

ANALISIS KETAHANAN BETON DENGAN MEMANFAATKAN ABU SEKAM PADI (RICE HUSK ASH) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA LINGKUNGAN SULFAT

Rakka Pradyatama Santosa^{*}, Abdul Rochman, Hafizh Maulana Sulaiman

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jalan A. Yani Tromol 1 Pabelan, Sukoharjo, Jawa Tengah

*Email : d100180031@student.ums.ac.id

Abstrak

Saat ini beton dikenal sebagai bahan bangunan yang sangat populer dan berbahan dasar agregat, air, semen Portland, atau yang biasa disebut dengan beton konvensional. Permintaan beton sebagai bahan bangunan utama semakin meningkat dari tahun ke tahun. Kini dengan kemajuan teknologi ditemukan bahan tambah atau alternatif campuran beton. Untuk meningkatkan durabilitas beton juga perlu adanya bahan tambah mineral seperti pozzolan ke dalam campuran beton, abu sekam padi merupakan bahan tambahan berupa pozzolan, termasuk bahan tambahan mineral yang digunakan untuk meningkatkan kinerja beton. Abu sekam padi mengandung Silika (SiO_2) dalam jumlah besar yaitu 89,64%, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai pozzolan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui daya tahan beton dengan abu sekam padi sebagai substitusi semen di lingkungan normal dan lingkungan sulfat. Presentase substitusi abu sekam padi sebesar 5%, 10%, 15% dari total semen. Perencanaan campuran beton yang digunakan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana 25 Mpa pada pengujian umur beton 28 hari dan 56 hari dengan menggunakan jumlah benda uji sebanyak 60 sampel. Dari penelitian yang dilakukan, substitusi 5% abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton dan modulus elastisitas sebesar 6,76%-16,18% akan tetapi menurunkan permeabilitas beton.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Lingkungan sulfat, Pozzolan

Abstract

Currently, concrete is known as a building material that is very popular and is made from aggregate, water, Portland cement, or what is commonly called conventional concrete. The demand for concrete as the main building material is increasing from year to year. Now with technological advances found added materials or alternatives concrete mixes. To increase the durability of concrete, it is also necessary to have mineral additives such as pozzolan into the concrete mixture. Rice husk ash is an additional material in the form of pozzolan, including mineral additives used to improve concrete performance. Rice husk ash contains Silica (SiO_2) in large quantities, namely 89,64%, so it can be classified as a pozzolan. The purpose of this study was to determine the durability of concrete with rice husk ash as a substitute for cement in normal and sulfate environments. The percentage of rice husk ash substitution is 5%, 10%, 15% of the total cement. The design of the concrete mixture used refers to SNI 03-2834-2000 with a design compressive strength of 25 Mpa for testing the age of concrete at 28 days and 56 days using 60 samples of specimens. From the research conducted, substitution of 5% rice husk ash can increase the compressive strength of concrete and the modulus of elasticity of concrete by 6,76%-16,18% but decreases the permeability of concrete.

Keyword: Pozzolan, Rice Husk Ash, Sulphate environment

1. PENDAHULUAN

Saat ini beton dikenal sebagai bahan bangunan yang sangat populer yang berbahan dasar agregat, air, dan semen portland, atau yang biasa disebut dengan beton konvensional. Beton konvensional banyak digunakan dalam pembangunan berbagai infrastruktur (Pratama & Nasrullah., 2020). Permintaan beton sebagai bahan bangunan utama semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pertumbuhan penduduk, perkembangan teknologi, dan pelaksanaan

pembangunan berkelanjutan (Musbar dkk., 2010).

Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas campuran beton, tetapi secara desain dibatasi oleh kuat tekan beton. Untuk membuat beton dengan kuat tekan yang tinggi, perlu untuk mengurangi jumlah air yang dikonsumsi dan jumlah air dalam semen, namun hal tersebut akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan. Kini dengan kemajuan teknologi ditemukan bahan tambah atau alternatif campuran beton (Abdi et al., 2018). Untuk meningkatkan durabilitas beton juga perlu adanya

bahan tambah mineral seperti *pozzolan* ke dalam campuran beton, abu sekam padi mengandung silika (SiO_2) dalam jumlah besar yaitu 89,64%, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai *pozzolan* (Suhirkam et al., 2012). Abu sekam padi merupakan sumber *pozzolan* yang potensial sebagai material yang bersifat cementitious (*Supplementary Cementitious Material*) setelah proses karbonisasi. Sekam padi memiliki sifat *pozzolan* yang sangat tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton atau sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan semen. Secara ekologis, dapat mengurangi dampak emisi gas rumah kaca dan penggunaan bahan bakar fosil di industri semen (Yusnar et al., 2013).

Sifat ketahanan agregat terhadap perubahan cuaca disebut daya tahan atau durabilitas. Sifat ini menunjukkan kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan karena perubahan kondisi lingkungan, seperti pembekuan, perubahan suhu dan pergantian musim kemarau dan hujan. Uji ketahanan dapat dilakukan juga dengan direndam pada larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) atau magnesium sulfat (MgSO_4) (Tjokrodiluljo, 2007). Kandungan sulfat yang hadir baik dalam tanah dan air tanah, membusuknya bahan organik, maupun limbah industri yang mengelilingi sebuah struktur beton dapat menimbulkan ancaman bagi daya tahan jangka panjang dari beton tersebut (P & Tanzil, 2013).

Berdasarkan latar belakang diatas dan ketersediaan abu sekam padi yang belum dimanfaatkan secara maksimal, maka akan dilakukan penelitian terhadap durabilitas beton dengan bahan pengganti sebagian semen dengan abu sekam padi dan bahan tambah *superplasticizer*. Persentase abu sekam padi yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam dunia konstruksi kedepannya dengan memanfaatkan limbah yang ada.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan seperti agregat halus yang digunakan adalah pasir merapi, agregat kasar yang digunakan didapatkan dari Panca Beton *Readymix*, semen yang digunakan adalah semen tipe 1 dengan merek semen Gresik, air yang digunakan menggunakan air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, abu sekam padi berasal dari pembuat batu bata di Desa Kaling,

Tasikmadu, Karanganyar. *Superplasticizer* yang dipakai adalah *Sika visconcrete-1003*.

2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Kerucut *abram's* untuk pengujian *Saturated Surface Dry* agregat halus, mesin *los angeles* untuk pengujian keausan agregat kasar, pengguncang saringan (*shaker*) untuk menggoyangkan saringan set, saringan untuk pengujian gradasi agregat dan penyortiran agregat kasar, *bekisting* untuk mencetak sampel beton, *slump cone* untuk pengujian *slump*, *concrete mixer* untuk mencampur adonan beton, CTM (*Compression Testing Machine*) digunakan untuk pengujian kuat tekan beton, UTM (*Universal Testing Machine*) digunakan untuk pengujian kuat tarik beton, *Water Permeability apparatus machine* digunakan untuk pengujian permeabilitas beton, gelas ukur untuk menakar air, *oven* untuk memanaskan agregat pada pengujian material penyusun beton, *picnometer* untuk pengujian berat jenis, timbangan digital untuk menimbang bahan penyusun beton dan sampel beton.

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Diponegoro. Penelitian ini memiliki tahapan yang dibagi menjadi 5 tahapan, yaitu: Tahap I, diawali dengan persiapan alat dan bahan, tahapan ini mempersiapkan alat dan bahan dengan baik agar mendapatkan hasil yang maksimal. Tahap II, melaksanakan pengujian terhadap bahan yang akan digunakan agar sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan dalam pembuatan beton. Tahap III, perencanaan campuran beton dan pembuatan benda uji dengan *mix design* SNI 03-2834-2000 dan dilanjutkan uji *slump*, selanjutnya dilakukan pencetakan benda uji dengan cetakan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Tahap IV, pengujian benda uji, pada tahapan ini dilakukan pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan permeabilitas pada beton umur 28 hari dan 56 hari setelah perendaman air sulfat. Tahap kelima analisis pembahasan, analisa tersebut merupakan pembahasan dari penelitian yang kemudian dapat diketahui hasilnya dan dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran. Proporsi campuran beton dan jumlah pembuatan benda uji dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1
Perencanaan benda uji beton

