

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI PADA SEMEN PCC TERHADAP MUTU BETON SCC (SELF COMPACTING CONCRETE)

TEDY PRASETYO¹, FIRDAUS²

Falkutas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma

Email: tedyprasetyo3108@gmail.com¹, email: firdaus.dr@binadarma.ac.id²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i2.7902>

Abstract: *This study aims to examine the effect of adding rice husk ash (RHA) to Portland Composite Cement (PCC) on the quality of Self-Compacting Concrete (SCC), particularly in terms of compressive strength and split tensile strength. RHA, which is rich in silica, was used as an additive with mixture variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. Experimental methods were applied by producing cylindrical specimens (15 × 30 cm), which were then tested for fresh concrete properties using slump flow and L-box tests, as well as mechanical properties through compressive strength and split tensile strength tests at the ages of 28 and 56 days. The results showed that the addition of RHA improved the performance of SCC. The maximum average compressive strength was 35.90 MPa at 28 days and increased to 38.10 MPa at 56 days. Meanwhile, the maximum average split tensile strength was 3.00 MPa at 28 days and 3.18 MPa at 56 days. These findings suggest that RHA can be used as a supplementary material in PCC to enhance the performance of SCC, although further studies are recommended to determine the optimal proportion and potential combination with other additives*

Keywords: *rice husk ash, self-compacting concrete (SCC)*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan abu sekam padi (ASP) pada semen Portland Composite Cement (PCC) terhadap mutu Self-Compacting Concrete (SCC), khususnya pada kuat tekan dan kuat tarik belah beton. ASP yang kaya silika digunakan sebagai bahan tambahan dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan membuat benda uji silinder berukuran 15 × 30 cm, yang kemudian diuji sifat beton segar melalui slump flow dan L-box, serta sifat mekanik melalui uji kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur 28 dan 56 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ASP berpotensi meningkatkan performa SCC. Nilai kuat tekan maksimum rata-rata sebesar 35,90 MPa pada umur 28 hari dan meningkat menjadi 38,10 MPa pada umur 56 hari. Sementara itu, kuat tarik belah maksimum rata-rata sebesar 3,00 MPa pada umur 28 hari dan 3,18 MPa pada umur 56 hari. Dengan demikian, ASP dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada PCC untuk meningkatkan mutu beton SCC, meskipun diperlukan penelitian lanjutan untuk menentukan proporsi optimal serta kombinasi dengan bahan tambahan lain.

Kata Kunci : abu sekam padi, self-compacting concrete (SCC)

A. Pendahuluan

Beton aliran-diri atau Self-Compacting Concrete (SCC) merupakan inovasi material konstruksi mutakhir yang memiliki kemampuan untuk mengalir dan memadat secara mandiri tanpa memerlukan energi vibrasi. SCC dirancang untuk memiliki workability yang sangat tinggi, menghindari segregasi, serta mampu mengisi setiap bagian cetakan dengan sempurna bahkan di tengah kepadatan tulangan yang kompleks. Keunggulan ini menjadikan SCC solusi ideal untuk proyek-proyek struktur modern yang rumit dan padat karya, serta dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya konstruksi. Namun, untuk mencapai sifat-sifat unggulan tersebut, SCC memerlukan kandungan pasta semen yang lebih tinggi dan penggunaan bahan tambah kimia (superplasticizer) dalam jumlah yang signifikan dibandingkan beton normal. Tingginya konsumsi semen Portland—bahan penyusun utama beton—menimbulkan tantangan besar dari segi lingkungan dan ekonomi, mengingat produksi semen menyumbang sekitar 8% dari total emisi karbon dioksida (CO₂) global (Sharma & Khan, 2021; Adesina, 2020).

