan lebih tinggi tidak boleh digunakan sebagai pengganti tanpa diketahui sifatnya.

Tabel 2.1 Persyaratan Proporsi

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)					Rasio Agregat (Pengukuran pada kondisi lembab dan gembur
		Semen portland /semen giling	Semen Pasangan			Kapur padam atau kapur pasta	
			M	S	N		
Kapu semen	M	1	-	-	-	¼	2 ¼ - 3 kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	1	-	-	-	> ¼ - ½	
	N	1	-	-	-	> ¼ - 1 ¼	
	O	1	-	-	-	> 1 ¼ -2 ½	
Semen pasangan	M	1	-	-	1	-	2 ¼ - 3 kali jumlah volume bahan bersifat semen
	M	-	1	-	-	-	
	S	½	-	-	1	-	
	S	-	-	1	-	-	
	N	-	-	-	1	-	
	O	-	-	-	1	-	

Keterangan yang dimaksud dengan tipe-tipe mortar:

- Mortar tipe M adalah mortar yang mempunyai kekuatan 17,2 MPa menurut tabel 2.2, yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe N atau kapur semen dengan menambahkan semen portland dan kapur padam dengan komposisi menurut tabel 2.1
- Mortar tipe S adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa menurut tabel 2.2, yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe S atau kapur semen dengan menambahkan semen portland dan kapur padam dengan komposisi menurut tabel 2.1
- Mortar tipe N adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa menurut tabel 2.2 yang dibuat dengan menambahkan semen pasangan tipe N dan kapur semen dengan menambahkan semen portland dan kapur padam dengan komposisi menurut tabel 2.1

- d. Mortar tipe O adalah mortar yang mempunyai kekuatan 2,4 MPa, menurut tabel 2.2, yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe N atau kapur semen dengan menambahkan semen portland dan kapur pada dengan komposisi menurut tabel 2.1

Mortar yang memenuhi ketentuan dalam spesifikasi ini harus didasarkan pada hasil pengujian terhadap mortar yang disiapkan di laboratorium sesuai butir 5 dan 6,2. Mortar disiapkan di laboratorium harus terdiri dari suatu campuran bahan pengikat bersifat semen, agregat, dan air yang seluruhnya harus memenuhi persyaratan bahan-bahan dalam butir 4 dan sifat-sifatnya harus memenuhi persyaratan mortar dalam tabel 2.2

- a. Kecuali untuk jumlah air pencampurnya, proporsi campuran yang disiapkan di laboratorium memenuhi ketentuan spesifikasi ini, tidak boleh diubah. Bahan-bahan yang sifat fisiknya berbeda tidak boleh dipakai tanpa dilakukan pengujian ulang dan memenuhi persyaratan sifat-sifat mortar.
- b. Sifat-sifat mortar yang diisyaratkan dalam tabel 2.2 adalah untuk mortar yang disiapkan di laboratorium dengan jumlah air yang memberikan kelecakan (flow) (110 ± 5) . Jumlah air ini tidak cukup menghasilkan mortar dengan kelecakan yang sesuai untuk pekerjaan pasangan di lapangan. Mortar yang akan digunakan di lapangan harus dicampur lagi dengan maksimum jumlah air yang sesuai dengan kemudahan pengerjaannya, sehingga cukup untuk memenuhi penyerapan awal dari bahan/komponen konstruksi pasangan.
- c. Sifat-sifat yang disiapkan di laboratorium dengan kelecakan $(110 \pm 5)\%$ sebagai mana diisyaratkan dalam spesifikasi ini dimaksudkan untuk memperkirakan besarnya kelacakan dan sifat-sifat dari mortar yang disiapkan untuk pekerjaan di lapangan setelah digunakan agar supaya penyerapan air dari komponen konstruksi pasangan terpenuhi.
- d. Sifat-sifat mortar yang dipersiapkan di lapangan dengan jumlah air banyak, sebelum digunakan pada pekerjaan konstruksi pasangan, akan berbeda dengan persyaratan sifat-sifat seperti tabel 2.2. Dengan demikian, persyaratan

sifat-sifat dalam tabel 2.2 tidak dapat dipakai sebagai persyaratan untuk pengawasan mutu mortar di lapangan.