| Material | Jumlah penggunaan per 10 silinder | | | | Satuan |
|------------------|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|
| | BN | ASP5% | ASP10% | ASP15% | |
| Semen | 23,71 | 22,53 | 21,34 | 20,16 | Kg |
| Agregat Halus | 37,54 | 37,54 | 37,54 | 37,54 | Kg |
| Agregat Kasar | 45,88 | 45,88 | 45,88 | 45,88 | Kg |
| Abu Sekam Padi | - | 1,19 | 2,37 | 3,56 | Kg |
| Air | 10,43 | 10,43 | 10,43 | 10,43 | Liter |
| Superplasticizer | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | Liter |

Tabel 2
Jumlah benda uji

| Kode sampel | Umur pengujian (hari) | Pengujian | | Jumlah |
|-------------|-----------------------|----------------------------------|---------------|--------|
| | | kuat tekan & modulus elastisitas | permeabilitas | |
| BN | 28 & 56 | 10 | 5 | 15 |
| ASP5% | 28 & 56 | 10 | 5 | 15 |
| ASP10% | 28 & 56 | 10 | 5 | 15 |
| ASP15% | 28 & 56 | 10 | 5 | 15 |
| Jumlah | | | | 60 |

Keterangan :

- BN : Beton Normal
- ASP5% : Beton abu sekam padi 5%
- ASP10% : Beton abu sekam padi 10%
- ASP15% : Beton abu sekam padi 15%

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Ikatan Awal Semen

Hasil pemeriksaan ikatan awal semen pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3
Pengujian ikatan awal semen

| Material | Hasil | Spesifikasi | Kesimpulan |
|-----------------------------|-------|--------------|------------|
| Semen | 66 | 45-375 menit | Memenuhi |
| Semen dengan abu sekam padi | 55 | 45-375 menit | Memenuhi |

3.2 Pengujian Agregat Halus

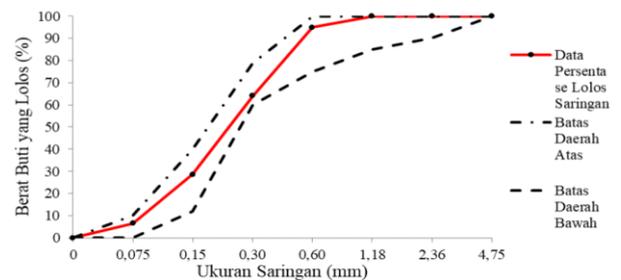
Hasil pemeriksaan agregat halus pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4
Pengujian agregat halus

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Standar | Kesimpulan | Standar SNI |
|-----------------------------|-----------------|-------------|------------|----------------|
| Kandungan Organik | No. 1 | ≤ No. 3 | Memenuhi | SNI 2816:2014 |
| Saturated Surface Dry (SSD) | Kedaaan SSD | Kedaaan SSD | Memenuhi | SNI 1970:2008 |
| Berat Jenis | 2,7 | 2,50-2,70 | Memenuhi | Mulyono (2003) |
| Penyerapan Air | 2,88% | < 3% | Memenuhi | SNI 1920:2008 |

Tabel 4 (Lanjutan)

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Standar | Kesimpulan | Standar SNI |
|-----------------------|-----------------|-------------|------------|---------------|
| Kandungan Lumpur | 2,71% | < 5% | Memenuhi | SNI C117:2012 |
| Gradasi Agregat Halus | Daerah II | Daerah I-IV | Memenuhi | SNI C136:2012 |



