

Studi Pemanfaatan Limbah Eceng Gondok Untuk Beton Hybrid Dengan Aktivator Na_2SO_4 dan Na_2SiO_3

Study on the Utilization of Water Hyacinth Waste for Hybrid Concrete with Activators Na_2SO_4 and Na_2SiO_3

Ramadhana Anantashah Achmad*¹, Toni Budi Santoso², Sujiat³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro
ramadhanaa0@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh substitusi semen dengan limbah abu eceng gondok terhadap kuat tekan beton *hybrid* dengan penggunaan aktivator Na_2SO_4 dan Na_2SiO_3 . Salah satu inovasi yang dapat dilakukan sebagai bahan campuran pembuatan beton yaitu Abu Eceng Gondok (AEG). Pembuatan binder beton *hybrid* umumnya menggunakan metode pencampuran *wet mixing*, yaitu mencampur aktivator dengan molaritas tertentu atau telah ditentukan. Aktivator Na_2SO_4 dan Na_2SiO_3 digunakan untuk meningkatkan reaktivitas abu dan kinerja beton. Tujuan penelitian untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton *hybrid* yang dicampur aktivator pada umur 14 dan 28 hari serta mendapatkan *mix design* optimum penggunaan Abu Eceng Gondok (AEG) dengan aktivator pada beton *hybrid*. Metode eksperimental pada penelitian dengan pembuatan benda uji beton *hybrid* berbentuk silinder 10 cm x 20 cm untuk umur pengujian kuat tekan adalah umur 14 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan rata-rata beton hybrid umur 14 hari variasi 4 M mencapai 2.892 MPa, variasi 6 M mencapai 4.313 MPa, dan variasi 8 M mencapai 3.271 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton hybrid pada umur 28 hari variasi 4 M bisa mencapai 11.902 MPa, variasi 6 M bisa mencapai 9.448 MPa, dan variasi 8 M mencapai 3.271 MPa.

Kata kunci: Aktivator, Beton, Eceng Gondok, Kuat Tekan.

ABSTRACT

Abstract - This study evaluates the effect of substituting cement with water hyacinth ash on the compressive strength of hybrid concrete using Na_2SO_4 and Na_2SiO_3 activators. One innovation for concrete mix materials is Water Hyacinth Ash (WHA). Hybrid concrete binders are generally produced using the wet mixing method, with alkali activator solutions at specific molarity ratios. Na_2SO_4 and Na_2SiO_3 activator solutions are used to enhance the reactivity of the ash and the performance of the concrete. The aim of this study is to determine the compressive strength of hybrid concrete with Na_2SO_4 and Na_2SiO_3 as activators at 14 and 28 days of age and to find the optimal variation of Water Hyacinth Ash (WHA) usage with Na_2SO_4 and Na_2SiO_3 in hybrid concrete. This research employs an experimental method with hybrid concrete specimens in the form of cylinders sized 10 x 20 cm, which will undergo compressive strength testing at 14 and 28 days. Based on the average compressive strength test results for the hybrid concrete cylinders at 14 and 28 days, it can be concluded that at 14 days, the compressive strength for the 4 M variation is 2.892 MPa, the 6 M variation is 4.313 MPa, and the 8 M variation is 3.271 MPa. Meanwhile, at 28 days, the compressive strength for the 4 M variation is 11.902 MPa, the 6 M variation is 9.448 MPa, and the 8 M variation is 3.271 MPa.

Keywords: Activator, Concrete, Water Hyacinth, Compressive Strength.

