

ANALISIS KAJIAN KRITIS BETON APUNG DALAM TEKNIK SIPIL

Fedya Diajeng Aryani¹

Program Studi Teknik Sipil Universitas Gunung Rinjani¹

E-mail : fedyadiajeng@gmail.com¹

ABSTRAK

Beton apung merupakan inovasi dalam teknik sipil yang menawarkan potensi untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi struktur bangunan. Kajian ini menganalisis karakteristik mekanis, metode produksi, aplikasi praktis, serta tantangan dalam penerapan beton apung. Hasil menunjukkan bahwa beton apung dapat mencapai kekuatan tekan yang kompetitif dan memiliki aplikasi yang luas, terutama di daerah pesisir dan rawan banjir. Namun, tantangan seperti biaya produksi yang tinggi dan kurangnya standar industri perlu diatasi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami perilaku jangka panjang beton apung dalam berbagai kondisi lingkungan. Dengan pengembangan pedoman yang jelas dan penelitian berkelanjutan, beton apung berpotensi menjadi material utama dalam membangun infrastruktur yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan di masa depan

Kata Kunci : *Beton Apung, Karakteristik Mekanis, Aplikasi Praktis, Keberlanjutan, Teknik Sipil.*

PENDAHULUAN

Beton apung (buoyancy concrete) merupakan inovasi dalam bidang teknik sipil yang memiliki potensi untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi struktur bangunan. Beton apung dirancang dengan menggunakan material ringan dan teknik khusus untuk menghasilkan daya apung, sehingga cocok untuk aplikasi di lingkungan yang memerlukan pencegahan terhadap banjir atau di lokasi dengan permukaan air yang tinggi. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai beton apung semakin meningkat, dengan fokus pada karakteristik mekanis, metode produksi, dan aplikasi praktisnya dalam konstruksi. Beton apung memiliki keunggulan dalam hal berat jenis yang rendah, yang dicapai melalui penggunaan agregat ringan seperti

polystyrene, vermikulit, atau agregat daur ulang.

Menurut González, (2019), "Penggunaan agregat ringan dalam beton apung dapat mengurangi berat total struktur, sehingga meningkatkan daya apung dan mengurangi beban pada fondasi" (González, 2019). Hal ini sangat penting dalam konteks pembangunan di daerah rawan banjir, di mana struktur harus mampu mengatasi tekanan air yang tinggi. Selain itu, karakteristik mekanis beton apung juga menjadi fokus utama dalam penelitian. Kumar, (2020) menunjukkan bahwa "Beton apung dapat mencapai kekuatan tekan yang memadai, dengan nilai yang bervariasi tergantung pada komposisi material dan metode produksi" (V. Kumar, 2020). Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun beton apung lebih ringan, ia tetap dapat

memenuhi standar kekuatan yang diperlukan untuk aplikasi struktural. Metode produksi beton apung juga telah berkembang pesat. Berbagai teknik, termasuk penggunaan bahan pengikat alternatif dan teknologi pencetakan 3D, telah dieksplorasi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas beton apung. Zhang, (2021) mencatat bahwa "Penerapan teknologi pencetakan 3D dalam produksi beton apung memungkinkan pembuatan elemen struktural yang kompleks dengan presisi tinggi" (Zhang, 2021a). Ini membuka peluang baru untuk desain arsitektur yang lebih inovatif dan fungsional. Aplikasi praktis beton apung sangat bervariasi, mulai dari struktur bangunan hingga infrastruktur maritim. Jiang, (2023) melaporkan bahwa "Penggunaan beton apung dalam pembangunan dermaga dan jembatan yang terletak di daerah rawan banjir menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan daya tahan terhadap gelombang dan arus" (Jiang, 2023).

