

PENGARUH SUHU PEMBAKARAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA BETON SCC

IVAN NUGRAHA¹, FIRDAUS²

Falkutas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma

Email: ivannugraha050903@gmail.com¹, email: firdaus.dr@binadarma.ac.id²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i2.7901>

Abstract: *This study analyzes the effect of combustion temperature of Rice Husk Ash (RHA) as a 10% cement substitute on the performance of Self Compacting Concrete (SCC). An experimental method was applied by burning RHA at 400°C, 500°C, and 600°C, followed by testing fresh properties (filling ability, passing ability, segregation resistance), compressive strength at 7, 14, and 28 days, as well as splitting tensile strength and modulus of elasticity at 28 days. Results confirmed all mixtures met SCC criteria (EFNARC 2005). RHA burned at 600°C yielded the highest compressive strength (18.05 MPa at 7 days; 22.29 MPa at 14 days; 39.07 MPa at 28 days), splitting tensile strength (3.41 MPa), and modulus of elasticity (22,478.25 MPa), exceeding normal concrete. However, higher combustion temperatures reduced flowability (RHA600: 55.3 cm) and passing ability (RHA600: 0.872) while enhancing segregation resistance (15 seconds). It is concluded that 10% substitution of RHA burned at 600°C significantly improves the mechanical properties of SCC despite a slight reduction in workability.*

Keywords: *Rice Husk Ash (RHA), Combustion Temperature, Compressive Strength, Splitting Tensile Strength, Modulus of Elasticity.*

Abstrak: Penelitian ini menganalisis pengaruh suhu pembakaran Abu Sekam Padi (ASP) sebagai substitusi 10% semen terhadap kinerja beton Self Compacting Concrete (SCC). Metode eksperimen dilakukan dengan membakar ASP pada suhu 400°C, 500°C, dan 600°C, kemudian menguji sifat segar (filling ability, passing ability, ketahanan segregasi), kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari, serta kuat tarik belah dan modulus elastisitas pada umur 28 hari. Hasil menunjukkan semua campuran memenuhi kriteria SCC (EFNARC 2005). ASP yang dibakar pada 600°C menghasilkan kuat tekan tertinggi (18,05 MPa pada 7 hari; 22,29 MPa pada 14 hari; 39,07 MPa pada 28 hari), kuat tarik belah (3,41 MPa), dan modulus elastisitas (22.478,25 MPa), melebihi beton normal. Namun, suhu pembakaran tinggi mengurangi kemampuan alir (ASP600: 55,3 cm) dan kemampuan melewati rintangan (ASP600: 0,872), tetapi meningkatkan ketahanan segregasi (15 detik). Disimpulkan bahwa substitusi 10% ASP yang dibakar pada 600°C meningkatkan sifat-sifat mekanik SCC secara signifikan meskipun sedikit menurunkan workability.

Kata Kunci: Abu Sekam Padi (ASP), Suhu Pembakaran, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas.

A. Pendahuluan

Sektor konstruksi memegang peran yang penting dalam kehidupan dan perekonomian suatu negara. Hal ini dikarenakan sebagian besar kehidupan manusia berlangsung di dalam atau di sekitar bangunan. Salah satu material yang paling sering digunakan dalam pembangunan konstruksi adalah beton, yang menjadi komponen utama dalam berbagai konstruksi bangunan. Kebutuhan beton di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan pesatnya pembangunan infrastruktur dan perumahan. Dalam konteks ini, Self-Compacting Concrete (SCC) muncul sebagai inovasi beton yang mampu mengalir dan memadat sendiri tanpa bantuan alat getar, sehingga sangat efisien untuk struktur dengan tulangan rapat maupun bentuk yang kompleks (Muhammad et al., 2021).

