

SKRIPSI

**PENGARUH ABU SEKAM PADI TERGILING SARINGAN NO. 100 DAN
PERAWATAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN DURABILITAS BETON**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1
Pada Jurusan Studi Teknik



**Disusun oleh :
ABD. RASAK
D0121361**

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

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH ABU SEKAM PADI TERGILING SARINGAN NO. 100 DAN
PERAWATAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN DURABILITAS BETON**

TUGAS AKHIR

Oleh:

ABD. RASAK

NIM D0121361

Jurusan Teknik Sipil

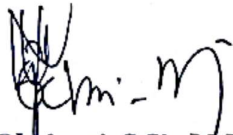
Universitas Sulawesi Barat

Tugas akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar sarjana teknik
Tanggal 3 Oktober 2025

Mengetahui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Nur Okyiyani, S.Si., M.T.
NIP. 19901022 202203 2 012



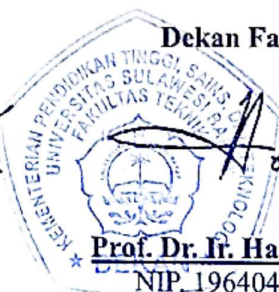
HERNI SURYANI, S.T., M.Eng.
NIP. 19861009 202203 2 003

Ketua Jurusan

Dekan Fakultas Teknik



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



Prof. 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, 6 Oktober 2025



ABD. RASAK
D0121361

ABSTRAK

PENGARUH ABU SEKAM PADI TERGILING SARINGAN NO. 100 DAN PERAWATAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN DURABILITAS BETON

ABD. RASAK

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kekuatan tekan tinggi, durabilitas yang baik, serta fleksibilitas dalam pembentukan. Namun, paparan lingkungan agresif seperti air laut dapat mempercepat proses kerusakan dan menurunkan kualitas beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan Abu Sekam Padi (ASP) tergilinding saringan No. 100 sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan variasi 10% dan 20%, serta perawatan menggunakan air laut terhadap sifat mekanik dan durabilitas beton. Dengan pengujian yang dilakukam antara lain kuat tekan, uji porositas, dan uji *half-cell potencial* (hcp). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umur 91 hari beton dengan 20% ASP memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 27,82 MPa, melebihi beton normal sebesar 19,00 MPa, yang mengindikasikan adanya reaksi pozzolan jangka panjang. Uji porositas juga memperlihatkan penurunan signifikan pada variasi dengan ASP sehingga meningkatkan kepadatan beton. Selain itu, hasil HCP mengindikasikan bahwa penggunaan ASP mampu mengurangi potensi korosi dibandingkan beton normal. Dengan demikian, penggunaan ASP dengan perawatan air laut berpotensi meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan.

Kata kunci: Beton, Abu Sekam Padi, Air laut, *half-cell potencial*, kuat tekan

ABSTRACT

THE EFFECT OF RICE HUSK ASH GROUND TO PASS SIEVE NO. 100 AND SEAWATER CURING ON MECHANICAL PROPERTIES AND DURABILITY

ABD. RASAK

Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, West Sulawesi University

Concrete is a widely used construction material due to its high compressive strength, good durability, and flexibility in shaping. However, exposure to aggressive environments such as seawater can accelerate deterioration and reduce concrete quality. This study aims to analyze the effect of using Rice Husk Ash (RHA) ground to pass sieve No. 100 as a partial cement replacement at variations of 10% and 20%, as well as curing with seawater, on the mechanical properties and durability of concrete. The tests conducted include compressive strength, porosity, and half-cell potential (HCP). The results showed that at 91 days, concrete with 20% RHA achieved the highest compressive strength of 27.82 MPa, exceeding that of normal concrete at 19.00 MPa, indicating the presence of long-term pozzolanic reactions. The porosity test also demonstrated a significant reduction in the RHA mixtures, thereby increasing concrete density. In addition, the HCP results indicated that the use of RHA reduced the risk of corrosion compared to normal concrete. Thus, the utilization of RHA with seawater curing has the potential to enhance the mechanical properties and durability of concrete, while also supporting the sustainable use of agricultural waste.

Keywords: *Concrete, Rice Husk Ash, Sea Water, Half-cell Potential, Compressive Strength*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Beton adalah material konstruksi yang paling banyak digunakan karena sifat mekaniknya yang baik, ketersediaan bahan baku yang melimpah, serta kemudahan pengerjaan di lapangan. Namun, penggunaan semen Portland sebagai bahan pengikat utama pada beton menimbulkan permasalahan serius terhadap lingkungan. Proses produksi semen menghasilkan emisi CO₂ dalam jumlah besar sehingga berkontribusi pada pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam bentuk pemanfaatan bahan pozzolan alami atau buatan sebagai substitusi sebagian semen untuk menghasilkan beton yang lebih ramah lingkungan (Ramezani-pour, Mahdikhani, and Ahmadibeni 2009)

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia konstruksi. Beton juga merupakan material konstruksi yang telah dipilih menjadi pilihan utama dalam pembangunan berbagai infrastruktur, seperti Gedung, jembatan, dan jalan raya. Hal ini disebabkan karena beton memiliki kuat tekan tinggi, durabilitas yang baik, serta kemampuan untuk dibentuk sesuai dengan kebutuhan desain. Material beton terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, air, dan semen sebagai bahan pengikat hidrolis. (Asri and Nisumanti 2014)

Beton konvensional memiliki kelemahan utama yaitu sifat getas (*brittle*) dan mudah mengalami keretakan bila terkena beban Tarik. Selain itu, lingkungan yang agresif seperti paparan air laut, dapat mempercepat kerusakan beton akibat korosi pada tulangan baja dalam beton. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton agar lebih tahan terhadap lingkungan yang korosif. Salah satu inovasi yang sedang dikembangkan dalam dunia konstruksi adalah pemanfaatan material limbah seperti abu sekam padi (ASP) sebagai bahan tambah atau pengganti semen dalam campuran beton.

