

SKRIPSI
KINERJA BETON ABU SEKAM PADI SEBAGAI SEMEN PENGANTI:
UJI MEKANIK DAN DURABILITAS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada Jurusan
Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat



Disusun oleh:
ARHAN
D0121040

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2025

LEMBAR PENGESAHAN

**KINERJA BETON ABU SEKAM PADI SEBAGAI SEMEN PENGANTI:
UJI MEKANIK DAN DURABILITAS**

TUGAS AKHIR

Oleh:

ARHAN

NIM: D0121040

(Sarjana Jurusan Teknik Sipil)

Universitas Sulawesi Barat

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

Tanggal 11 September 2025

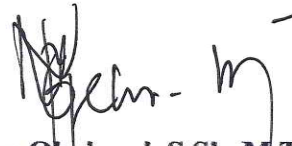
Mengetahui,

Pembimbing 1



Herni Suryani, S.T., M.Eng.
NIP. 19861009 202203 2 003

Pembimbing 2



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

Ketua Jurusan



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

Dekan Fakultas Teknik



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, 11 September 2025



Arhan

ABSTRAK

“ Kinerja Beton Abu Sekam Padi Sebagai Semen Pengganti: Uji Mekanik Dan Durabilitas”

ARHAN

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

aarhan513@gmail.com

Abu sekam padi merupakan limbah dari sisa pembakaran batu bata dimana saat ini limbah tersebut kurang dimanfaatkan untuk hal – hal yang penting atau berguna. Manfaat dari abu sekam padi dapat dipergunakan untuk menambah campuran beton dengan mengurangi jumlah semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja beton dengan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen terhadap sifat mekanik dan durabilitas. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan tiga variasi campuran beton normal 0% ASP, beton dengan 10% ASP, dan beton dengan 20% ASP. Pengujian meliputi kuat tekan pada umur 7, 28, dan 91 hari, daya serap air pada umur 28 dan 91 hari, serta *half-cell potential* (HCP) untuk evaluasi korosi tulangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi 10% ASP memberikan kinerja optimal dengan kuat tekan mencapai 25,43 MPa pada umur 28 hari, melampaui beton normal (23,31 MPa). Variasi 10% ASP juga menunjukkan daya serap air terendah dan paling stabil (4,41%) pada kedua umur pengujian. Sebaliknya, substitusi 20% ASP menurunkan kuat tekan menjadi 11,47 MPa dan meningkatkan daya serap air menjadi 11,63%. Pengujian HCP menunjukkan bahwa semua variasi memiliki risiko korosi rendah pada umur 91 hari, dengan sampel 10% ASP menunjukkan performa terbaik. Penelitian ini membuktikan bahwa ASP 10% dapat menjadi alternatif pengganti semen yang efektif untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Abu sekam padi (ASP), beton, semen, daya serap air, korosi.

ABSTRACT

“Performance of Rice Husk Ash Concrete as a Cement Replacement: Mechanical and Durability Tests”

ARHAN

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

aarhan513@gmail.com

Rice husk ash (RHA) is a waste product from brick burning, which is currently underutilized for important or beneficial purposes. The advantages of rice husk ash include its potential use as a partial replacement for cement in concrete mixtures. This study aims to evaluate the performance of concrete incorporating RHA as a cement substitute in relation to its mechanical properties and durability. The research was conducted experimentally with three variations: normal concrete with 0% RHA, concrete with 10% RHA, and concrete with 20% RHA. The tests included compressive strength at 7, 28, and 91 days, water absorption at 28 and 91 days, and half-cell potential (HCP) for reinforcement corrosion evaluation.

The results showed that substituting 10% RHA provided optimal performance, achieving a compressive strength of 25.43 MPa at 28 days, exceeding that of normal concrete (23.31 MPa). The 10% RHA sample also exhibited the lowest and most stable water absorption (4.41%) at both testing ages. In contrast, substituting 20% RHA reduced compressive strength to 11.47 MPa and increased water absorption to 11.63%. HCP testing indicated that all variations had a low risk of corrosion at 91 days, with the 10% RHA sample showing the best performance. This study demonstrates that a 10% RHA substitution can serve as an effective alternative to cement, producing high-quality and environmentally friendly concrete.

Keywords: *Rice husk ash (RHA), concrete, cement, water absorption, corrosion*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan perpaduan antara semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah yang membentuk suatu massa padat (SNI 03-2834-2000). Beton merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam bidang konstruksi di seluruh dunia (Srivastava dkk, 2014). Beton berperan penting dan memainkan peran utama dalam industri konstruksi dikarenakan beton memiliki beberapa keuntungan yaitu kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap api, tahan terhadap pengkaratan, biaya pembuatan beton yang cukup terjangkau serta tidak perlu memerlukan biaya perawatan yang besar.

Untuk menghasilkan beton yang ramah lingkungan, Mehta (2002) mengusulkan penggunaan sumber daya alam yang terbatas, hemat energi, serta meminimalkan penggunaan semen pada pembuatan beton. Sejalan dengan yang tersebut di atas, salah satu usaha untuk menghasilkan beton yang lebih ramah lingkungan adalah menggantikan sejumlah semen di dalam beton dengan bahan-bahan hasil sampingan yang mengandung pozzolan seperti abu sekam padi.

Dalam proses produksinya, semen mempunyai dampak yang kurang baik terhadap lingkungan. Produksi semen memerlukan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dalam jumlah yang cukup besar. Selain itu, produksi semen diperkirakan berkontribusi sebanyak 5-6% dalam melepaskan gas emisi CO₂ di udara (Rodrigues & Joeques, 2010).