Tabel 2.2 Persyaratan spesifikasi sifat

Mortar	Tipe	Kuat tekan rata-rata 28 hari Min.(MPa)	Resistensi air Min.(%)	Kadar udara Maks.(%)	Rasio agregat (pengukuran pada kondisi lembab, gembur)
Kapur semen	M	17,5	75	12	2 ¼ - 3 ½ kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14bj	
	O	2,5	75	14bj	
Semen pasangan	M	17,2	75	c)	
	S	12,4	75	c)	
	N	5,2	75	c)	
	O	2,4	75	c)	

2.2.4 Kelebihan dan Kekurangan Mortar

Menurut (Rika Widianita, 2023), Mortar memiliki kelebihan dan kekurangan adalah sebagai berikut:

- a. Kelebihan mortar
 - 1) Mortar sangat umum dikenal sebagai campuran pasir,semen dan air. Hampir semua tukang dan sebagian besar orang pasti mengetahui bagaimana cara kerja bahan ini sehingga lebih mudah mencari tenaga kerja yang sanggup mengerjakan mortar
 - 2) Bahan ini cukup terjangkau dan mudah didapat sebagai bahan bangunan. Komposisi paling dasar adalah semen, pasir, dan air yang melimpah di Indonesia.

- 3) Penggunaan mortar dalam bidang konstruksi sangat besar, mortar juga sangat banyak digunakan sebagai bahan perekat batu bata dan pasangan bata, dan bahan ini merupakan bahan bangunan yang paling umum digunakan di Indonesia.
 - 4) Mortar adalah bahan bangunan yang tahan lama. Setelah kering dan mengeras, dapat digunakan untuk waktu yang sangat lama dengan perawatan minimal.
 - 5) Daya tahan mortar kering sangat luar biasa, karena tidak berkarat atau lapuk seperti baja atau kayu.
- b. Kekurangan mortar
- 1) Pencampuran yang tepat diperlukan untuk memaksimalkan kekuatan saat mortar mengering dan mengeras.
 - 2) Karena beratnya dan kandungan uap airnya, mortar bukanlah bahan yang tepat untuk pemisah.
 - 3) Besi dan kayu masih lebih kuat dan bermanfaat dibanding mortar, itulah sebabnya keduanya tetap bertahan.

2.3 Material Penyusun Mortar

2.3.1 Semen *Portland*

Semen *portland* (*portland cement*) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2015).

Perhitungan komposisi material semen didasarkan pada hasil pengukuran kadar kandungan oksida dalam kerak sebagai bentuk kristal-kristal yang telah seimbang. Empat komponen utama yang terdandung dalam semen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Komponen Utama Semen

Nama Campuran	Komposisi Oksida	Singkatan
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S
Trikalsium Aluminat	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Tetrakalsium Aluminoforit	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Sumber: Neville dan Brooks, 19887 h:10

Silikat, C_3S dan C_2S merupakan senyawa paling penting, sebab ke tiga bahan itu menentukan kekuatan dari pasta semen. Kandungan silikat pada semen bukan merupakan campuran yang murni, melainkan terkandung sedikit oksida padat yang secara signifikan akan mempengaruhi susunan atom, bentuk kristal dan perilaku hidrolis semen. Kandungan C_3A pada semen sebenarnya tidak dikehendaki, sebab hanya sedikit atau bahkan sama sekali tidak memberikan nilai tambah pada kekuatan semen, terkecuali umur-umur awal saja. Namun kehadiran C_3A tetap dibutuhkan dalam pembuatan semen, karena berfungsi memudahkan bercampurnya kapur dengan silika.

