

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai studi eksperimental kuat tekan beton hybrid dengan substitusi sebagian semen berbasis *fly ash* dan *silica fume* serta penambahan *superplasticizer*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Substitusi sebagian semen dengan *fly ash* berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton hybrid berdasarkan hasil pengujian. Kuat tekan beton pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari, diperoleh bahwa beton kontrol menghasilkan nilai kuat tekan paling rendah pada seluruh umur pengujian. Pada umur 28 hari, beton kontrol hanya mencapai kuat tekan sebesar 22,09 MPa, sehingga belum memenuhi mutu beton rencana $f'_c = 30$ MPa. Beton dengan substitusi *fly ash* sebesar 10% (Variasi 1) menunjukkan peningkatan kuat tekan yang cukup signifikan dibandingkan beton kontrol, dengan nilai kuat tekan mencapai 27,63 MPa pada umur 28 hari, meskipun masih berada di bawah mutu rencana. Selanjutnya, beton dengan substitusi *fly ash* sebesar 20% (Variasi 2) menghasilkan kuat tekan tertinggi pada seluruh umur pengujian, dengan nilai kuat tekan maksimum sebesar 32,02 MPa pada umur 28 hari dan telah melampaui mutu beton rencana.
2. Komposisi optimum beton hybrid diperoleh pada campuran dengan *fly ash* 20%, *silica fume* 10%, dan *superplasticizer* 1% (Variasi 2). Campuran tersebut menghasilkan kuat tekan maksimum sebesar 32,02 MPa pada umur 28 hari, meningkat 44,95% dibandingkan beton kontrol dan telah melampaui mutu beton rencana $f'_c = 30$ MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan penerapan di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variasi kadar *fly ash* yang lebih luas, khususnya di atas 20%, guna mengetahui batas optimum penggunaan *fly ash* terhadap kuat tekan dan sifat mekanis beton secara menyeluruh.

2. Disarankan untuk melakukan pengujian sifat beton lainnya, seperti kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas, serta durabilitas beton (serapan air, permeabilitas, dan ketahanan terhadap lingkungan agresif), agar diperoleh gambaran kinerja beton hybrid yang lebih komprehensif.
3. Penelitian lanjutan perlu mempertimbangkan variasi dosis *superplasticizer* yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap workability, kepadatan beton, dan perkembangan kuat tekan tanpa meningkatkan faktor air-semen.
4. Untuk meningkatkan keandalan hasil penelitian, disarankan dilakukan pengujian dengan jumlah benda uji yang lebih banyak serta perawatan beton yang lebih terkontrol, sehingga variasi hasil pengujian dapat diminimalkan.
5. Pada penerapan di lapangan, penggunaan beton hybrid dengan substitusi *fly ash* dan *silica fume* perlu disertai pengendalian proses pencampuran dan pemadatan yang baik, mengingat kadar *fly ash* yang tinggi memerlukan tingkat homogenitas adukan yang lebih teliti.
6. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji aspek keekonomian dan keberlanjutan, termasuk analisis biaya dan potensi pengurangan emisi karbon, sehingga hasil penelitian dapat lebih aplikatif untuk penggunaan beton ramah lingkungan di bidang konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiany, A. A., Teknik, J., Fakultas, S., Sipil, T., & Perencanaan, D. (1998). <Diaju^an Ijepada Vniversitas Islam Indonesia untu&jnemenufu. seSagian persyaratan memperoCeh derajat Sarjana 'Te^ni^Sipif (Disusun oteh.
- Agustiningtyas, R. S., Takaguchi, H., Kubota, T., Alfata, M. N. F., & Surahman, U. (2025). Comparative analysis of life cycle inventory of cement and ready-mix concrete production in Indonesia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 27(1), 488–502. <https://doi.org/10.1007/s10163-024-02135-x>
- Ali, F., & Qazwan, A. H. (2024). *FINAL PROJECT THE EFFECT OF USING FLY ASH AS SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIAL ON CONVENTIONAL CONCRETE Submitted to Universitas Islam Indonesia Yogyakarta in Fulfillment for Bachelor of Civil Engineering Arranged by.*
- Amarkhail, N. (2015). EFFECTS OF SILICA FUME ON PROPERTIES OF HIGH-STRENGTH CONCRETE. In *International Journal of Technical Research and Applications* (Vol. 32). www.ijtra.com
- Arizki, R., Sari, I., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2015). PENGARUH JUMLAH SEMEN DAN FAS TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN AGREGAT YANG BERASAL DARI SUNGAI. *Jurnal Sipil Statik*, 3(1), 68–76.
- Badan Standardisasi Nasional. (1997). SNI 03-4428-1997: Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik dengan Cara Setara Pasir. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–10.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). SNI 2816:2014 Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 10.
- Ginting, A. (n.d.). *PENGARUH RASIO AGREGAT SEMEN DAN FAKTOR AIR SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON POROUS.*
- Gripshover, N. D., & Mazzotti, F. (n.d.). *Scarlet Snake (Cemophora coccinea) Phenotypic Aberrancies*. Retrieved <https://www.researchgate.net/publication/377981410>
- Harijanto, R. T. A., Dewi, K., & Wahyudi, A. (2024). Quantification Of Greenhouse Gas Emissions in a Cement Company and System Dynamics Modeling Toward Carbon Neutral. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 9(1), 11–24. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v9i1.20395>
- Husin, N. A. (2022). THE EFFECT OF ADMIXTURE VARIATIONS ON WORKABILITY AND COMPRESSIVE STRENGTH OF GEOPOLYMER CONCRETE FLY ASH BASED WITH HIGH CALCIUM CONTENT. *International Journal of GEOMATE*, 22(92). <https://doi.org/10.21660/2022.92.j2333>
- Keintjem, M., Suwondo, R., Cunningham, L., & Razak, H. (2024). Embodied Carbon in Concrete: Insights from Indonesia and Comparative Analysis with UK and USA. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 14(6), 17737–17742. <https://doi.org/10.48084/etasr.8781>