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 (SiO₂) yang

bersifat pozzolan. Material pozzolan ini mampu bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan selama proses hidrasi semen dengan membentuk senyawa yang memperkuat struktur beton.

Pemanfaatan bahan campuran untuk pembuatan beton telah banyak dikembangkan saat ini, contohnya bahan tambah abu sekam padi (ASP). Abu sekam padi (ASP) didapatkan dari hasil pembakaran limbah sekam pertanian padi yang mempunyai kandungan silika mencapai 87%-97% dari berat kondisi kering (Handayani, Nurjanah, & Rengga, 2014). Abu sekam padi (ASP) termasuk jenis material bersifat pozzolan yang dapat bermanfaat untuk meningkatkan sifat-sifat beton. Material tersebut sangat berlimpah di Indonesia karena Indonesia termasuk negara dengan hasil padi yang besar dimana jumlah produksi mencapai kurang lebih 54 juta ton (Bhandari & Gaese, 2008).

Pemanfaatan abu sekam padi dapat mengurangi limbah hasil penggilingan padi yang ada di Indonesia. 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.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja beton menggunakan abu sekam padi sebagai pengganti semen terhadap kuat uji mekanik dan durabilitas beton yakni uji kuat tekan, daya serap beton, dan *Half-cell potensial* (HCP). Pada penelitian ini, penulis mengangkat judul, **“Kinerja Beton Abu Sekam Padi Sebagai Semen Pengganti: Uji Mekanik dan Durabilitas”**. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah semen pada beton diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari beton. Selain itu, diharapkan dapat membantu mengurangi permasalahan limbah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja beton dengan penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap uji kuat tekan pada umur 7, 28, dan 91 hari?
2. Bagaimana kinerja beton pada penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap uji daya serap?
3. Bagaimana kinerja beton dengan penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap uji *Half-Cell Potensial* (HCP)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja beton pada penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 28, dan 91 hari.
2. Untuk mengetahui kinerja beton pada penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap uji daya serap beton pada umur 28 dan 91 hari.
3. Untuk mengetahui kinerja beton pada penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai bahan pengganti semen sebesar 0%, 10%, dan 20% terhadap uji *Half-Cell Potensial* (HCP).

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
2. Semen yang digunakan adalah semen *Portland Composit* (PCC)

3. Bahan tambah yang digunakan adalah abu sekam padi yang di grinding 2 kali, persentase penambahan 0%, 10% dan 20% yang di ambil di Kecamatan wonomolyo, Kabupaten Polewali Mandar.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Desa Segerang, Kec. Mapilli, Kab. Polewali Mandar
5. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang di ambil dari CV. Anato dengan ukuran 0,5 cm - 1 cm.
6. Agregat yang digunakan di cuci terlebih dahulu agar kadar lumpurnya dalam agregat tidak tinggi
7. Pencampuran dan perawatan menggunakan air tawar yang di ambil dari sumur bor Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat.
8. Benda uji silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 10 cm serta tulangan 10 cm untuk uji *Half-Cell Potensial* (HCP) berdasarkan ASTM C876 *Standar Test Method for Half-Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete*.
9. Benda uji cetakan kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm untuk kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996 dan daya serap berdasarkan SNI 03-2914-1992 pada umur 28 dan 91 hari.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan masukan tentang kinerja beton pada uji mekanik dan durabilitas pada beton dengan bahan pengganti semen abu sekam padi (ASP) yang lebih efisien dan ramah lingkungan.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas beton dan memberikan solusi terhadap bahan pengganti semen abu sekam padi (ASP)
3. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya khususnya di bidang Ketekniksipilan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam proses penyusunan proposal penelitian, sistematika penulisan sangat diperlukan agar penulis dapat menyelesaikan dengan terstruktur. Dalam penulisan proposal penelitian ini ada beberapa tahapan sistematika penulisan diantaranya sebagai berikut:

BAB I LATAR BELAKANG

Pada bab ini berisikan pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memuat tinjauan materi serta teori-teori tentang bahan, metode penelitian dan segala yang bersangkutan dengan penelitian.

BAB II METODOLOGI 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 membahas tentang hasil dan data-data penelitian.

BAB V PENUTUP

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

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

1. Amry Dasar, Dahlia Patah, (2022), Judul penelitian “Kinerja Kekuatan Beton Menggunakan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan ”. Berdasarkan hasil pengujian tentang kinerja beton menggunakan abu sekam padi (RHA) dengan variasi penggantian 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat semen, evaluasi sifat mekanis menunjukkan bahwa RHA memberikan kontribusi positif. Tingkat kekuatan tekan beton RHA 7,5% mencapai 48,79 MPa, sementara beton normal RHA 0% adalah 45,30 MPa. Ini menunjukkan bahwa penerapan RHA memiliki potensi untuk material konstruksi berkelanjutan di masa depan. Kekuatan tarik belah RHA 10% adalah 4,57 MPa, sementara beton normal RHA 0% memiliki 3,14 MPa. Ini menunjukkan bahwa RHA memiliki potensi untuk meningkatkan sifat mekanis dan secara efektif mendukung lingkungan yang berkelanjutan.
2. Hendramawat Aski Safarizki, Marwahyudi dan Wahyu Aji Pamungkas, (2021) “Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Global” berdasarkan penelitian Dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan meningkat pada kadar variasi abu sekam padi 9% dan 10% berturut-turut 2,01% dan 14,78%. Pada kadar abu sekam 8%, 11%, 12 % mengalami penurunan berturut-turut yaitu 33,99%, 1,83% dan 14,87%. Kenaikan ini menunjukkan bahwa dengan kadar yang tepat maka penggunaan abu sekam sebagai pengganti sebagian semen dapat

meningkatkan kuat tekan beton. Dengan demikian kadar semen dalam mix design beton dapat dikurangi tanpa mengakibatkan kuat tekan beton rencana menjadi berkurang. Penambahan variasi kadar abu sekam dengan perbandingan terhadap berat semen meningkatkan kekuatan tekan beton.