Dalam upaya mengurangi dampak lingkungan tersebut, penggunaan semen Portland Composite Cement (PCC) yang mengandung bahan pozolan seperti fly ash dan slag menjadi lebih lazim. PCC menawarkan kinerja yang baik dan jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan semen Portland tipe I. Namun, ketergantungan pada bahan pozolan industri seperti fly ash mulai menghadapi kendala ketersediaan dan konsistensi mutu. Oleh karena itu, pencarian sumber pozolan alternatif yang berkelanjutan dan berlimpah menjadi sangat penting. Salah satu kandidat yang sangat menjanjikan adalah abu sekam padi (Rice Husk Ash/RHA). Abu Sekam Padi (ASP) merupakan limbah hasil pembakaran sekam padi yang kaya akan silika amorf ($\text{SiO}_2 > 85\%$) dan memiliki sifat pozolanik yang sangat tinggi (Thomas et al., 2021; Zeyad et al., 2022). Pemanfaatan ASP tidak hanya memberikan solusi bagi industri konstruksi tetapi juga mengatasi masalah limbah pertanian, sehingga mendukung prinsip ekonomi sirkular (Amin et al., 2021; Singh & Kumar, 2022).

Penambahan ASP sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton telah terbukti meningkatkan sifat-sifat beton, baik segar maupun keras. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa partikel ASP yang sangat halus berperan dalam efek pengisi (filler effect) dan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (CH) yang dihasilkan dari hidrasi semen membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) tambahan, yang merupakan komponen utama pemberi kekuatan pada beton (Bheel et al., 2021; de Paula et al., 2022). Reaksi pozolanik ini menghasilkan mikrostruktur yang lebih padat dan tidak berpori, sehingga meningkatkan kekuatan tekan dan durabilitas beton, termasuk ketahanan terhadap penetrasi klorida dan serangan sulfat (Almenares et al., 2021; Raval & Patel, 2023). Namun, sifat ASP yang sangat halus dan memiliki luas permukaan yang tinggi cenderung menyerap lebih banyak air, yang dapat berdampak negatif pada workability campuran beton segar (Madandoust et al., 2022).

Tantangan ini menjadi lebih kritis pada aplikasi SCC, di mana pemeliharaan workability yang tinggi (seperti aliran, passing ability, dan resistensi terhadap segregasi) adalah parameter yang mutlak. Oleh karena itu, integrasi antara penggunaan semen PCC—yang sudah mengandung pozolan—dengan penambahan ASP memerlukan investigasi yang mendalam. Perlu dicari formulasi yang optimal agar sinergi antara pozolan dalam PCC dan ASP dapat meningkatkan kinerja beton keras tanpa mengorbankan sifat-sifat segar SCC. Beberapa penelitian terbaru mulai mengeksplorasi kombinasi ini dan menunjukkan hasil yang positif, dimana ASP dapat lebih menyempurnakan mikrostruktur dan meningkatkan kekuatan beton PCC (Khan et al., 2023; Tran et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Firdaus, Tambun, Rosidawani, & Satyanaga (2025), kehalusan partikel ASP (Abu Sekam Padi) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan kemampuan alir (flowability) beton SCC (Self-Compacting Concrete). Partikel ASP yang lebih halus meningkatkan reaktivitas pozzolaniknya, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Namun, penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa terdapat tingkat kehalusan optimal. Melebihi tingkat optimal ini justru dapat menurunkan workability (kemampuan pengerjaan) beton, kecuali jika digunakan superplasticizer yang sesuai untuk mengimbangnya. Namun, studi komprehensif yang secara khusus menganalisis pengaruh variasi kadar ASP terhadap sifat reologi, mekanik, dan durabilitas dari beton SCC berbasis semen PCC masih terbatas. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan abu sekam padi (ASP) sebagai pengganti parsial semen PCC terhadap mutu beton Self-Compacting Concrete (SCC), guna menemukan proporsi optimal yang menghasilkan beton ramah lingkungan dengan kinerja tinggi.