Jika dibandingkan dengan komponen-komponen lain yang terkandung dalam semen, kadar kandungan C_4AF jumlahnya paling sedikit, sehingga tidak memberikan pengaruh terhadap semen secara signifikan, namun demikian reaksi antara C_4AF dengan *gypsum* membentuk kalsium sulphoferit, keberadaan C_4AF akan mempercepat terjadinya reaksi pada silikat itu. Jumlah penambahan *gypsum* pada kerak merupakan hal yang sangat penting, sebab banyaknya penambahan tergantung pada berapa besar kadar C_3A yang diberikan pada usia-usia muda. Penambahan ini akan menaikkan kebutuhan *gypsum* pada semen, namun jika ditambah dalam jumlah besar justru memicu semen untuk mengembang dan kemudian mengakibatkan pasta semen pecah. Sebagai bahan tambahan dari keempat komponen utama semen pada tabel 2.3, diberikan pula campuran material gabungan yang bertujuan untuk meningkatkan mutu pada masing-masing merk semen. Tiap pabrik memberikan tambahan campuran berbeda yang jumlahnya dirahasiakan. Campuran material yang ditambahkan antara lain: MgO , TiO_2 ,

Mn_2O_3 , K_2O , dan Na_2O yang besarnya hanya beberapa persen dari masa semen. Dua dari bahan material yang sangat menjadi perhatian adalah *yodium oksida* (Na_2O), dan potassium (K_2O), kedua senyawa ini dikenal sebagai alkalis (walaupun semen memiliki alkalis lain), pengaruhnya terhadap kecepatan dan kekuatan tekan semen menjadi obyek pengamatan dalam pembuatan semen. Secara umum komposisi kimia semen seperti terdapat pada tabel 2.4, khusus untuk semen PC diberi sedikit tambahan komposisi oksida.

Tabel 2.4 Perkiraan komposisi terkecil dari semen PC

Oksida	Persen Kandungan
Kaput (CaO)	60 - 67
Silika (SiO_2)	17 - 25
Alumina (Al_2O_3)	3 - 8
Besi (Fe_2O_3)	0,5 - 6,0
Magnesia (MgO)	0,1 - 4,0
Alkalis	0,2 - 1,3
Silikon Trioksida (SiO_3)	1 - 3

Sumber: Neville dan Brooks, 1987 h:11

Menurut Tjokrodimuljo (1996), semen portland berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan bangunan lain (batu bata, batu kali, pasir). Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

- a. Tipe-tipe semen menurut ASTM C150, semen portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu sebagai berikut:
 - 1) Tipe I: *Ordinary Portland Cement* (OPC), semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
 - 2) Tipe II: *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
 - 3) Tipe III: *High Early Strenght Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).

- 4) Tipe IV: *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan 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 berdasarkan ASTM C-188, dengan berat jenis yang dipersyaratkan sebesar 3,15 dan kemurnian semen yang dipersyaratkan sebesar 3,0 hingga 3,2. Namun berat jenis semen sebenarnya yang diproduksi adalah antara 3,05 dan 3,25. Rasio ini mempengaruhi proporsi semen dalam campuran, dan jika percobaan tidak memberikan hasil seperti itu, maka pembakaran tidak akan selesai. Pengujian berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan Le Chateriel flaks menurut ASTM C-188 dengan menggunakan langkah-langkah berikut:

- 1) Isi botol Le Chateriel dengan minyak tanah dengan skala botol antara angka 0-1.
- 2) Masukkan botol Le chateriel yang berisi minyak tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan masukkan termometer sebagai pengukur suhu.
- 3) Tambahkan es batu kedalam wadah tersebut. Sehingga suhu air mencapai 4°C.
- 4) Pada saat suhu air dengan suhu cairan dalam botol Le Chateriel maka selanjutnya baca skala pada botol sebagai pembacaan nilai (V1).
- 5) Saring semen *portland* dengan menggunakan saringan No. 40, kemudian menimbang sebanyak 64 gram.
- 6) Keluarkan botol dari wadah dan masukkan semen *porland* sedikit demi sedikit kedalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca dengan menjaga agar semen tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol Le Chateriel.
- 7) Masukkan kembali Le chateriel yang berisi minyak tanah dan semen kedalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4°C.