3. Muhammad Farhan, M. Nuklirullah, dan Fetty Febriasti Bahar, (2023) Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan dengan judul “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton”, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Kandungan senyawa kimia paling dominan dalam abu sekam (ASP) padi adalah silika (SiO_2) sebesar 91,13%, sehingga limbah ASP dapat digolongkan sebagai bahan tambahan dengan jenis silica fume sesuai dengan ACI 234R-96 yang menyatakan kandungan SiO_2 lebih besar dari 85% kemudian Penggunaan optimal abu sekam padi didapatkan pada penambahan 10% abu sekam padi dengan hasil pengujian kuat tekan yang didapatkan sebesar 29,32 MPa, nilai tersebut meningkat 25,41% dibandingkan kekuatan tekan yang didapatkan pada beton normal (variasi 0%), hasil yang didapatkan membuktikan bahwa penggunaan limbah ASP sebagai bahan tambahan pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan cukup signifikan.
4. Samsudin, Sugeng Dwi Hartantyo, (2017) “Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton” Berdasarkan hasil dari penelitian penggunaan abu sekam padi pada campuran beton dengan variasi penambahan 0%, 8%, 10%, dan 12% dari berat semen berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan yang diperoleh pada umur 28 hari yaitu 11.218 Mpa, 10.142 Mpa, 9.527 Mpa, dan 8.759 Mpa. Maka penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa semakin banyak persentase penambahan abu sekam padi maka semakin kuat pula kuat tekan beton yang di hasilkan.
5. Hardiyati C, Sudarman, Charol Vincenthius Tethool Y, (2023) “Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pembuatan beton Normal di Kabupaten Manokwari Selatan” Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa: (1). Nilai kuat tekan beton normal dengan menggunakan campuran

limbah abu sekam padi yaitu sampel beton normal menggunakan pasir pantai tanpa campuran 0% abu sekam padi (T1) memiliki nilai rata-rata sebesar 24,16 MPa, beton normal variasi sebagian semen dengan campuran 5% abu sekam padi (T2) memiliki nilai rata-rata sebesar 28,03 MPa, beton normal variasi sebagian semen dengan campuran 10% abu sekam padi (T3) memiliki nilai rata-rata sebesar 29,06 MPa dan beton normal variasi sebagian semen dengan campuran 15% abu sekam padi (T4) memiliki nilai rata-rata sebesar 28,69 MPa

6. Faisal Estu Yulianto, M. Hazin Mukti (2015) “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Pada Kuat Tekan Beton Campuran 1 pc: 2 ps: 3kr” Berdasarkan penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1). Kandungan silica abu sekam padi Pamekasan cukup rendah sekitar 46.7% namun persentase tersebut dapat meningkat jika abu sekam padi dikeringkan di bawah sinar matahari. (2). Penambahan ASP pada beton mampu meningkatkan nilai kuat tekannya, namun penambahan ASP yang cukup besar menjadikan kuat tekan beton menurun akibat reaksi kimia pengikatan material pembentuk beton yang terjadi terganggu oleh perilaku ASP yang mempunyai kemampuan menyerap cukup besar. (3). Berdasarkan hasil uji tekan pada setiap penambahan ASP diketahui bahwa penambahan 5% ASP dapat meningkatkan kuat tekan beton sekitar 6% dari kondisi awalnya.

2.2 Beton

2.2.1 Definisi 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) definisi 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. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material membentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposit tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan (Neroth & Vollenschaar, 2011). Beton merupakan jenis konstruksi yang banyak digunakan, material penyusun yang mudah di dapat dialam menjadi salah satu faktor utama dipilihnya konstruksi beton.

2.2.2 Jenis-Jenis Beton

Adapun beberapa jenis beton dalam buku yang berjudul “Pedoman Pekerjaan beton” adalah sebagai berikut:

1. Beton ringan

Berat jenisnya $<1900 \text{ kg/m}^3$, dipakai untuk elemen non-struktural. Dibuat dengan cara-cara berikut: membuat gelembung udara dalam adukan semen, menggunakan agregat ringan (tanah liat bakar/batu apung) atau pembuatan beton non-pasir.

2. Beton normal

Berat jenisnya $2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$, dipakai hampir pada semua bagian struktural bangunan.

3. Beton berat

Berat jenis $>2500 \text{ kg/m}^3$, dipakai untuk struktur tertentu, misal: struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.