PENDAHULUAN

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya (Lee et al., 2024; Ahmad et al., 2023). Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya (Smadi et al., 2023; Ozturk, 2023). Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedangkan gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton (Santoso & Miftah, 2023). Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan (Yang et al., 2023). Pemakaian serat dalam campuran beton sudah cukup lama dilakukan, namun karena ketersediaannya semakin menurun (Sirico et al., 2021). Maka dikembangkan berbagai macam percobaan *mix design* beton, salah satunya adalah

dengan penggunaan serat eceng gondok sebagai bahan tambahannya (Philip & Rakendu, 2020; Olivares-Marín et al., 2023; Jirawattanasomkul et al., 2021). Eceng gondok yang sudah menutupi sebagian besar wilayah perairan (Niyasom & Tangboriboon, 2021). Perkembangbiakan yang cepat menyebabkan tanaman eceng gondok telah berubah menjadi tanaman gulma di beberapa wilayah perairan di Indonesia termasuk peristiwa penumpukan limbah eceng gondok pada permukaan sungai Bengawan Solo, Kota Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. Usaha untuk memberantas tanaman gulma air ini dinilai masih kurang baik dan efektif, karena tingkat pertumbuhannya masih lebih cepat dari pembuangannya. Banyak peneliti melaporkan bahwa eceng gondok dapat menyerap zat pencemar dalam air dan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan. Tercatat bahwa dalam waktu 24 jam eceng gondok mampu menyerap logam Cd, Hg dan Ni sebesar 1,35 mg/g; 1,77 mg/g, dan 1,16 mg/g bila logam itu berada dalam keadaan tidak tercampur dan menyerap Cd 1,23 mg/g, 1,88 mg/g, dan Ni 0,35 mg/g beratkering apabila logam-logam itu berada dalam keadaan tercampur dengan logam lain dalam air. Kandungan selulosa *Cross and Bevan* eceng gondok sebesar 64,51% dari berat total (You et al., 2019).

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan dimensi (10 × 20) cm. Abu Eceng Gondok (AEG) digunakan sebagai bahan tambah dalam penelitian ini yang diharapkan mampu mencapai kuat tekan tinggi pada beton *hybrid*. Beton *hybrid* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah setengah volume beton normal dan setengah volume beton dengan bahan tambah Abu Eceng Gondok (AEG) masing-masing kadar 4%, 6%, 8% dari berat semen beserta penggunaan larutan aktivator *sodium sulfate* (Na₂SO₄) dan natrium silicate (Na₂SiO₃) perbandingan 1,5% : 3% dari penggunaan air sebesar 10% untuk setiap umur 14 dan 28 hari dengan total 48 benda uji.

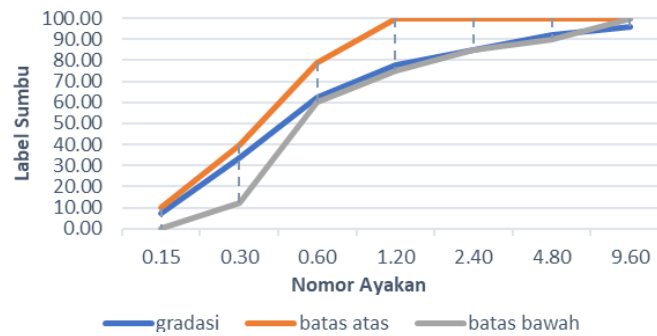
Hasil penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan nilai kuat tekan beton hybrid yang tinggi serta memberikan inovasi dan manfaat pada konstruksi beton baik di dunia konstruksi maupun akademik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton *hybrid* dengan Na₂SO₄ dan Na₂SiO₃ sebagai aktivator dan juga untuk mengetahui berapa variasi optimumnya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu mengurangi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh emisi gas karbondioksida yang dihasilkan dari produksi semen dan menjadi pengolahan alternatif pada penumpukan limbah eceng gondok.

METODE PENELITIAN

Penelitian berskala laboratorium dan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bojonegoro. Pengumpulan bahan dan material merupakan langkah awal dalam penelitian, kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan bahan dan material guna memastikan material yang dipakai tergolong bagus dan sesuai kebutuhan. Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji yang dilanjutkan dengan perawatan hingga umur rencana yaitu 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan adalah langkah terakhir guna mengetahui kuat tekan dengan ukuran sampel yang dibuat 10 cm x 20 cm.