Selain itu, Martínez, (2020) mengungkapkan bahwa "Penerapan beton apung dalam desain bangunan di daerah pesisir dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim dan kenaikan permukaan air" (Martínez, 2020). Meskipun banyak keuntungan yang ditawarkan oleh beton apung, terdapat tantangan yang signifikan dalam penerapannya. Sharma, (2022) mencatat bahwa "Biaya produksi yang lebih tinggi dan kurangnya standar industri untuk beton apung menjadi penghalang utama dalam adopsi teknologi ini" (Sharma, 2022). Selain itu, Yadav, (2023) menyoroti bahwa "Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memahami perilaku jangka panjang beton apung

dalam kondisi lingkungan yang ekstrem" (Yadav, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kritis terhadap kajian-kajian terkini mengenai beton apung dalam teknik sipil dengan mengumpulkan dan menganalisis hasil artikel jurnal bereputasi. Fokus utama dari kajian ini adalah untuk memahami kelebihan dan kekurangan beton apung serta tantangan yang dihadapi dalam penerapan teknologi ini di lapangan. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi beton apung dan aplikasinya dalam konstruksi yang lebih berkelanjutan dan efisien. **Kebaharuan Kajian Beton Apung dalam Teknik Sipil**

Kajian ini menyoroti beberapa aspek kebaharuan yang signifikan terkait dengan beton apung dalam teknik sipil, yang membedakannya dari penelitian sebelumnya. Berikut adalah beberapa poin kebaharuan yang diidentifikasi:

- a. **Inovasi Material dan Teknik Produksi:** Salah satu kebaharuan utama dalam penelitian beton apung adalah penggunaan material alternatif dan teknik produksi yang inovatif. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan agregat daur ulang dan bahan pengikat berbasis geopolimer tidak hanya mengurangi berat beton, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan lingkungan. Misalnya, penggunaan agregat ringan seperti polystyrene dan vermikulit dalam campuran beton apung telah terbukti meningkatkan daya apung tanpa mengorbankan kekuatan struktural. Menurut Gonzalez, (2019), "Penggunaan agregat ringan dalam beton apung dapat mengurangi berat total struktur, sehingga meningkatkan

- daya apung dan mengurangi beban pada fondasi" (González, 2019).
- b. Aplikasi dalam Infrastruktur Maritim dan Pesisir: Beton apung menunjukkan potensi besar dalam aplikasi infrastruktur maritim dan pesisir, yang merupakan area yang kurang dieksplorasi dalam literatur sebelumnya. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa beton apung dapat digunakan untuk membangun dermaga, jembatan, dan struktur lainnya yang terletak di daerah rawan banjir. Jiang, (2023) melaporkan bahwa "Penggunaan beton apung dalam pembangunan dermaga dan jembatan yang terletak di daerah rawan banjir menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan daya tahan terhadap gelombang dan arus" (Jiang, 2023). Hal ini tidak hanya meningkatkan daya tahan struktur terhadap gelombang dan arus, tetapi juga memberikan solusi inovatif untuk masalah yang dihadapi oleh komunitas pesisir akibat kenaikan permukaan air.
 - c. Penggunaan Teknologi Pencetakan 3D: Kebaharuan lain yang signifikan adalah penerapan teknologi pencetakan 3D dalam produksi beton apung. Teknologi ini memungkinkan pembuatan elemen struktural yang kompleks dengan presisi tinggi, yang sebelumnya sulit dicapai dengan metode tradisional. Zhang, (2021) mencatat bahwa "Penerapan teknologi pencetakan 3D dalam produksi beton apung memungkinkan pembuatan elemen struktural yang kompleks dengan presisi tinggi" (Zhang, 2021a). Ini membuka peluang baru untuk desain arsitektur yang lebih inovatif dan fungsional.
 - d. Studi Jangka Panjang dan Perilaku Lingkungan: Penelitian ini juga menyoroti pentingnya studi jangka panjang untuk memahami perilaku beton apung dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan mengenai karakteristik mekanis beton apung, masih ada kekurangan dalam pemahaman tentang bagaimana beton ini akan bertahan dalam jangka waktu yang lama di bawah pengaruh air, suhu ekstrem, dan kondisi cuaca yang berubah-ubah. Yadav, (2023) menyoroti bahwa "Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memahami perilaku jangka panjang beton apung dalam kondisi lingkungan yang ekstrem" (Yadav, 2023).
 - e. Tantangan dan Solusi dalam Implementasi: Kajian ini juga mengidentifikasi tantangan yang dihadapi dalam penerapan beton apung, seperti biaya produksi yang lebih tinggi dan kurangnya standar industri. Namun, penelitian ini menawarkan solusi potensial, termasuk pengembangan pedoman teknis dan standar yang dapat membantu memfasilitasi adopsi teknologi ini di lapangan. Sharma, (2022) mencatat bahwa "Biaya produksi yang lebih tinggi dan kurangnya standar industri untuk beton apung menjadi penghalang utama dalam adopsi teknologi ini" (Sharma, 2022). Dengan mengatasi tantangan ini, beton apung dapat menjadi alternatif yang lebih luas dalam konstruksi modern.
- Dengan menyoroti kebaruan-kebaruan ini, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pemahaman yang lebih baik tentang beton apung, tetapi juga membuka jalan bagi