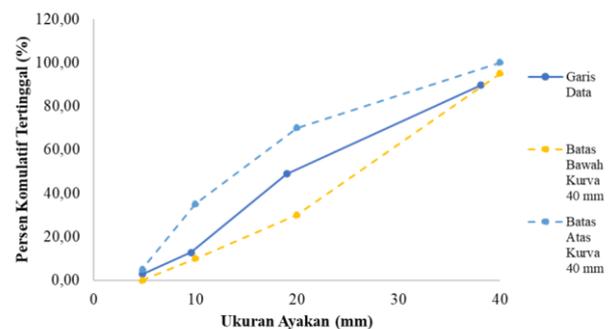
Gambar 1. Grafik gradasi agregat halus

3.3 Pengujian Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar pada penelitian ini disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5
Pengujian agregat kasar

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Standar | Kesimpulan | Standar SNI |
|-----------------------|-----------------|------------------------|------------|---------------|
| Keausan | 25,90% | < 40% | Memenuhi | SNI 2417:2008 |
| Berat Jenis | 2,61% | 2,50-2,70 | Memenuhi | SNI 1969:2007 |
| Penyerapan Air | 2,86% | < 3% | Memenuhi | SNI 1969:2008 |
| Gradasi Agregat Halus | Daerah 40 mm | Daerah 20 mm dan 40 mm | Memenuhi | SNI C136:2012 |



Gambar 2. Grafik gradasi agregat kasar

3.4 Pemeriksaan Slump

Pemeriksaan *slump* bertujuan untuk mengetahui nilai kekentalan beton segar dan kemudahan beton (*workability*). Hasil dari pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6
Pemeriksaan slump

| Benda Uji | Sampel 1 (cm) | Sampel 2 (cm) | Sampel 3 (cm) | Rata-Rata (cm) |
|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| BN | 7,00 | 7,00 | 9,00 | 7,83 |
| ASP5% | 8,50 | 8,80 | 9,00 | 8,77 |
| ASP10% | 6,50 | 6,00 | 8,00 | 6,83 |

3.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. pengujian dilakukan menggunakan mesin *Compression Testing Machine* (CTM). Hasil dari pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7.
Pengujian kuat tekan 28 hari (curing air suling)

| Benda Uji | Sampel 1 (MPa) | Sampel 2 (MPa) | Sampel 3 (MPa) | Rata-Rata (MPa) |
|-----------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| BN | 19,81 | 22,64 | 22,07 | 21,51 |
| ASP5% | 28,30 | 21,51 | 27,16 | 25,66 |
| ASP10% | 27,16 | 24,34 | 16,98 | 22,83 |
| ASP15% | 19,24 | 16,41 | 22,07 | 19,24 |

Hasil dari pengujian kuat tekan beton didapatkan nilai kuat tekan masing-masing variasi BN sebesar 21,50 MPa, ASP5% sebesar 25,65 MPa, ASP10% sebesar 22,82 MPa, ASP15% sebesar 19,24 MPa. Nilai kuat tekan optimal pada beton umur 28 hari dengan perawatan curing air suling diperoleh beton ASP5% dengan abu sekam padi pengganti semen sebesar 5% dengan nilai kuat tekan 25,65 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah diperoleh beton ASP 15% sebesar 19,24 MPa. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yulianto & Mukti, 2015) dari penelitian tersebut diperoleh kuat tekan optimum dengan substitusi 5% abu sekam padi yang dapat meningkatkan kuat tekan beton sekitar 6% dari kondisi awalnya. Hal ini disebabkan oleh ASP yang ditambahkan mampu bereaksi dengan material lainnya dan mampu menutupi pori beton dalam bentuk lempengan. 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. Jika proporsi penggunaan ASP tepat dalam beton, dapat menghasilkan beton yang mampu menutupi pori dan memiliki efek yang lebih signifikan pada kuat tekan beton dibandingkan dengan beton tanpa ASP.