- Moolchandani, K., Sharma, A., & Dharavath, K. (2025). Hybrid use of supplementary cementitious materials, industrial byproducts, and fillers for sustainable high-performance concrete. *Discover Civil Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00379-6>
- Mubarak, F., Solikin, M., Sunarjono, S., & Id, A. (n.d.). *PERBANDINGAN TINGKAT KEHALUSAN FLY ASH TERHADAP DURABILITAS DAN SIFAT MEKANIS HIGH VOLUME FINE FLY ASH-SELF COMPACTING CONCRETE*.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- Pala'langan, W., Sariman, S., & Mulyani, S. P. (2025). Penggunaan Silica Fume Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan Penambahan Bubur Kertas Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(2), 196–202. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i2.4369>
- PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN (COMPARISON OF CONCRETE STRENGTH WITH FLY ASH AND SILICA FUME AS A PARTIAL CEMENT SUBSTITUTIONS)*. (n.d.).
- Santhosh, & Shivananda. (2017). A review of Concrete Mix Designs. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, V(XI), 586–590. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.11091>
- Setia Romadhon, E., Untuk Diajukan dalam, D., Terbuka Disertasi Hari, S., Ir Antonius, P., Ko -Promotor Ir Sumirin, M., & Program Doktor Teknik Sipi Fakultas Teknik, M. (n.d.). *Model Perilaku Mekanik Beton Geopolimer Rendah Aktivator Alkali*.
- Singh Bhati, B., Gandhi, K., Hiranandani, P., & Sankhla, S. (2017). *EXPERIMENTAL STUDY ON EFFECT OF FLY ASH ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE* (Vol. 4). www.jetir.org
- SNI 03-1968. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. SNI 03-1968-1990. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1–17.
- SNI 03-1970. (2008). Cara uji bera berat t j jenis enis d dan an penyera penyerapan pan air agregat halus. *Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 2417-2008. (2008). Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–20.
- SNI-03-4804-1998. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*, 1–6.
- Szczęśniak, A., Siwiński, J., Stolarski, A., Piekarczyk, A., & Nasiłowska, B. (2025). The Influence of the Addition of Microsilica and Fly Ash on the Properties of Ultra-High-Performance Concretes. *Materials*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/ma18010028>
- Wang, Y., Huang, J., Zhang, Y., Zhang, S., Li, L., & Pang, X. (2024). The Design of PAN-Based Janus Membrane with Adjustable Asymmetric Wettability in Wastewater Purification. *Materials*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/ma17020417>