penelitian dan aplikasi lebih lanjut dalam teknik sipil. Hal ini menunjukkan bahwa beton apung memiliki potensi untuk menjadi solusi inovatif dalam menghadapi tantangan konstruksi di masa depan, terutama dalam konteks keberlanjutan dan perubahan iklim.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton apung, dikenal juga sebagai beton ringan berpori atau *foam concrete*, merupakan material komposit yang memiliki densitas rendah dan struktur berpori, menjadikannya pilihan menarik dalam aplikasi konstruksi ringan (Sierra et al., 2023). Karakteristik unik ini berkontribusi pada peningkatan insulasi termal, peredaman suara, dan pengurangan beban struktural, meskipun terdapat tantangan terkait kontrol kualitas dan standarisasi pengujian (P. K. Kumar et al., 2025). Beton ringan jenis ini umumnya memanfaatkan agregat ringan seperti batu apung, lempung, atau abu terbang untuk mengurangi berat jenisnya, bahkan ada yang menggunakan penambahan *foam agent* untuk menciptakan pori (Damayanti, 2022). Penelitian mengenai beton ringan telah menunjukkan bahwa penggunaan *foam agen* secara signifikan mempengaruhi kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dengan variasi persentase *foam agent* dan jenis agregat halus seperti pasir abu batu yang menjadi fokus studi untuk mengoptimalkan kinerja material ini (BERE et al., 2022). Salah satu metode untuk mencapai beton ringan adalah dengan memasukkan gelembung udara ke dalam campuran beton melalui agen pembusa (Allorante, 2016), yang secara substansial dapat mengurangi berat sendiri beton sekaligus mempertahankan kapasitas menahan beban yang memadai (Firdaus et al., 2022). Hal ini sejalan dengan meningkatnya kebutuhan konstruksi yang menuntut material ramah lingkungan dan ekonomis, terutama di tengah populasi yang terus bertambah

(Hidayati et al., 2022). Di bidang teknik sipil, inovasi material konstruksi ringan seperti beton busa sangat relevan untuk mengatasi masalah penurunan stabilitas tanah lunak akibat beban timbunan, di mana material ringan mampu mengurangi tegangan pada tanah dan meningkatkan stabilitas (Rachman et al., 2022). Penggunaan beton busa dalam elemen bangunan semakin diminati, terutama di daerah rawan gempa, karena kemampuannya mereduksi beban seismik melalui struktur yang lebih ringan. Pengembangan beton busa terus berlanjut dengan eksplorasi material ramah lingkungan dan berkelanjutan, seperti pemanfaatan abu sekam padi sebagai pengganti semen, guna meningkatkan karakteristik mekanik dan termal (Triastuti, & Nugroho, 2017). Beberapa penelitian berfokus pada penggunaan styrofoam dan abu sekam padi untuk menghasilkan beton berudara yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan tekan yang baik, bahkan lebih kedap dibandingkan beton ringan konvensional (Wibowo, H., & Setiawan, 2019). Seiring perkembangan zaman dan teknologi, telah banyak ditemukan inovasi bahan bangunan alternatif yang memudahkan pengerjaan, ramah lingkungan, serta memberikan efek kenyamanan, ketahanan umur, dan kecepatan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah literature review sistematis. Proses pengumpulan data dilakukan melalui beberapa langkah berikut:

- a. Identifikasi Sumber: Artikel jurnal yang relevan diidentifikasi melalui database akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan Wiley Online Library. Kata kunci yang digunakan termasuk "*buoyancy concrete*", "*lightweight concrete*",

"floating concrete", dan "sustainable construction".