Beton SCC merupakan material komposit yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen. Kualitas dari beton SCC sangat dipengaruhi oleh kualitas material pembentukannya, termasuk

penggunaan bahan tambahan (admixture) yang dapat meningkatkan sifat-sifat mekaniknya, khususnya dalam hal ketahanan terhadap beban (Tangadagi et al., 2021). Untuk menghasilkan beton yang bermutu tinggi dengan mempertimbangkan biaya, salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan memperhatikan komposisi bahan penyusunnya. Ada beberapa cara dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu beton yaitu dengan menambahkan bahan abu sekam padi kedalam campuran beton SCC. Dikarenakan abu sekam padi mengandung senyawa silika (SiO_2) sebesar 89,64% (Rahman, 2017).

Pemanfaatan abu sekam padi dalam beton SCC diharapkan dapat menghasilkan beton yang bermutu tinggi, mengingat kandungan silika dalam abu sekam padi yang cukup tinggi. Abu sekam padi merupakan material yang bersifat pozzolanik, dengan kandungan utamanya berupa silika. Menurut Firdaus, Tambun, Rosidawani, & Satyanaga (2025) mengungkapkan bahwa kehalusan partikel ASP memiliki pengaruh signifikan. Partikel ASP yang lebih halus meningkatkan reaktivitas pozzolaniknya, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton SCC. Namun, penelitian tersebut juga menunjukkan adanya tingkat kehalusan optimal; melebihi tingkat ini justru dapat menurunkan workability (kemampuan pengerjaan) beton, kecuali jika digunakan superplasticizer yang sesuai untuk mengimbangnya. Penelitian terbaru oleh Chen et al. (2023) juga mengonfirmasi bahwa optimasi parameter pembakaran dan penggilingan ASP dapat meningkatkan performa beton SCC secara signifikan, dengan rekomendasi suhu pembakaran 600-700°C dan waktu tinggal 2-3 jam untuk mendapatkan silika amorf yang optimal. Material ini sangat cocok digunakan dalam campuran pozzolan-kapur karena mampu mengikat kapur bebas yang dihasilkan selama proses hidrasi semen. Silika dapat bereaksi dengan kapur membentuk kalsium silikat hidrat, sehingga meningkatkan ketahanan beton dengan mengurangi kadar kapur (Tata & Sultan, 2016). Studi terkini oleh Kumar & Sharma (2024) menunjukkan bahwa ASP dengan kandungan silika di atas 90% yang diproses pada suhu terkontrol dapat meningkatkan kuat tekan beton SCC hingga 25% dibandingkan beton konvensional. Selama proses pembakaran sekam padi, komponen organik terurai menjadi gas seperti karbondioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), dan uap air (H_2O), menyisakan abu yang kaya akan silika amorf sebagai komponen anorganik utama (Piyathissa et al., 2023). Temuan Patel et al. (2024) memperkuat bahwa proses kalsinasi pada suhu 650°C selama 2 jam menghasilkan ASP dengan reaktivitas pozzolanik tertinggi dan kandungan silika amorf mencapai 92,3%. Jika sekam padi dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500–600°C), abu yang dihasilkan mengandung silika amorf yang sangat reaktif dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton maupun material berbasis semen lainnya (Steven et al., 2024). Penelitian mutakhir oleh Zhang et al. (2023) merekomendasikan penggunaan ASP dengan dosis 10-15% sebagai pengganti semen untuk mencapai performa terbaik pada beton SCC, dengan peningkatan durabilitas dan reduksi porositas yang signifikan.

B. Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah pendekatan yang digunakan dalam suatu penelitian agar pelaksanaan dan hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu metode yang melibatkan kegiatan percobaan untuk memperoleh hasil yang menunjukkan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel lainnya.

Variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi obyek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah dalam berikut :

Tabel 1. Variabel Penelitian

| No | Kode Benda Uji | Suhu Pembakaran ASP | Abu Sekam Padi | Dimensi Benda Uji (Cm) | Umur Uji (Hari) | Jumlah Benda Uji |
|--------|----------------|---------------------|----------------|------------------------|-----------------|------------------|
| 1 | BU-N | - | 0% | 10x20 | 7 | 3 |
| | | | | | 14 | 3 |
| | | | | 15x30, 10x20 | 28 | 7 |
| 2 | BU-ASP400 | 400°C | 10% | 10x20 | 7 | 3 |
| | | | | | 14 | 3 |
| | | | | 15x30, 10x20 | 28 | 7 |
| 3 | BU-ASP500 | 500°C | 10% | 10x20 | 7 | 3 |
| | | | | | 14 | 3 |
| | | | | 15x30, 10x20 | 28 | 7 |
| 4 | BU-ASP600 | 600°C | 10% | 10x20 | 7 | 3 |
| | | | | | 14 | 3 |
| | | | | 15x30, 10x20 | 28 | 7 |
| Jumlah | | | | | | 52 BH |

