

SKRIPSI

EFEK *ULTRAFINE* AMPAS TEH PASIR PANTAI DAN AIR LAUT TERHADAP KEKUATAN DAN POROSITAS MORTAR

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S1
pada Jurusan Teknik Sipil



Disusun Oleh:

MUHAMMAD EDWIN

D01 21 355

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN

EFEK *ULTRAFINE* AMPAS TEH PASIR PANTAI DAN AIR LAUT TERHADAP KEKUATAN DAN POROSITAS MORTAR

TUGAS AKHIR

Oleh

Muhammad Edwin

NIM: D0121355

(Jurusan Teknik Sipil)

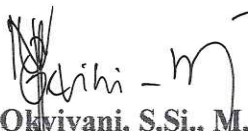
Universitas Sulawesi barat

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu
persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 18 September 2025

Mengetahui

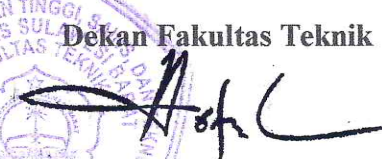
Pembimbing 1


Nur Okvivyani, S.Si., M.T.
NIP. 19901022202203 2 012

Pembimbing 2


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


Ketua Jurusan
Amalia Nurdin, S.T., M.T.
NIP. 19871212 201903 2 017


Dekan Fakultas Teknik
Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.
NIP. 19640405 199003 2 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Majene, 18 September 2025



Muhammad Edwin

ABSTRAK
EFEK *ULTRAFINE* AMPAS TEH PASIR PANTAI DAN AIR LAUT
TERHADAP KEKUATAN DAN POROSITAS MORTAR

MUHAMMAD EDWIN

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

Beton merupakan material konstruksi utama yang memiliki keunggulan pada aspek kekuatan, ketahanan, dan fleksibilitas. Namun, meningkatnya kebutuhan beton menuntut inovasi pemanfaatan limbah agar lebih ramah lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi adalah ampas teh, karena kandungan SiO_2 -nya dapat berperan sebagai material pozzolan pengganti sebagian semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan *ultrafine* ampas teh, pasir pantai, dan air laut terhadap kekuatan dan porositas mortar. Ampas teh dihaluskan menggunakan alat *grinding* hingga lolos saringan 300 mesh, kemudian digunakan sebanyak 5% dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *ultrafine* ampas teh (A-FS-S) meningkatkan kuat tekan dibandingkan campuran normal (N-FS-S), terutama pada umur awal, yaitu peningkatan 16,84% pada umur 7 hari, 13,91% pada 28 hari, dan 9,63% pada 91 hari. Selain itu, porositas mortar A-FS-S mengalami penurunan sebesar 4,41% dari umur 28 ke 91 hari, menunjukkan peningkatan kepadatan struktur. Pengujian sorptivity dan resistivitas juga memperlihatkan perbaikan permeabilitas, meskipun nilai resistivitas masih berada pada kategori risiko korosi tinggi. Secara keseluruhan, penggunaan *ultrafine* ampas teh dapat meningkatkan kualitas mortar, khususnya pada aspek kuat tekan dan porositas.

Kata Kunci: beton, ampas teh, mortar, kuat tekan, porositas

ABSTRACT
**THE EFFECT OF ULTRAFINE TEA WASTE, BEACH SAND AND
SEAWATER ON THE STRENGTH AND POROSITY OF MORTAR**

MUHAMMAD EDWIN

Civil Engineering, Faculty of Engineering, West Sulawesi University (2025)

Concrete is a widely used construction material known for its strength, durability, and flexibility. However, the growing demand for concrete requires innovations toward more sustainable practices. Tea waste is a promising material due to its SiO₂ content, which can act as a pozzolanic substitute for cement. This study investigates the effect of ultrafine tea waste, beach sand, and seawater on the strength and porosity of mortar. Tea waste was ground until it passed through a 300-mesh sieve and used as 5% replacement of cement weight. The results showed that ultrafine tea waste (A-FS-S) improved compressive strength compared to the normal mix (N-FS-S), particularly at early ages, with increases of 16.84% at 7 days, 13.91% at 28 days, and 9.63% at 91 days. Moreover, porosity of A-FS-S decreased by 4.41% from 28 to 91 days, indicating a denser structure. Sorptivity and resistivity tests also suggested better permeability control, although resistivity values still indicated a high risk of reinforcement corrosion. Overall, the addition of ultrafine tea waste enhanced mortar performance, especially in terms of compressive strength and porosity.

Keywords: *concrete, tea waste, mortar, compressive strength, porosity*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah material konstruksi yang sangat populer karena keunggulannya dalam hal kekuatan, ketahanan, dan fleksibilitas. Beton terbuat dari campuran semen, agregat (pasir, kerikil) dan air, yang melalui proses hidrasi membentuk struktur padat dan keras serta memiliki kemampuan menahan tekanan tinggi, menjadikannya bahan utama untuk berbagai jenis konstruksi. Keunggulan utama beton meliputi daya tahan terhadap cuaca ekstrem, api, dan kelembapan, sehingga umur pakainya sangat panjang dengan perawatan yang minim. Selain itu, beton relatif murah dibandingkan bahan lain seperti baja atau kayu dan mudah dibentuk sesuai kebutuhan desain arsitektur. Seiring meningkatnya kebutuhan beton, muncul tantangan untuk menciptakan beton yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan dari limbah.

Penelitian terdahulu yang telah menggunakan limbah dalam pencampuran beton antara lain penelitian bahan limbah abu sekam padi telah diteliti oleh Patah & Dasar, (2022), Cangkang kelapa sawit atau *Oil Palm Shell* (OPS) telah diteliti oleh Patah, dkk, (2024). Abu terbang (*Fly Ash*) telah diteliti oleh Patah, dkk, (2023). Abu terbang (*Fly Ash*) telah diteliti oleh Patah, dkk, (2020). Abu cangkang sawit, abu sekam padi, dan abu serat padi telah diteliti oleh Dasar, dkk, (2023). Abu cangkang sawit telah diteliti oleh Dasar, dkk, (2024). Abu terbang (*Fly Ash*) telah diteliti oleh Patah, dkk, (2021). Batu gamping telah diteliti oleh Patah, dkk, (2022). Abu cangkang sawit telah diteliti oleh Dasar & Patah, (2024). Abu cangkang sawit, abu sekam padi, dan abu serat sago telah diteliti oleh Ridhayani, dkk, (2023).

Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa limbah tersebut dapat dimanfaatkan pada pencampuran beton karena mengandung SiO_2 sehingga dapat menjadi bahan ganti pengganti semen. Salah satu limbah yang juga memiliki kandungan SiO_2 yaitu limbah teh atau ampas teh. Selama ini ampas teh hanya digunakan sebagai media tanam. Penieliti tertarik menggunakan

mapas teh karena diketahui ampas teh banyak mengandung SiO_2 yang karakteristiknya sama dengan limbah-limbah lain dari penelitian sebelumnya.