B. Metodologi Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan adalah, metode eksperimental yaitu, metode yang dilakukan dengan cara melaksanakan eksperimen terhadap objek penelitian, dan untuk pengujian dengan menggunakan metode destruktif yaitu dengan cara menghancurkan benda uji yang diteliti, lalu menganalisis data dari hasil pengujian., Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Kampus C

Universitas Bina Darma Palembang yang beralamat di Jl. Jenderal Ahmad Yani No.15, 9/10 Ulu, Kecamatan Seberang Ulu I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30116

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen Portland Composite Cement (PCC) yang diperoleh dari Kota Palembang, agregat halus berupa pasir dari Tanjung Raja yang diuji sesuai SNI 03-2834-2000, agregat kasar berupa batu pecah ukuran $\frac{1}{2}$ dan $\frac{2}{3}$ inci dari Merak Lampung, air dari PDAM Tirta Musi yang digunakan sebagai air pencampur, serta abu sekam padi (ASP) yang diperoleh melalui pembelian daring (e-commerce). Seluruh material diuji terlebih dahulu di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bina Darma untuk memastikan kesesuaian terhadap standar.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan standar SNI 03-4154-1996, antara lain: tempat penyimpanan material, cetakan benda uji berbentuk silinder (diameter 10 cm, tinggi 15 cm), wadah atau talam, seperangkat saringan agregat dengan ukuran standar (4,75 mm hingga 0,075 mm), piknometer kapasitas 500 ml, concrete mixer kapasitas 0,3 m³, timbangan digital dengan ketelitian 0,1–2 g, oven dengan suhu 110 °C untuk pengeringan sampel, serta mesin uji tekan (Compression Testing Machine) berkapasitas 1000 kN yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Selain itu, digunakan juga alat uji slump flow dan L-box untuk menilai sifat beton segar sesuai pedoman EFNARC (2005).

C. Pembahasan dan Analisa

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Kampus C Universitas Bina Darma Palembang. Objek yang dipakai dalam penelitian ini adalah kuat lentur rigid pavement Beton FS 4,5 Menggunakan Abu sekam Padi Sebagai Penambahan pada Benda Uji Seluruh tahap pekerjaan/pelaksanaan penelitian ini telah selesai dilakukan dimulai pada tahap studi literature, pengadaan bahan/material, pengujian bahan/material, perhitungan komposisi campuran beton (Mix Design), pelaksanaan pembuatan benda uji, hingga uji kuat Tekan dan kuat Tarik belah pada Beton Fc 30.

Komposisi Campuran Beton (Mix Design)

Tabel 1. Hasil Perancangan Campuran untuk 1 sampel silinder Beton

Proposi Campuran Tiap M3				
Semen	Air	Batu $\frac{1}{2}$	Batu $\frac{2}{3}$	Pasir
(kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
500	160	584,8	516,0	619,2

Pengujian Slump Flow Beton SCC

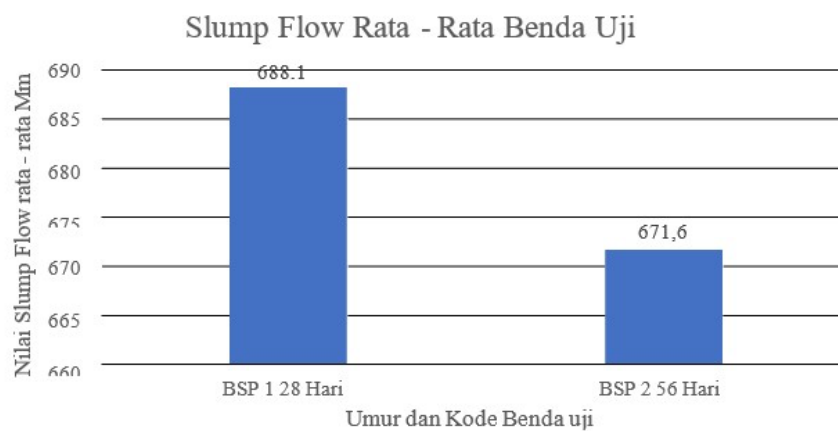
Berdasarkan hasil pengujian slump flow pada Self-Compacting Concrete (SCC) dengan variasi penambahan abu sekam padi (ASP), diperoleh bahwa pada umur 28 hari nilai slump flow rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya kadar ASP. Nilai rata-rata slump flow untuk variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% berturut-turut adalah 565 mm, 652,5 mm, 705 mm, 725 mm, dan 793 mm. Hasil ini menghasilkan nilai slump flow rata-rata keseluruhan sebesar 688,1 mm. Pada umur 56 hari, pola serupa juga terlihat dengan nilai rata-rata slump flow sebesar 562,5 mm, 650 mm, 700 mm, 720 mm, dan 791 mm, sehingga menghasilkan nilai slump flow rata-rata keseluruhan 671,6 mm. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan persentase abu sekam padi cenderung meningkatkan nilai slump flow pada SCC, baik pada umur 28 hari maupun 56 hari (SNI 03-2834-2000).