Sekam padi merupakan limbah hasil pertanian yang jumlahnya melimpah terutama di negara agraris seperti Indonesia, ketika sekam padi dibakar pada suhu tertentu, maka akan menghasilkan abu yang kaya akan kandungan silika (SiO_2) yang bersifat pozzolan. Material pozzolan ini mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan selama proses hidrasi semen dengan membentuk senyawa yang memperkuat struktur beton.

Penambahan abu sekam padi dalam campuran beton diketahui dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas, terutama jika digunakan dalam takaran yang tepat. Namun, penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi dalam jumlah yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan beton.

Selain pemanfaatan abu sekam padi, faktor lingkungan juga menjadi peran penting dalam durabilitas beton. Salah satu tantangan utama dalam penggunaan beton adalah eksposur terhadap lingkungan air laut yang korosif. Air laut mengandung kadar garam yang tinggi yang dapat mempercepat korosi pada tulangan baja di dalam beton. Proses korosi ini dapat menyebabkan keretakan pada beton dan mengurangi umur layanan struktur. Oleh karena itu, perawatan beton dalam air laut membutuhkan perhatian khusus untuk mengurangi dampak negatif lingkungan korosif. Pengaruh air laut terhadap durabilitas beton telah menjadi fokus penelitian selama beberapa dekade. Beton yang direndam dalam air laut dapat mengalami perubahan sifat mekanik seperti penurunan kuat tekan dan peningkatan porositas, yang pada akhirnya memengaruhi daya tahan beton. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan campuran beton yang lebih tahan terhadap serangan kimia dan perubahan lingkungan.

Dengan memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen dan perawatan beton dalam air laut merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan durabilitas beton di lingkungan yang agresif. Penggunaan abu sekam padi dalam beton tidak hanya memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan kinerja beton dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penting untuk memahami pengaruh abu sekam padi tergilinding dan lingkungan air

laut terhadap sifat mekanik dan durabilitas beton agar dapat menghasilkan beton yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan eksperimen untuk memanfaatkan Abu Sekam Padi sebagai baha dan pengganti semen pada pembuatan beton yang diharapkan dapat menghasilkan beton dengan kualitas dan memiliki kekuatan tinggi. Berangkat dari latar belakang diatas, maka peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul **”Pengaruh Abu Sekam Padi Tergiling Saringan No. 100 Dan Perawatan Air Laut Terhadap Sifat Mekanik Dan Durabilitas”**.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat diambil dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja beton pada penggunaan agregat halus pasir sungai, semen, air tawar serta abu sekam padi (RHA) sebagai bahan pengganti semen sebesar 10%, dan 20% dan perawatan air laut terhadap uji kuat tekan beton ?
2. Bagaimana kinerja beton pada penggunaan agregat halus pasir sungai, semen air tawar serta abu sekam padi (RHA) sebagai bahan pengganti semen sebesar 10%, dan 20% dan perawatan air laut terhadap uji porositas beton ?
3. Bagaimana penggunaan bahan agregat halus pasir sungai, semen, air tawar serta abu sekam padi (RHA) sebagai bahan pengganti semen sebesar 10%, dan 20% dan perawatan air laut terhadap hasil pengujian *Half-Cell potential* terhadap beton ?

1.3 Tujuan penelitian

Setelah didapatkan rumusan masalah diatas maka didapatkan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja beton pada penggunaan agregat halus pasir sungai, semen, air tawar serta abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 10%, dan 20% dan perawatan air laut terhadap kuat tekan beton .

2. Untuk mengetahui kinerja beton pada penggunaan agregat halus pasir sungai, semen, air tawar serta abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 10%, dan 20% pada uji porositas beton pada umur 28 dan 91 hari.
3. Untuk mengetahui kinerja beton pada penggunaan agregat halus pasir sungai, semen air tawar serta abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 10%, dan 20% pada hasil pengujian *Half-Cell potential* terhadap beton ?

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini dimaksudkan agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih fokus dan terarah. Adapun batasan-batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat
2. Semen yang digunakan adalah semen portland composit (PCC) merek tonasa tipe 1
3. Bahan tambah yang digunakan adalah Abu Sekam Padi 10%,20%, yang berasal dari Desa Arjosari, Kecamatan Wonomulyo, Kabupaten Polewali mandar, Provinsi Sulawesi Barat.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Mapilli Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar.
5. Air tawar berasal dari sumur bor Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
6. Air laut yang digunakan untuk perawatan benda uji berasal dari Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene
7. Benda uji kubus yang berukuran Panjang 5 cm, tinggi 5 cm, dan lebar 5 cm, untuk pengujian uji kuat tekan pada umur 7, 28, dan 91 hari, dan porositas pada umur 28, dan 91 hari.
8. Benda uji selinder yang berukuran diameter 5 x 10 cm untuk pengujian *Half-Cell potential* sesuai dengan ASTM C876

1.5 Manfaat penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui pengaruh penambahan Abu Sekam Padi dan perawatan air laut terhadap sifat mekanik dan durabilitas pada beton.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran dan referensi dalam pengembangan pembuatan beton yang ramah lingkungan.

1.6 Sistematika penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi lima bab yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan dan diakhiri oleh Penutup. Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab diatas.