Tabel 8.
Pengujian kuat tekan 56 hari (curing larutan sulfat)

| Benda Uji | Sampel 1 (MPa) | Sampel 2 (MPa) | Sampel 3 (MPa) | Rata-Rata (MPa) |
|-----------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| BN | 24,90 | 23,77 | 25,47 | 24,71 |
| ASP5% | 23,77 | 26,60 | 29,15 | 16,50 |
| ASP10% | 21,51 | 20,37 | 15,85 | 19,24 |
| ASP15% | 17,54 | 16,41 | 15,56 | 16,51 |

Hasil dari pengujian kuat tekan beton didapatkan nilai kuat tekan masing-masing variasi BN sebesar 24,71 MPa, ASP5% sebesar 26,50 MPa, ASP10% sebesar 19,24 MPa, ASP15% sebesar 16,51 MPa. Nilai kuat tekan optimal pada beton umur 56 hari dengan perawatan curing air suling diperoleh beton ASP5% dengan abu sekam padi pengganti semen sebesar 5% dengan nilai kuat tekan 26,50 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah diperoleh beton ASP15% sebesar 16,51 MPa. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Farianti et al, 2020) dari penelitian tersebut diperoleh kuat tekan optimum dengan substitusi 6% abu sekam padi yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dikarenakan Abu sekam padi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu 400°C – 500°C akan menjadi silika amorphous dengan itu maka senyawa yang ada di abu sekam padi dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap lingkungan yang agresif, dengan catatan penggunaan abu sekam padi dengan kombinasi campuran yang sesuai.

**Gambar 3. Pengujian kuat tekan**

3.6 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil dari pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9.
Pengujian modulus elastisitas 28 hari (*curing* air suling)

| Benda Uji | Sampel 1 (MPa) | Sampel 2 (MPa) | Rata-Rata (MPa) | Validasi $E=4700\sqrt{f'c}$ |
|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| BN | 26337,02 | 22991,95 | 24664,48 | 25255,55 |
| ASP5% | 26446,66 | 26669,48 | 26558,07 | 24501,48 |
| ASP10% | 25980,97 | 20026,66 | 23003,82 | 22226,46 |
| ASP15% | 24998,64 | 21751,12 | 23374,88 | 21511,60 |

Berdasarkan hasil pengujian modulus elastisitas dari tabel V.9 dapat dilihat bahwa hasil modulus elastisitas terbesar diperoleh oleh ASP5% dengan nilai rata-rata modulus elastisitas 26558,07 MPa, sedangkan hasil modulus elastisitas terendah didapatkan oleh ASP10% dengan nilai rata-rata modulus elastisitas 23003,82 MPa. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa beton dengan penambahan abu sekam padi lebih kuat dibandingkan beton normal, hasil ini senada dengan penelitian yang dilakukan oleh (Raharja et al., 2013). Pengaruh abu sekam padi terhadap modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekannya. Pada beton kinerja tinggi nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan 2,45% - 14,11% dan juga penurunan 5,09%. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas sama seperti halnya yang terjadi pada kuat tekan, yaitu karena kandungan senyawa silika (SiO_2) yang dimiliki abu sekam padi cukup besar dan ukuran butiran abu sekam padi yang sangat kecil sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi (*mikrofiller*) celah atau pori-pori antara butiran agregat halus. Semakin besar penggunaan abu sekam padi pada campuran beton, maka akan semakin rendah nilai workabilitas beton tersebut.

Tabel 10
Pengujian modulus elastisitas 56 hari (*curing* larutan sulfat)

| Benda Uji | Sampel 1 (MPa) | Sampel 2 (MPa) | Rata-Rata (MPa) | Validasi $E=4700\sqrt{f'c}$ |
|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| BN | 19892,00 | 21207,28 | 20549,89 | 24628,77 |
| ASP5% | 24651,65 | 21572,88 | 23112,27 | 25255,55 |
| ASP10% | 24687,11 | 20904,79 | 22795,95 | 22713,48 |
| ASP15% | 22316,11 | 23205,77 | 22783,68 | 20315,56 |