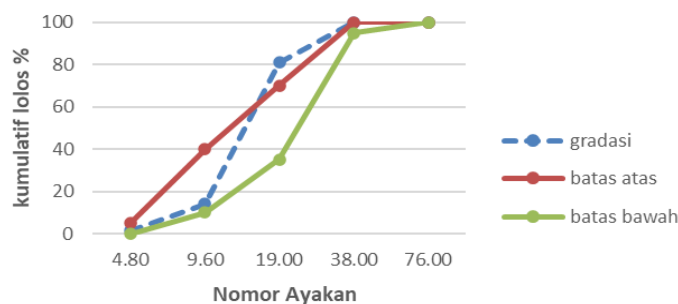
HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa tahap awal yaitu uji propertis dilakukan dalam penelitian yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan mix design dan benda uji. Gambar 1 menunjukkan hasil dari gradasi agregat halus:



Gambar 1. Gradasi Agregat Halus

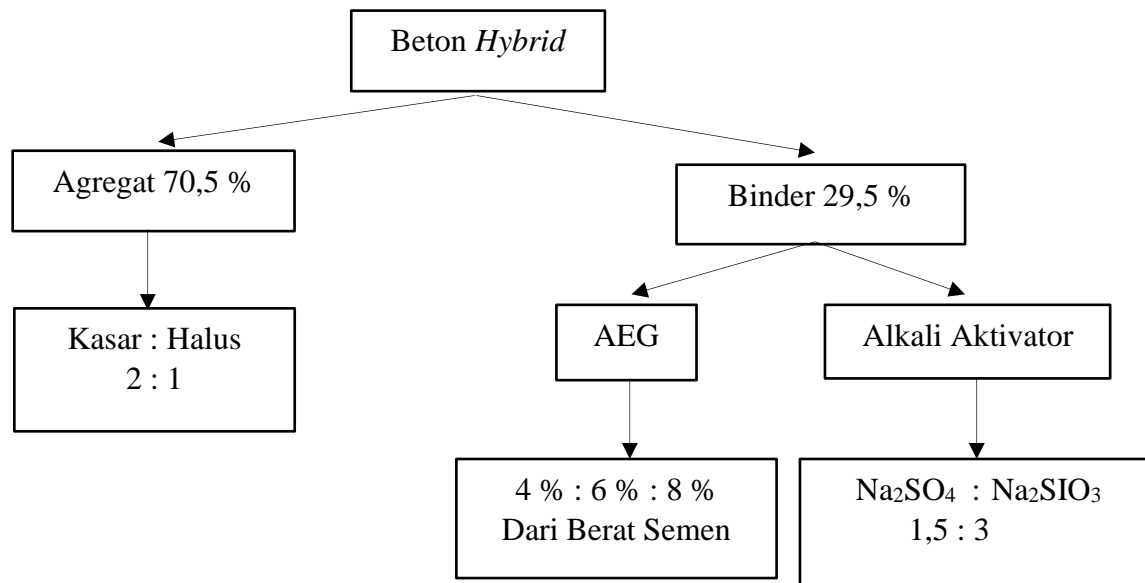
Gambar 1 menunjukkan agregat halus yang digunakan dalam pembuatan benda uji tergolong gradasi zona 3 dengan *fine modulus* (FM) 2.46.



Gambar 2. Gradasi Agregat Kasar

Kemudian untuk agregat kasar tergolong pada gradasi zona max 40 mm dengan *fine modulus* (FM) 7.04.