BAB I LATAR BELAKANG

Pokok-pokok bahasan dalam bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran, dan hasil penelitian terdahulu yang memiliki hubungan dengan penelitian ini. Bab ini memberikan kerangka dasar mengenai konsep dan teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada 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 menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisis hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran

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. Pada penelitian ini penulis mencantumkan hasil penelitian terdahulu yang memiliki relevansi serta keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Patah dan Dasar, (2022) dengan judul penelitian “Dampak Penggunaan Abu Sekam Padi, Air Laut dan Pasir Laut terhadap Korosi Tulangan Beton”, Menurut ASTM C618, ASP berpotensi sebagai material berkelanjutan yang memenuhi spesifikasi konfigurasi kimia senyawa pozolan yang dapat digunakan dalam produk semen dan campuran beton. Penggunaan ASP sebagai SCM dalam konstruksi beton memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan ASP sebagai SCM terhadap kinerja dasar kekuatan beton. Sampel diambil langsung dari sawah setelah proses pembakaran alami tanpa perlakuan tambahan, suhu pembakaran yang terkontrol, atau waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RHA dengan rasio penggantian 7,5% memperoleh kuat tekan optimum sebesar 40,65 MPa dan 48,79 MPa pada umur 28 dan 91 hari. Uji tarik belah juga memberikan rasio penggantian optimum RHA sebesar 10% dengan 4,57 MPa pada umur 28 hari. Hasil ini memberikan masukan yang baik tentang penggunaan RHA sebagai SCM untuk kinerja dasar kekuatan beton dan material berkelanjutan di masa mendatang.
2. Fauzi Akbar dkk, (2023) dengan judul penelitian “Pengaruh perendaman air laut terhadap kuat tekan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan penambahan *Fly Ash* dan *Visconcrete*” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman air laut terhadap kuat beton *Self*

Compacting Concrete dengan penambahan *Fly Ash* dan *Visconcrete*. Metode pengumpulan data yang didapatkan dari data primer yang dilaksanakan dengan membuat benda uji di laboratorium sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pengujian beton segar dilakukan dengan menggunakan alat *V-funnel*, *LShapeBox*, dan *Slump flow*, sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan pada beton berumur 7, 28, dan 56 hari setelah direndam menggunakan air laut dan air tawar. Hasil dari penelitian ini yaitu kuat tekan tertinggi berada pada beton tanpa campuran *Fly ash* (FA 0%) sebesar 34-42 Mpa pada umur 7-56 hari, lalu beton dengan campuran *Fly ash* sebesar 55% memperoleh kuat tekan mencapai 37,96 Mpa yang direndam menggunakan air laut selama 56 hari, sedangkan beton yang direndam menggunakan air tawar berada pada campuran beton *Fly ash* sebesar 55% dengan kuat tekan mencapai 32,37 Mpa pada umur 56 hari.

3. Ridhayani dkk, (2024) dengan judul penelitian “ Mortar Abu Sekam Padi dan Air Laut: Alternatif Material untuk Lingkungan Pesisir ” Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat mekanis dan ketahanan mortar terhadap lingkungan agresif pesisir, yang meliputi paparan air asin dan korosi. Abu sekam padi dipilih karena ketersediaannya yang melimpah dan sifatnya sebagai limbah pertanian yang dapat digunakan kembali. Air laut, di sisi lain, dipertimbangkan sebagai sumber air alternatif untuk pengadukan mortar di wilayah pesisir yang sering mengalami keterbatasan akses terhadap air tawar. Penelitian menganalisis nilai uji kuat tekan dan resistivitas listrik pada benda uji dengan variasi penambahan abu sekam padi 10%, 20 %, hingga 30% terhadap berat semen dan pencampuran air laut pada umur uji 28 dan 91 hari. Hasil peneltiian menunjukkan nilai kuat tekan optimum pada variasi benda uji penambahan 20% abu sekam padi terhadap berat semen umur 91 hari sebesar 36,20 Mpa dengan hasil resistivitas listrik masuk dalam kategori sangat rendah terhadap laju korosi meskipun terkontaminasi *ion klorida*.
4. Patah dan Dasar, (2022) dengan judul penelitian “PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

mengetahui pengaruh abu sekam padi terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton, dan perbandingan kuat tekan dan kuat lentur beton. Prosedur pelaksanaan penelitian adalah mula-mula dilakukan pengujian Karakteristik pada agregat halus dan agregat kasar. Selanjutnya membuat *mix design* $f'c$ 20, dan membuat benda uji silinder ukuran 10 x 20 cm dan benda uji balok dengan ukuran 10 x 10 x 40 cm. Pada penelitian ini dibuat 3 varian yaitu pertama dibuat campuran beton dengan abu sekam padi 5% (BASP-5), selanjutnya BASP-10, dan BASP-20. Perawatan benda uji dengan cara direndam dalam air (perawatan/curing). Selanjutnya melakukan proses pengujian kuat tekan beton dan kuat lentur balok beton. Hasil uji tekan silinder diperoleh bahwa campuran beton dengan abu sekam padi 5% (BASP-5) dapat digunakan, sedangkan BASP-10 dan BASP-20 tidak dapat digunakan.

5. (Nugroho, 2019) dengan judul penelitian “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI PADA BETON $f'c$ 18,68 MPa TERHADAP KUAT TEKAN”, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan abu sekam padi pada beton. Perencanaan campuran beton penelitian ini mengambil referensi dari SNI 7656:2012 menggunakan proporsi perbandingan antara semen dan agregat halus, agregat kasar, abu sekam padi sebesar 1:3. Persentase penambahan abu sekam padi pada campuran beton sebesar 5%, 10%, 15% dari proporsi agregat halus dan agregat kasar. Pengambilan sampel penelitian ini menurut Roscoe dimana ukuran sampel 10 buah per variabel, sehingga jumlah sampel keseluruhan dari 4 variabel yaitu 40 buah. Hasil penelitian ini kuat tekan dari kelompok BN nilai terendah 14,2 MPa, nilai tertinggi 35,6 MPa, dan rata-rata 23,78 MPa, kuat tekan dari kelompok BASP 5% nilai terendah 11,5 MPa, nilai tertinggi 23,5 MPa, dan rata-rata 18,44 MPa, kuat tekan dari kelompok BASP 10% nilai terendah 9,1 $f'c$, nilai tertinggi 24,4 MPa, dan rata-rata 15,56 MPa, kuat tekan dari kelompok BASP 15% nilai terendah 7,8 MPa, nilai tertinggi 25,3 MPa, dan rata-rata 14,73 MPa. Sedangkan hasil uji anova data kuat tekan beton didapat nilai Sig. 0,002; sehingga nilai Sig. 0,002 < 0,05 dapat

dinyatakan terdapat pengaruh penggunaan abu sekam padi signifikan terhadap kuat tekan beton.