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret 2025 hingga Juli 2025. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Kampus C, Universitas Bina Darma, Palembang.

C. Pembahasan dan Analisa

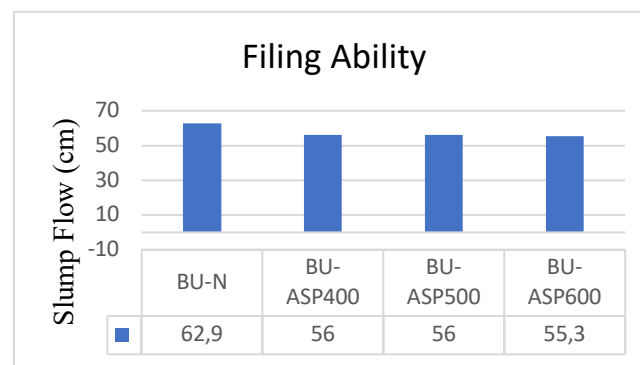
Komposisi Campuran Beton (Mix Design)

Tabel 2. Hasil Perancangan Campuran untuk 1 sampel silinder Beton

| Benda Uji | Dimensi Benda uji | Agregat Kasar (Kg) | Agregat Halus (Kg) | Semen (Kg) | Air (Kg) | SPL (g) | ASP (%) | ASP (g) |
|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------|----------|---------|---------|---------|
| Beton Normal | 10x20 | 1,763 | 1,175 | 0,770 | 0,350 | 7,7 | - | - |
| | 15x30 | 5,949 | 3,966 | 2,599 | 1,200 | 25,99 | - | - |
| ASP400 ASP500 ASP600 | 10x20 | 1,763 | 1,175 | 0,693 | 0,350 | 6,93 | 10 | 77 |
| | 15x30 | 5,949 | 3,966 | 2,339 | 1,200 | 23,39 | 10 | 260 |

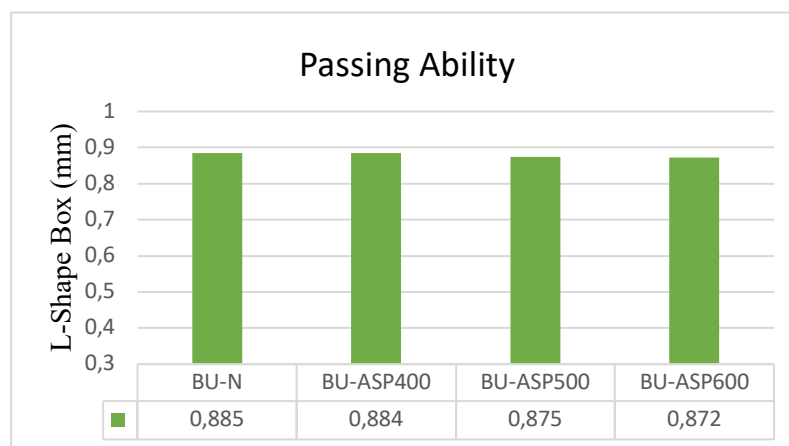
Pengujian Beton SCC

Pengujian beton segar dilakukan secara bersamaan dimulai dari filling ability, passing ability, dan segregation resistance sesaat sebelum pencetakan. Uji coba dilakukan satu kali untuk setiap rasio campuran. Variasi campuran 10% digunakan dalam penelitian ini adalah substitusi dari berat semen, dengan variasi suhu yaitu 400°C, 500°C, dan 600°C. Output uji SCC segar dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