Berdasarkan hasil pengujian modulus elastisitas dari Tabel V.10 dapat dilihat bahwa hasil modulus elastisitas terbesar diperoleh oleh ASP5% dengan nilai rata-rata modulus elastisitas 23112,27 MPa, sedangkan hasil modulus elastisitas terendah didapatkan oleh BN dengan nilai rata-rata modulus elastisitas 20549,89 MPa.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa beton dengan penambahan abu sekam padi lebih kuat dibandingkan beton normal, hasil ini senada dengan penelitian yang dilakukan oleh (Idris et al., 2019) Dibandingkan dengan beton tanpa substitusi abu sekam padi, Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap beton di lingkungan yang tidak terlindung selama 56 hari menunjukkan peningkatan ketahanan beton bahkan kuat tekan juga pada persentase penambahan abu sekam padi sebesar 5% dan 10%. Namun, untuk persentase 15% terjadi penurunan pada perawatan 56 hari.



Gambar 4. Pengujian modulus elastisitas

3.7 Pengujian Permeabilitas Beton

Pengujian permeabilitas beton dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Water Permeability apparatus machine*. Hasil dari pengujian permeabilitas beton dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11
Pengujian permeabilitas 28 hari (*curing* air suling)

| Benda Uji | K Sampel 1 (MPa) | K Sampel 2 (MPa) | K Sampel 3 (MPa) | K Rata-Rata (MPa) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| BN | $1,435 \cdot 10^{-6}$ | $8,796 \cdot 10^{-6}$ | $0,000 \cdot 10^{-6}$ | $1,188 \cdot 10^{-6}$ |
| ASP5% | $3,101 \cdot 10^{-6}$ | $2,361 \cdot 10^{-6}$ | $1,620 \cdot 10^{-6}$ | $2,361 \cdot 10^{-6}$ |
| ASP10% | $1,111 \cdot 10^{-6}$ | $1,435 \cdot 10^{-6}$ | $1,481 \cdot 10^{-6}$ | $1,342 \cdot 10^{-6}$ |
| ASP15% | $1,620 \cdot 10^{-6}$ | $3,888 \cdot 10^{-6}$ | $2,435 \cdot 10^{-6}$ | $2,654 \cdot 10^{-6}$ |

Hasil dari pengujian permeabilitas beton didapatkan nilai permeabilitas masing-masing variasi BN sebesar $1,188 \cdot 10^{-6}$ m/dt, ASP5% sebesar $2,361 \cdot 10^{-6}$ m/dt, ASP10% sebesar $1,342 \cdot 10^{-6}$ m/dt, ASP15% sebesar $2,654 \cdot 10^{-6}$ m/dt. Untuk nilai penetrasi yang memenuhi persyaratan sesuai dengan SK SNI S-36-1990-03 adalah variasi BN dan ASP 10%, Sedangkan untuk variasi ASP 5% dan ASP 15% tidak memenuhi persyaratan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Swetha et al., 2020) dari penelitian tersebut diperoleh daya

tahan dan permeabilitas sifat optimum beton adalah dengan substitusi 10% abu sekam padi yang dapat meningkatkan kekuatan beton, dikarenakan abu sekam padi mengandung sifat *pozzolonic* sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen, jika sampai presentasi di luar itu maka beton mulai kehilangan kekuatannya.

Tabel 12
Pengujian permeabilitas 56 hari (*curing* larutan sulfat)

| Benda Uji | K Rata-Rata (MPa) | K Rata-Rata (MPa) | K Rata-Rata (MPa) |
|-----------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| BN | 1,111.10 ⁻⁶ | 6,9444.10 ⁻⁶ | 9,027.10 ⁻⁶ |
| ASP5% | 1,064.10 ⁻⁶ | 4,027.10 ⁻⁶ | 2,546.10 ⁻⁶ |
| ASP10% | 2,179.10 ⁻⁶ | 1,157.10 ⁻⁶ | 1,666.10 ⁻⁶ |
| ASP15% | 2,777.10 ⁻⁶ | 3,148.10 ⁻⁶ | 2,962.10 ⁻⁶ |