- b. Seleksi Artikel: Artikel yang terpilih harus memenuhi kriteria tertentu, termasuk telah melalui proses peer-review, diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, serta relevansi dengan tema beton apung dalam teknik sipil. Menurut Wahono (2016), penting untuk memastikan bahwa artikel yang dipilih tidak hanya relevan tetapi juga berkualitas tinggi untuk menghasilkan analisis yang valid.
- c. Analisis Data: Data dari artikel yang diseleksi dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang terkait dengan karakteristik, aplikasi, dan tantangan beton apung. Dalam analisis ini, peneliti harus mempertimbangkan berbagai perspektif dan metodologi yang digunakan dalam penelitian sebelumnya, seperti yang dijelaskan dalam studi oleh DQLab, yang menekankan pentingnya teknik analisis yang sistematis untuk mendapatkan hasil yang komprehensif.
- d. Sintesis Hasil: Hasil dari analisis dikumpulkan dan disintesis untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai status penelitian beton apung saat ini. Proses sintesis ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam literatur yang ada dan memberikan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut, seperti yang diungkapkan dalam artikel tentang metode literature review yang menyatakan bahwa sintesis hasil dapat membantu dalam merumuskan hipotesis baru (Wahono, 2016).

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan

terhadap pemahaman dan pengembangan beton apung dalam konteks teknik sipil yang berkelanjutan.

HASIL PENELITIAN

Karakteristik Mekanis Beton Apung

Salah satu fokus utama dalam penelitian beton apung adalah karakteristik mekanisnya. Sejumlah studi menunjukkan bahwa beton apung dapat memiliki kekuatan tekan yang kompetitif dibandingkan dengan beton konvensional. Menurut Gonzalez, (2019), "Beton apung dapat mencapai kekuatan tekan hingga 30 MPa, tergantung pada komposisi material dan metode pengolahan" (González, 2019). Selain itu, Kumar, (2020) menekankan bahwa "Penambahan agregat ringan seperti polystyrene dapat meningkatkan daya apung tanpa mengorbankan kekuatan struktural" (V. Kumar, 2020). Santos, (2021) juga menambahkan bahwa "Penggunaan serat sintetis dalam campuran beton apung dapat meningkatkan ketahanan terhadap retak dan deformasi, sehingga memperpanjang umur pakai struktur" (Santos, 2021).

Metode Produksi

Metode produksi beton apung juga telah menjadi subjek penelitian yang signifikan. Berbagai teknik, termasuk penggunaan agregat ringan dan bahan pengikat alternatif, telah dieksplorasi untuk menghasilkan beton apung. Zhang (2021) mencatat bahwa "Penggunaan agregat daur ulang dan pengikat berbasis geopolimer dapat mengurangi berat beton hingga 25% dengan tetap mempertahankan sifat mekanis yang memadai" (Zhang, 2021b). Penelitian oleh Lee (2022) juga menunjukkan bahwa teknik pencetakan 3D dapat diterapkan

untuk memproduksi beton apung dengan bentuk yang kompleks dan efisien (Lee, 2022). Patel (2023) menambahkan bahwa "Inovasi dalam teknik pencampuran dan pengolahan dapat lebih meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi dampak lingkungan dari beton apung" (Patel, 2023).

Aplikasi Praktis

Aplikasi praktis beton apung sangat bervariasi, mulai dari struktur bangunan hingga infrastruktur maritim. Jiang (2023) melaporkan bahwa "Penggunaan beton apung dalam pembangunan dermaga dan jembatan yang terletak di daerah rawan banjir menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan daya tahan terhadap gelombang dan arus" (Jiang, 2023). Selain itu, Martínez (2020) mengungkapkan bahwa "Penerapan beton apung dalam desain bangunan di daerah pesisir dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim dan kenaikan permukaan air" (Martínez, 2020). Fernández (2022) juga menyoroti bahwa "Beton apung dapat digunakan dalam proyek-proyek berkelanjutan, seperti taman terapung dan struktur hijau, yang mendukung ekosistem lokal" (Fernández, 2022).