4. Beton jenis lain

a. Beton massa (*mass concrete*)

Beton yang dituang dalam volume besar, biasanya untuk pilar, bendungan dan pondasi turbin pada pembangkit listrik. Pada saat

pengecoran beton jenis ini, pengendalian diutamakan pada pengelolaan panas hidrasi yang timbul, karena semakin besar massa beton maka suhu didalam beton semakin tinggi. Bila perbedaan suhu didalam beton dan suhu di permukaan beton $>20^{\circ}\text{C}$ dapat menimbulkan terjadinya tegangan tarik yang disertai retak-retak. Retak beton juga dapat timbul akibat penyusutan beton (*shrinkage*) yang dipengaruhi oleh kelembaban beton saat pengerasan berlangsung. Selain itu, besarnya volume beton saat pengecoran mass concrete akan beresiko timbulnya cold-joint pada permukaan beton baru dengan beton lama mengingat waktu setting beton yang singkat (± 2 jam), sehingga perlu direncanakan metode pengecoran yang sesuai dengan perilaku beton tersebut. Berdasarkan hal-hal diatas, maka langkah preventif untuk menghindari terjadinya retak beton dapat dikategorikan atas pemilihan komposisi beton (nilai slump, pemberian *admixture*, FAS) dan praktek pelaksanaan di lapangan (suhu udara saat pengecoran, curing, menggunakan bekisting dengan kemampuan isolasi yang bagus dan menyiapkan *construction joint*). Pemberian tulangan ekstra untuk menahan gaya tarik akibat panas hidrasi dapat juga dilakukan sebagai salah satu pertimbangan struktural.

b. Fero semen (*ferrocement*)

Mortar semen yang diberi anyaman kawat baja. Beton ini mempunyai ketahanan terhadap retakan, ketahanan terhadap patah lelah, daktilitas, fleksibilitas dan sifat kedap air yang lebih baik dari beton biasa.

c. Beton serat (*fibre concrete*)

Komposit dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, dapat berupa serat plastik/baja. Beton serat lebih daktil daripada beton biasa, dipakai pada bangunan hidrolik, landasan pesawat, jalan raya dan lantai jembatan.

d. Beton siklop

Beton biasa dengan ukuran agregat yang relatif besar-besar. Agregat kasar dapat sebesar 20 cm.

e. Beton hampa

Seperti beton biasa, namun setelah beton tercetak padat, air sisa reaksi hidrasi disedot dengan cara vakum (vacuum method)

f. Beton ekspose

Beton ekspose adalah beton yang tidak memerlukan proses finishing, biasanya beton ini dihasilkan dengan menggunakan bahan bekisting yang dapat menghasilkan permukaan beton yang halus (misal baja dan multiplek film). Beton ini sering dijumpai pada gelagar jembatan, lisplang, kolom dan balok bangunan.

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Saat ini, beton mendominasi material yang paling sering digunakan dalam konstruksi bangunan. Beton dinilai memiliki tingkat kekokohan yang tinggi serta tahan api. Berikut ini adalah ulasan tentang kelebihan dan kekurangan material beton.

1. Kelebihan beton

- a. Biaya pembuatan beton cukup murah karena bahan-bahan penyusunnya bisa diperoleh dari daerah lokal, kecuali semen portland yang harus didatangkan dari luar daerah.
- b. Biaya pemeliharaan beton juga cukup murah karena daya tahannya yang tinggi.
- c. Beton tahan terhadap aus serta tahan api dan air sehingga memberi rasa aman lebih bagi penghuninya
- d. Memiliki daya kekuatan dan daya dukung yang sangat tinggi sehingga dapat diaplikasikan pada segala desain bangunan.
- e. Beton tidak mudah terpengaruh oleh lingkungan dan tidak berisiko mengalami korosi atau pembusukan.
- f. Partikel-partikel pada beton mampu membentuk susunan yang padat dengan ukuran lebih kecil.

- g. Beton memiliki sifat yang fleksibel, mudah dibuat dalam bentuk dan ukuran sesuai dengan keinginan tanpa mengurangi kualitasnya secara langsung.
2. 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 pori-porinya. Air tersebut justru bisa merusak beton secara perlahan terutama jika air mengandung kadar garam yang tinggi.

2.2.4 Sifat-Sifat Beton

Sifat dan karakteristik beton mempengaruhi performa dan aplikasinya dalam konstruksi. Berikut adalah beberapa sifat dan karakteristik utama beton:

1. Beton Segar
- a. Kemudahan pengerjaan/*Workability*, umumnya dinyatakan dalam besaran nilai slump (cm) dan dipengaruhi oleh:
 - 1) Jumlah air yang dipakai. Makin banyak air, beton makin mudah dikerjakan
 - 2) Penambahan semen. Semen bertambah, air juga ditambah agar FAS tetap, maka beton makin mudah dikerjakan
 - 3) Gradasi campuran pasir dan kerikil
 - 4) Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai
 - 5) Pemakaian butir-butir batuan yang bulat

b. Segregasi, kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, peluang segregasi diperbesar dengan:

- 1) Campuran yang kurus/kurang semen
- 2) Pemakaian air yang terlalu banyak
- 3) Semakin besar butir kerikil yang dipakai
- 4) Campuran yang kasar, atau kurang agregat halus
- 5) Tinggi jatuh pengecoran beton yang terlalu tinggi

c. Bleeding, kecenderungan air campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan.

Hal ini dapat dikurangi dengan cara:

- 1) Memberi lebih banyak semen dalam campuran
- 2) Menggunakan air sesedikit mungkin
- 3) Menggunakan pasir lebih banyak
- 4) Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetaran pemadatan sesuai dengan nilai slump campuran

2. Beton Keras

a. Sifat jangka pendek

1) Kuat tekan, dipengaruhi oleh:

- a) Perbandingan air semen dan tingkat pemadatan
- b) Jenis semen dan kualitasnya
- c) Jenis dan kekasaran permukaan agregat
- d) Umur (pada keadaan normal, kekuatan bertambah sesuai dengan umurnya).
- e) Suhu (kecepatan pengerasan bertambah dengan naiknya suhu)

f) Perawatan

2) Kuat Tarik

Kuat tarik beton berkisar $\frac{1}{18}$ kuat tekan beton saat umurnya masih muda dan menjadi $\frac{1}{20}$ sesudahnya. Kuat

tarik berperan penting dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu.