- 8) Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le chatelier, 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 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

γ_{air} = Berat isi air pada suhu 4°C

2.3.2 Agregat

Ukuran agregat secara umum dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan ukuran butirannya, yaitu; Batu, jika butirannya lebih dari 40 mm; Kerikil, jika ukuran butirannya antara 5 mm sampai 40 mm; Pasir, jika ukurannya antara 0,15 sampai 5 mm.

Menurut SNI 03-1969-1990, Untuk menentukan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) guna menentukan volume agregat halus dalam kondisi SSD. Kondisi SSD ialah keadaan pada agregat dimana tidak terdapat air pada permukaannya, tetapi pada rongganya terisi oleh air sehingga tidak mengakibatkan penambahan maupun pengurangan kadar air dalam beton.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah komponen material konstruksi yang terdiri dari butiran berukuran lebih kecil dari 5 mm sesuai dengan SNI 02-6820-2002. Umumnya, agregat halus terbuat dari pasir, yang dapat berasal dari sumber alami seperti pasir sungai, pasir pantai, atau pasir gunung. Dalam campuran beton, agregat halus berfungsi untuk mengisi ruang kosong antara agregat kasar, sehingga menciptakan struktur yang lebih padat dan stabil. Penggunaan

agregat halus yang tepat sangat penting dalam menentukan kualitas dan performa beton yang dihasilkan.

Menurut SNI 03-6821-2002, terdapat beberapa persyaratan agregat halus yang harus dipenuhi sesuai standar prosedur, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pasir terdiri dari partikel-partikel yang tajam dan keras.
- 2) Partikel halus bertahan selamanya. Atau tidak mudah rusak karena pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan. Sifat persistensi agregat halus dapat diuji dengan menggunakan larutan garam jenuh. Saat menggunakan natrium sulfat, tingkat kehancurannya mencapai 10%.
- 3) Agregat halus mengandung lumpur kurang dari 5%. Jika kadar lumpur melebihi 5% maka harus dibersihkan. Terutama pasir untuk produksi beton.

2.3.3 URHA

URHA atau *Ultrafine Rice Husk Ash* (Abu sekam padi) adalah limbah dari penggilingan padi yang telah dibakar. Sehingga menghasilkan silika (SiO_2) dan kalsium hidroksida (CaOH_2). Setelah pembakaran sempurna, sekam padi mengandung sekitar 90-98% silika. Silika diekstraksi dari abu sekam padi menggunakan metode ekstraksi padat-cair dengan menggunakan larutan basa sebagai pelarut (Agung M, Hanafie Sy, & Mardina, 2013).

Penambahan abu sekam padi dalam presentase tertentu dapat meningkatkan kekuatan mortar semen karena menghasilkan reaksi hidrasi semen yaitu kalsium silikat hidrat (Pascasari dkk, 2021).

Menurut Cordeiro (2009), Penggunaan abu sekam padi yang reaktif sebagai bahan pengganti semen dapat mengurangi emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari produksi semen. Selain itu, RHA dapat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan beton. Selain itu, penggantian semen dengan RHA juga memiliki keuntungan lingkungan lainnya: karbon yang tersisa dalam abu, yang dapat dilepaskan ke atmosfer selama periode penyimpanan yang lama, akan terperangkap dalam beton. *Ultrafine Rice Husk Ash* (URHA) adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi yang diproses dengan cara tertentu untuk menghasilkan

partikel yang lebih halus (*ultrafine*). RHA (*Rice Husk Ash*), secara umum, terdiri sebagian besar dari silika (sekitar 80-95%) dalam bentuk amorf (tidak teratur). Proses penggilingan sekam padi ini bertujuan untuk mengoptimalkan aktivitas pozzolanik dan meningkatkan kinerja RHA dalam campuran beton atau mortar.

