
Studi Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi Semen pada Beton

Zainal Arifin Halim^{*1}, Aswar Amiruddin²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar, Kota Makassar

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan, Kota Tarakan

e-mail: *¹zainalarifinhalim.dty@uim-makassar.ac.id, ²aswaramir89@gmail.com

Abstract

Concrete is one of the preferred materials for construction due to its easy application in terms of implementation methods, execution, and maintenance. One of the developments in concrete technology today is the use of waste materials such as industrial cement waste, agricultural waste, steel industry waste, and others. One agricultural waste that is being attempted to be utilized as an additive in concrete is rice husk ash (ASP), which is organic waste from the combustion process. The objective of this research is to calculate the optimal percentage of rice husk ash as a cement substitute and to determine the compressive and tensile strength values of concrete using rice husk ash at the optimal substitution percentage. To obtain the optimal percentage of rice husk ash as a substitute, an initial test was conducted by reducing the cement portion by 5%, 10%, 15%, and 20%. The optimal percentage obtained was 5.7723%. For the results of the compressive strength test and tensile strength test of concrete with the optimal percentage of rice husk ash, the values were 32.083 MPa and 3.081 MPa, respectively.

Keywords: ASP, concrete, compressive strength, tensile strength

Abstrak

Beton merupakan salah satu pilihan jenis material untuk melakukan suatu pembangunan, hal ini dikarenakan metode pelaksanaan, atau pengerjaan sampai dengan perawatan sangat mudah pengaplikasiannya. Salah satu bentuk perkembangan teknologi beton dewasa ini adalah penggunaan limbah-limbah seperti limbah industri semen, limbah pertanian, limbah industri baja, dan lain-lain. Salah satu limbah pertanian yang coba dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada beton adalah abu sekam padi yang merupakan limbah organik dari proses pembakaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung persentase optimum abu sekam padi sebagai substitusi semen dan juga mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan abu sekam padi kondisi persentase optimum substitusi semen. Untuk memperoleh persentase optimum penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi dilakukan pengujian awal dengan mengurangi porsi semen sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Persentase optimum yang diperoleh adalah sebesar 5,7723%. Untuk hasil uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik beton dengan abu sekam padi persentase optimum masing-masing sebesar 32,083 MPa dan 3,081 MPa.

Kata kunci: ASP, beton, kuat tekan, kuat tarik

1. Pendahuluan

Beton merupakan jenis material yang digunakan dalam pembangunan dikarenakan banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan (Putri & Tobing, 2018). Menurut ASTM-C618-86 *Silica fume* merupakan bahan yang mengandung SiO₂ lebih besar 85% dan merupakan bahan yang halus berbentuk bulat yang berdiameter 1/1000 diameter semen, akan tetapi menurut (Neville & Brooks, 2010) penggunaan *silica fume* dengan persentase penggunaannya rendah dari semen itu sendiri, tidak menghasilkan kekuatan beton yang tinggi, dikarenakan *silica fume* tersebut tidak menutupi seluruh permukaan partikel dari agregat kasar. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Beberapa hal yang perlu ditinjau dalam pembuatan beton adalah harganya relatif murah, mudah didapat, memiliki kuat tekan tinggi serta mempunyai sifat tahan terhadap faktor kondisi lingkungan. Tinggi rendahnya kinerja beton tergantung pada karakteristik material penyusunnya dan material substitusi yang digunakan. Semakin baik interaksi kimiawinya maka karakteristik beton akan semakin baik (Karwur et al., 2013). Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Material pembentuk beton selain semen, air, kerikil dan pasir dalam hal ini dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah. Perkembangan teknologi beton saat ini memerlukan upaya peningkatan kinerja beton yang dihasilkan baik dari segi kualitas maupun biaya (Irawan & Khatulistiani, 2021).