Tabel 2 Hasil Pengujian Slump Flow

No	Kode Benda Uji	ASP	Umur Pengujian	Diameter 1	Diameter 2	Rata Rata
		%	Hari	mm	mm	mm
	BSP1	0%	28	565	555	560
		5%	28	645	645	645
		10%	28	705	695	700

1	BSP1	15%	28	725	715	720
		20%	28	792	784	788
		0%	28	575	565	570
		5%	28	665	655	660
		10%	28	715	705	710
		15%	28	735	725	730
		20%	28	802	794	798
Nilai Slump Flow Rata - Rata Benda Uji umur 28 Hari						688.1
2	BSP 2	0%	56	560	550	555
		5%	56	650	640	645
		10%	56	700	690	695
		15%	56	720	710	715
		20%	56	788	780	784
	BSP2	0%	56	570	560	565
		5%	56	660	650	655
		10%	56	710	700	705
		15%	56	730	720	725
		20%	56	798	790	794
Nilai Slump Flow Rata - Rata Benda Uji umur 56 Hari						671.6

Pengujian L-Box



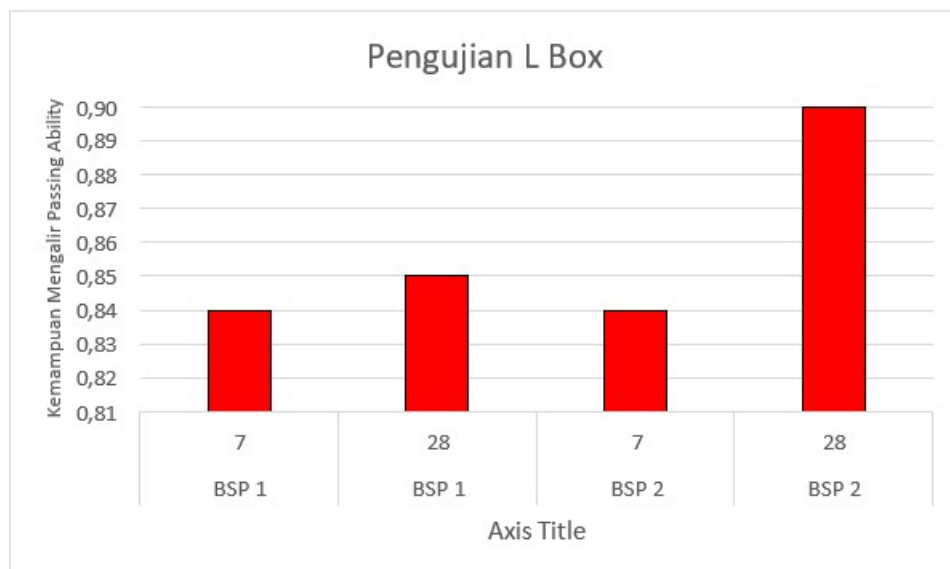
Gambar 1. Diagram Slump Flow Test

Hasil pengujian **flow test** dan **kemampuan mengalir (passing ability)** pada campuran Self-Compacting Concrete (SCC) menunjukkan variasi kinerja aliran pada umur 7 dan 28 hari. Pada campuran BSP 1, nilai rata-rata tinggi awal (H1) pada umur 7 hari adalah 4,45 cm dengan tinggi akhir (H2) 3,75 cm, menghasilkan rasio passing ability sebesar 0,84. Pada umur 28 hari, nilai H1 meningkat menjadi 4,65 cm dengan H2 sebesar 3,95 cm, sehingga passing ability sedikit