Hasil dari pengujian permeabilitas beton didapatkan nilai permeabilitas masing-masing variasi BN sebesar 9,027.10⁻⁶ m/dt, ASP5% sebesar 2,546.10⁻⁶ m/dt, ASP10% sebesar 1,666.10⁻⁶ m/dt, ASP15% sebesar 2,962.10⁻⁶ m/dt. Untuk nilai penetrasi yang memenuhi persyaratan sesuai dengan SK SNI S-36-1990-03 adalah variasi BN dan ASP10%, Sedangkan untuk variasi ASP5% dan ASP 15% tidak memenuhi persyaratan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ngong et al, 2018) dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa abu sekam padi menunjukkan kinerja yang tinggi dalam larutan *MgSO4* diperoleh peningkatan durabilitas beton pada presentasi 7,5% abu sekam padi sebagai pengganti semen.



Gambar 5. Pengujian permeabilitas beton

3.8 Performa Beton Terhadap Serangan Sulfat

Terjadi penurunan kuat tekan antara variasi perendaman air suling dengan larutan sulfat, namun terjadi kenaikan kuat tekan pada beton abu sekam padi 5% pada variasi perendaman larutan sulfat. Hal ini disebabkan karena abu sekam padi mengandung *pozzolan* dan mampu bereaksi dengan material lainnya yang dapat menutupi

pori beton dalam bentuk lempengan. Hasil performa beton dengan membandingkan kuat tekan beton 28 hari dan 56 hari dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13
Kuat tekan beton umur 28 hari dan 56 hari

| Jenis perendaman | Benda uji | Kuat tekan (Mpa) | Persentase penurunan (%) | Persentase Kenaikan (%) |
|---------------------|-----------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| Air suling | BN | 21,51 | - | - |
| | ASP5% | 25,66 | - | - |
| | ASP10% | 22,83 | - | - |
| | ASP15% | 19,24 | - | - |
| Magnesium Sulfat 5% | BN | 24,71 | 2,95 | - |
| | ASP5% | 26,50 | 3,17 | - |
| | ASP10% | 19,24 | - | 18,66 |
| | ASP15% | 16,51 | - | 16,54 |

Dapat dilihat dari Tabel 13 yaitu jika proporsi penggunaan abu sekam padi tepat dalam beton, dapat menghasilkan beton yang mampu menutupi pori dan memiliki efek yang lebih signifikan pada kuat tekan beton dibandingkan dengan beton tanpa abu sekam padi, terjadi kenaikan pada beton BN dan ASP5% pada perendaman *Magnesium Sulfat* 5% sedangkan pada beton ASP10% dan ASP15% terjadi penurunan kuat tekan beton.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa beton tanpa variasi abu sekam padi memiliki rata-rata berat jenis besar tetapi tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan beton variasi abu sekam padi dengan kenaikan sebesar 1,08%.
2. Dalam pengujian kuat tekan, beton dengan variasi abu sekam padi 5% di lingkungan sulfat dapat meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal dengan kenaikan kuat tekan sebesar 6,76%.
3. Dalam pengujian modulus elastisitas beton, beton normal memiliki nilai modulus rata-rata 24664,48 MPa di perawatan air suling dan rata-rata 20549,89 di lingkungan sulfat. Sedangkan nilai modulus rata-rata beton variasi abu sekam adalah 26558,07 MPa, 23003,82 MPa, 23374,88 MPa di perawatan air suling dan 23112,27 MPa, 22795,95 MPa, 22783,68 MPa di lingkungan sulfat. Sehingga dapat disimpulkan nilai modulus elastisitas beton variasi abu sekam padi 5%

lebih kuat dari pada modulus elastisitas beton lainnya dengan kenaikan sebesar 7,67% dari beton normal.