Salah satu bentuk perkembangan teknologi beton dewasa ini adalah penggunaan limbah-limbah seperti limbah industri semen, limbah pertanian, limbah industri baja, dan lain-lain. Pemanfaatan limbah pada teknologi beton juga bagian dari upaya untuk mencegah kerusakan lingkungan sebagai akibat penggunaan material alam yang tidak terkendali (Putri & Tobing, 2018). Penggunaan bahan-bahan tertentu pada beton umumnya dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat beton sehingga diperoleh beton dengan mutu yang lebih baik. Bahan-bahan buangan di sekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk meningkatkan mutu beton, diantaranya Abu Sekam Padi (ASP). Penggunaan abu sekam padi atau *rice husk ash* (RHA) sebagai bahan substitusi semen pernah diteliti dengan persentase substitusi 10%, 20% dan 30% dengan nilai kuat tekan pada umur beton 28 hari masing-masing sebesar 71,8 Mpa, 79,1 Mpa dan 73,6 Mpa (Sujivorakul et al., 2011). Potensi pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan tambah parsial semen untuk campuran beton di Sulawesi Selatan sangat besar, mengingat ketersediaan bahan lokal yang berupa sekam padi yang begitu besar dan tingginya permintaan material beton untuk konstruksi serta untuk mengatasi masalah apabila permintaan semen domestik lebih besar dibandingkan produksi semen dalam negeri.

Abu sekam padi (ASP) adalah limbah organik yang merupakan produk dari proses pembakaran sekam padi yang produksinya cukup banyak dinegara Indonesia. Sisa pembakaran sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi, yaitu 94 – 97 %. Kandungan oksida silika (SiO₂) yang tinggi memberikan sifat pozzolanik yang baik pada abu sekam padi jika dimanfaatkan sebagai bahan tambah parsial pada semen, terutama untuk memperbaiki daerah transisi antara agregat dengan pasta semen di dalam beton. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa penambahan pozzolan silika sebesar 0,05% dan 0,10% dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dari 56,74 Mpa menjadi 56,74 Mpa, akan tetapi pada penambahan 0,15% nilai kuat tekan beton turun menjadi 55,56 Mpa (Isa et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti tertarik untuk meneliti terkait pemanfaatan abu sekam padi (ASP) yang banyak tersedia di Provinsi Sulawesi Selatan sebagai bahan substitusi semen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung persentase optimum abu sekam padi sebagai substitusi semen dan juga mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan abu sekam padi kondisi persentase optimum substitusi semen.

2. Metode Penelitian

2.1 Material

Pada penelitian ini digunakan beberapa bahan/material beton diantaranya, pasir, semen, batu pecah dan bahan substitusi yang akan dikaji yakni abu sekam padi. Adapun sumber/quary dari masing-masing material seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan sumber material

| Jenis Material Beton | Sumber Material |
|---------------------------------------|--------------------|
| <i>Portland Composite Cemen (PCC)</i> | Produksi TONASA |
| Pasir | Bili bili Kab Gowa |
| Batu Pecah | Bili bili Kab Gowa |
| Abu Sekam | Kabupaten pangkep |
| Air | PDAM |

Penggunaan material pasir, kerikil dan batu pecah yang bersumber dari Bili-bili Kabupaten Gowa karena material ini cukup banyak digunakan selama ini baik sebagai komponen bahan beton maupun untuk komponen konstruksi lainnya. Untuk pengujian agregat halus yang bersumber dari Bili-bili misalnya, memiliki nilai kadar lumpur 3,29%. sedangkan untuk agregat kasar BP 1-2 nilai kadar lumpur sebesar 0,95% (Fathuryani & Indahni, 2020). Agregat yang baik harus bebas dari bahan organik, seperti lempung dan partikel yang lebih kecil dari saringan no.100 (Untu et al., 2015). Sedangkan jenis semen yang digunakan adalah *Portland Cement Composite (PCC)* produksi PT. Semen Tonasa. Penggunaan jenis semen ini karena semen ini adalah salah satu jenis semen yang umum digunakan di Sulawesi Selatan.