meningkat menjadi 0,85. Sementara itu, pada campuran BSP 2 diperoleh nilai H1 rata-rata sebesar 4,40 cm dan H2 sebesar 3,70 cm pada umur 7 hari dengan passing ability 0,84. Pada umur 28 hari, nilai H1 menurun menjadi 4,35 cm dengan H2 sebesar 3,95 cm, tetapi passing ability meningkat menjadi 0,90. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan mengalir SCC berada dalam kategori baik,

dengan passing ability mendekati 1 sesuai dengan kriteria yang direkomendasikan oleh SNI (SNI 03-2834-2000).

Tabel 3 Hasil Pengujian L-Box

No	Kode Campuran	umur Benda Uji	Flow Test						Kemampuan Mengalir (Passing Ability)
			Tinggi Awal (H1)			Tinggi Akhir (H2)			
			1	2	Rata - Rata	1	2	Rata - Rata	
			Hari	Cm	Cm	Cm	Cm	Cm	
1	BSP 1	7	4,4	4,5	4,45	3,8	3,7	3,75	0,84
2	BSP 1	28	4,6	4,7	4,65	4,1	3,8	3,95	0,85
3	BSP 2	7	4,5	4,3	4,4	3,6	3,8	3,7	0,84
4	BSP 2	28	4,3	4,4	4,35	4	3,9	3,95	0,90



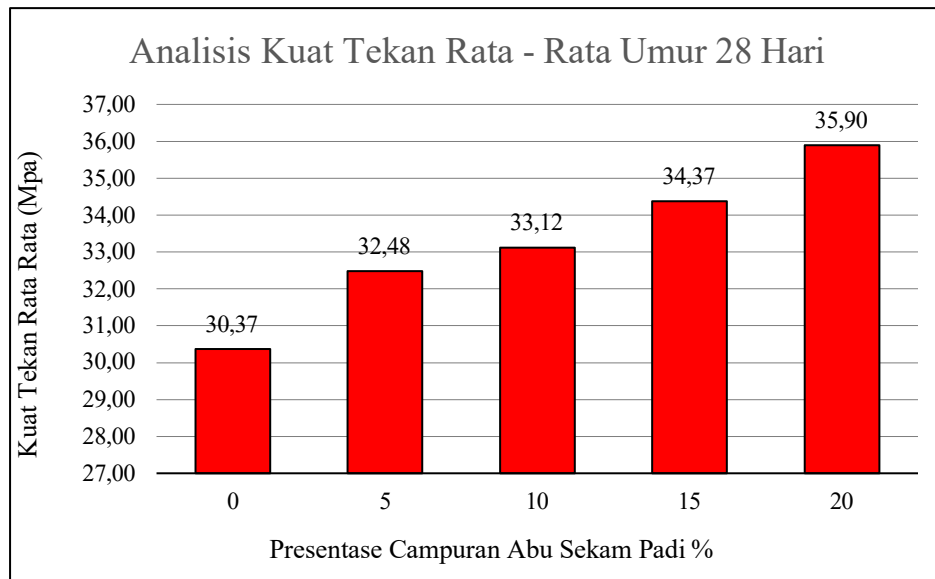
Gambar 2. Diagram L-Shape Box Test

- Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari**

Tabel 4 Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

No	Kode Benda Uji	ASP	Umur	Kuat Tekan Rata Rata
		%	Hair	Mpa
1	BSP 1	0	28	30.37
2	BSP 1	5	28	32.48
3	BSP 1	10	28	33.12
4	BSP 1	15	28	34.37
5	BSP 1	20	28	35.90