Proses pembuatan beton bukan hanya pada ketersediaan semen tapi air dan agregat halus juga yang merupakan bahan utama. Penggunaan air tawar pada daerah pesisir khususnya pada daerah Kab. Majene merupakan hal yang tidak disarankan karena berdampak pada ketersediaan air tawar yang dapat dijadikan pada kebutuhan lain contohnya air minum. Memanfaatkan ketersediaan air laut pada daerah pesisir terutama pada pembuatan mortar telah diteliti oleh Rahmat,dkk, (2019).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dicoba dilakukan eksperimen untuk memanfaatkan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan tambah bahan ganti yang telah dihaluskan dengan alat grinding sebanyak dua kali dan lolos saringan 300 atau bisa disebut *ultrafine* yang memiliki butiran sama dengan semen. Air laut, pasir pantai dan semen pada pembuatan beton dengan judul **“Efek *ultrafine* ampas teh pasir pantai dan air laut terhadap kekuatan dan porositas mortar”**. Yang diharapkan dapat dapat menghasilkan mortar dengan kualitas yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memanfaatkan bahan utama seperti agregat halus pasir pantai, semen, air laut serta *ultrafine* ampas teh dalam pembuatan beton mortar dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen sebesar 5%, 7.5%, 10% terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 28, dan 91 hari?
- b. Bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian porositas terhadap mortar?
- c. Bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian *Sorptivity*?
- d. Bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian *Electrical Resistivity*?

- e. Bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT)?
- f. Bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian *Half-cell potential* (HCP)?
- g. Bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian Kedalaman Ion Klorida?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada maka diperoleh tujuan penelitian berikut:

- a. Untuk mengetahui pengaruh pada penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen sebesar 5%, 7.5%, 10% terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 28 dan 91 hari
- b. Untuk mengetahui penggunaan *ultrafine* ampas teh sebesar sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian porositas mortar pada umur 7, 56 dan 91 hari
- c. Untuk mengetahui bagaimana penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen 5%, 7.5%, 10% pada hasil pengujian *Sorptivity*
- d. Untuk mengetahui pengaruh pada penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen sebesar 5%, 7.5%, 10% pada pengujian *Electrical Resistivity* pada umur 28 dan 91 hari
- e. Untuk mengetahui pengaruh pada penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen sebesar 5%, 7.5%, 10% pada pengujian *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) pada umur 28 dan 91 hari
- f. Untuk mengetahui pengaruh pada penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai bahan pengganti semen sebesar 5%, 7.5%, 10% pada pengujian *Half-cell potential* (HCP)
- g. Untuk mengetahui pengaruh pada penggunaan *ultrafine* ampas teh sebagai

bahan pengganti semen sebesar 5%, 7.5%, 10% pada pengujian Kedalaman Ion Klorida pada umur 28 hari

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas beton dari penggunaan bahan ampas teh, pasir pantai dan air laut yang lebih efisien dan ramah lingkungan dari penggunaan bahan-bahan limbah dan jarang digunakan.

1.5 Batasan Masalah

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

- a. Penelitian ini dilakukan di labolatorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
- b. Semen yang digunakan adalah semen Portland komposit (PCC) tipe I.
- c. Bahan tambah yang digunakan adalah *ultrafine* ampas teh yang telah dihaluskan sebanyak dua kali dengan alat *grinding machine* dan lolos saringan 100 yang berasal dari warung dan penjual minuman es teh disekitaran Kota Majene Kab. Majene Provinsi Sulawesi Barat.
- d. Agregat halus yang digunakan adalah pasir pantai yang berasal dari Desa pesuloang, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat.
- e. Pencampuran air menggunakan air laut yang berasal dari Pangali-ali, Kecamatan Bnggae, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat.
- f. Aregat halus yang digunakan telah dicuci untuk memastikan kandungan kadar lumpur tidak terlalu tinggi.
- g. Benda uji cetakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk kuat tekan, porositas, sorptivity, *Electrical Resistivity* berdasarkan ASTM C109/C109M-21.
- h. Benda uji cetakan silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 5 cm untuk pengujian ion klorida berdasarkan ASTM C1202-19.

- i. Benda uji cetakan silinder *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm berdasarkan ASTM C597.
- j. Benda uji cetakan *Half-cell potential* (HCP) berdiameter 5 cm dan tinggi 10 cm berdasarkan ASTM C876-22b.
- k. Dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7, 28, 91 hari.
- l. Dilakukan pengujian porositas pada umur 28 hari.
- m. Dilakukan pengujian sorptivity pada umur 28 dan 91 hari.
- n. Dilakukan pengujian *Electrical Resistivity* pada umur 28 dan 91 hari.
- o. Dilakukan pengujian *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) pada umur 28 dan 91 hari.
- p. Dilakukan pengujian *Half-cell potential* (HCP).
- q. Dilakukan pengujian Kedalaman Ion Klorida pada umur 56 hari.

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:

1. “Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit – Daun Teh Sebagai Material Paving Block” Hidayat, (2019)

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit - Daun Teh (ACKSDT) sebagai material substitusi semen pada paving block berdimensi 10cm x 20cm x 7cm dengan variasi substitusi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 60%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase maksimum substitusi ACKSDT terhadap semen berdasarkan nilai kuat tekan adalah sebesar 40%. Substitusi sebanyak 10% mampu meningkatkan nilai kuat tekan dibandingkan dengan paving block normal, namun menurun pada substitusi 20%-60%. Selain itu, penggunaan ACKSDT dapat mengurangi emisi gas CO₂ sebesar 0,003ton hingga 0,010ton dalam produksi 1m² paving block serta menurunkan biaya produksi hingga 28% dibandingkan paving block normal.

2. “Pemanfaatan Air Laut Pada Beton Ditinjau Terhadap Nilai Kuat Tekan” Agus, (2022)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan air laut terhadap nilai kuat tekan pada beton. Uji kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 3, 7, dan 28 hari, menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan air laut pada umur 3

hari rata-rata mencapai 92,20 kg/cm² (9,22 MPa) dan untuk umur 7 hari rata-rata mencapai 136,70 kg/cm² (13,67 MPa) sedangkan untuk umur 28 hari rata-rata mencapai 193,40 kg/cm² (19,34 MPa), sedangkan pengujian beton menggunakan air tawar pada umur 28 hari rata-rata mencapai 202,70 kg/cm² (20,27 MPa), pengujian beton biasa maupun beton menggunakan air laut pada umur 3, 7 dan 28 hari rata-rata mengalami peningkatan nilai kuat tekannya, selisih nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari adalah sebesar 4,58%.

3. “Sifat mekanis beton dengan campuran pasir pantai dan air laut” Atmaja & Irwansyah, (2019)

Penelitian menggunakan acuan control beton normal sebesar 24 Mpa dan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Pasir Sungai Desa Sei Balai dan Pasir Pantai Desa Indrayaman. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder, dengan uji kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan masing-masing umur diambil 3 buah sampel benda uji. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa pasir sungai Desa sei Balai dan Pasir Pantai Desa Indrayaman memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang tinggi melebihi kuat tekan acuan control yang direncanakan yaitu sebesar 24 Mpa pada umur 28 hari, dalam hal ini nilai kuat tekan yang dominan tinggi dalam 2 jenis agregat halus ini yaitu nilai kuat tekan yang terjadi pada pasir pantai Desa Indrayaman yaitu sebesar 25,53 Mpa.