2.2 Spesifikasi benda uji

Pada pelaksanaan penelitian ini sampel beton yang akan diuji yaitu sampel beton dimana sample tersebut mengalami perubahan komposisi porsi semen dengan cara menambahkan abu sekam padi sebanyak porsi semen yang sudah dikurangi tadi secara bervariasi, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dimana tiap variasi sebanyak 3 benda uji, jadi jumlah benda uji untuk uji kuat tekan yang pertama sebanyak 15 buah benda uji seperti rincian pada tabel 2. Namun variasi pengurangan semen yang kemudian diganti dengan abu sekam padi ini hanya untuk uji tekan yang pertama. Sedangkan sampel selanjutnya hanya akan menggunakan satu variasi penambahan yang diperoleh dari hasil uji tekan yang pertama untuk uji selanjutnya, yaitu uji tekan dan uji tarik. Untuk uji tekan dan uji tarik selanjutnya menggunakan 3 buah benda uji, jadi total keseluruhan benda uji adalah 24 benda uji. Perawatan beton lainnya adalah beton segar yang telah dicetak dan mengering diberikan dilakukan curing, hal ini bertujuan agar beton tidak terlalu cepat kehilangan air (Dewanti & Sihotang, 2019).

Tabel 2. Rincian Benda Uji

| Jenis pengujian | % Abu sekam padi | Jumlah Sampel |
|-----------------|--------------------------|---------------|
| Kuat tekan* | 0 | 3 |
| | 5 | 3 |
| | 10 | 3 |
| | 15 | 3 |
| | 20 | 3 |
| Kuat tekan ** | Disesuaikan dari hasil 1 | 3 |
| Kuat tarik | Disesuaikan dari hasil 1 | 3 |

Kuat tekan* : jenis pengujian untuk mendapatkan % optimum untuk pengujian berikutnya
 Kuat tekan** : jenis pengujian untuk mendapatkan grafik hubungan ketiga parameter mekanik.
 Nilai rata-rata uji kuat tekan* 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dimasukkan kedalam grafik hubungan Kuat tekan dan Abu Sekam Padi (ASP) untuk mendapatkan persentase optimum ASP. Nilai % Optimum ASP tersebut di gunakan untuk uji Kuat Tekan** dan uji kuat Tarik.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Uji Karakteristik Material

Material yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Material yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik. Pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar pada penelitian ini meliputi pengujian kadar air material, analisa saringan, berat volume, kadar lumpur, zat organik, serta specific gravity dan absorpsi. Standar yang digunakan pada pengujian karakteristik ini menggunakan standar *American Standard Testing and Material* (ASTM) dimana data-data hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan persamaan (1) – persamaan (4).

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat agregat basah} - \text{berat agregat kering}}{\text{berat agregat kering}} \times 100 \% \quad (1)$$

$$\text{Modulus kehalusan (Fr)} = \frac{\sum \text{komulatif tertahan}}{100\%} \quad (2)$$

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume bohler}} \quad (3)$$

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{\text{berat lumpur}}{\text{berat agregat kering oven}} \times 100 \% \quad (4)$$

Pengujian karakteristik material lainnya yakni pengujian zat organik dan specific gravity dan penyerapan agregat (absorpsi). Untuk agregat kasar juga diperlukan pengujian keausan material menggunakan mesin abrasi los angeles (Sutrisna, 2019). Untuk persamaan yang digunakan mengikuti persamaan (5).

$$\text{Keausan} = \frac{\text{berat benda uji semula} - \text{berat benda uji tertahan saringan No.12}}{\text{berat benda uji tertahan}} \times 100 \% \quad (5)$$

2.3.2 Tahap Perancangan Adukan

Pada penelitian ini ukuran butir maksimum untuk agregat disesuaikan dengan hasil uji sampel. Perbandingan antara pasir dan batu pecah atau split didasarkan pada analisis gradasi agregat. Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara volume total campuran dikurangi kebutuhan air dan semen. Perancangan adukan ini menggunakan metode *Development of Environment* (DOE).