Ultrafine Rice Husk Ash (URHA) adalah abu sekam padi yang telah diproses dan memiliki partikel sangat halus, yang lolos dari saringan 300 mesh (sekitar 0,05 mm atau lebih kecil). Abu sekam padi ini dihasilkan melalui pembakaran sekam padi dengan kontrol yang lebih baik, menghasilkan silika amorf yang sangat reaktif. Proses penggilingan atau pemrosesan lebih lanjut, seperti penggilingan dengan vibratory mill atau teknik lainnya, digunakan untuk menghasilkan partikel yang lebih kecil dan halus, yang meningkatkan potensi aktivitas pozzolanik dari URHA.



Gambar 2.6 *Ultrafine Rice husk Ash*

2.3.4 Air

Fungsi air pada campuran mortar adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai dengan peraturan beton bertulang indonesia 1971 adalah sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter
- b. Tidak mengandung semen garam-garam yang dapat merusak beton (asam zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 15 gram/liter
- d. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Pemakaian air pada pembuatan campuran harus pas karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses

hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan mortar yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan mortar yang dihasilkan.

2.3.5 Air Laut

Air laut merupakan air yang berasal dari laut atau samudra. Air laut mengandung sampai 35.000 ppm (3,5%) garam dan umumnya hanya dipakai untuk beton tanpa tulangan. Air laut merupakan campuran kompleks yang terdiri dari air, garam, dan sejumlah kecil zat lain. Kadar garam pada air laut (salinitas), diukur dari jumlah material yang terlarut dalam tiap kilogram air laut, atau setara dengan part per thousand (1/1000). Adapun komposisi ion yang terkandung dalam air laut secara umum dapat dilihat pada tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Komposisi ion pada air laut

Nama Umum	Ion	(g)
Sodium	Na	10360
Magnesium	Mg ⁺⁺	1,294
Calcium	Ca ⁺⁺	0,413
Potassium	K ⁺	0,387
Strontium	Sr ⁺⁺	0,008
Chloride	Cl ⁻	19,353
Sulfate	SO ₄ ²⁻	2,712
Bromide	Br ⁻	0,001
Boron	N ₃ B ₃	0,142
Fluoride	F ⁻	0,001

Sumber: Emmanuel dkk (2012)

2.4 Sifat Mekanik Mortar

Mortar memiliki berbagai sifat mekanik yang mempengaruhi kinerja dan daya tahannya dalam jangka panjang. Beberapa sifat mekanik utama yang harus dipertimbangkan pada penelitian ini adalah:

2.4.1 Kuat tekan Mortar

Kuat tekan mortar adalah kemampuan mortar menahan beban tekan tanpa mengalami kerusakan. Sifat ini sangat penting, karena mortar sering digunakan untuk menyambung elemen arsitektur yang menerima beban tekan (bata, balok beton, batu, dll). Kekuatan tekan beban mortar adalah jumlah beban per satuan luas di mana sampel beton akan runtuh ketika dikenai gaya tekan (Rika Widianita, 2023). Biasanya, kuat tekan diuji pada umur 28 hari setelah mortar di cetak, karena pada saat ini mortar dan beton mencapai sekitar 95% kekuatan akhirnya. Selain dipengaruhi oleh perbandingan air-semen dan kepadatannya (Sumajouw dkk, 2018), kuat tekan dipengaruhi oleh faktor lainnya, yaitu:

- a. Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas mortar dan beton
- b. Tekstur permukaan agregat
- c. Efisiensi dan perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi apabila pengeringan dadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.
- d. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan mortar bertambah dengan bertambahnya suhu
- e. Umur, pada keadaan normal kekuatan mortar bertambah seiring dengan umurnya.