4. “Tinjauan Nilai Kuat Beton Menggunakan Air Laut” (Hartini, & Wahyuni, (2023)

Penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan yang dihasilkan akibat penggunaan air laut dalam campuran beton. Benda uji silinder dengan dimensi 15x30 cm di uji setelah perawatan umur 3, 7 dan 28 hari yang menggunakan campuran air laut dan dirawat air laut berjumlah 15 benda uji dan beton dengan campuran air laut dirawat air tawar berjumlah 15 benda uji. Hasil uji kuat tekan beton dengan perawatan air laut pada umur 3 hari

sebesar 9, 23 MPa, 7 hari sebesar 13, 04 MPa dan 28 hari sebesar 20, 03 MPa. Sedangkan beton perawatan air tawar memiliki nilai kuat tekan pada umur 3 hari sebesar 7, 56 MPa, 7 hari sebesar 12, 12 MPa dan 28 hari sebesar 19, 33 MPa. Hasil uji mekanik kuat tekan umur 28 hari disimpulkan bahwa beton yang dicampur dan dirawat air laut mengalami peningkatan 3.58% nilai kuat tekannya dibandingkan beton air laut dengan perawatan air tawar.

5. “Efek Abu Cangkang Sawit dan Pasir Pantai Pada Pembuatan Beton” Alexander, (2024)

Penelitian ini menggunakan variasi pengganti Abu Cangkang Sawit sebesar 0%,10%,20% dan 30%. Dimana mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 15,81 Mpa pada umur 28 hari dan 18,16 Mpa pada umur 91 hari. Yang dimana memiliki nilai daya serap air sebesar 11,10% pada umur 28 hari dan 6,73% pada umur 91 hari dan memiliki nilai porositas sebesar 19,42% pada umur 28 hari dan 14,92% pada umur 91 hari. Dimana Potensi korosi beton dibuat yang menggunakan 0%, 10%, 20% dan 30% Penggantian Agregat halus oleh pasir pantai masuk dalam kategori rendah korosi (10% resiko korosi).

2.2 Beton Mortar

Mortar adalah campuran yang terdiri dari semen, agregat halus (seperti pasir), dan air, yang digunakan dalam konstruksi untuk mengikat berbagai bahan bangunan seperti batu bata, blok beton, dan ubin.

Mortar merupakan bahan bangunan, dapat diukur sifat-sifatnya, seperti kuat tekan, kuat tarik, berat jenis, daya serap air, kuat rekat dengan bata merah, susutan, dan sebagainya. (Tjokrodinuljo, K.2012).

2.2.1 Defensi Beton Mortar

Mortar sering disebut juga sebagai spesi atau mortel. Menurut (SNI 03-4817-1998), mortar adalah campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, dan air. Semen berfungsi sebagai bahan pengikat yang memberikan kekuatan pada mortar, sehingga sangat penting dalam proses konstruksi. Mortar memiliki sifat adhesif yang memungkinkan

untuk mengikat material bangunan seperti batu bata atau blok beton. Agregat halus (pasir) merupakan butir-butir partikel yang diikat oleh pasta semen dalam mortar harus dapat terlapisi dengan sempurna agar mempunyai kohesi dan adhesi. Susunan gradasi yang seragam akan membuat banyaknya rongga udara dalam mortar sehingga dibutuhkan semen yang lebih banyak daripada gradasi yang tidak seragam. Hal ini berpengaruh pada kepadatan mortar dan daya lekat yang berkurang. Gradasi pasir yang baik (well graded sand) berisi butir-butir pasir yang bervariasi ukurannya, karena dapat mengurangi rongga udara, dan kebutuhan semen dan air. Sedikit campuran semen dan air akan mengurangi susut, dan susut yang kecil cenderung untuk mengurangi retak pada mortar.

2.2.2 Spesifikasi Beton Mortar

Dalam SNI 03-6882-2002 dan ASTM C 270, mortar diklasifikasikan menjadi 4 tipe berdasarkan proporsi bahan (proportion specifications) dan sifat mortar (property specifications), yaitu: M, S, N, dan O, yang masing-masing tipe terdiri atas agregat halus (pasir), air, dan semen. Spesifikasi mortar menurut proporsi bahan didasarkan pada volume pencampuran dari material penyusunnya harus memenuhi persyaratan proporsi mortar yang dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Persyaratan Proporsi

Mortar	Type	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)				Rasio Agregat (Pengukuran kondisi lembab dan gembur)
		Semen Portland	Semen Pasangan			
			M	S	N	
Semen Pasangan	M	1	1	1	1	2,25-3 kali jumlah volume bersifat semen
	M	...				
	S	...				
	S	1/2				
	N	...				
	O	...			1	

(Sumber: SNI 03-6882-2002)

2.2.3 Jenis – jenis Mortar

Menurut Tjokrodinuljo, K (2012) mortar dibagi berdasarkan jenis bahan ikatan menjadi empat jenis, yaitu:

a. Mortar Lumpur

Mortar lumpur dibuat dari campuran air, tanah liat/ lumpur, dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan-bahan tersebut harus tepat untuk memperoleh adukan kelecakan baik dan mendapatkan mortar yang baik pula. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan. Terlalu banyak pasir menyebabkan adukan kurang dapat melekat dengan baik.

b. Mortar Kapur

Mortar kapur dibuat dari beberapa campuran yaitu pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Pada saat proses pelekatan, kapur mengalami susutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan menjadi tiga kali volume kapur. Mortar kapur dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata, atau perekat antar batu pada pasangan batu.

c. Mortar Semen

Mortar semen dibuat dari campuran air, semen Portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingannya antara volume semen dan volume agregat halus berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 8. Mortar ini lebih besar dari mortar lumpur dan mortar kapur, oleh karena itu biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom, atau bangunan lain yang menahan beban.

d. Mortar Khusus

Mortar khusus ini dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar 1 dan 3 diatas dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan asbestos fibres, jute fibres (serat alam), butir-butir kayu, serbuk gergaji kayu, serbuk kaca dan lainnya. Mortar khusus dipakai dengan tujuan dan maksud tertentu. Mortar khusus biasanya digunakan untuk tungku api dan lain-lain.

2.2.4 Tipe Mortar

Tipe – tipe mortar adalah sebagai berikut:

- a. Mortar tipe M adalah mortar yang mempunyai kekuatan 17,2 MPa menurut Tabel II.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
- b. Mortar tipe S adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa menurut Tabel II.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
- c. Mortar tipe N adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa menurut Tabel II.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
- d. Mortar tipe O adalah mortar yang mempunyai kekuatan 2,4 MPa menurut Tabel II.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

Keterangan Semen Pasangan:

- a. Semen Pasangan tipe N adalah semen pasangan yang digunakan dalam pembuatan mortar tipe N menurut Tabel II.1 tanpa penambahan lagi semen atau kapur padam, dan dapat digunakan untuk pembuatan mortar tipe S atau tipe M bila semen portland ditambahkan dengan komposisi menurut Tabel 2.1
- b. Semen pasangan tipe S adalah semen pasangan yang digunakan dalam pembuatan mortar tipe S tanpa penambahan lagi semen atau kapur padam.
- c. Semen pasangan tipe M adalah semen pasangan yang digunakan dalam pembuatan mortar tipe M tanpa penambahan lagi semen atau kapur padam.

2.2.5 Sifat - sifat Beton Mortar

Sedangkan persyaratan spesifikasi sifat mortar dapat dilihat pada table 2.2, yaitu:

Tabel 2.2 Persyaratan Spesifikasi Sifat

Mortar	Tipe	Kekuatan rata-rata 28 hari Min. (Mpa)	Retensi air Min (%)	Kadar Udara Maks (%)	Rasio Agregat (Pengukuran kondisi lembab dan gembur)
Semen Pasangan	M	17,2	75	 b)	2,25-3,5 kali jumlah volume bersifat semen
	S	12,4	75	 b)	
	N	5,2	75	 b)	
	O	2,4	75	 b)	

(Sumber: SNI 03-6882-2002)

Keterangan:

- Hanya untuk mortar yang dipersiapkan di laboratorium.
- Bila terdapat tulangan struktur dalam mortar semen pasangan maka kadar udara maksimum harus 18%.