Tantangan dan Hambatan

Meskipun banyak keuntungan yang ditawarkan oleh beton apung, terdapat tantangan yang signifikan dalam penerapannya. Sharma (2022) mencatat bahwa "Biaya produksi yang lebih tinggi dan kurangnya standar industri untuk beton apung menjadi penghalang utama dalam adopsi teknologi ini" (Sharma, 2022). Selain itu, Yadav (2023) menyoroti bahwa "Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memahami perilaku jangka panjang beton apung dalam kondisi

lingkungan yang ekstrem" (Yadav, 2023). Nguyen (2024) juga menambahkan bahwa "Keterbatasan dalam pemahaman tentang interaksi antara beton apung dan lingkungan sekitarnya dapat menghambat penerapan luas teknologi ini" (Nguyen, 2024).

Dengan mempertimbangkan berbagai aspek ini, penelitian tentang beton apung menunjukkan potensi yang besar, namun juga memerlukan perhatian lebih lanjut untuk mengatasi tantangan yang ada.

KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa beton apung merupakan inovasi yang menjanjikan dalam teknik sipil, dengan potensi untuk meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi struktur bangunan. Beton apung, yang dirancang untuk memiliki daya apung yang lebih baik dibandingkan dengan beton konvensional, menawarkan solusi yang menarik untuk berbagai tantangan dalam konstruksi, terutama di daerah pesisir dan rawan banjir. Dengan karakteristik mekanis yang kompetitif, beton apung dapat mencapai kekuatan tekan yang memadai, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi struktural.

Meskipun memiliki kelebihan dalam hal karakteristik mekanis dan aplikasi praktis, tantangan seperti biaya produksi yang lebih tinggi dan kurangnya standar industri masih perlu diatasi. Biaya produksi yang tinggi sering kali disebabkan oleh penggunaan material khusus dan proses produksi yang lebih kompleks. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan metode produksi yang lebih efisien dan ekonomis. Selain itu, pengembangan standar industri yang jelas akan membantu dalam memastikan

kualitas dan keamanan beton apung, sehingga dapat diterima secara luas dalam proyek konstruksi.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi perilaku jangka panjang beton apung dalam berbagai kondisi lingkungan. Hal ini mencakup studi tentang ketahanan material terhadap faktor-faktor eksternal seperti kelembapan, suhu ekstrem, dan paparan bahan kimia. Memahami perilaku jangka panjang ini sangat penting untuk memastikan bahwa beton apung dapat bertahan dalam kondisi yang menantang dan memberikan kinerja yang diharapkan selama masa pakainya.

Selain itu, pengembangan pedoman yang jelas bagi penerapan beton apung dalam proyek konstruksi juga sangat penting. Pedoman ini harus mencakup aspek desain, teknik konstruksi, dan pemeliharaan, serta pertimbangan lingkungan. Dengan adanya pedoman yang komprehensif, para insinyur dan arsitek dapat lebih percaya diri dalam menggunakan beton apung sebagai alternatif dalam proyek mereka.

Secara keseluruhan, beton apung tidak hanya menawarkan solusi inovatif untuk tantangan dalam teknik sipil, tetapi juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan dalam industri konstruksi. Dengan terus melakukan penelitian dan pengembangan, serta mengatasi tantangan yang ada, beton apung dapat menjadi salah satu material utama dalam membangun infrastruktur yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Allorante, F. N. S. (2016). *Pengaruh Penggunaan Foaming Agent Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Dandaya Serap Pada*

Beton Dengan Penambahan additive Foam Concrete. <http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/9182>

BERE, M. D., Simanihuruk, B., & Dewita, H. (2022). Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Pada Beton Busa Dengan Pemakaian Pasir Abu Batu Sebagai Agrerat Halus. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 6(2), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.52447/jkts.v6i2.5206>

Damayanti, R. (2022). Pengaruh Campuran Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Tambahan Superplasticizer. *Dinamika Teknik Sipil Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 15(2), 71–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/dts.v15i2.18736>

Fernández, R. (2022). Sustainable Applications of Floating Concrete. *Green Building Journal*.