3) Kuat geser

Didalam prakteknya, kuat tekan dan tarik selalu diikuti oleh kuat geser.

b. Sifat jangka Panjang

1). Rangkak, adalah peningkatan deformasi (regangan) secara bertahap terhadap waktu akibat beban yang bekerja secara konstan, dipengaruhi oleh:

- a) Kekuatan. Rangkak berkurang bila kuat tekan makin besar
- b) Perbandingan campuran. Bila FAS berkurang maka rangkak berkurang
- c) Agregat. Rangkak bertambah bila agregat halus dan semen bertambah banyak
- d) Umur. Kecepatan rangkak berkurang sejalan dengan umur beton

2). Susut, adalah berkurangnya volume beton jika terjadi kehilangan kandungan uap air akibat penguapan, dipengaruhi oleh:

- a) Agregat berperan sebagai penahan susut pasta semen
- b) Faktor air semen efek susut makin besar jika FAS makin besar
- c) Ukuran elemen beton. Laju dan besarnya penyusutan berkurang jika volume elemen beton makin besar.

2.3 Material Penyusun Beton

Material yang digunakan dalam pembuatan beton diantaranya adalah semen Portland dan agregat halus (pasir), hanya saja dalam penelitian ini ditambahkan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen. Material penyusun beton diantaranya adalah:

2.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang tersendiri 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 2094:2015). Perlu diketahui tipe semen yang digunakan karena jenis atau tipe semen yang akan digunakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, jadi sangat perlu diketahui tipe semen yang distandarisi di Indonesia. Semen Portland dibedakan menjadi lima jenis atau tipe – tipe semen menurut ASTM C150, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

1. Tipe I: *Ordinary Portland Cement* (OPC), semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
2. Tipe II: *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
3. Tipe III: *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Tipe IV: *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.
5. Tipe V: *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

2.3.2 Agregat halus

Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan saringan No.8 dan tertahan pada saringan No.200. pasir

merupakan bahan tambahan yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan, walaupun demikian kualitas pasir sangat berpengaruh pada beton. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan.

Syarat-syarat agregat halus (pasir) dalam (Khoirunnisah, dkk 2015) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan ASTM C 33 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. Butiran tajam, keras, awet (durable) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
2. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80.
3. Kadar lumpur / bagian yang lebih kecil dari 0,075 mm maksimum 5%.
4. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan natrium hidroksida 3%, jika dibandingkan dengan warna standar atau pembimbing, tidak lebih tua daripada warna standar (sama).
5. Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari kwarsa Bangka, memberikan angka hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20

Pemeriksaan agregat halus perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan dan juga dilakukan untuk mengetahui apakah agregat halus ini memenuhi persyaratan atau tidak. Hasil pemeriksaan ini juga dapat digunakan sebagai data rencana adukan beton yang akan digunakan dalam pembuatan beton

a. Kadar lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur dalam pasir. Agregat halus tidak boleh mengantong lumpur lebih dari 5%. Yang dimaksud lumpur adalah bagian yang lolos

saringan 200 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.

b. Berat jenis agregat halus

Pengujian berat jenis agregat halus dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus/pasir.

c. Gradasi agregat atau modulus halus butir agregat

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah 9,60; 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30; dan 0,15 mm. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa modulus halus butir (mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Mhb menunjukkan; ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persentase kumulatif butiran yang tertahan dibagi 100. Semakin kecil nilai mhb menunjukkan semakin halus atau kecil butir-butir agregatnya. Sebagaimana ditentukan sesuai (SNI-03-2834-2000) tampak pada table 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Batas-batas gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentasi berat butir yang lolos saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,60	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Tabel gradasi agregat halus (SNI-03-2834-200)

- 1) Zona I = Pasir Kasar
- 2) Zona II = Pasir Agak Kasar
- 3) Zona III = Pasir Agak Halus
- 4) Zona IV = Pasir Halus

2.3.3 Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai dengan (PBI 1971) adalah sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Pemakaian air pada campuran harus pas karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan *beton* yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi

tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan *beton* yang dihasilkan.

2.4 Abu Sekam Padi

Bahan campuran tambahan semen dalam beton adalah abu sekam padi. Abu sekam padi merupakan limbah yang diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi. Abu sekam padi merupakan material yang bersifat *pozzolanic* dalam arti kandungan material terbesarnya adalah silika dan baik untuk digunakan dalam campuran pozzolan kapur yaitu mengikat kapur bebas yang timbul pada waktu hidrasi semen. Silika dapat bereaksi dengan kapur membentuk klasium silika hidrat sehingga menghasilkan ketahanan dari beton bertambah besar karena berkurangnya kapur. Pada pembakaran sekam padi, semua komponen organik di ubah menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan Air (H_2O) dan tinggal abu yang merupakan komponen anorganik.

Oleh karena itu abu sekam padi yang mengandung ikatan campuran senyawa karbon dan silika sangatlah berpengaruh terhadap kekuatan beton, hasil pembakaran sekam padi yang alami mengandung senyawa karbon aktif memiliki struktur amorf dan ruang pori. Pori tersebut berukuran sangat kecil dan dapat berbentuk seperti celah panjang yang dapat mengikat kapur bebas pada saat proses hidrasi semen.