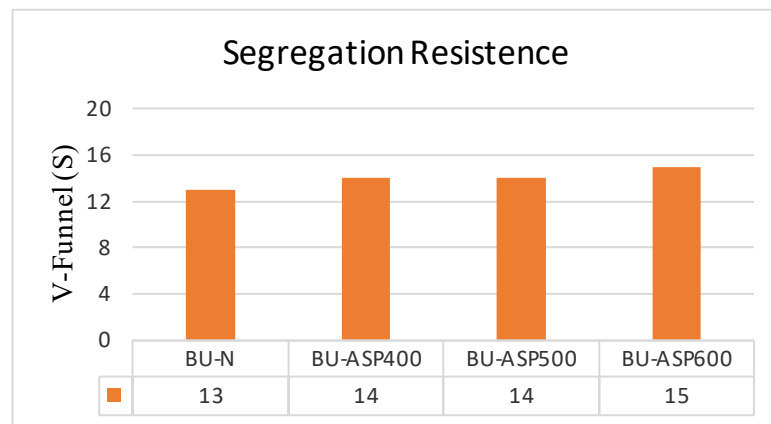
Gambar 1. Diagram Slump Flow Test

Seluruh varian beton, termasuk beton normal (BU-N) dan campuran ASP400, ASP500, serta ASP600, memenuhi kriteria Self-Compacting Concrete (SCC) sesuai standar EFNARC 2005. Pada pengujian Filling Ability menggunakan Slump Flow Test, seluruh campuran berada dalam rentang 55–65 cm. BU-N menunjukkan aliran terbesar (62,9 cm), sedangkan ASP600 terendah (55,3 cm), menunjukkan bahwa pembakaran ASP pada suhu tinggi cenderung mengurangi kemampuan alir beton.



Gambar 2. Diagram L-Shape Box Test

Pada pengujian Passing Ability dengan L-Box Test, semua campuran memiliki rasio H2/H1 di atas 0,8, memenuhi persyaratan SCC. BU-N mencatat nilai tertinggi (0,885) dan ASP600 terendah (0,872), menunjukkan penurunan kemampuan melewati hambatan namun masih dalam batas aman.



Gambar 3. Diagram V-Funnel Test

Pada pengujian Segregation Resistance menggunakan V-Funnel Test, seluruh campuran memiliki waktu alir 13–15 detik, sesuai standar (3–15 detik). ASP600 memiliki waktu alir tertinggi (15 detik), menandakan kekentalan yang lebih besar dan risiko segregasi rendah. Secara keseluruhan, semua campuran memenuhi kriteria SCC, meskipun penambahan abu sekam padi yang dibakar pada suhu tinggi cenderung mengurangi kemampuan alir dan melewati hambatan, tetapi meningkatkan ketahanan terhadap segregasi.

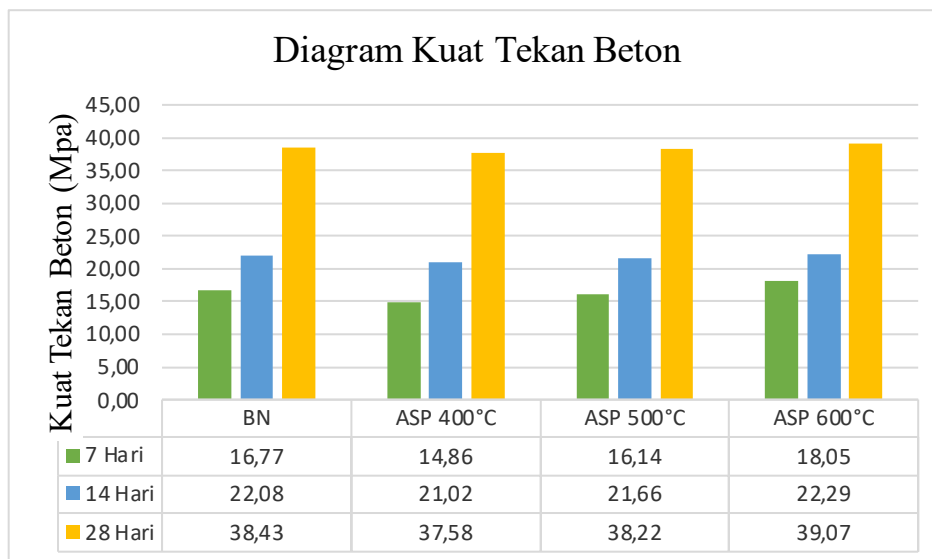
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil diagram dan grafik uji kuat tekan pada gambar 4 dan 5, perbandingan antara beton normal dan beton dengan substitusi abu sekam padi (ASP) pada berbagai suhu menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan.