2.3.3 Tahap Pengadukan Beton

Pengadukan campuran beton yaitu agregat dan semen dimasukkan kedalam mesin pengaduk disusul air sekitar 80% dari yang dibutuhkan. Mesin pengaduk (mixer) dijalankan dan sisa air dimasukkan sedikit demi sedikit sampai airnya habis. Pengadukan dilakukan sebanyak satu kali untuk tiap macam campuran dan setiap pengadukan dilakukan pemeriksaan nilai slump.

2.3.4 Pemeriksaan Slump

Slump test adalah pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan didalam mengukur susah mudahnya campuran beton itu dikerjakan, karena kelecakan beton segar sering diidentik dengan slumpnya. Peralatan yang digunakan untuk melakukan test slump adalah kerucut slump dengan tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm (ASTM C143), batang baja penumbuk dengan ukuran diameter 16 mm dengan panjang 60 cm dan plat baja dengan lebar 50 cm, sekop kecil, cetok besi dan penggaris.

Cara pengujian slump test adalah kerucut diletakkan di atas alas yang telah dibersihkan, kemudian beton segar dimasukkan kedalam kerucut dengan menggunakan sekop kecil, kira-kira sepertiga tinggi kerucut. Dengan menggunakan batang besi, beton segar ditumbuk sebanyak 25 kali sampai dasar, tambahkan lapisan kedua dan tumbuk 25 kali dengan batang besi sampai merata, lakukan percobaan yang sama pada lapisan ketiga. Setelah lapisan ketiga selesai ditumbuk, permukaan atas kerucut diratakan dengan cetok besi, setelah itu angkat kerucut secara perlahan-lahan balikkan kerucut dan letakkan di samping sampel beton segar. Letakkan batang penumbuk diatas permukaan kerucut, ukurlah perbedaan tinggi antara kerucut dengan beton segar setelah mengalami keruntuhan.

2.3.5 Tahap Pencetakan Benda Uji

Adukan beton dimasukkan dalam cetakan silinder yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalamnya. Cetakan diisi dengan adukan beton sebanyak tiga lapis. Dimana pada lapisan pertama diisi 1/3 dari volume cetakan kemudian digetarkan sambil ditusuk-tusuk dengan tongkat pemadat, demikian pula pada lapisan kedua dan lapisan ketiga. Setelah lapisan terakhir, permukaan benda uji diratakan kemudian diberi label pengecoran dan didiamkan selama 24 jam. Tahap selanjutnya, dilakukan perawatan dengan cara perendaman di dalam air selama 28 hari.

2.3.6 Set – Up dan Prosedur Pengujian

Pada saat pencampuran yang pertama dipersiapkan adalah bahan-bahan berupa agregat kasar, agregathalus, semen, dan air. Setelah bahan campuran telah siap maka alat pencampur segera dipersiapkan, setelah itu dilakukan pencampuran (tahap pengadukan beton). Selanjutnya dilakukan uji slump kemudian dilanjutkan dengan pencetakan benda uji dan perawatan (curing) selama 28 hari. Setelah umur 28 hari benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan di biarkan kering udara, kemudian benda uji diletakkan diatas alat uji tekan untuk mengetahui nilai uji tekannya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Agregat

Pemeriksaan karakteristik agregat yang akan digunakan dalam campuran beton sangat penting karena karakteristik agregat sangat menentukan sifat dari beton yang akan dibentuk nantinya (Mulyono, 2017). Adapun karakteristik agregat yang diujikan dan persamaan yang digunakan untuk menganalisis nilai dari setiap karakteristik agregat pada penelitian ini telah disebutkan pada metodologi penelitian.