Secara tradisional sekam padi biasanya digunakan masyarakat sebagai bahan batu bata dan menghasilkan limbah abu sekam padi. Material ini juga dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada paving block karena kandungan silikanya yang sangat besar. Komposisi kimia yang terkandung dalam abu sekam padi adalah seperti tabel berikut:

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi (%)

Bahan	Temperature				
	Origin (%)	400°(%)	600°(%)	700°(%)	1000°(%)
SiO_2	88.01	88.05	88.67	92.15	95.48
MgO	1.17	1.13	0.84	0.51	0.50
SO_3	1.12	0.83	0.81	0.79	0.09

Bahan	Temperature				
	Origin (%)	400°(%)	600°(%)	700°(%)	1000°(%)
CaO	2.56	2.02	1.73	1.60	1.16
K ₂ O	5.26	6.48	6.41	3.94	1.28
NaO ₂	0.79	0.76	1.09	0.99	0.73
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	0.29	0.74	0.46	0.00	0.43

Sumber : Hwang, C.L., (2002)

2.5 Mutu Beton

Mutu beton mengacu pada kekuatan dan kualitas beton yang ditentukan oleh kekuatan tekan yang dapat ditahan oleh beton per satuan luas. Mutu beton biasanya dinyatakan dalam satuan MPa (megapascal) atau kg/cm², yang mengindikasikan kekuatan tekan beton setelah 28 hari pengerasan (curing). Beton merupakan campuran antara semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan campuran yang membentuk massa padat. Untuk mutu beton f_c beton ke K dapat di lihat pada Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Konversi dari mutu beton f_c ke K

Mutu beton K (kg/cm ²)	Mutu beton f_c Mpa (N/mm ²)
K-100	f_c 8,3
K-150	f_c 12,35
K-175	f_c 14,53
K-200	f_c 16,60
K-225	f_c 18,68
K-250	f_c 20,75
K-275	f_c 22,83
K-300	f_c 24,90
K-350	f_c 29,05
K-400	f_c 33,20
K-450	f_c 37,35
K-500	f_c 41,50

Sumber: DPUPKP

2.6 Pengujian Beton

Pengujian yang akan dilakukan di laboratorium meliputi pengujian kuat tekan, uji daya serap dan *Half cell potensial* (HCP). Berikut penjelasan masing-masing pengujian:

2.6.1 Uji Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besaran beban yang mampu ditahan per satuan luas sebuah beton sehingga beton tersebut hancur akibat gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut (Sni 03-0691-1996), Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

σ = Kuat tekan (kg/cm³)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Kuat tekan beton rata-rata beton didapat dari perhitungan jumlah kuat tekan beton dibagi dengan jumlah sampel yang diuji. Umur benda uji yang akan dilakukan adalah pada umur 7 hari, 28 hari, 91 hari. Adapun rumus rata-rata kuat tekan sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

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

Σ = simbol sigma (menunjukkan penjumlahan)

X = nilai data

n = banyaknya data

Standar deviasi memberikan informasi tentang seberapa besar variasi atau penyebaran data kuat tekan beton dari nilai rata-ratanya. Semakin kecil nilai standar deviasi, semakin seragam kualitas beton yang dihasilkan. Sebaliknya, nilai standar deviasi yang besar menunjukkan variasi kualitas beton yang kurang seragam. Adapun standar deviasi yang digunakan, terdapat pada persamaan 2.3 berikut ini.

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

Keterangan:

S = standar deviasi

$\sum$ = simbol sigma (menunjukkan penjumlahan)

X_i = nilai data ke- i

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

N = jumlah data dalam sampel

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. 4 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*

2.6.2 Uji Daya Serap

Uji daya serap merupakan salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu material, khususnya beton, dalam menyerap air. Semakin besar daya serap air suatu material, maka semakin banyak pori-pori yang terdapat pada material tersebut.

a. Berat kering (A)

Untuk mendapatkan nilai berat kering (A) dilakukan pengovenan *beton* selama 9 jam pada suhu 150°C. Setelah dioven, kemudian didiamkan selama 30 menit untuk ditimbang berat kering oven (A). setelah itu direndam selama 14 jam.

b. Berat SSD/kering permukaan (C)

Setelah direndam selama 14 jam, benda uji dimasak selama 5 jam. Setelah itu, benda uji diangkat dan diamkan selama 3 jam. Setelah itu benda uji ditimbang dalam air menggunakan timbangan berat jenis (*specific gravity*). Kemudian lap permukaan benda uji hingga benda uji SSD dan selanjutnya benda uji ditimbang SSD (C)

Adapun rumus untuk mencari nilai rata- rata penyerapan air berdasarkan SNI 03-2914-1992 adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

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

$\sum$ = simbol sigma (menunjukkan penjumlahan)

X = nilai data

n = banyaknya data

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan daya serap air adalah sebagai berikut:

$$\text{Daya serap air} = \frac{C-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

C = berat SSD/kering permukaan

A = berat kering setelah dioven

2.6.3 *Half-Cell Potensial*

Metode pengukuran *half-cell potential* merupakan salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengindikasikan tingkat korosi dari tulangan yang berada di dalam beton. Pengukuran yang dilakukan didasarkan pada beda potensial tulangan yang berada didalam beton relatif terhadap referensi *half-cell* yang ditempatkan pada permukaan beton.