2.2 Beton

2.2.1 Pengertian beton

Beton adalah bahan komposit yang terbuat dari beberapa material yang menggunakan bahan utama yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air dan material tambahan jika dibutuhkan dengan komposisi tertentu. Beton adalah material komposit, oleh karena itu kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya.(Mulyono 2003). Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan pada bangunan struktur. Bisa dikatakan semua bangunan struktur dibangun menggunakan beton sebagai bahan konstruksi utama, contohnya struktur gedung, struktur bangunan air, struktur bangunan transportasi dan banyak lagi bangunan struktur lainnya. Salah satu kelebihan beton yaitu mampu menahan beban tekan, perubahan cuaca, suhu yang tinggi, dapat dibentuk dan mudah dirawat

Menurut (PUBI-1982 2002) defenisi beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

2.2.2 Macam-macam beton

Ada beberapa jenis beton yang harus diketahui yaitu sebagai berikut:

a. Beton normal

Merupakan beton yang cukup berat, dengan Berat Volume 2400 kg/m^3 dengan nilai kuat tekan $15 - 40 \text{ MPa}$ dan dapat menghantar panas.

b. Beton ringan

Merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m^3 . Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.

c. Beton massa

Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm

d. Beton bertulang

Beton ini diberi tulangan baja agar dapat lebih menahan kekuatan tarik. Tulangan yang digunakan terbuat dari batangan rod, batangan bar, atau bahkan dalam bentuk besi jaring (*mesh*). Bahkan ada tulangan yang terbuat dari fiber.

e. Beton serat

Adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bamboo, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat logam.

f. Beton non pasir

Adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20-25 %.

g. Beton prategang

Beton pra tegang merupakan beton yang dibuat dengan cara memberikan tulangan yang akan digunakan tekanan atau tegangan terlebih dahulu sebelum dicor. Beton biasanya digunakan pada besar proyek dengan struktur bangunan bentang lebar seperti jembatan, struktur beban berat, atau atap dengan bentang yang lebih panjang.

h. Beton hampa (*Vacuum Concrete*)

Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacuum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.

i. Mortar

Mortar sering disebut juga mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, kapur dan PC.

2.2.3 Kelebihan dan kekurangan beton

Pada saat ini, beton menjadi bahan material yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Beton dipercaya memiliki daya tahan yang tinggi dan tahan terhadap panas api. Secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu sebagai berikut:

a. Kelebihan beton

- 1) Biaya pembuatan beton terbilang cukup murah mengingat bahan-bahan penyusunnya bisa diperoleh dari daerah lokal, kecuali untuk semen portland yang harus didatangkan dari luar daerah.
- 2) Begitu pun dengan biaya pemeliharaan beton terhitung cukup rendah karena material ini mempunyai tingkat ketahanan yang tinggi.
- 3) Di samping tahan terhadap aus, beton juga tahan terhadap api dan air sehingga penghuni bangunan senantiasa bisa merasa aman.
- 4) Beton memiliki daya kekuatan dan daya dukung yang sangat tinggi sehingga bisa diaplikasikan pada segala desain bangunan.
- 5) Kondisi beton juga tidak mudah terpengaruh oleh lingkungan sehingga risiko mengalami korosi dan pembusukan kecil sekali.
- 6) Tidak seperti pasangan batu, partikel-partikel pada beton mampu membentuk susunan yang padat dengan ukuran yang lebih kecil.
- 7) Beton bersifat fleksibel artinya bisa dibuat dalam bentuk dan ukuran yang sesuai dengan keinginan tanpa mempengaruhi kualitasnya secara langsung.

b. Kekurangan beton

- a. Walaupun beton mampu menahan gaya beban dengan baik, namun kekuatannya cukup rendah saat menerima gaya tarik.
- b. Selama proses pengeringan, beton yang masih basah bisa mengalami penyusutan akibat struktur mengerut.
- c. Jika beton basah, maka struktur beton tersebut bisa mengembang sehingga kekuatannya menurun.

- d. Beton bisa mengalami keretakan rambut dan keretakan struktur akibat perubahan suhu yang drastis dalam waktu singkat.
- e. Sifat alamiah beton adalah dapat menyerap air melalui poriporinya. Air tersebut justru bisa merusak beton secara perlahan terutama jika air mengandung kadar garam yang tinggi.

2.3 Material penyusun beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain dan air, dengan semen portland atau semen hidrolis yang lain, kadang-kadang dengan bahan tambahan (*additif*) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Berikut beberapa material penyusun beton, sebagai berikut:

2.3.1 Semen Portland

semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas 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-2049: 2015)

2.3.2 Jenis dan penggunaan semen Portland

Menurut (SNI-2049: 2015) ada beberapa jenis dan penggunaan semen Portland yaitu sebagai berikut:

- a. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan

kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

- d. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.3 Agregat

Bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnace slag*), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. (SNI 2847: 2019)

Menurut SNI 1970-2008 untuk menentukan berta jenis dan penyerapan (*absorpsi*) guna menentukan volume agregat 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 penyerapan kadar air dalam beton.

a. Agregat halus

Menurut (PUBI-1982 2002) pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, atau tertahan di saringan no. 4. Hasil desintegrasi alami ini menghasilkan butiran agregat halus yang berbentuk cenderung membulat dan bertekstur kasar.

Fungsi agregat halus dalam campuran beton adalah membentuk mortar yang mengikat agregat kasar. Keruntuhan beton akibat beban tekan terjadi pada mortar. Dengan demikian maka agregat halus dalam campuran beton berfungsi selain sebagai bahan pengisi yang membentuk mortar yang mengikat agregat kasar juga berfungsi membentuk kekuatan beton.