3.1.1 Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis menggunakan persamaan (1) diperoleh nilai kadar air rata-rata agregat kasar penelitian ini sebesar 1,036% untuk ukuran butir gradasi 0,5 - 1 sedangkan untuk butir gradasi 1 - 2 diperoleh nilai kadar air sebesar 1,283 %. Hasil ini menunjukkan besarnya persentase kadar air yang terkandung dalam agregat kasar yang akan digunakan. Persentase ini nantinya akan menentukan penambahan air yang dibutuhkan pada suatu campuran beton.

Karakteristik berikutnya yang dianalisis adalah modulus kehalusan (Fr). Dari hasil pengujian diperoleh untuk nilai Fr ukuran butir gradasi 0,5 - 1 sebesar 6,353 sedangkan nilai Fr ukuran butir gradasi 1 - 2 adalah 6,668 dimana perhitungan Fr menggunakan persamaan (2). Karakteristik agregat kasar lainnya yang diperoleh di laboratorium adalah berat volume, kadar lumpur dan keausan. Dari hasil pengujian dan analisis diperoleh nilai berat volume rata-rata yang diperoleh untuk ukuran butir gradasi 0,5 - 1 pada kondisi padat adalah 1,626 kg/ltr sedangkan pada kondisi gembur 1,351 kg/ltr. Dan untuk butir gradasi 1-2 dalam adapun hasil yang diperoleh pada kondisi padat 1,665 kg/ltr, sedangkan pada kondisi gembur 1,397 kg/ltr. Untuk kadar lumpur agregat kasar pada penelitian ini sebesar 0,725 % untuk ukuran butir gradasi 0,5-1 sedangkan untuk butir gradasi 1-2 adalah 0,667 %. Keausan untuk ukuran butir gradasi 0,5 - 1 adalah 17,440% dan untuk butir gradasi 1-2 adalah 16,840 %. Untuk *specific gravity* agregat kasar yang digunakan memiliki nilai 2,759 dengan nilai % absorpsi sebesar 1,398%. Kondisi ini menunjukkan agregat yang digunakan layak untuk digunakan pada penelitian dikarenakan masuk dalam range sifat fisik agregat normal beton (Mulyono, 2017).

3.1.2 Agregat Halus

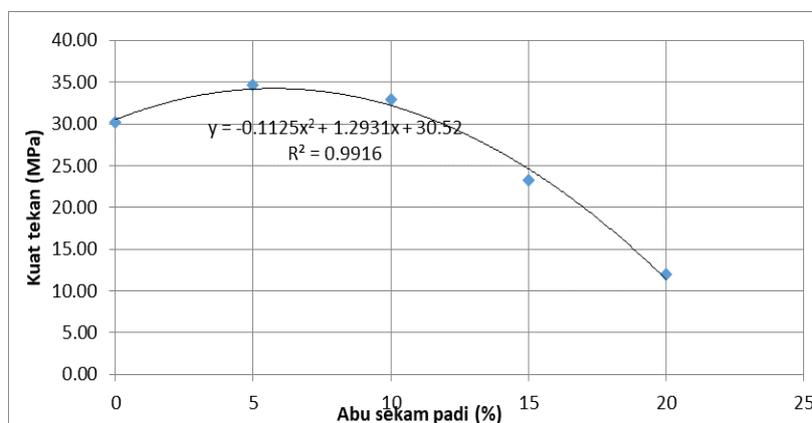
Selain memeriksa karakteristik agregat kasar, kita perlu juga melakukan pemeriksaan karakteristik agregat halus dengan karakteristik yang diujikan hampir sama dengan agregat kasar selain keausan yang memang khas dari agregat kasar. Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai karakteristik dari agregat halus untuk masing-masing karakteristik seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil pemeriksaan agregat halus

| Karakteristik agregat | Hasil pemeriksaan |
|--------------------------------------|-------------------|
| Kadar air (%) | 2,276 |
| Modulus kehalusan, Fr | 2,3 |
| Berat volume kondisi padat (kg/ltr) | 1,577 |
| Berat volume kondisi gembur (kg/ltr) | 1,317 |
| Kadar lumpur (%) | 2,667 |
| Apparent specific gravity | 2,48 |
| % Absorpsi | 1,628 |