Berdasarkan tabel hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, terlihat bahwa penambahan abu sekam padi (ASP) memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kuat tekan rata-rata. Pada variasi 0% ASP, kuat tekan beton sebesar 30,37 MPa, kemudian meningkat menjadi 32,48 MPa pada 5% ASP, 33,12 MPa pada 10% ASP, 34,37 MPa pada 15% ASP, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 35,90 MPa pada 20% ASP. Peningkatan ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase ASP yang digunakan dalam campuran, maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan. Dengan demikian, penambahan ASP hingga 20% terbukti mampu meningkatkan performa beton, khususnya dalam hal kekuatan tekan pada umur 28 hari.



Gambar 3. Diagram Uji Kuat Tekan

Dari hasil Pengujian Kuat tekan dengan Variasi Campuran Abu Sekam Padi 0,5,10,15,20 % dapat di ketahui Berdasarkan Grafik 4.23 di atas untuk campuran 20% abu sekam Padi memiliki nilai Kuat Tekan Tertinggi dari pada Presentase Campuran Abu sekam padi Nilai Kuat Tekan Campuran Presentase Abu sekam Padi 20 % Mencapai Nilai Maksimum Rata – Rata 35,9 Mpa

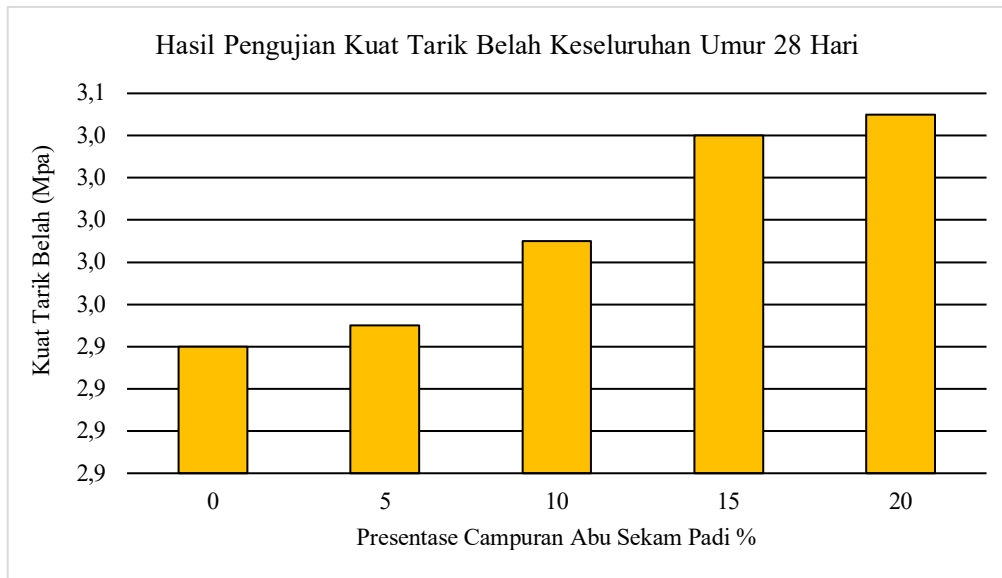
Analisis Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Tabel 5. Analisis Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	Umur	ASP	Masa Benda Uji Rata Rata	Kuat Tarrik Belah Rata Rata
	Hari	%	kg	MPA
BSP 2	28	0	28.000	2.94
BSP 2	28	5	28.000	2.95
BSP 2	28	10	28.000	2.99
BSP 2	28	15	28.000	3.04
BSP 2	28	20	28.000	3.05

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari, terlihat bahwa penambahan abu sekam padi (ASP) memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik belah. Pada variasi 0% ASP, kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,94 MPa, kemudian mengalami sedikit penurunan pada 5% ASP menjadi 2,95 MPa, namun kembali meningkat pada 10% ASP sebesar 2,99