Agar agregat halus dalam campuran beton dapat berperan sesuai keutamaannya, agregat halus harus memenuhi syarat-syarat menurut SK SNI S-04-1989-F. Syarat tersebut adalah:

- 1). agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari, hujan, dan lain-lain;

- 2). agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton;
- 3). agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton;
- 4). angka kehalusan (fineness modulus) untuk agregat halus antara 1,5-3,5;
- 5). agregat halus harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam besarnya sesuai table 2.1 di bawah ini

Tabel 2. 1 gradasi agregat halus

Ukuran Saringan		SNI 03-2843-2000				ASTM C-33
(Ayakan)		Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	<i>Fine Aggregate</i>
SNI (cm)	ASTM	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No. 3	Gradasi No. 4	<i>Sieve Analysis</i>
9,6	3/8 in	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,8	no. 4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2,4	no. 8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1,2	no. 16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0,6	no. 30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0,3	no. 50	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0,15	no. 100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10

Sumber (SNI 03-2843-2000 dan ASTM C-33)

b. Agregat kasar

Menurut (PUBI-1982 2002) agregat kasar adalah kerikil dari hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No. 4 (spesifikasi dari AASHTO, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, yang juga digunakan oleh Bina Marga) atau yang tertahan saringan 2,36 mm (standard dari BSI, *British Standard Institution* atau lebih sering disebut sebagai BS, *British Standard*)

Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, agregat kasar harus memenuhi persyaratan dan

ketentuan seperti berikut ini:

- 1). Butiran agregat kasar harus bertekstur keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $< 5\%$.
- 2). Agregat kasar harus bersifat kuat, tidak mudah pecah atau hancur. Ketika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur tidak boleh lebih dari 12%-nya, jika diuji dengan garam Magnesium Sulfat bagian yang hancur pada agregat kasar tidak boleh lebih dari 18%.
- 3). Agregat kasar tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06) lebih dari 1% dalam berat keringnya, jika melampaui 1% maka harus dicuci.
- 4). Agregat kasar ini tidak boleh mengandung zat relatif alkali yang dapat merusak beton.
- 5). Butiran agregat kasar yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20% dari berat agregat seluruhnya.
- 6). Modulus halus butir atau angka kehalusan (*fineness modulus*) pada agregat kasar berkisar antara 6 – 7,1 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- 7). Ukuran butir agregat kasar maksimalnya tidak boleh melebihi dari $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan, dan $1/3$ tebal pelat beton.

2.3.4 Pemeriksaan agregat

Sifat-sifat Agregat harus selalu diperiksa dan aspal yang memenuhi syarat yang telah ditetapkan pada perkerasan lentur. Pemeriksaan yang dilakukan untuk Agregat adalah sebagai berikut:

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran agregat dengan aspal, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibanding dengan volume dan juga untuk menentukan banyaknya pori agregat. Pengukuran hasil berat jenis agregat

ini sering dipakai untuk mengekspresikan nilai kerapatan/density agregat, dimana nilai kerapatan agregat diperoleh dengan maengalikan nilai berat jenis agregat dengan kerapatan air pada suhu standar yang dipakai untuk pengukuran.

1). Agregat Kasar

a). Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.1)$$

b). Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (2.2)$$

c). Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

d). Berat jenis efektif

$$B_{Je} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

S_d = berat jenis kering

S_a = berat jenis semu

S_w = penyerapan air

A = berat benda uji kering oven

B = berat benda uji jenuh kering permukaan

C = berat benda uji dalam air

2). Agregat halus

a). Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots (2.5)$$

b). Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+bk-Bt)} \dots\dots\dots (2.6)$$

c). Penyerapan air

$$S_w = \frac{Bk}{(B+bk-Bt)} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

d). Berat jenis efektif

$$B_{je} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

- S_d = berat jenis kering
- S_a = berat jenis semu
- S_w = penyerapan air
- B_k = berat benda kering
- B = berat piknometer + air
- B_t = berat piknometer + benda + air
- SSD = berat benda kering permukaan

b. Pengujian kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Agregat Impact Value*)

Banyak metoda yang telah dikembangkan untuk menguji kekuatan batuan terhadap beban, khususnya beban lalu lintas. Salah satunya adalah dengan melakukan simulasi pemberian beban terhadap suatu sampel agregat, misalnya beban tumbukan (*impact*). Biasanya beban tumbukan ini dikombinasikan dengan beban tekanan (*crushing*) baik dalam arah lateral maupun aksial.

Nilai *Aggregate Impact Value* (AIV) adalah pesentase perbandingan antara agregat yang hancur dengan jumlah sampel yang ada. Agregat yang hancur dinyatakan dengan jumlah agregat yang lolos saringan 2,36mm. Berdasarkan British Standar maka agregat yang mempunyai nilai AIV > 30% dinyatakan tidak normal dan nilai AIV ini menunjukkan jumlah agregat yang hancur cukup besar, berarti sampel tersebut relatif tidak terlalu kuat terhadap beban tekan.

c. Pengujian kekuatan agregat terhadap tekanan (*Aggregate Crushing Value*)

Seperti halnya percobaan AIV untuk menguji kekuatan batuan/agregat terhadap tumbukan, maka percobaan ACV atau *Aggregate Crushing Value* juga merupakan simulasi pemberian beban terhadap suatu sampel agregat. Prinsip percobaan disini adalah sampel agregat diberi kenaikan tekanan tetentu selama beberapa waktu. Agregat yang hancur kemudian ditimbang dan dibandingkan dengan berat semula. Perbandingan ini merupakan nilai

dari ACV.

d. Pengujian keausan agregat dengan alat *abrasi Los Angeles*

Durabilitas atau ketahanan terhadap kerusakan sangat berpengaruh terhadap kebutuhan akan jumlah agregat. Beberapa agregat yang memiliki kekuatan standard pun akan mengalami kerusakan saat di stockpile atau saat masa layan di jalan.