Berdasarkan beban runtuh yang dapat diterima benda uji, maka nilai kuat tekan mortar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

F'c= Kuat tekan mortar dengan uji silinder (MPa)

P= Gaya tekan aksial (N)

A= Luas penampang melintang benda uji (mm²)

Kuat tekan mortar secara umum relatife lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya, oleh karena itu untuk meninjau mutu mortar biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja dan tidak meninjau kuat tarik (Tjokrodimuljo, 1996).

Standar Deviasi adalah suatu tolak ukur untuk menyatakan variable dari suatu mutu pelaksanaan pembuatan beton, besar kecilnya standar deviasi mencerminkan ukuran mutu pelaksanaan suatu konstruksi beton (Arbi,2013). Sampai saat ini secara umum telah diakui, bahwa pada tingkat tertentu, standar deviasi akan terus bertambah besar sebanding dengan bertambahnya kuat tekan mortar hingga mendekati suatu nilai tertentu. Penentuan nilai standar deviasi didasarkan pada dua hal yaitu menentukan mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran semakin baik dan yang kedua yaitu volume pekerjaan (m³) semakin besar akan menghasilkan standar deviasi yang kecil. Standar deviasi ditentukan dari tempat pembuatan dan kondisi pembuatan. Adapun standar deviasi yang digunakan, terdapat pada persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

S = standar deviasi

$\sum$ = simbol sigma (menunjukkan penjumlahan)

xi = nilai data ke-i

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

n = jumlah data dalam sampel

Untuk menentukan mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton yaitu semakin kecil nilai standar deviasi yang digunakan maka pengendalian pelaksanaan pencampuran beton pada pelaksanaan semakin baik. Berikut adalah penetapan nilai standar deviasi.

Tabel 2.6 Standar Deviasi

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2.8
Sangat Baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa Kendali	8.4

Sumber : Buku Teknologi Beton

2.4.2 Pengujian Porositas (*Porosity*)

Porositas adalah banyaknya rongga atau pori-pori pada mortar yang tidak terisi oleh bahan padat. Pori-pori mortar tidak hanya mempengaruhi kekuatan struktural mortar, tetapi juga ketahanan terhadap air dan embun beku. Pengujian porositas mengacu pada ASTM C642-90 dengan tujuan untuk menentukan nilai porositas. h. Merupakan ukuran rongga antar bahan dan merupakan perbandingan volume rongga terhadap volume total mortar. Uji porositas ini dilakukan setelah mortar direndam dalam air biasa dan NaCl selama 0, 7, dan 28 hari(Syafpoetri, Djauhari, & Olivia, 2018). Untuk mencari porositas mortar dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Porositas = \frac{G_2 - G_1}{G_2} \times 100 \dots \dots \dots (2.4)$$

$$G_1 = \frac{A}{C - D} \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$G_2 = \frac{A}{A - D} \times 100 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimna:

A= Berat kering oven benda uji (kg)

C= Berat SSD (setelah rendam dalam air) (kg)

D= Berat benda uji dalam air (kg)