Spesifikasi sifat mortar harus memenuhi ketentuan persyaratan bahan dan pengujian terhadap mortar yang telah disiapkan di laboratorium, dimana bahan tersebut terdiri dari suatu campuran bahan pengikat bersifat semen, agregat dan air yang telah memenuhi persyaratan mortar sesuai metode pengujian yang telah dikeluarkan oleh SNI 03-6882-2002.

- Proporsi campuran yang disiapkan di laboratorium dan memenuhi ketentuan spesifikasi, tidak boleh diubah, bahan- bahan yang sifat fisiknya berbeda tidak boleh dipakai tanpa melakukan pengujian ulang dan memenuhi persyaratan sifat – sifat mortar.
- Sifat – sifat mortar yang diisyaratkan dalam tabel 2.2 adalah untuk mortar yang disiapkan di laboratorium dengan jumlah penyampur yang memberikan kelecakan (Flow) (110 ± 5) . Jumlah air ini tidak cukup untuk menghasilkan mortar dengan kelecakan yang sesuai untuk pekerjaan pasangan di lapangan. Mortar yang akan digunakan di lapangan harus di campur lagi dengan maksimum jumlah air yang sesuai dengan kemudahan pengerjaannya, sehingga cukup untuk

memenuhi persyaratan awal dari bahan/komponen konstruksi pasangan.

- c. Sifat – sifat mortar yang disiapkan dilaboratorium dengan $(110 \pm 5) \%$ sebagaimana diisyaratkan dalam spesifikasi ini dimaksudkan untuk memperkirakan besarnya kelecakan dan sifat – sifat dari mortar yang disiapkan untuk pekerjaan dilapangan setelah digunakan agar supaya penyerapan air dari komponen konstruksi pasangan terpenuhi.
- d. Sifat – sifat mortar yang disiapkan dilapangan dengan jumlah air lebih banyak, sebelum digunakan pada pekerjaan konstruksi pasangan, akan berbeda dengan persyaratan sifat-sifat seperti dalam tabel 2.2. Dengan demikian persyaratan dalam tabel 2.2 tidak bisa dipakai sebagai persyaratan untuk pengawasan mutu mortar dilapangan.

2.3 Material Penyusun Mortar

2.3.1 Semen Portland

Semen adalah bahan hidrolis yang bertindak sebagai pengikat agregat. Jika semen bercampur dengan air akan berubah menjadi pasta disebut hidrolis. Semen yang sering digunakan pada struktur-struktur gedung dan jembatan yaitu Semen Portland, yang ditemukan oleh JOSEPH ASPDIN pada tahun 1824.

- a. Tipe – tipe semen Menurut ASTM, semen dapat diklasifikasikan atas lima tipe, yaitu:

1) Semen Tipe I

Semen tipe I dapat digunakan secara umum tanpa persyaratan khusus, yang biasanya digunakan untuk pembuatan beton pada konstruksi beton yang tidak dipengaruhi oleh sifat-sifat lingkungan yang mengandung bahan-bahan sulfat dan perbedaan temperatur yang ekstrim. Semen tipe ini umumnya digunakan untuk konstruksi jalan, bangunan gedung, jembatan, tangki dan waduk.

2) Semen Tipe II

Semen tipe II digunakan pada lingkungan sulfat sedang, untuk mencegah serangan sulfat dari lingkungan, seperti pada sistem drainase dengan kadar konsentrasi yang tinggi dalam tanah.

3) Semen Tipe III

Semen tipe III digunakan untuk mencapai perkerasan dengan waktu yang cepat (high early strength portland cement). Pada umumnya, waktu kekuatannya kurang dari seminggu. Semua tipe ini digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekistingnya (cetakan beton) harus cepat dibuat dan akan segera dipakai.

4) Semen Tipe IV

Semen ini adalah semen dengan panas hidrasi yang rendah, digunakan pada struktur-struktur dam dan bangunan-bangunan masif. Faktor penentu bagi kebutuhan beton yaitu panas yang terjadi saat hidrasi.

5) Semen Tipe V

Semen tipe V digunakan pada lingkungan sulfat yang tinggi (untuk penangkal sulfat), terutama pada tanah atau air tanah dengan kadar sulfat tinggi.

6) Semen putih

Semen ini digunakan untuk pekerja-pekerja arsitektur serta keindahan dari struktur tersebut.

b. Pemeriksaan Berat Jenis

Pemeriksaan berat jenis semen dilakukan sesuai dengan standar ASTM C-188, yang menetapkan bahwa berat jenis semen yang memenuhi syarat adalah 3,15, sementara kemurnian semen harus berada dalam rentang 3,0 hingga 3,2. Namun, hasil produksi menunjukkan bahwa berat jenis semen berkisar antara 3,05 hingga 3,25. Variasi ini dapat memengaruhi proporsi campuran semen dalam

adukan, dan jika hasil percobaan tidak sesuai dengan ketentuan tersebut, kemungkinan besar proses pembakaran tidak akan berlangsung dengan sempurna. Pengujian berat jenis semen dapat dilakukan menggunakan Le Chatelier flask sesuai dengan prosedur yang ditetapkan dalam ASTM C-188 dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Isi botol Le Chatelier dengan minyak tanah dengan skala botol antara angka 0 – 1.
- 2) Masukkan botol ke Le Chatelier yang berisi minyak tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan memasukkan pula termometer sebagai pengukur suhu.
- 3) Tambahkan es batu kedalam wadah tersebut hingga air mencapai suhu 4°C.
- 4) Pada saat suhu air dengan suhu cairan dalam botol Le Chatelier 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 memasukkan semen *portland* sedikit demi sedikit ke dalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca dengan menjaga agar
- 7) semen tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol Le Chatelier.
- 8) Masukkan kembali botol Le Chatelier yang berisi minyak tanah dan semen kedalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4°C.
- 9) Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le Chatelier, skala pada botol dibaca sebagai nilai (V2).

10) Untuk mencari nilai berat jenis semen, digunakan persamaan sebagai berikut.

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

Dimana:

W = Berat benda uji semen portland

V1 = Berat benda uji semen portland

V2 = Berat benda uji semen portland

γ_{air} = berat isis air pada suhu 4

2.3.2 Agregat Halus (pasir)

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran adukan atau beton. Agregat sebagai bahan untuk pembuatan unsur bangunan beton merupakan bahan utama terbesar pemakaiannya. Bahan ini didalam unsur bangunan berjumlah kurang lebih 70%, sehingga bahan ini sangat penting peranannya.

Tjokrodinuljo (2007) mengatakan agregat halus merupakan batuan yang memiliki ukuran butir antara 0,15 mm sampai 5 mm. Agregat halus bisa didapat dari dalam tanah, tepi laut atau dasar sungai. Dengan demikian pasir digolongkan menjadi 3 macam, yaitu: Pasir sungai, pasir galian, dan pasir laut.

Unsur yang merusak agregat halus yang terdapat didalamnya dibatasi sebagai berikut:

- a. Partikel yang mudah pecah maksimum 1,0%
- b. Tidak mengandung zat organik
- c. Partikel ringan yang terapung pada cairan dengan berat jenis 2,0 maksimum 0,5%
- d. Kadar lumpur maksimum 5% 5. Batas dari kotoran. (SNI 03-6820-2002).