Prinsip pengujian *Los Angeles* adalah pengukuran perontokan agregat dari gradasi standarnya akibat kombinasi abrasi atau atrisi, tekanan, dan penggilasan dalam drum baja. Ketika drum baja berputar, bilah baja yang ada di dalamnya, mengangkat sampel dan bola baja, membawanya berputar dan kembali jatuh, mengakibatkan efek tumbuk-tekan/ *impact-crushing* pada sampel

e. Indeks kepipihan dan kelonjongan (*Flankiness and Elongation Index*)

Pada batuan alam maupun hasil crushing plant terdapat fraksi-fraksi agregat berbagai macam bentuk. *British Standard Institution, BSI, (1975)* membagi bentuk-bentuk agregat dalam 6 kategori : Bulat (*roundend*), tidak beraturan (*irregular*), bersudut (*angular*), pipih (*flaky*), lonjong (*elongated*), pipih dan lonjong (*flaky and elongated*).

Pengujian ini bertujuan untuk menilai secara kuantitatif distribusi agregat yang berbentuk flaky (pipih) dan elongated (lonjong), yang dinyatakan dengan indeks kepipihan dan kelonjongan

f. Pengujian pelapukan agregat dengan magnesium sulfat (*soundness test*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur durabilitas agregat terhadap proses pelapukan akibat pengaruh alam dan juga proses pengausan secara kimia.

Istilah *Soundness* diartikan sebagai kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebih, sebagai akibat dari perubahan lingkungan fisik, seperti beku-cair (*freeze thaw*), perubahan panas. *Soundness* termasuk tes fisika- kimia (*physicochemical test*).

g. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (*Sand Equivalent Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kadar lumpur dalam bahan

agregat halus serta mengetahui perbandingan relatif antara bahan yang merugikan dengan bahan agregat halus.

Agregat yang kita gunakan tidak seutuhnya bersih sehingga dengan kata lain sering terdapat zat-zat yang tidak diinginkan, yang dapat merugikan perkerasan aspal. Kebersihan agregat seringkali ditentukan dengan pemeriksaan visual tetapi dengan pemeriksaan di laboratorium akan lebih memberikan hasil yang positif tentang bersih tidaknya agregat, terutama pada agregat-agregat bergradasi halus.

2.3.5 Air tawar

Air tawar adalah air yang memiliki kandungan garam (*salinitas*) yang sangat rendah, biasanya kurang dari 0,1% atau 1 gram garam per liter air. Air tawar dapat ditemukan di sungai, danau, mata air, dan sumber air lainnya yang tidak terhubung langsung dengan laut. Air tawar sangat penting bagi kehidupan manusia, tumbuhan, dan hewan karena dapat digunakan untuk konsumsi, irigasi, industri, serta berbagai keperluan lainnya. Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI 1982) antara lain:

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO_3 .
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
- f. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan

dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.

- g. Khusus untuk beton praktekan, kecuali syarat-syarat tersebut di atas, air tidak boleh mengandung khlorida lebih dari 50 p.pm.

2.3.6 Air laut

Air laut adalah air yang terdapat di lautan yang menyelimuti sebagian besar permukaan Bumi, yaitu sekitar 71%. Air laut adalah campuran kompleks yang Sebagian besar terdiri dari (H_2O) dan berbagai zat terlarut, seperti garam, mineral, gas, dan bahan organik. Air ini memiliki kandungan garam yang cukup tinggi, yang memberi karakteristik rasa asin pada air laut. Garam utama dalam air laut adalah natrium klorida ($NaCl$), namun air laut juga mengandung berbagai mineral dan unsur lainnya, seperti magnesium, kalsium, potasium, sulfat, dan bikarbonat. Kadar salinitas (keasinan) rata-rata air laut sekitar 3,5% atau 35 gram garam per liter air.

Selain garam, air laut juga mengandung gas-gas terlarut seperti oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), dan nitrogen (N_2), serta senyawa organik dan mikroorganisme yang mendukung kehidupan laut.

2.3.7 Abu Sekam Padi (ASP)

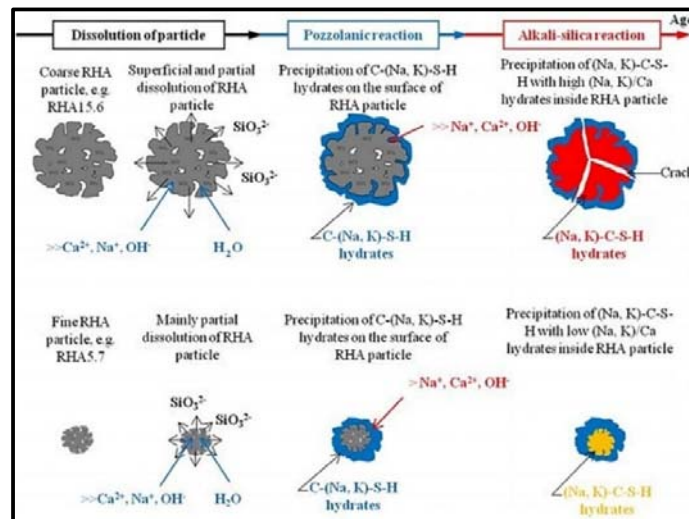
Abu sekam padi (ASP) merupakan limbah industri yang diperoleh dari bahan baku yang diolah menjadi abu melalui proses pembakaran. ASP merupakan limbah padat berbentuk serbuk halus yang mengandung silika dalam jumlah besar dan dapat meningkatkan ASP melalui pembakaran pada kondisi tertentu. Selain itu, ASP memiliki aktivitas pozolan yang tinggi karena mengandung silika dalam jumlah besar yang merupakan salah satu jenis material semen tambahan (SCM). (Patah dan Dasar, 2022).

Sekam padi tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut yang sangat keras. Jika sekam padi dibakar menjadi abu sekam padi maka senyawa-senyawa organik seperti selulosa dan lainnya akan berubah menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) dan tinggal abu yang merupakan komponen anorganik. Sebagian besar abu tersebut mengandung silika, sedikit logam oksida, dan karbon residu yang diperoleh dari pembakaran (Fatah, Sulisty, and Umardani

2021)

Kandungan silika yang tinggi membuatnya bermanfaat sebagai bahan tambah untuk memperkuat material atau sebagai adsorben. Abu sekam padi adalah sumber daya yang bernilai tinggi jika dikelola dan dimanfaatkan dengan tepat. Kandungan silikanya yang tinggi menjadikannya berguna di berbagai sector, mulai dari konstruksi dan pertanian. Namun, diperlukan teknologi pembakaran yang ramah lingkungan serta strategi pengolahan limbah yang efektif.