Pembuatan mix design dan job mix kemudian dilakukan setelah hasil uji propertis didapatkan dan eksperimental mix design dilakukan pada penelitian. Perbandingan masa digunakan dalam penelitian untuk mengetahui jumlah kebutuhan bahan dan material untuk setiap satu silinder yang kemudian dilanjutkan dalam pembuatan sampel beton. Mengadopsi penelitian yang pernah dilakukan, dengan persentase campuran abu eceng gondok (AEG) yang memiliki hasil nilai optimum pada kuat tekan sebesar 10,5 %. Dengan persentase yang didapat, peneliti melakukan penambahan 2 persentase variasi ± 2 % sebesar 8,5 % dan 12,5 %. Mix design dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Mix Design Beton Hybrid*

Gambar 3 merupakan perencanaan mix design, campuran adukan beton dilakukan penambahan abu eceng gondok sebagai substitusi sebagian semen. Tingkat molar yang digunakan 4 M, 6 M, dan 8 M. Untuk detail penggunaan molaritas dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Variasi Benda Uji

| No | Nama Benda Uji | Agregat | Na ₂ SO ₄ : Na ₂ SiO ₃ | Molaritas | Umur | Jumlah Benda Uji |
|----|----------------|---------------|--|-----------|--------------|------------------|
| 1 | Normal | 70,5% : 29,5% | - | - | 14 & 28 Hari | 12 |
| 2 | EG 4 (8,5%) | 70,5% : 29,5% | 1,5 : 3 | 4 Molar | 14 & 28 Hari | 12 |
| 3 | EG 6 (10,5%) | 70,5% : 29,5% | 1,5 : 3 | 6 Molar | 14 & 28 Hari | 12 |
| 4 | EG 8 (12,5%) | 70,5% : 29,5% | 1,5 : 3 | 8 Molar | 14 & 28 Hari | 12 |

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan kebutuhan dari setiap variasi benda uji :

Tabel 2. Kebutuhan Bahan 1 Silinder

| No | Nama Benda Uji | Abu Eceng Gondok (kg) | Air (L) | Na ₂ SO ₄ 1,5% (kg) | Na ₂ SiO ₃ 3% (kg) | Ag. Kasar (kg) | Ag. Halus (kg) | Semen (kg) |
|----|----------------|-----------------------|---------|---|--|----------------|----------------|------------|
| 1 | Normal | - | 0,32 | - | - | 2,33 | 0,95 | 0,71 |
| 2 | EG 4M (8,5%) | 0,028 | 1,90 | 0,005 | 0,021 | 2,33 | 0,95 | 0,68 |
| 3 | EG 6M (10,5%) | 0,043 | 0,28 | 0,008 | 0,032 | 2,33 | 0,95 | 0,67 |
| 4 | EG 8M (12,5%) | 0,057 | 0,27 | 0,011 | 0,042 | 2,33 | 0,95 | 0,65 |

Tabel 3. Kebutuhan Bahan Total

| No | Nama Benda Uji | Abu Eceng Gondok (kg) | Air (L) | Na ₂ SO ₄ 1,5% (kg) | Na ₂ SiO ₃ 3% (kg) | Ag. Kasar (kg) | Ag. Halus (kg) | Semen (kg) |
|----|----------------|-----------------------|---------|---|--|----------------|----------------|------------|
| 1 | Normal | - | 1,94 | - | - | 13,99 | 5,68 | 4,66 |
| 2 | EG 4 (8,5%) | 0,186 | 1,77 | 0,032 | 0,128 | 13,99 | 5,68 | 4,47 |
| 3 | EG 6 (10,5%) | 0,280 | 1,69 | 0,048 | 0,192 | 13,99 | 5,68 | 4,38 |
| 4 | EG 8 (12,5%) | 0,373 | 1,61 | 0,064 | 0,257 | 13,99 | 5,68 | 4,29 |

Dari tabel diatas, diperoleh kebutuhan bahan abu eceng gondok dalam pembuatan benda uji silinder beton *hybrid* 6 silinder atau sampel. Variasi penambahan abu eceng gondok yang didapatkan dalam variasi 4 % = 0.186 kg, 6 % = 0.280 kg, dan 8 % = 0.373. Pembuatan benda uji beton *hybrid* dengan total 48 benda uji.

Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji yang kemudian dilanjutkan dengan perawatan benda uji. Metode perawatan menggunakan sistem curing yaitu perendaman kedalam air hingga permukaan benda uji tertutup. Pada umur 14 hari dan 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan. Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengujian kuat tekan :

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

| Persentase Campuran | Umur | No. Benda Uji | Berat (Kg) | Kuat Tekan Fc' (Mpa) | Rata - Rata (Mpa) |
|---------------------|------|---------------|------------|----------------------|-------------------|
| Normal | 14 | 1 | 3,503 | 21,331 | 17,892 |
| | 14 | 2 | 3,348 | 16,541 | |
| | 14 | 3 | 3,371 | 14,960 | |
| | 14 | 4 | 3,426 | 16,962 | |
| | 14 | 5 | 3,415 | 20,409 | |
| | 14 | 6 | 3,431 | 17,148 | |
| 8,5% | 14 | 1 | 3,451 | 2,669 | 2,892 |
| | 14 | 2 | 3,438 | 3,304 | |
| | 14 | 3 | 3,427 | 2,701 | |
| | 14 | 4 | 3,303 | 2,968 | |
| | 14 | 5 | 3,300 | 2,673 | |
| | 14 | 6 | 3,374 | 3,035 | |
| 10,5% | 14 | 1 | 3,495 | 4,487 | 4,313 |
| | 14 | 2 | 3,480 | 4,361 | |
| | 14 | 3 | 3,383 | 4,323 | |
| | 14 | 4 | 3,408 | 4,616 | |
| | 14 | 5 | 3,451 | 3,912 | |
| | 14 | 6 | 3,413 | 4,180 | |
| 12,5% | 14 | 1 | 3,445 | 3,164 | 3,271 |
| | 14 | 2 | 3,439 | 2,764 | |
| | 14 | 3 | 3,338 | 3,595 | |
| | 14 | 4 | 3,322 | 2,631 | |
| | 14 | 5 | 3,308 | 4,067 | |
| | 14 | 6 | 3,276 | 3,402 | |
| Normal | 28 | 1 | 3,714 | 25,016 | 27,117 |
| | 28 | 2 | 3,548 | 28,799 | |
| | 28 | 3 | 3,628 | 29,731 | |
| | 28 | 4 | 3,640 | 25,871 | |
| | 28 | 5 | 3,795 | 26,624 | |
| | 28 | 6 | 3,671 | 26,661 | |
| 8,5% | 28 | 1 | 3,444 | 11,622 | 11,902 |
| | 28 | 2 | 3,516 | 10,247 | |
| | 28 | 3 | 3,494 | 10,914 | |
| | 28 | 4 | 3,493 | 15,089 | |
| | 28 | 5 | 3,485 | 13,422 | |
| | 28 | 6 | 3,443 | 10,120 | |
| 10,5% | 28 | 1 | 3,571 | 10,332 | 9,448 |

| | | | | | |
|-------|----|---|-------|--------|-------|
| | 28 | 2 | 3,553 | 9,152 | |
| | 28 | 3 | 3,551 | 12,266 | |
| | 28 | 4 | 3,484 | 8,780 | |
| | 28 | 5 | 3,49 | 8,367 | |
| | 28 | 6 | 3,597 | 7,790 | |
| | 28 | 1 | 3,640 | 8,805 | |
| | 28 | 2 | 3,514 | 7,654 | |
| 12,5% | 28 | 3 | 3,418 | 7,011 | 7,696 |
| | 28 | 4 | 3,467 | 7,332 | |
| | 28 | 5 | 3,558 | 9,486 | |
| | 28 | 6 | 3,354 | 5,886 | |

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton *hybrid* silinder pada umur 14 dan 28 hari dapat disimpulkan bahwa pada umur 14 hari, beton *hybrid* variasi 8,5 % dengan konsentrasi molaritas 4 M sebesar 2.892 Mpa, beton *hybrid* variasi 10,5 % dengan konsentrasi molaritas 6 M sebesar 4.313 Mpa, dan beton *hybrid* variasi 12,5 % dengan konsentrasi molaritas 8 M sebesar 3.271 Mpa. sedangkan nilai kuat tekan beton *hybrid* pada umur 28 hari, beton *hybrid* variasi 8,5 % dengan konsentrasi molaritas 4 M sebesar 11.902 Mpa, beton *hybrid* variasi 10,5 % dengan konsentrasi molaritas 6 M sebesar 9.448 Mpa, dan beton *hybrid* variasi 12,5 % dengan konsentrasi molaritas 8 M sebesar 3.271 Mpa.