3.2 Persentase Optimum Abu sekam padi (ASP)

Sebagaimana yang telah dikemukakan pada perencanaan penelitian sebelumnya, bahwa perlakuan yang akan dilaksanakan pada masing-masing nilai karakteristik beton atau nilai kuat tekan beton, maka hasil pengujian nilai kuat tekan beton dengan pengurangan komposisi abu sekam padi mulai dengan 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, Menghasilkan grafik hubungan kuat tekan (MPa) dan Abu Sekam Padi seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan kuat tekan (MPa) dengan abu sekam padi (%)

Dari hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari seperti gambar 1 diketahui, penambahan persentase abu sekam padi sebagai substitusi semen terbatas pada 5% saja, sedangkan untuk persentase lebih besar dari 5% mengakibatkan penurunan kuat tekan beton. Hal ini sejalan dengan penelitian-penelitian substitusi semen lainnya yang menyatakan semakin banyak kandungan semen pada campuran beton yang dikurangi maka akan menurunkan kualitas beton tersebut. Peneliti lain menemukan bahwa persentase penggantian semen dengan serbuk kaca yang melebihi 4% dari kandungan semen pada beton mengakibatkan terjadinya penurunan kuat tekan beton. Penurunan kuat tekan dari 45,293 Mpa pada kandungan 4% serbuk kaca menjadi 42,274 Mpa pada kandungan 6% serbuk kaca (Prayitno et al., 2016). Pada penelitian lainnya disebutkan bahwa penambahan volume fly ash kelas F ke dalam campuran beton mengakibatkan semakin sedikitnya kandungan kapur dalam campuran dan menyebabkan kuat tekan menjadi rendah (Saha, 2018).

Dari gambar 1 juga diperoleh kurva parabolik dengan persamaan $y = -0,112x^2 + 1,293x + 30,52$ yang menggambarkan bahwa penambahan abu sekam padi $>5\%$ akan menurunkan kualitas beton. Selanjutnya, dari persamaan yang diperoleh peneliti mencari nilai persentase optimum penambahan abu sekam padi dengan menurunkan persamaan di atas, sehingga diperoleh persamaan (8) dan (9)

$$\frac{dy}{dx}(-0,112x^2 + 1,293x + 30,52) = 0 \quad (6)$$

$$-0,224x + 1,293 = 0 \quad (7)$$

Dari persamaan 7 di atas diketahui persentase optimum penambahan abu sekam padi sebesar 5,7723%. Selanjutnya beton dengan campuran abu sekam padi persentase optimum ini dilakukan pengujian uji kuat tekan dan uji kuat tarik.

3.3 Kuat tekan dan kuat tarik beton pada kondisi persentase optimum

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada kondisi persentase optimum abu sekam padi terhadap semen pada umur 28 hari diketahui rata-rata nilai kuat tekan sebesar 32,083 MPa seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji kuat tekan beton persentase optimum abu sekam padi

| Umur | Beban Hancur (KN) | Luas Penampang | Kuat Tekan (MPa) |
|---------|-------------------|----------------|------------------|
| 28 hari | 553 | 0.0176625 | 31.309 |
| 28 hari | 567 | 0.0176625 | 32.102 |
| 28 hari | 580 | 0.0176625 | 32.838 |
| | Rata-rata | | 32.083 |

Sedangkan untuk uji kuat tarik beton pada kondisi persentase optimum substitusi abu sekam padi terhadap semen pada umur 28 hari diketahui rata-rata nilai kuat tarik sebesar 3,081 MPa seperti terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji kuat tarik beton persentase optimum abu sekam padi

| Umur | Beban Hancur (KN) | Luas Penampang | Kuat Tarik (MPa) |
|---------|-------------------|----------------|------------------|
| 28 hari | 210 | 0.0176625 | 2.972 |
| 28 hari | 218 | 0.0176625 | 3.086 |
| 28 hari | 225 | 0.0176625 | 3.185 |
| | Rata-rata | | 3.081 |