Untuk memperoleh agregat halus yang optimal perlu adanya pengujian karakteristik agregat halus, berikut beberapa pengujian agregat halus:

1) Analisa saringan

Berdasarkan SK SNI M-08-1989-F dan SNI 03-1968 1990. Prosedur pelaksanaan pengujian gradasi butiran agregat halus (pasir) sebagai berikut.

- a) Keringkan pasir yang akan diperiksa dengan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap kemudian diambil sampel sebanyak 1.000 gram.
- b) Timbang masing – masing saringan dalam keadaan kosong dan bersih.
- c) Susun saringan secara urut yaitu saringan dengan nomor 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100 dan pan.
- d) Tuangkan pasir kedalam saringan paling atas. Penyaringan dilakukan dengan menggoyangkan saringan selama 30 menit bila secara manual dan 10 menit bila menggunakan mesin goyang.
- e) Diamkan kurang lebih selama 5 menit setelah proses penggoyangan selesai, maksudnya membiarkan kesempatan pada debu/pasir sangat halus mengendap.
- f) Butiran yang tertahan pada masing- masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir pasirnya.
- g) Catat hasil percobaan saringan dan buat dalam daftar bentuk table.
- h) Lakukanlah 2 kali percobaan dengan kehilangan berat max. 1% dari berat semula.

Persamaan Analisa perhitungan untuk pengujian gradasi butiran ialah sebagai berikut.

$$\text{Persen berat tertahan} = \frac{\text{berat tertahan per nomot saringan}}{\text{Jumlah berat total (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan kumulatif}(\%)+300}{\text{Jumlah berat tertahan}(\%)} \dots\dots\dots (2.3)$$

2) Berat jenis dan penyerapan air

Berdasarkan SK SNI 03-1970-1990 prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (pasir) sebagai berikut.

- a) Menimbang pasir seberat 1.200 gram.
- b) Keringkan pasir dalam tungku dengan suhu sekitar $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- c) Merenendam pasir dalam air selama 24 jam.
- d) Setelah direndam, buang air perendam dengan hati- hati agar butiran pasir tidak ikut terbang. Keringkan pasir hingga mencapai keadaan kering permukaan (SSD). Untuk mengetahui kondisi SSD tercapai, ambil kerucut kuningan tempatkan ditempat yang rata kemudian masukkan sampel $\frac{1}{3}$ bagian, gunakan penumbuk untuk memadatkan tumbuk 8 kali dan lapisan ketiga 7 kali.
- e) Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram, ambil 2 sampel.
- f) Menimbang piknometer dalam keadaan kosong (K).
- g) Mengisi piknometer kosong dengan air sampai penuh kemudian timbang (B).
- h) Masukkan pasir kondisi SSD sebanyak 500 gr tadi kedalam piknometer, lalu tambahkan aquades sampai 90% penuh, kocok selama ± 5 menit dengan di kocok untuk mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap diantara butir- butir pasir. Pengeluaran gelembung udara dapat juga dilakukan dengan memanasi piknometre atau diamkan selama 24 jam untuk mengeluarkan gelembung udara didalamnya.
- i) Setelah gelembung udara keluar, tambakan air pada

mikrometer sampai tanda batas penuh 100% agar gelembung udara terbang, lalu timbang piknomter berisi air dan aquades dengan ketelitian 1 gr (Bt).

- j) Timbang talang kosong.
- k) Tuangkan pasir dari piknometer kedalam talang (wadah) tersebut lalu oven selama 24 jam sampai beratnya tetap.
- l) Keluarkan sampel dari oven dinginkan lalu timbang untuk mendapatkan berat kering (Bk).

Persamaan Analisa perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir) sebagai berikut:

$$\text{Apparent specific gravity} = \frac{Bk}{Bk+B-Bt} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Bulk specific gravity on dry basic} = \frac{Bk}{SSD+B-Bt} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Bulk specific gravity SSD basic} = \frac{SSD}{SSD+B-Bt} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Absorption} = \frac{SSD-Bk}{SSD+B-Bt} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

$$BJ \text{ SSD rata - rata} = \frac{BJ1+BJ2}{2} \dots\dots\dots(2.8)$$

3) Berat isi volume

Berdasarkan SK SNI M-10-1989-F, pemeriksaan berat isi agregat halus (pasir) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Kondisi Lepas:

- a) Ukur volume kontainer (V).
- b) Timbang container dalam keadaan kosong (W1).

- c) Isi container dengan pasir sampai penuh.
- d) Ratakan permukaan container dengan alat Perata.
- e) Timbang berat container + pasir (W2).

Kondisi Padat:

- a) Ukur volume container
- b) Timbang berat container dalam keadaan kosong (W1).
- c) Masukkan pasir kedalam container $\pm 1/3$ bagian.
- d) Ulangi prosedur (3) untuk lapis ke 2.
- e) Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas container lalu tusuk kembali sebanyak 25 kali.

Persamaan Analisa perhitungan untuk pengujian berat isi/volume adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat volume} = \frac{W1-W2}{V} \dots\dots\dots(2.9)$$

4) Kada lumpur

Berdasarkan: SK SNI S-04-1989-F dan SNI 03-2816- 1992 Pemeriksaan kandungan lumpur. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan pengujian kandungan lumpur agregat halus (pasir) sebagai berikut:

- a) Oven pasir sebanyak 1500 gr selama 24 jam lalu ambil pasir kering tungku seberat 500 gram (W1).
- b) Setelah ditimbang cuci pasir dengan cara masukkan kedalam saringan No. 200 dan diberi air pencuci secukupnya, sehingga benda uji terendam, lalu guncang- guncangkan saringan tadi selama ± 5 menit.
- c) Ulangi langkah kedua (2) hingga air pencuci tampak jernih / tidak keruh.
- d) Masukkan butir pasir yang tersisa di ayakan No 200 ke dalam talang dan keringkan kembali dalam oven selama 24 jam

dengan suhu 100°C.

- e) Timbangan pasir kering tungku kembali (W2).
- f) Selisih berat semula dengan berat setelah dicuci adalah bagian yang hilang (kandungan lumpur atau butiran < 50 micron).
- g) Percobaan dilakukan 2 kali, kemudian dihitung hasil rata-ratanya.

analisa perhitungan untuk pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir), sebagai berikut:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots \dots \dots (2.10)$$

Prosedur pengujian kadar air agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut:

- a) Timbang talang kosong yang digunakan
- b) Pasir ditimbang untuk memperoleh berat basah (kondisi lapangan/C).
- c) Setelah itu dioven selama 24 jam dengan suhu 100°C.
- d) Setelah $\pm$ 24 jam, dinginkan lalu timbang kembali untuk mendapatkan berat kering (D).
- e) Persamaan analisa perhitungan kadar air agregat halus (pasir), sebagai berikut.

$$\text{Kadar air} = \frac{C - D}{C} \times 100 \dots \dots \dots (2.11)$$

2.3.3 Air Laut

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

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

2.3.4 *Ultrafine* Ampas Teh

Ampas teh merupakan sisa hasil seduhan minuman teh yang tidak digunakan lagi dan menjadi limbah. Penggunaan ampas teh sebagai bahan tambah campuran beton mortar cocok dilakukan dikarenakan terdapat kandungan silika (SiO_2) pada ampas teh yang juga merupakan kandungan yang terdapat pada semen dan diharapkan nantinya menghasilkan kuat tekan beton yang optimal dibanding dengan kuat tekan beton normal. Terdapat kandungan lainnya pada ampas teh seperti selulosa (37%), hemiselulosa dan lignin (14%), dan polifenol (25%), Aulia Mashyta Arifin (2019) selulosa merupakan senyawa organik yang memiliki ikatan hydrogen yang mudah berinteraksi dengan air. Selain mengurangi limbah dan menjadi bahan tambah, campuran beton ampas teh juga berkontribusi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca hal ini dikarenakan produksi setiap 1 ton semen mengakibatkan terjadinya pelepasan karbon dioksida (CO_2) sebesar 1ton ke atmosfer, Rino Hidayat (2019). Ampas teh yang digunakan adalah sisa-sisa dari penjual minuman es teh disekitaran warung makan Daerah Majene. Untuk lebih optimal dalam pencampuran/mix beton, sebelumnya ampas teh perlu dikeringkan terlebih dahulu dan digrinding sebanyak dua kali dan lolos saringan 100 agar muda tercampur dengan bahan lainnya.