Nilai optimum kuat tekan beton *hybrid* pada umur 28 hari pada variasi campuran 8,5 % dengan konsentrasi 4 molar memiliki peningkatan uji kuat tekan paling tinggi dari pada variasi lainnya sebesar 11.902 Mpa dengan persentase kenaikan sebesar 75,70 %. Hal ini menunjukkan perlunya optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja beton dengan substitusi ini. Penggunaan aktivator Na_2SO_4 dan Na_2SiO_3 juga berperan penting dalam proses hidrasi, meskipun nilai kuat tekan masih belum mencapai target yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, J., Arbili, M. M., Alabduljabbar, H., & Deifalla, A. F. (2023). Concrete made with partially substitution corn cob ash: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 18(January), e02100. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02100>
- Jirawattanasomkul, T., Minakawa, H., Likitlersuang, S., Ueda, T., Dai, J. G., Wuttiwannasak, N., & Kongwang, N. (2021). Use of water hyacinth waste to produce fibre-reinforced polymer composites for concrete confinement: Mechanical performance and environmental assessment. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126041. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126041>
- Lee, J., Lothenbach, B., & Moon, J. (2024). Performance improvement of Portland-limestone cement by mechanochemical activation. *Cement and Concrete Research*, 176(November 2023), 107411. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2023.107411>
- Niyasom, S., & Tangboriboon, N. (2021). Development of biomaterial fillers using eggshells, water hyacinth fibers, and banana fibers for green concrete construction. *Construction and Building Materials*, 283(March), 122627. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122627>

- Olivares-Marín, M., Román, S., Gómez Escobar, V., Moreno González, C., Chaves-Zapata, A., & Ledesma, B. (2023). Thermal performance and sound absorption capability of water hyacinth stems-based materials. *Journal of Cleaner Production*, 425(August). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138903>
- Ozturk, S. (2023). Optimization of thermal conductivity and lightweight properties of clay bricks. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 48(November), 101566. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2023.101566>
- Philip, S., & Rakendu, R. (2020). Thermal insulation materials based on water hyacinth for application in sustainable buildings. *Materials Today: Proceedings*, 33(xxxx), 3803–3809. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.219>
- Santoso, T. B., & Miftah, M. F. (2023). Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Density, Daya Serap Air Dan Kuat Tekan Mortar. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains*, 2(1), 32–39. <https://doi.org/10.57203/jriteks.v2i1.2023.32-39>
- Sirico, A., Bernardi, P., Sciancalepore, C., Vecchi, F., Malcevschi, A., Belletti, B., & Milanese, D. (2021). Biochar from wood waste as additive for structural concrete. *Construction and Building Materials*, 303(August), 124500. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124500>
- Smadi, E., Chinnici, A., Dally, B., & Nathan, G. J. (2023). Effect of heating rate on the kinetics of limestone calcination. *Chemical Engineering Journal*, 475(August), 146165. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.146165>
- Yang, Z., Zhang, W., Zhu, H., Chen, Y., Xu, L., Wang, P., & Lai, Y. (2023). Thauasite form of sulfate attack in ettringite rich-ternary systems: Effects of limestone filler, etching solutions and exposure temperature. *Developments in the Built Environment*, 15(August), 100208. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100208>
- You, W., Noonan, K. J. T., & Coates, G. W. (2019). Jo ur na l P re of. *Progress in Polymer Science*, 101177. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36966>