RHA yang diterima adalah material yang ringan, besar, dan sangat berpori dengan kepadatan sekitar 180–200 kg/m³ (Zou dan Yang, 2019) Berat jenis serbuk RHA berkisar antara 2 dan 2,5, tergantung pada kehalusannya. Karena reaktivitas pozzolan RHA bergantung pada kehalusannya, sifat fisik dan gradasi RHA penting dan harus dikontrol untuk mendapatkan kinerja terbaik. (Siddika et al. 2021)



Gambar 2.1 Reaksi pozzolan RHA

2.4 Sifat-sifat mekanik beton

Sifat mekanik beton adalah karakteristik fisik beton yang terkait dengan perilaku material ketika dikenakan gaya atau beban. Beton merupakan bahan

komposit yang kuat dalam menahan gaya tekan, namun lemah terhadap gaya tarik. Sifat-sifat mekanik ini sangat penting dalam desain dan analisis struktur, terutama dalam menentukan bagaimana beton berperilaku di bawah berbagai kondisi beban.

Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang detail, kedap air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang (Durabilitas beton).

2.4.1 Kuat tekan beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (Badan Standardisasi Nasional 1990)

Kuat tekan beton merupakan sifat beton yang paling penting dibandingkan dengan sifat lainnya karena menunjukkan mutunya. Kuat tekan beton ditentukan dengan mengatur perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Sejumlah air diperlukan untuk mendapatkan efek kimiawi saat beton mengeras.

Untuk menentukan nilai kuat tekan beton, dapat digunakan rumus yang berasal dari peraturan (Badan Standardisasi Nasional 1990) yang terdapat pada persamaan berikut.

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan keterangan :

f_c' = Kuat Tekan

P = Beban maksimum

A = Luas penampang

2.4.2 Porositas

Porositas adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton

akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan.

Semakin tinggi tingkat kepadatan pada beton maka semakin besar mutu beton itu sendiri, sebaliknya semakin besar porositas beton, maka kekuatan beton akan semakin kecil. Penelitian terhadap porositas lebih didasarkan dari segi keawetan dan kekuatan beton itu sendiri. Dari segi keawetan, porositas sangat penting diteliti terutama pada bangunan tepi pantai dan bangunan yang bersinggungan dengan tanah. Pada bangunan tepi pantai, beton akan bersinggungan dengan air garam yang mengandung sulfat dan klorida yang dapat meresap ke dalam beton sehingga dapat merusak bahkan menghancurkan beton. Kerusakan beton terjadi ketika kedua zat tersebut menguap sehingga di dalam pori-pori beton timbul kristal-kristal sulfat dan klorida yang akan mendesak pori-pori dinding beton. Akibatnya, beton pecah menjadi serpihan-serpihan lepas. Karena proses tersebut berjalan terus menerus dalam kurun waktu lama, kekuatan beton akan berkurang dan terancam hancur.

Berdasarkan ASTM C 642 untuk mencari porositas beton dapat digunakan persamaan :

$$\text{Bulk density, } g1 = \frac{A}{C-D} \times 100 \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Apparance density, } g2 = \frac{A}{A-D} \times 100 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Porositas,} = \frac{g2-g1}{g2} \times 100 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

- A : Berat kering setelah di oven
- C : Berat beton jenuh air setelah pendidihan
- D : Berat beton dalam air

2.4.3 *Half-Cell potential* (HCP)

Half-cell potential (HCP) adalah metode non-destruktif yang digunakan untuk menilai kemungkinan terjadinya korosi pada tulangan baja yang digunakan dalam beton. Pengujian ini mengukur beda potensial listrik antara

baja tulangan sebagai working elektroda (WE) dan *elektroda referensi* (*reference elektroda*, RE) yang ditempatkan dipermukaan beton.

Nilai potensial Listrik yang diukur mencerminkan aktivitas elektrokimia di sekitar tulangan . Semakin negative nilai HCP yang tercatat, maka semakin besar kemungkinan terjadinya korosi aktif pada tulangan tersebut. HCP tidak mengukur laju korosi secara langsung, namun memberikan indikasi probabilitas korosi, sehingga sangat berguna dalam pemeliharaan dan evaluasi kondisi structure beton bertulang

Pengujian korosi dilakukan dengan metode *Half- Cell Potential* (HCP) dimana metode ini 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.(Patah, Dasar, and Nurdin 2022)

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 mV menunjukkan 90% kemungkinan telah korosi seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 prediksi kemungkinan korosi

half-cell potential (mV)		Resiko kemungkinan korosi
Elektroda Cu/CuSO ₄	Elektroda Ag/AgCl	
>-200	>-106	rendah (10% resiko korosi)
-200 ke -350	-106 ke -250	menengah
<-350	<-250	Tinggi (>90% resiko korosi)
<-500	<-406	sangat tinggi

Sumber : (Patah, Dasar, and Nurdin 2022)

2.5 Standar deviasi

Standar Deviasi dihitung untuk mengukur tingkat keseragaman sampel benda uji yang dihasilkan. Nilai Standar Deviasi yang lebih kecil menunjukkan

bahwa sampel uji semakin seragam. Klasifikasi Standar Deviasi ini mengacu pada SNI 03-6815-2002 tentang Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton, yang membagi Standar Deviasi ke dalam lima kategori yaitu kurang, cukup, baik, sangat baik, dan terbaik (Khirunnisa dkk, 2019).