2.3.5 Pengujian Beton Mortar

a. Kuat Tekan

Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan mortar dengan varian berbeda, perhitungan kuat tekan mortar menggunakan rumus:

$$f'm = P/A \dots\dots\dots(2.12)$$

keterangan:

$f'm$ = kuat tekan mortar, dalam MPa

P = Beban maksimum total, dalam N

A = luas dari permukaan yang dibebani, dalam mm²

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

1) Faktor air semen (f a s)

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran mortar atau beton. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai f.a.s., semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai f.a.s. yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai f.a.s. yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai f.a.s. minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2004). Faktor air semen yang digunakan pada campuran mortar menurut standar ASTM C 109M adalah 0,485.

2) Jumlah Semen

Pada mortar dengan f.a.s sama, mortar dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada

mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Kandungan pori inilah yang mengurangi kekuatan mortar. Jumlah semen dalam mortar mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

3) Umur Mortar

Kekuatan mortar akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur dimana pada umur 28 hari mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan.

4) Sifat Agregat

Sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan ialah bentuk, kekasaran permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap interlocking antar agregat.

b. Porositas beton

Porositas adalah perbandingan volume void (pori) terhadap volume total beton dengan adanya tingkatan yang menggambarkan kepadatan konstruksi beton. Porositas berhubungan erat dengan permeabilitas beton. Porositas merupakan prosentase pori-pori atau ruang kosong dalam beton terhadap volume benda (volume total beton). Ruang pori pada beton umumnya terjadi akibat kesalahan dalam pelaksanaan dan pengecoran seperti faktor air semen yang berpengaruh pada lekatan antara pasta semen dengan agregat, besar kecilnya nilai slump, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun lamanya pemadatan. Semakin padat suatu beton semakin tinggi kuat tekannya.

Menurut SNI 03-6882-2002 tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai prosentase pori – pori beton terhadap volume beton. Berikut rumus perhitungan porositas mortar:

$$\text{Bulk density } g1 = \frac{A}{C-D} \times 100 \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\text{Apparance density } g2 = \frac{A}{A-D} \times 100 \dots \dots \dots 2.14)$$

$$Porositas = \frac{g_2 - g_1}{g_2} \times 100 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

A = Berat kering

C = Berat SSD

D = Berat dalam air

g1 = Bulk density

g2 = Apparance density

c. *Sorptivity*

Pengujian sorptivity dilakukan untuk mengetahui tingkat durabilitas mortar terhadap penetrasi air secara kapiler. ASTM C1585 (ASTM C1585-20, 2020) diadopsi sebagai acuan dalam pengujian ini untuk mortar dengan menggunakan kubus dengan ukuran 50×50×50 mm dan dioven dengan suhu 150 C selama 9 jam, setelah di oven diamkan benda uji selama 1 jam lalu timbang untuk mendapatkan (W_{01}). Seluruh sisi samping spesimen mortar dilapisi oleh epoksi yang bertujuan untuk mencegah terjadinya penyerapan dari samping dan untuk mengurangi evaporasi, maka ada sisi atas benda uji dilapisi dengan menggunakan plastik. Pengujian dilakukan dengan dengan menaruh sisi spesimen kubus yang tidak terlapisi pada tumpuan yang telah disediakan di dalam kontainer berisi air dengan kedalaman air dijaga sebesar 2 ± 1 mm selama pengujian.

Pada penelitian ini, tingkat penyerapan air yang diamati hanya absorpsi awal (initial absorption), dimana fasa awal ini dapat mengukur seberapa cepat air dapat mengisi celah-celah pori yang besar (Li et al., 2017). Oleh karena itu tingkat penyerapan air diamati selama 6 jam, dimana tingkat penyerapan air pada spesimen mortar diamati pada waktu 1, 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 300, dan 360 menit. Koefisien sorptivity (S) dapat diketahui dari kemiringan garis regresi linear seperti tertulis pada Persamaan 2.16

$$I = S \sqrt{t} + b \dots \dots \dots (2.16)$$

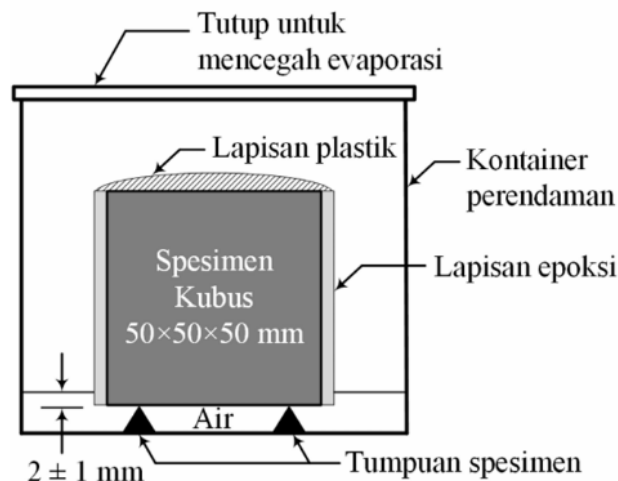
Dimana:

I = Perubahan massa spesimen akibat air yang terserap per satuan luas permukaan spesimen mortar (mm)

S = adalah koefisien sorptivity (mm/det^{1/2})

t = Waktu (det)

b = Konstanta



Gambar 2.1 Skema Pengujian Sorptivity Mortar

d. *Electrical Resistivity*

pada beton merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan beton dalam menghambat pergerakan ion bermuatan, terutama ion-ion yang dapat menyebabkan korosi seperti klorida dan sulfat. Beton dengan resistivitas tinggi menunjukkan struktur mikro yang rapat, porositas rendah, dan kandungan ion bebas yang kecil, yang berarti beton tersebut memiliki durabilitas tinggi terhadap korosi baja tulangan.

Pengujian ini umumnya dilakukan dengan mengalirkan arus AC ke dalam beton melalui dua elektroda logam yang menempel pada kedua ujung permukaan beton silinder, menggunakan spons basah sebagai media kontak. Pengukuran beda potensial dilakukan dengan multimeter, dan nilai resistivitas dihitung berdasarkan hukum Ohm serta geometri spesimen.