MPa, 15% ASP sebesar 3,04 MPa, dan mencapai nilai tertinggi pada 20% ASP yaitu 3,05 MPa. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase ASP yang ditambahkan, maka nilai kuat tarik belah beton cenderung meningkat, meskipun kenaikannya relatif kecil, tetapi tetap memperlihatkan peran positif ASP dalam meningkatkan performa beton pada umur 28 hari



Gambar 4 Diagram Analisis Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari

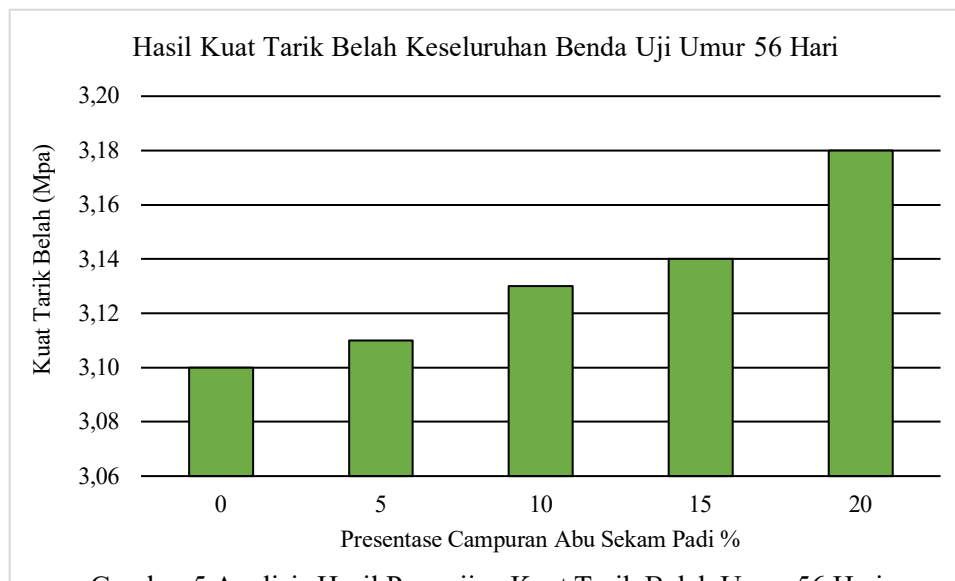
Dari hasil pengamatan pada saat pengujian Abu seperti pada grafik di atas untuk campuran Abu Sekam Padi dengan presentase 20 % Pada umur Mencapai 28 Hari dengan nilai Kuat Tarik Belah Maksimum paling tinggi di antara Presentase 0,10,15,% penambahan abu sekam padi nilai kuat tarik belah maksimum yang di hasilkan Benda uji dengan presentase 20% Mencapai 3,05 MPA

Analisis Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari

Tabel 6 Analisis Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari

Kode Benda Uji	Umur	ASP	Masa Benda Uji	Kuat Tarrik Belah Rata Rata
	Hari	%	Rata Rata kg	MPA
BSP 2	56	0	56.000	3.10
BSP 2	56	5	56.000	3.11
BSP 2	56	10	56.000	3.13
BSP 2	56	15	56.000	3.14
BSP2	56	20	56.000	3.18

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 56 hari, terlihat bahwa penambahan abu sekam padi (ASP) memberikan peningkatan nilai kuat tarik belah meskipun relatif kecil. Pada variasi 0% ASP, kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,10 MPa, kemudian meningkat secara bertahap menjadi 3,11 MPa pada 5% ASP, 3,13 MPa pada 10% ASP, 3,14 MPa pada 15% ASP, dan mencapai nilai tertinggi yaitu 3,18 MPa pada 20% ASP. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase ASP yang digunakan, semakin besar pula kuat tarik belah yang dihasilkan. Dengan demikian, ASP berperan positif dalam memperbaiki sifat mekanik beton, khususnya pada umur 56 hari, meskipun peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan.