Metode ini telah secara luas dikembangkan dan digunakan di karenakan kemampuannya dalam memprediksi karat pada tulangan beton. Standar yang digunakan dalam melakukan pengukuran karat dengan menggunakan metode potensial *Half-Cell* ini mengacu ASTM C876 *Standard Test Method for Half-Cell potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*.

Sel yang digunakan sebagai acuan biasanya adalah tembaga sulfat (CuSO_4) atau perak klorida (AgCl). Perbedaan tipe sel yang digunakan akan mengakibatkan perbedaan nilai dari potensial permukaan dan koreksi terhadap hasil yang sesuai dengan sel standar mungkin diperlukan selama melakukan interpretasi terhadap hasil pemeriksaan. Gambar di bawah memperlihatkan skema pengukuran potensial tulangan.

1. Prinsip Kerja *Half-Cell Potensial*

Pengukuran yang dilakukan umumnya didasarkan pada beda potensial tulangan yang berada di dalam beton relatif terhadap referensi *half-cell* yang ditempatkan pada permukaan beton. *Half-cell* yang digunakan biasanya tembaga/ tembaga sulfat atau perak/sel *chloride* perak tetapi ada juga yang menggunakan kombinasi bahan lainnya. Sementara beton berfungsi sebagai elektrolit dan kemungkinan korosi

pada tulangan pada lokasi uji secara empiris terkait dengan perbedaan potensial yang terukur.

2. Interpretasi hasil pengukuran

Hasil pembacaan berupa beda potensial (mV), semakin tinggi beda potensial maka semakin tinggi indikasi korosi tulangan di dalam beton. Tabel berikut menunjukkan hubungan beda potensial (mV) dengan tingkat korosi (%)

Tabel 2. 5 Hubungan beda potensial dengan tingkat korosi

<i>Half-cell potential (mV)</i>		Resiko kemungkinan korosi
Elektroda Cu/CuSO₄	Elektroda Ag/AgCl	
> - 200	> -106	Rendah (10% resiko korosi)
-200 ke -350	-106 ke -256	Menengah
< - 350	< - 256	Tinggi (> 90% resiko korosi)
< - 500	< - 256	Sangat tinggi

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

3. Pemetaan Korosi Tulangan

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pengukuran potensial half cell ini antara lain adalah:

- Tipe elektrode yang digunakan, hal penting terkait dengan tipe elektrode yang digunakan dalam melakukan pengukuran nilai potensial half cell ini adalah apabila elektrode acuan menggunakan perak klorida (AgCl), maka nilai bacaan untuk nilai potensial Half Cell adalah 110 mV lebih tinggi pada suhu 20° C dari pada nilai bacaan dengan menggunakan tembaga sulfat (CuSO₄) seperti yang dijelaskan dalam ASTM C876, apabila pembacaan dengan menggunakan Ag/AgCl menunjukkan nilai -

250 mV, maka bacaan dengan menggunakan Cu/CuSO₄ akan memberikan nilai -360 mV.

- b. Meskipun kontak basah diperlukan antara half cell dan beton, pembasahan yang dilakukan pada permukaan beton dapat secara signifikan menyebabkan potensial yang lebih negatif hingga lebih dari 200 mV, sedangkan pembasahan beton secara menyeluruh akan menyebabkan hilangnya oksigen, menyebabkan nilai potensial lebih negatif daripada -700 mV.
- c. Studi pada beton yang mengalami karbonasi menunjukkan bahwa bacaan untuk potensial half cell berada pada kisaran -200 mV sampai dengan -500 mV tetapi dengan memperhatikan adanya gradien potensial yang lebih rendah dari pada yang terlihat pada kontaminasi klorida eksternal.
- d. Apabila terdapat klorida dalam beton, akibat penggunaan bahan tambah kalsium klorida CaCl₂ (accelerator) dalam campuran beton asli, korosi yang terjadi biasanya berada dalam kisaran nilai antara +100 mV sampai -400 mV.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Universitas Sulawesi Barat, dengan judul **“Kinerja Beton Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen: Uji Mekanik Dan Durabilitas”**, penulis menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan abu sekam padi (ASP) sebagai pengganti sebagian semen paling optimal pada kadar 10% (sampel UNA-TT) karena mampu meningkatkan kuat tekan beton dari 22,64 Mpa pada umur 7 hari hingga 25,89 Mpa pada umur 91 hari. Sebaliknya, penggunaan ASP 20% (sampel UNB-TT) justru menurunkan kinerja kuat tekan pada beton.
2. Penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kualitas beton dalam hal daya serap air, terutama pada variasi UNA-TT (ASP 10%), yang menunjukkan performa paling stabil dan rendah dalam menyerap air pada kedua umur (baik 28 maupun 91 hari). Sedangkan Pada variasi N-TT(ASP 0%) beton justru menunjukkan peningkatan daya serap, yang berarti kemunduran kualitas mikrostruktur seiring waktu. Penambahan ASP hingga 20% variasi UNB-TT justru menunjukkan peningkatan daya serap pada umur 28 hari kemudian mengalami peningkatan pada umur 91 hari meskipun peningkatan tidak secara signifikan.
3. Hasil pengujian *half cell potencial* menunjukkan, sampel N-TT (ASP 0%) dan UNA-TT (ASP 10%) menunjukkan risiko korosi menengah pada awal umur beton kemudian pada umur beton yang lebih tua (91 hari) beton menunjukkan risiko korosi yang rendah, sedangkan UNB-TT (ASP 20%) menunjukkan risiko korosi tinggi di awal (umur 3 dan 12) dan pada umur 15 hingga 35 menunjukkan resiko korosi menengah dan beralih ke risiko korosi rendah di umur yang lebih tua (91 hari).