Tabel 2.3. Kriteria Data Penentuan Uji *Electrical Resistivity*

No	Concrete Resistivity ($\Omega.m$)	Corrosion Risk
1.	< 50	Very high
2.	50 – 100	High
3.	100 – 200	Low
4.	> 200	Despicable

Sumber: ASTM B193-19

Nilai electrical resistivity didapat dengan menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{A}{L} \cdot R \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

ρ = Resitivitas listrik (Ωm)

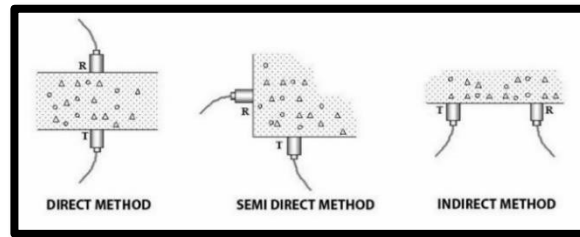
R = Resistansi (Ω)

A = Luas penampang (m^2)

L = Panjang (m)

e. *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT)

Pengujian *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) adalah metode non-destruktif yang digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang ultrasonik yang merambat melalui material, termasuk beton. Pengujian ini berguna untuk menilai kualitas dan integritas struktur beton tanpa merusaknya. Dalam pengujian ini sampel yang telah dibuat di uji pada saat berumur 28 hari pengujian dilakukan di laboratorium unhas makassar dengan jumlah sampel 20 variasi slinder sesuai ketentuan. Metode yang digunakan sesuai dengan ASTM C597:2012 [46. Pengukuran dilakukan pada tiga titik sepanjang arah memanjang specimen.



Gambar 2.2 Metode Pengujian UPVT

Dalam uji *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) untuk mengetahui kecepatan gelombang terhadap kualitas beton dapat kita tentukan dalam persamaan berikut:

$$V = \frac{L}{T} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

V = Kecepatan Pulse (*Pulse Velocity*)

L = Jarak Antara Transduser (*Length Between Transducer*)

T = Waktu Transit (*Transit Time*)

Adapun Tabel kriteria data uji *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4. Kriteria Data Penentuan Uji *Ultra Pulse Velocity Test* (UPVT)

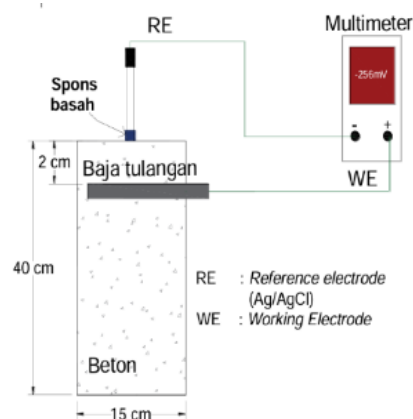
No	<i>Pulse Velocity</i> (km/s)	<i>Concrete quality</i> (ratings)
1.	$\geq 4,5$	Luar Biasa (E)
2.	3,5 – 4,5	Bagus (G)
3.	3,0 – 3,5	Sedang (M)
4.	2,0 - 3.0	Diragukan (D)
5.	$\leq 2,0$	Sangat Lemah (VW)

Sumber: ASTM C597

f. Pengujian Half-cell potential (HCP)

Half- Cell Potential (HCP) merupakan pengujian untuk mengetahui korosi pada beton. metode ini dilakukan dengan menggunakan alat berupa Referensi Elektroda berbahan Ag/AgCl.

Nilai HCP diambil dari rata rata 3 kali pengambilan data yang diukur menggunakan multimeter dan Referensi Elektroda (RE) yang disambungkan ke benda uji. Detail pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Detail pengukuran HCP

Pengukuran HCP dilakukan setelah pre-wetting selama 30 menit dengan kain basah pada sisi permukaan pengukuran pada benda uji. Hal ini dilakukan untuk mengurangi potensi fluktuasi nilai HCP. Pengujian ini mengacu pada ASTM C876-15 dimana apabila nilai $HCP < -256 \text{ mV}$ menunjukkan 90% kemungkinan telah korosi seperti pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Prediksi kemungkinan korosi

<i>Half-cell potential (mV)</i>		Resiko kemungkinan korosi
Elektroda Cu/CuSO ₄	Elektroda Ag/AgCl	
> -200	> -106	Rendah (10% resiko korosi)
$-200 \text{ ke } -350$	$-106 \text{ ke } -256$	Menengah
< -350	< -256	Tinggi ($> 90\%$ resiko korosi)

<i>Half-cell potential (mV)</i>		Resiko kemungkinan korosi
Elektroda Cu/CuSO ₄	Elektroda Ag/AgCl	
< – 500	< – 256	Sangat tinggi

Sumber: Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2022).

g. Kedalaman Ion Klorida

Klorida merupakan salah satu penyebab utama korosi pada tulangan baja dalam beton bertulang. Ion klorida yang menembus beton dapat melewati pori-pori mikro dan mencapai permukaan tulangan, sehingga merusak lapisan pasivasi dan memicu korosi aktif. Untuk itu, kemampuan beton dalam menghambat penetrasi klorida menjadi parameter penting dalam menilai durabilitas beton, terutama pada struktur yang berada di lingkungan agresif seperti kawasan pantai, dermaga, atau instalasi industri.

Metode pengukuran kedalaman penetrasi klorida secara visual menggunakan larutan perak nitrat (AgNO₃) adalah salah satu teknik yang cepat dan efisien. Ketika larutan AgNO₃ disemprotkan pada permukaan beton yang telah terpapar klorida, akan terjadi reaksi kimia membentuk endapan perak klorida (AgCl) berwarna putih keabu-abuan. Sementara itu, bagian beton yang tidak mengandung ion klorida akan membentuk warna kecokelatan akibat reaksi dengan senyawa hidroksida dalam beton.

Dengan mengukur ketebalan zona berwarna putih, kita dapat memperkirakan kedalaman penetrasi ion klorida secara tidak langsung. Kedalaman penetrasi klorida mencerminkan kemampuan material beton/mortar dalam menghambat masuknya ion klorida ke dalam struktur mikro porinya. Semakin dalam penetrasi yang terukur, maka semakin rendah resistansi material terhadap klorida.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat, dengan judul “*Efek Ultrafine Ampas Teh Pasir Pantai dan Air Laut Terhadap Kekuatan dan Porositas Mortar*”, penulis menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *ultrafine* ampas teh (A-FS-S) terbukti meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan campuran normal (N-FS-S), namun efektivitasnya menurun seiring bertambahnya umur beton dari 16,84% pada umur 7 hari menjadi 9,63% pada umur 91 hari, menunjukkan bahwa reaksi pozzolan *ultrafine* ampas teh lebih aktif pada tahap awal hidrasi semen dan memberikan kontribusi optimal untuk kekuatan beton pada umur muda.
2. pada campuran A-FS-S dengan penambahan 5% *ultrafine* ampas teh, terjadi penurunan porositas sebesar 4.41% dari umur 28 hari ke 91 hari, menunjukkan bahwa reaksi pozzolan dari *ultrafine* ampas teh berlangsung secara berkelanjutan dan membantu mengisi pori-pori dalam matriks beton sehingga meningkatkan kepadatan dan mengurangi porositas pada umur lanjut.
3. Sampel A-FS-S menunjukkan peningkatan nilai sorptivitas secara konsisten hingga mencapai puncak $4,1 \text{ mm/s}^{0.5}$ pada 18000 detik, kemudian mengalami penurunan menjadi $3,7 \text{ mm/s}^{0.5}$ pada 21600 detik, diharapkan terjadi peningkatan kemampuan penyerapan air yang bertahap seiring bertambahnya waktu kontak.
4. Penambahan 5% *ultrafine* ampas teh tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan resistivitas listrik beton, dengan nilai resistivitas kedua jenis sampel masih berada dalam kategori $<50 \Omega.m$ yang menunjukkan tingkat resiko korosi tulangan sangat tinggi. Hal ini

mengindikasikan bahwa penambahan ultrafine ampas teh dengan persentase 5% belum efektif dalam meningkatkan ketahanan beton terhadap korosi tulangan.