Gambar 5 Analisis Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan abu sekam padi pada semen PCC terhadap mutu beton Self-Compacting Concrete (SCC) berpotensi meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum rata-rata yang diperoleh pada umur benda uji 28 hari adalah sebesar 35,90 MPa, sedangkan pada umur 56 hari meningkat menjadi 38,10 MPa. Sementara itu, hasil pengujian kuat tarik belah menunjukkan nilai sebesar 3,0 MPa pada umur 28 hari dan meningkat menjadi 3,18 MPa pada umur 56 hari. Hal ini membuktikan bahwa abu sekam padi mampu memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan mutu beton SCC baik dalam hal kuat tekan maupun kuat tarik belah seiring bertambahnya umur pengujian.

Daftar Pustaka

- Adesina, A. (2020). *Recent advances in the concrete industry to reduce its carbon dioxide emissions. Environmental Challenges, 1*, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100004>
- Almenares, R. L., Vizcaíno, L. M., Damas, S., Mathieu, A., Alujas, A., & Martirena, F. (2021). *Industrial scale production of low carbon rice husk ash in a circular economy via waste valorization and sustainable energy use. Journal of Cleaner Production, 320*, 128747. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128747>
- Amin, M. N., Ahmad, W., Khan, K., & Sayed, M. M. (2021). *Mapping research knowledge on rice husk ash application in concrete: A scientometric review. Materials, 14*(19), 5722. <https://doi.org/10.3390/ma14195722>
- Bheel, N., Awoyera, P., Aluko, O., Mahro, S., & Viloría, A. (2021). *Sustainable use of rice husk ash in concrete: A review of mechanical and microstructural properties. Journal of Materials Research and Technology, 15*, 4347-4356. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.10.045>
- de Paula, J. N., Calmon, J. L., & Tristão, F. A. (2022). *Analysis of the effect of rice husk ash on the hydration of cementitious composites using kinetic models. Construction and Building Materials, 316*, 125823. [Link: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125823](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125823)
- Firdaus, Bonita M. Tambun, Rosidawani, and Alfrendo Satyanaga. (2025). "The Effects of the Fineness Level of Rice Husk Ash as a Partial Cement Substitute in Self-Compacting Concrete (SCC)." *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics* 128(1): 162–79. [doi:10.37934/aram.128.1.162179](https://doi.org/10.37934/aram.128.1.162179).

- Khan, M. I., Sutanto, M. H., & Iqbal, M. (2023). *A comprehensive review on the properties of sustainable concrete containing agricultural and industrial wastes as supplementary cementitious materials. Case Studies in Construction Materials*, 18, e02112. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02112>
- Madandoust, R., Ranjbar, M. M., & Moghadam, H. A. (2022). *Fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing rice husk ash: A review. Journal of Renewable Materials*, 10(3), 589-612. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.017314>
- Raval, A. D., & Patel, I. N. (2023). *Durability characteristics of self-compacting concrete incorporating rice husk ash and marble powder. Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.381>
- Sharma, R., & Khan, R. A. (2021). *Influence of rice husk ash on the mechanical properties and durability of sustainable concrete. Construction and Building Materials*, 307, 124925. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124925>
- Singh, N., & Kumar, P. (2022). *Utilization of rice husk ash in sustainable concrete: A review. Materials Today: Proceedings*, 62, 4191-4197. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.672>
- Thomas, B. S., Yang, J., Bahurudeen, A., & Chinnu, S. N. (2021). *Appraisal of rice husk ash as a pozzolanic addition in concrete: A review. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, 10*(5), 293-312. <https://doi.org/10.1080/21650373.2021.1887494>
- Zeyad, A. M., Magbool, H. M., Tayeh, B. A., & de Azevedo, A. R. G. (2022). *Efficiency of rice husk ash and fly ash as reactivity materials in sustainable concrete. Journal of Building Engineering*, 54, 104589. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104589>