Berdasarkan nilai tabel 7 dan tabel 8 diketahui bahwa dengan persentase substitusi semen 5,772% dengan abu sekam padi memberikan nilai kuat tekan beton di range 2,9 – 3,2 Mpa atau rata-rata 3,081 Mpa sehingga untuk mencari komposisi campuran untuk menghasilkan beton yang memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi diperlukan penelitian lebih lanjut. Perlu diperhatikan lagi reaksi yang terjadi antara partikel dari masing-masing material menggunakan foto SEM, akan tetapi peneliti memiliki keterbatasan dikarenakan laboratorium yang digunakan tidak memiliki alat tersebut.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan persentase optimum substitusi abu sekam padi terhadap semen sebesar 5,772 %. Pada kondisi persentase optimum tersebut diperoleh rata-rata nilai kuat tekan beton dari 3 sampel sebesar 32,083 MPa, sedangkan untuk nilai rata-rata kuat tarik yang diperoleh dari pengujian 3 sampel beton dengan persentase abu sekam padi terhadap semen 5,772% sebesar 3,081 Mpa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pimpinan Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Islam Makassar yang terus mendorong kami untuk terus berkarya terutama dalam hal penulisan karya ilmiah sehingga peneliti termotivasi untuk dapat menerbitkan artikel pada jurnal bereputasi ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada editor dan reviewer jurnal Borneo Engineering yang telah banyak memberikan banyak saran dan masukan sehingga artikel ini layak untuk diterbitkan pada jurnal ini.

Daftar Pustaka

- Dewanti, D. P., & Sihotang, A. (2019). Studi Mengenai Kadar Maksimum Abu Terbang Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton dengan Kuat Tekan Tetap. (Hal. 42-51). *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 42. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i3.42>
- Fathuryani, M. A., & Indahni, N. (2020). Pengaruh Bahan Tambah Plasticizer pada Beton Mutu Tinggi dengan Semen PCC. In *JURNAL PENELITIAN TEKNIK SIPIL*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Irawan, D., & Khatulistiani, U. (2021). Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(1), 061. <https://doi.org/10.30742/axial.v9i1.1703>
- Isa, Elfidah, & Martini, S. (2024). Variasi Persentase Pozzolan Sillica Fume Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Performa Kuat Tekan Beton. *Seminar Nasional Dan Teknologi 2024, April*, 1–11.
- Karwur, H. Y., Tenda, R., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 1(4), 1–6.
- Mulyono, T. (2017). *Pengujian Agregat Beton: Seri 2: Uji Laboratorium Bahan Beton dan Beton*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Cocrete Techonology Second Edition* (Issue Build. Res. Inf. 19 (2010) 210–211).
- Prayitno, S., Supardi, & Indika, R. R. (2016). Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Serbuk Kaca Dan Penambahan Serat Kawat Galvanis Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 4(2), 305–312.
- Putri, A. P., & Tobing, A. K. (2018). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 3(2), 105–109. <https://doi.org/10.52447/jkts.v3i2.1353>

- Saha, A. K. (2018). Effect of class F fly ash on the durability properties of concrete. *Sustainable Environment Research*, 28(1), 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2017.09.001>
- Sujivorakul, C., Jaturapitakkul, C., & Taotip, A. (2011). Utilization of Fly Ash, Rice Husk Ash, and Palm Oil Fuel Ash in Glass Fiber-Reinforced Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(9), 1281–1288. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000299](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000299)
- Sutrisna, I. G. U. H. (2019). Analisis Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles. *Jurnal Sangkareang Mataram*, 5(1), 31–33. <http://www.untb.ac.id/Maret-2019>
- Untu, G. E., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(10), 703–708.