DAFTAR PUSTAKA

- Agung M, G. F., Hanafie Sy, M. R., & Mardina, P. (2013). Ekstraksi Silika Dari Abu Sekam Padi Dengan Pelarut Koh. *Konversi*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.125>
- ASTM C-188. (2003). Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM C150. (2007). Standard Specification for Portland Cement. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM C33. (2023). Designation: C33/C33M – 23 Standard Specification for Concrete Aggregates 1. <https://doi.org/10.1520/C0033>
- Bakri, . (2012). Peranan Abu Sekam Padi Untuk Mengurangi Porositas Conblock Ringan Sekam Padi. *Perennial*, 8(1), 6. <https://doi.org/10.24259/perennial.v8i1.208>
- Cordeiro, G. C., Toledo Filho, R. D., & De Moraes Rego Fairbairn, E. (2009). Use of ultrafine rice husk ash with high-carbon content as pozzolan in high performance concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 42(7), 983–992. <https://doi.org/10.1617/s11527-008-9437-z>
- Fatmawati, L., Triwardaya, Wiyana, Y. E., Pawiro, D. A., & Parhadi. (2020). Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Mortar. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Polines Vol. 3*, 3, 247–252.
- Mocrdianto, I. (1994). JENIS SEMEN dan MUTU BETON 01 « h i.
- Moinul Islam, M., Islam, M., Chandra Mondal, B., & Rafiqul Islam, M. (2010). Strength behavior of concrete using slag with cement in sea water environment. *Journal of Civil Engineering (IEB)*, 38(2), 129–140.
- 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>
- Nur'ilmi, D. A., & Arie Wardhono. (2022). PENGARUH PENGGUNAAN ABU

- SEKAM PADI (RICE HUSK ASH) DAN ABU TERBANG (FLY ASH) PADA MORTAR GEOPOLIMER DENGAN KONDISI NaOH 15 MOLAR DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN POROSITAS. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(2), 1–12.
- Pascasari, A., Wahyuni, A. S., Islam, M., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Pada Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Inersia*, 13(2), 84–88.
- Patah, D., & Dasar, A., & Nurdin, A. (2025). Sustainable concrete using seawater, and sea sand, and ultrafine palm oil fuel ash: Mechanical properties and durability. *Case Studies in Construction Materials*, 22 (November 2024).
- Patah, D., & Dasar, A., (2022). Strenght Performance Of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM). *Journal of the Civil Engineering Forum*, 9 (September).
- 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.
- Rika Widianita, D. (2023). SIFAT MEKANIS MORTAR YANG MENGGUNAKAN SERAT CARBON FIBER. *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*, VIII(I), 1–19.
- Salmonda, P. (2018). Analisa Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar, 1–30.
- SARI, R. M. (2023). Pengaruh Air Laut Pada Proses Curing Dan Treatment Terhadap Kekuatan Beton. *Teknik Sipil Universitas Lampung*, 11(3), 535–546.
- SNI 02-6820-2002. (2002). Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukandan plesteran dengan bahan dasar semen. *Badan Standararisasi Nasional*.
- SNI 03-1969. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Bandung: Badan Standardisasnisi Indonesia*, 1–17.
- SNI 03-6821-2002. (2002). Spesifikasi agregat ringan untuk batu cetak betonpasangan dindinG. *Badan Standararisasi Nasional*.
- SNI 03-6825-2002. (2002). Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil. *Standar Nasional Indonesia Metode Pengujian*

- Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, 6825.
- SNI 03-6827-2002. (2002). Pengujian Waktu Ikut Awal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil. *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 03 2847-2002. (2002). Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung. *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 15-2049-2015. (2015). Semen Portland. *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 2493-2011. (2011). Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Sni 2847-2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional*, (8), 720.
- SNI 2847 2019. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 7656:2012. (2012). Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Sumajouw, A. J., Pandaleke, R. E., & Wallah, S. E. (2018). PERBANDINGAN KUAT TEKAN MENGGUNAKAN HAMMER TEST PADA BENDA UJI PORTAL BETON BERTULANG, 6(11).
- Syafpoetri, N. A., Djauhari, Z., & Olivia, M. (2018). Karakteristik Mortar Dengan Campuran Abu Kerang Lokan Dalam Rendaman NaCl. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 14(1), 63. <https://doi.org/10.25077/jrs.14.1.63-72.2018>
- Tjokrodinuljo. (1996). *Teknologi Beton*. Nafiri.
- Wedhanto, S. (2017). 217447-Pengaruh-Air-Laut-Terhadap-Kekuatan-Teka. *Jurnal Bangunan*, 22(2), 21–30.
- 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>