Standar Deviasi merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa jauh data tersebar dari nilai rata-ratanya, dilambangkan dengan simbol (S). Standar Deviasi menggambarkan seberapa besar nilai sampel terhadap nilai rata-ratanya (Sudirman, 2023). Rumus untuk menghitung Standar Deviasi adalah sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X}_{rt})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

S = Standar deviasi

X_i = Nilai kuat tekan masing-masing benda uji

N = Jumlah data

\bar{X}_{rt} = Nilai kuat tekan rata-rata

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 2.3 Standar deviasi

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Standar Deviasi (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : teknologi beton 2004

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan mengenai pengaruh Abu Sekam Padi (ASP) tergilinding saringan No. 100 dan perawatan air laut terhadap sifat mekanik dan durabilitas beton, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja beton abu sekam padi tergilinding saringan No. 100 terhadap nilai kuat tekan pada beton menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan dibanding normal. Dengan nilai optimum pada variasi UNB-TS dengan bahan pengganti semen 20% umur 91 hari sebesar 27,82 Mpa
2. Kinerja beton abu sekam padi tergilinding saringan No. 100 terhadap uji porositas menunjukkan bahwa penambahan ASP dapat mengurangi porositas beton. Nilai porositas terendah diperoleh pada variasi UNA-TS dengan penambahan 10% ASP pada umur 91 hari dengan nilai 3,76%, menunjukkan struktur beton yang paling padat dan tahan terhadap penetrasi air laut.
3. Kinerja beton abu sekam padi tergilinding saringan No. 100 terhadap uji Half-Cell Potential menunjukkan resistensi korosi yang baik dengan nilai potensial korosi yang stabil. Nilai potensial korosi terbaik (paling mendekati nol/least negative) diperoleh pada variasi UNA-TS dengan nilai -107 mV pada hari ke-63, menunjukkan probabilitas korosi yang paling rendah dan masuk dalam kategori aman menurut standar ASTM C876.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai *Pengaruh Abu Sekam Padi Tergilinding Saringan No. 100 dan Perawatan Air Laut terhadap Sifat Mekanik dan Durabilitas Beton*, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi persentase Abu Sekam Padi (ASP) yang lebih beragam, seperti 5%, 15%, atau 25%, guna

menemukan kadar optimum yang mampu memberikan keseimbangan antara peningkatan kuat tekan dan durabilitas beton.

2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar penyusunan panduan teknis penggunaan ASP pada beton di lingkungan pesisir, sehingga dapat diimplementasikan oleh pekerja konstruksi secara efektif dan terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Asri, Rusman, and Sartika Nisumanti. 2014. "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Conplast Sp 337." *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik* 3(1). doi:10.36982/jtg.v3i1.14.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], 2015. C876 – 15, Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. s.l., ASTM.
- ASTM C 618-93. "Standard Test Method for Fly Ash and Row or calcined Natural Pozzolan for Use as a mineral Admixture in Portlan Cement Concrete," American S"ociety for Testing of Concrete's,1991
- ASTM C 642-90."Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Voids in Hardened Concrete" American Society for Testing of Concretes",1991 ASTM International. (2003).
- ASTM C 33. Standard Specification for Concrete Aggregates. United States: ASTM Internasional.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], 2015. C876 – 15, Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. s.l., ASTM.
- Badan Standardisasi Nasional. 1990. "SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton." *SNI 03-1974-*.
- Fatah, R., S. Sulisty, and Y. Umardani. 2021. "Karakterisasi Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) Hasil Pembakaran Sekam Padi." *Jurnal Teknik Mesin* 9(4):565–70. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/37576>.
- Fauzi Akbar, Musa, Gentli Siti Kodariah, Ignatius Sudarsono, and Eko Wahyu Utomo. 2023. "Pengaruh Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Self Compacting Concrete (SCC) Dengan Penambahan Fly Ash Dan Visconcrete." *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik* 2(1):1–12. doi:10.55904/hexatech.v2i1.592.
- Khairunnisa, S., Rifqi, M. G., & Amin, M. S. U. (2019). Kajian kuat tekan beton di lingkungan laut tropis Banyuwangi. *Potensi Jurnal, Politeknik Negeri Bandung*, 21(2), 47-53.
- Mulyono, Tri. 2003. *Lokasi: Teknologi Beton*.
- Nugroho, Ananto. 2019. "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan." *Jurnal Teknik Sipil* 24(2):139–44. doi:10.5614/jts.2017.24.2.4.
- Patah, Dahlia, and Amry Dasar. 2022. "Strength Performance of Concrete Using

Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM).” *Journal of the Civil Engineering Forum* 8(September):261–76. doi:10.22146/jcef.3488.

Patah, Dahlia, Amry Dasar, and Amalia Nurdin. 2022. “Durabilitas Baja Tulangan Pada Beton Menggunakan Material Batu Gamping, Pasir Laut Dan Air Laut Dalam Campuran Beton.” *Media Komunikasi Teknik Sipil* 28(1):109–17.

PUBI-1982. 2002. “Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.”

PUBI. 1982. “PUBI-1982 Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia.” *Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum* 2(1):1–344.

un, Rayed Alyousef, and Hossein Mohammadhosseini. 2021. “State-of-the-Art-Review on Rice Husk Ash: A Supplementary Cementitious Material in Concrete.” *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* 33(5):294–307. doi:10.1016/j.jksues.2020.10.006. Ramezani-pour, A. A., M. Mahdikhani, and Gh Ahmadibeni. 2009. “The Effect of Rice Husk Ash on Mechanical Properties and Durability of Sustainable Concretes.” *International Journal of Civil Engineering* 7(2):83–91.

Ridhayani, Irma, Amalia Nurdin, Imam Rohani, Abdi Manaf, and Ali Fauzi. 2024. “Mortar Abu Sekam Padi Dan Air Laut: Alternatif Material Untuk Lingkungan Pesisir.” 6(2):99–105.

Siddika, Ayesha, Md Abdullah Al Mam

Sudirman, S. (2023). Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(3), 708-721.

SNI-2049: 2015. “SNI Semen Portland.” *Standar Nasional Indonesia* 1–147.

SNI 2847: 2019. “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.” *Sni 2847-2019* (8):720.

Zou, Y., Yang, T., 2019. Sekam padi, abu sekam padi, dan aplikasinya. Dalam: *Dedak Padi dan Minyak Dedak Padi*. Elsevier, hlm. 207–246. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812828-2.00009-3>.