5.2 Saran

Mengingat temuan penelitian yang ada, saran-saran berikut perlu dipertimbangkan. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode pencampuran dan perawatan yang berbeda.

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan persentase penambahan abu sekam padi antara 5% dan 15% untuk menemukan rasio substitusi yang paling optimal.
2. Sangat disarankan untuk melakukan perawatan dan perlakuan yang lebih maksimal, seperti pengujian pada umur beton yang lebih tua misalnya 180 hari, untuk melihat potensi peningkatan nilai kuat tekan lebih lanjut.
3. Sangat penting untuk mengontrol kadar abu sekam padi dengan tepat karena penggunaan yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials [ASTM], C150, TypesOf Portland Cement, ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], C-188, Standard specification for Concrete Agregates, ASTM.
- American Society for Testing and Materials [ASTM], C33, Standar Spesifikasi Agregat Untuk Beton.ASTM.
- Bhandari and H. Gaese. "Evaluation of Box Type Paddy Dryers in South Sumatra, Indonesia". Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 08 011. Vol. X. July, 2008
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. SNI 2847:2013, Defenisi Beton. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2015. SNI 15-2049:2015, Semen Portland. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990.SNI 03-1969-1990, Berat Jenis dan Penyerapan (absorpsi) Guna Menentukan Volume Agregat Harus dalam Kondisi SSD. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002.SNI-02-2847-2002, Tabel Konversi Mutu Beton K ke Fc' Mpa. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1991. SK SNI T - 15-1991-03, Penentuan Ukuran Butiran Agregat Halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012.SNI 7656:2012, Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa.Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011.SNI 2493-2011, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. SNI 2847-2019, Agregat Halus Lolos Saringan No.4. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. SNI 03-1971-2011, Syarat Penentuan Kadar Air Agregat Halus. Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1970-1990, Pengujian Berat Jenis Agregat Halus. Jakarta, BSN.

- Badan Standarisasi Nasional, 1989. SNI M-14-1989, Prosedur Pembuatan Beton . Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 1996. SNI-03-0691-1996, Tabel Sifat-Sifat Fisika Beton. Jakarta, BSN.
- Faisal Estu Yulianto, & Mukti, M. H. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi pada Kuat Tekan Beton Campuran 1 pc : 2 ps : 3 kr. *Jurnal Saintek Universitas Airlangga*, 12(2), 74–78.
- Hendramawat Aski Safarizki, & Wahyu Aji Pamungkas, dan. (n.d.). *BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA ERA NEW NORMAL*.
- Hardiyati, C., Sudarman, & Charol Vincenthius Tethool, Y. (2023). PEMANFAATAN LIMBAH ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BETON NORMAL DI KABUPATEN MANOKWARI SELATAN. *Prosiding SEMSINA*, 4(01). <https://doi.org/10.36040/semsina.v4i01.7938>
- Handayani, P. A., Nurjanah, E., & Rengga, W. D. P., 2014. Pemanfaatan limbah sekam padi menjadi silika gel. *Jurnal bahan alam terbarukan*, Vol. 3, No. 2, pp. 55-59.
- Khoirunnisah, Mona and Putra, Sevren Buana (2015) PENGARUH ABU CANGKANG SAWIT UNTUK SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK. Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Mulyono, T., 2004., Teknologi Beton, Andi, Yogyakarta
- Musbar, M., Rizal, F., & Mahyar, H. (2017). PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BETON AGROPOLYMER. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2). <https://doi.org/10.30811/portal.v2i2.486>
- Muhammad Farhan, M., Nuklirullah, M., & Bahar, F. F. (2023). Pengaruh

- Penggunaan Abu-Sekam Padi sebagai Bahan Tambahan Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 21(1), 58–67. <https://doi.org/10.37031/jt.v21i1.351>
- Mehta, P. K., July 2002, "Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development," *Concrete International*, V. 24, No. 7, pp. 23-28.
- Neroth, G., & Vollenschaar, D. (2011). *Beton*. Wendeorst Baustoffkunde, 2400, 247-381. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9919-4_5
- Patah, D. and Dasar, A. (2022) ‘Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM)’, *Journal of the Civil Engineering Forum*, 8(September), pp. 261–276. Available at: <https://doi.org/10.22146/jcef.3488>.
- Pada, S., Beton, C., Iqbal, R. M., & Hayu, G. A. (n.d.). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi 10 % Dan Limbah Kaca Sebagai Bahan*. 6–15.
- Rodrigues, F.A and Joeques, I. (2010) *Industri Semen: Keberlanjutan, Tantangan dan Prospek* Juni 2010 *Surat Kimia Lingkungan* 9(2):151-166 DOI: 10.1007/s10311-010-0302-2
- Samsudin, Sugeng Dwi Hartantyo, (2017). *STUDI PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. <https://arpumiko.wordpress.com>
- Srivastava, Vikas, S.P Gautam dkk. (2014). *Glass Wastes As Waste Aggregate in Concrete*. *J. Environ Nanotechnol* Vol.3 No.1 pp.67-71
- Trimurtiningrum, R. (2021). *PENGARUH PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN TERHADAP WORKABILITAS, RESAPAN DAN KUAT TEKAN BETON*. *Pawon: Jurnal Arsitektur*, 5(2), 201–212. <https://doi.org/10.36040/pawon.v5i2.3470>