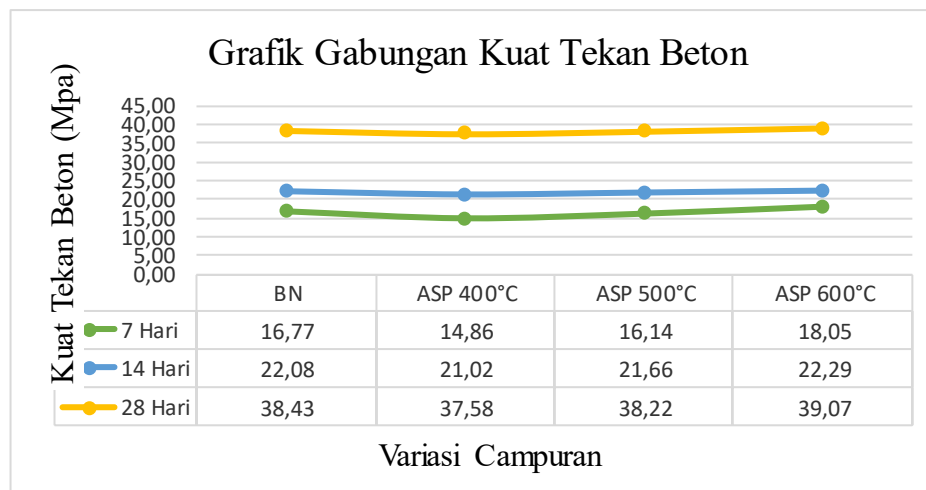
Pada umur 7 hari, beton normal memiliki kuat tekan 16,77 MPa sebagai nilai acuan. Beton ASP pada suhu 400°C (14,86 MPa) mengalami penurunan sebesar 1,91 MPa (-11,4%), sedangkan pada 500°C (16,14 MPa) penurunannya lebih kecil, yaitu 0,63 MPa (-3,8%). Sebaliknya, pada 600°C (18,05 MPa), beton ASP menunjukkan peningkatan kuat tekan sebesar 1,28 MPa (+7,6%) dibandingkan beton normal.

Pola serupa terlihat pada umur 14 hari. Beton normal dengan kuat tekan 22,08 MPa dibandingkan dengan beton ASP pada suhu 600°C (22,29 MPa), yang menunjukkan kinerja lebih tinggi sebesar 0,21 MPa (+1,0%). Sementara itu, beton ASP pada 400°C (21,02 MPa) dan 500°C (21,66 MPa) masih berada di bawah nilai acuan, masing-masing dengan selisih 1,06 MPa (-4,8%) dan 0,42 MPa (-1,9%).

Pada umur rencana 28 hari, kinerja beton ASP pada suhu 600°C (39,07 MPa) mengalami peningkatan dan melebihi beton normal sebesar 0,64 MPa (+1,7%) dibandingkan nilai acuan 38,43 MPa. Beton ASP pada 500°C (38,22 MPa) menunjukkan kuat tekan yang sedikit lebih rendah dengan selisih 0,21 MPa (-0,5%), sedangkan pada 400°C (37,58 MPa) penurunannya lebih besar, yakni 0,85 MPa (-2,2%).