5. Hasil pengujian UPVT menunjukkan bahwa sampel N-FS-S (3,414 km/s) dan A-FS-S (3,284 km/s) keduanya masuk dalam kategori *good concrete quality* meskipun A-FS-S mengalami penurunan 3,81%, mengindikasikan bahwa kedua variasi memiliki integritas struktur beton yang memadai berdasarkan standar kecepatan gelombang ultrasonik.
6. Hasil pengujian Half-Cell Potential menunjukkan bahwa kedua tipe beton (N-FS-S dan A-FS-S) memiliki nilai potensial yang sangat negatif dengan mayoritas pembacaan di bawah -350 mV, mengindikasikan risiko korosi tinggi (>90%) berdasarkan standar ASTM C876-22b.
7. Hasil pengujian ion klorida menunjukkan bahwa beton tipe A-FS-S memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap penetrasi ion klorida dengan kedalaman penetrasi rata-rata 44,1 mm dibandingkan N-FS-S sebesar 42,5 mm, serta menunjukkan variasi nilai yang lebih besar (31,31-51,43 mm). Kondisi ini mengindikasikan bahwa penambahan *ultrafine* ampas teh justru menurunkan resistensi beton terhadap penetrasi ion klorida, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam aplikasi pada lingkungan yang mengandung klorida tinggi.

5.2 Saran

Mengingat temuan penelitian yang ada, saran-saran berikut perlu dipertimbangkan.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan persentase penambahan *ultrafine* ampas teh (selain 5%) dan menganalisis pengaruh ukuran partikel yang berbeda untuk memaksimalkan efek pozzolan jangka panjang sekaligus meningkatkan resistensi terhadap penetrasi ion klorida.
2. Penelitian ini dapat diteliti lebih lanjut dengan menggunakan perbandingan tipe benda uji yang lebih bervariasi untuk mencapai mutu yang optimal
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai beberapa jenis pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, I. (2022). Pemanfaatan Air Laut Pada Beton Ditinjau Terhadap Nilai Kuat Tekan. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 11(2), 63-67.
- Algin, H. M., Uygunoglu, T., & Yilmaz, A. (2024). Effect of processed tea waste ash on the properties of cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 415, 134273.
- ASTM C1585 – 20 (2020) ‘American Society for Testing and Materials, Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes’. Annual Book of ASTM Standards
- Atmaja, S. H., & Irwansyah, M. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Bunga dan Pasir Sungai. *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains (BATAS)*, 1(1), 9-18.
- Azarsa, P., & Gupta, R. (2017). Electrical resistivity of concrete for durability evaluation: a review. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017(1), 8453095.
- Bekem Kara, İ., & Kara, C. (2025). Tea waste ash: Characterization, pozzolanic activity and effects on the fresh properties of cement pastes. *Challenge Journal of Concrete Research Letters*, 16(2), 51–59.
- Datta, M., Gupta, A., Dwivedi, A., & Kosta, A. (2019). Experimental study of cement replacement with tea waste and fly ash. *J Emerg Technol Innov Res*, 6(6), 63-68.
- Djamaluddin, A. R., Caronge, M. A., Tjaronge, M. W., Lando, A. T., & Irmawaty, R. (2020). Evaluation of sustainable concrete paving blocks incorporating processed waste tea ash. *Case Studies in Construction Materials*, 12, e00325.
- Hartini, H., & Wahyuni, S. F. (2023). Tinjauan Nilai Kuat Beton Menggunakan Air Laut. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 12(2), 51-58.

- Hidayat, R. (2019). *PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT–DAUN TEH SEBAGAI MATERIAL PAVING BLOCK* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Hussien, A., Al Zubaidi, R., Jannat, N., Ghanim, A., Maksoud, A., & Al-Shammaa, A. (2024). The effects of tea waste additive on the physical and mechanical characteristics of structural unfired clay bricks. *Alexandria Engineering Journal*, 101(4), 282–294.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2004). Semen portland komposit. *Retrieved from*.
- Li, X., Lu, Z., Chuah, S., Li, W., Liu, Y., Duan, W. H. dan Li, Z. (2017). Effects of graphene oxide aggregates on hydration degree, sorptivity, and tensile splitting strength of cement paste. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 100:1-8. DOI: 10.1016/j.compositesa. 2017.05.002.\
- Nasr, M. S., Hasan, Z. A., & Abed, M. K. (2019). Mechanical properties of cement mortar made with black tea waste ash as a partial replacement of cement. *Engineering and Technology Journal*, 37(1), 45-48.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2022). Durabilitas Baja Tulangan pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping, Pasir Laut dan Air Laut dalam Campuran Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), 109-117.
- Patah, D., Dasar, A., Ridhayani, I., Suryani, H., Saudi, A. I., & Sainuddin, S. (2024). Kekuatan dan Durabilitas Oil Palm Shell (OPS) sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar pada Beton Bertulang. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 12(1), 80-87.
- Presa, L., Costafreda, J. L., & Martín Sánchez, D. A. (2021). Correlation between uniaxial compression test and ultrasonic pulse rate in cement with different pozzolanic additions. *Applied Sciences*, 11(9), 3747

- Priono, T. (2022). *PERILAKU MEKANIK DAN KETAHANAN BETON BERBAHAN PASIR SLAG NIKEL DAN FLY ASH= MECHANICAL PROPERTIES AND DURABILITY OF CONCRETE WITH SAND NICKEL SLAG AND FLY ASH* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Rahmat, F. A. (2019). *Pengaruh Penggunaan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Rikky, A. (2024). *EFEK ABU CANGKANG SAWIT DAN PASIR PANTAI PADA PEMBUATAN BETON* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS SULAWESI BARAT).
- SNI 03-4817-1998, 1998. Spesifikasi Lembaran Bahan Penutup Untuk Perawatan Beton,
- SNI 03-6825-2002. (2002). Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–9.
- SNI 6882. (2014). Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan. Badan Standaridisai Nasional.
- Tata, A. (2019). Sifat mekanis beton dengan campuran pasir pantai dan air laut. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 3(1), 65-71.
- Taylor, P. C., Johansen, V. C., Graf, L. A., Kozikowski, R. L., Zemajtis, J. Z., & Ferraris, C. F. (2006). *Identifying incompatible combinations of concrete materials: Volume II—Test protocol* (Report No. FHWA-HRT-06-080). Federal Highway Administration.
- Tjokrodimuljo, K.1995. Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada,Yogyakarta.
- Wijayadi, Y. N. C., & Djayaprabha, H. S. (2023). PENGARUH KADAR CALCIUM SULFOALUMINATE SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN

TERHADAP PROPERTI SEGAR, MENGERSAS, DAN DURABILITAS MORTAR. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 136-146.

Yang, F., Ma, Y., Li, L., Liu, S., Hai, R., & Zhu, Z. (2024). Early-age behaviour of Portland cement incorporating ultrafine recycled powder: Insights into hydration, setting, and chemical shrinkage. *Materials*, 17(22), 5551.

Zuraidah, S., & Hastono, B. (2018). Pengaruh variasi komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 1(1), 8-13.