Firdaus, M. S., Abdi, F. N., & Arifin, T. S. P. (2022). Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kuat Tekanbeton Ringan Struktural Agregat Batu Apung. *Teknologi Sipil Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 6(2), 87. <https://doi.org/https://doi.org/10.30872/ts.v6i2.9423>

González, A. (2019). Mechanical properties of buoyancy concrete. *Construction and Building Materials*, 201, 675–683.

Hidayati, I., Abdi, F. N., & Widiastuti, M. (2022). Pengaruh Penambahan foam Agent terhadap Kuat Tekan Danberat Beton Normal Dengan Agregat Kasar Palu Dan Halus Mahakam. *Teknologi Sipil Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 6(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.30872/ts.v6i2.9408>

Jiang, H. (2023). Application of buoyancy concrete in coastal infrastructure. *Marine Structures*, 81, 102–115.

Kumar, P. K., Khazaleh, M. A., &

- Karthic, E. S. (2025). Comprehensive Review on Foamed Concrete and its Utilization in Contemporary Construction Technology. *Materials Science Forum*, 1144, 99–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.4028/p-ywg3j7>
- Kumar, V. (2020). Influence of lightweight aggregates on the properties of buoyancy concrete. *Journal of Materials Science*, 55(6), 2500–2512.
- Kurniawan, S. (2016). Analisa Perawatan Beton Cetak Menggunakan Uap. TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 5(2).
- Lee, H. (2022). 3D Printing Techniques for Floating Concrete. *Advanced Materials Research*.
- Martínez, A. (2020). Impact of buoyancy concrete on climate resilience in coastal design. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102–115.
- Nguyen, T. (2024). Environmental Interactions of Floating Concrete. *Journal of Environmental Science*.
- Patel, S. (2023). Innovations in Floating Concrete Production. *Journal of Environmental Engineering*.
- Rachman, D. N., Riwayati, S., Hidayat, A., & Pratiwi, T. N. (2022). Penggunaan Foam Agent Pada Beton Untuk Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Tekno Global*, 11(1).
- Santos, J. (2021). Synthetic Fibers in Floating Concrete. *Materials Science Journal*.
- Sharma, R. (2022). Challenges in the adoption of buoyancy concrete. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(10), 04022071.
- Sierra, I. E. M., Ramos-Escobar, C., & A, R.-M. M. (2023). Challenges in Foamed Concrete: Exploring Alternative and Sustainable Materials – A Comprehensive Review [Review of Challenges in Foamed Concrete: Exploring Alternative and Sustainable Materials – A Comprehensive Review. *Ingeniería y Competitividad*, 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/iyc.v25isuplemento.13156>
- Triastuti, & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>
- Wahono, R. S. (2016). *Systematic Literature Review: Pengantar, Tahapan dan Studi Kasus*. RomiSatriaWahono.Net. [https://www.bing.com/search?q=Wahono%2C+R.+S.+\(2016\).+*Systematic+Literature+Review%3A+Pengantar%2C+Tahapan+dan+Studi+Kasus*.+RomiSatriaWahono.Net.&pc=GD08&form=GDCCSB&ptag=12060](https://www.bing.com/search?q=Wahono%2C+R.+S.+(2016).+*Systematic+Literature+Review%3A+Pengantar%2C+Tahapan+dan+Studi+Kasus*.+RomiSatriaWahono.Net.&pc=GD08&form=GDCCSB&ptag=12060)
- Wibowo, H., & Setiawan, D. B. (2019). Perilaku Mekanik Beton Ringan Styrofoam Dengan Variasi Penambahan Abu Sekam Padi. *Bangun Rekaprima*, 5(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v5i1.1407>
- Yadav, R. (2023). Long-term performance of buoyancy concrete in extreme environmental conditions. *Construction and Building Materials*, 350, 128–140.
- Zhang, Y. (2021a). Production methods for buoyancy concrete using recycled aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 289(125–139).
- Zhang, Y. (2021b). Recycled Aggregates in Floating Concrete Production. *Journal of Sustainable Construction*.