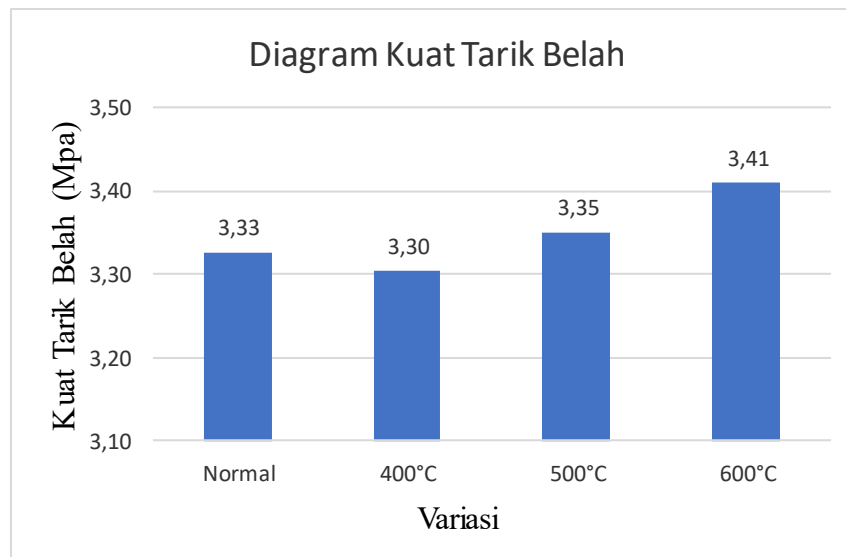
Gambar 4. Diagram Uji Kuat Tekan



Gambar 5. Grafik Uji Kuat Tekan

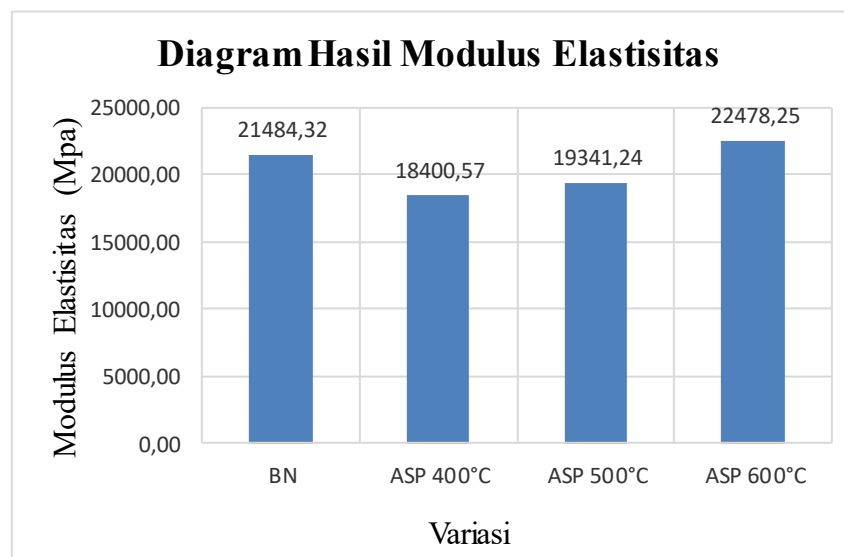
Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah pada umur 28 hari, beton normal menghasilkan nilai sebesar 3,33 MPa. Variasi dengan abu sekam padi (ASP) menunjukkan kinerja yang bervariasi, di mana ASP 400°C memperoleh nilai 3,30 MPa atau lebih rendah 0,03 MPa (0,9%) dibanding beton normal. Sebaliknya, ASP 500°C justru sedikit lebih tinggi yaitu 3,35 MPa atau naik 0,02 MPa (0,6%), sedangkan ASP 600°C memberikan hasil tertinggi sebesar 3,41 MPa atau meningkat 0,08 MPa (2,4%) dibanding beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa pembakaran abu sekam padi pada suhu 600°C menghasilkan aktivitas pozzolanik yang paling optimal, sehingga mampu meningkatkan kuat tarik belah beton SCC mendekati bahkan sedikit melebihi beton normal. Berikut hasil diagram dan grafik uji tarik belah pada gambar 6:



Gambar 6. Diagram Hasil Kuat Tarik Belah

Hasil Pengujian Modulus Elastisitas



Gambar 7. Diagram Hasil Modulus Elastisitas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton normal memiliki modulus elastisitas sebesar 21.484,32 MPa. Pada beton dengan substitusi abu sekam padi yang dibakar pada suhu 400°C, nilai modulus elastisitas turun menjadi 18.400,57 MPa, atau lebih rendah sekitar 3.083,75 MPa dibandingkan beton normal. Pada suhu 500°C, nilai modulus elastisitas tercatat 19.341,24 MPa, selisihnya 2.143,08 MPa lebih rendah dari beton normal. Sementara itu, pada suhu 600°C, modulus elastisitas meningkat menjadi 22.478,25 MPa, atau lebih tinggi sekitar 993,93 MPa dibandingkan beton normal. Perbandingan ini menunjukkan bahwa pembakaran abu sekam padi pada suhu 400°C dan 500°C menyebabkan penurunan modulus elastisitas, sedangkan pada suhu 600°C justru menghasilkan peningkatan nilai modulus elastisitas sehingga melampaui beton normal.

D. Penutup

Semua campuran beton (normal, ASP400, ASP500, dan ASP600) memenuhi kriteria SCC menurut standar EFNARC 2005 untuk properti segar, termasuk filling ability (55--65 cm), passing ability ($H_2/H_1 > 0.8$), dan segregation resistance (3--15 detik). Suhu pembakaran ASP berpengaruh signifikan terhadap kinerja beton: Pembakaran pada 600°C menghasilkan kuat tekan tertinggi (18,05 MPa pada 7 hari; 22,29 MPa pada 14 hari; 39,07 MPa pada 28 hari), kuat tarik belah tertinggi (3,41 MPa), dan modulus elastisitas tertinggi (22.478,25 MPa), yang kesemuanya melebihi nilai beton normal. Namun, suhu tinggi ini mengurangi workability, ditunjukkan oleh penurunan filling ability (ASP600: 55,3 cm di banding dengan beton normal: 62,9 cm) dan passing ability (ASP600: 0,872), meskipun diimbangi peningkatan ketahanan segregasi (waktu alir 15 detik). Secara praktis, substitusi 10% ASP bersuhu 600°C terbukti optimal untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik (kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas) beton SCC tanpa mengorbankan kriteria self-compacting, sekaligus menekan biaya dan memanfaatkan limbah pertanian berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- EFNARC. (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*. European Federation of National Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Materials.
- Chen, L., Wang, Y., & Zhang, J. (2023). Optimization of rice husk ash processing parameters for enhanced performance in self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 378, 131-145. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131145>
- 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>
- Kumar, R., & Sharma, A. (2024). High-performance rice husk ash in concrete: Processing and applications. *Journal of Sustainable Construction*, 15(2), 89-104.
- Muhammad, A., Riza, M., & Sulaiman, R. (2021). *Development of self-compacting concrete in construction*. *International Journal of Civil Engineering*, 19(4), 455–467. <https://doi.org/10.1007/s40940-021-00175>
- Patel, S., Gupta, M., & Kumar, N. (2024). Effect of calcination parameters on the pozzolanic reactivity of rice husk ash. *Materials Today: Proceedings*, 78(3), 215-223.
- Piyathissa, Y., et al. (2023). *Characterization of Rice Husk Ash for Use in Sustainable Concrete*. *Sustainable Materials and Technologies*, 35, 102–115.
- Rahman, A. (2017). *Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan pozzolan dalam beton*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(2), 67–74.
- Steven, et al. (2024). *The Effect of Burning Temperature on the Reactivity of Rice Husk Ash in Concrete*. *Journal of Sustainable Construction*, 12(3), 88–99.
- Tangadagi, R. B., Patil, S., & Hiremath, P. (2021). *Effect of mineral admixtures on mechanical properties of SCC*. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2371–2378. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.098>
- Tata, A., & Sultan, M. A. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton terhadap Sifat Mekanis Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 45–52.
- Zhang, Y., Li, H., & Zhao, X. (2023). Durability and mechanical properties of self-compacting concrete incorporating optimized rice husk ash. *Cement and Concrete Composites*, 135, 104-118.