4. Dalam pengujian permeabilitas beton, beton normal dan beton dengan variasi abu sekam padi 10% memiliki nilai penetrasi rata-rata 25,67 mm dan 29,00 mm di perawatan air suling sedangkan di lingkungan sulfat keduanya memiliki nilai rata-rata penetrasi sebesar 19,50 mm dan 36,00 mm. Sehingga beton normal dan beton variasi abu sekam padi 10% memenuhi syarat SK SNI S-36-1990-03 baik syarat agresif kuat dan agresif sedang, sedangkan untuk variasi abu sekam padi 5% dan 15% nilai rata-rata penetrasinya terlalu besar sehingga tidak memenuhi persyaratan.
5. Beton dengan abu sekam padi kadar 5% dapat meningkatkan performa kuat tekan beton pada lingkungan sulfat yaitu sebesar 3,17 %, hal ini disebabkan karena abu sekam padi mengandung pozzolan dan mampu bereaksi dengan material lainnya yang dapat menutupi pori beton dalam bentuk lempengan. Sedangkan beton ASP 10% dan 15% mengalami penurunan pada kuat tekan beton sebesar 18,66 % dan 16,54 %.

4.2 Saran

Pada penelitian ini yang telah dilakukan tentunya memerlukan berbagai pengembangan kedepannya, untuk itu pada penelitian ini diperlukan saran untuk penelitian selanjutnya supaya pengembangan penelitian ini menjadi lebih baik. Adapun saran-saran untuk melakukan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Melakukan *trial mix* terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik dari material penyusun beton supaya mutu yang dihasilkan sesuai rencana.
2. Perlu diperhatikan penggunaan tiap bahan penyusun agar kekuatan beton lebih seragam walaupun dengan *mixing* berkali-kali.
3. Dalam penuangan adukan beton dalam bekisting perlu dilakukan secara merata supaya permukaan benda uji yang dibuat rata.
4. Perlu dilakukan pengujian beton dengan variasi abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase berat yang berbeda sebagai perbandingan.
5. Dalam persiapan bahan diharapkan peneliti dapat mengklasifikasikan abu sekam padi (RHA) dalam kondisi yang homogen dalam setiap melakukan pembuatan benda uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityo, A., Marthin, A., Sumajouw, D. J., & Pandaleke, R. E. (2014). Pengaruh Variasi Kadar Superplasticizer Terhadap Nilai Slump Beton Geopolymer. *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 283–291.
- Aliabdo, A. A., Abd Elmoaty, A. E. M., & Auda, E. M. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 50, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.005>
- Amal Putra, A. L., & Karolina, R. (2017). Penggunaan Steel Slag Sebagai Agregat Beton Mutu Tinggi (Studi Eksperimental). *Jurnal Teknik Sipil USU*.
- Karolina, R., & Pandiangan, J. (2017). Preliminary studies on steel slag as a substitute for coarse aggregate on concrete. *MATEC Web of Conferences*, 138. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713803011>
- Moenir, M., & Handayani, N. I. (2012). Recycling Limbah Padat Industri Peleburan Besi (Iron Slag) Sebagai Bahan Campuran Industri Beton Yang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 2(1), 11–20.
- Musbar, Rizal, F., & Mahyar, H. (2010). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Campuran Beton, 2(2), 33–52.
- Pane, Y., Sembiring, D. S. P. S., & Suhelmi. (2021). Pemanfaatan Limbah Steel Slag sebagai Pengganti Agregat Kasar dalam Perancangan Mutu Beton Normal. 1(1), 44–53.
- Rana, A., Kalla, P., & Csetenyi, L. J. (2015). Sustainable use of marble slurry in concrete. *Journal of Cleaner Production*, 94, 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.053>
- Susilowati. (2011). Pemanfaatan Serbuk Marmer Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen Pada Campuran Beton Normal. *Jurnal Arsitektur Universitas Bandar Lampung*, 4, 16–24.
- Utomo, A. P., Nindyapuspa, A., Primaningtyas, W. E., Rizal, M. C., Yahya, A., Lia, R., Teknik, J., Kapal, P., Perkapalan, P., Surabaya, N., Teknik, J., Kapal, B., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2021). Analisis logam berat dalam oli bekas, limbah serbuk marmer, dan semen portland sebagai bahan pembuatan

batako.

Widodo, A., & Basith, M. A. (2017). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Rooving Pada Beton Non Pasir. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 19(2), 115–120. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v19i2.12138>