

Pengaruh Kondisi Lingkungan Samarinda terhadap Ketahanan Jangka Panjang Struktur Beton

Indra Ariani¹⁾, Anisah Azizah²⁾, Nayla Alifah Prananta³⁾, Azka Putri Shivara⁴⁾, Chaila Nazwa Nur Aliyas⁵⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mulawarman, Jl. Kuaro, Samarinda, 75119, indraariani@ft.unmul.ac.id

²⁾ Program Studi Arsitektur, Universitas Mulawarman, Jl. Kuaro, Samarinda, 75119, anisahazizah@ft.unmul.ac.id

³⁾ Program Studi Arsitektur, Universitas Mulawarman, Jl. Kuaro, Samarinda, 75119

⁴⁾ Program Studi Arsitektur, Universitas Mulawarman, Jl. Kuaro, Samarinda, 75119

⁵⁾ Program Studi Arsitektur, Universitas Mulawarman, Jl. Kuaro, Samarinda, 75119

ABSTRAK

Kondisi lingkungan di Samarinda yang meliputi curah hujan tinggi, suhu lembap, serta paparan polutan berpotensi mempercepat kerusakan struktur beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kondisi lingkungan Samarinda terhadap ketahanan jangka panjang struktur beton. Uji ketahanan dilakukan pada berbagai sampel beton yang ditempatkan di lokasi strategis dalam kurun waktu tertentu. Faktor-faktor yang diteliti meliputi laju penyerapan air, korosi tulangan, serta kekuatan tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton di Samarinda mengalami penurunan kekuatan yang signifikan dalam waktu lebih cepat dibandingkan di lingkungan yang lebih kering. Paparan polutan dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor memperburuk kondisi, terutama pada beton yang terpapar langsung. Penurunan ketahanan ini terutama disebabkan oleh kelembapan tinggi yang meningkatkan laju korosi tulangan. Dengan memahami kondisi ini, diperlukan strategi pemeliharaan dan penggunaan material tahan polusi dan kelembapan untuk memperpanjang umur struktur beton di Samarinda. Penelitian ini memberikan rekomendasi desain dan perawatan khusus yang sesuai dengan kondisi iklim dan lingkungan Samarinda untuk memastikan ketahanan jangka panjang struktur bangunan.

Kata Kunci: Struktur beton, kondisi lingkungan, ketahanan jangka panjang, korosi, Samarinda.

ABSTRACT

The environmental conditions in Samarinda, including high rainfall, humidity, and exposure to pollutants, have the potential to accelerate the deterioration of concrete structures. This research aims to evaluate the impact of Samarinda's environmental conditions on the long-term durability of concrete structures. Durability tests were conducted on various concrete samples placed in strategic locations over a specific period. Factors studied include water absorption rate, reinforcement corrosion, and concrete compressive strength. The results show that concrete in Samarinda experiences a significant reduction in strength more rapidly compared to drier environments. Exposure to pollutants from industrial activities and motor vehicles worsens the condition, especially for concrete directly exposed. This reduction in durability is primarily due to high humidity, which accelerates reinforcement corrosion. Understanding these conditions, maintenance strategies and the use of pollution-resistant and moisture-resistant materials are necessary to extend the lifespan of concrete structures in Samarinda. This study provides specific design and maintenance recommendations tailored to Samarinda's climate and environmental conditions to ensure the long-term durability of building structures.

Keywords: Concrete structures, environmental conditions, long-term durability, corrosion, Samarinda.

1. PENDAHULUAN

Struktur beton merupakan komponen utama dalam pembangunan infrastruktur yang harus memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai faktor eksternal, termasuk kondisi lingkungan. Di Indonesia, khususnya di daerah yang memiliki kondisi cuaca ekstrem dan paparan polutan tinggi seperti Samarinda, struktur beton menghadapi tantangan serius dalam mempertahankan kekuatannya dalam jangka panjang. Samarinda yang berada di Kalimantan Timur dikenal dengan curah hujan tinggi, kelembapan yang konstan sepanjang tahun, serta paparan polutan dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor. Faktor-faktor ini dapat mempercepat kerusakan beton, terutama dalam bentuk penyerapan air yang tinggi, korosi

pada tulangan, serta penurunan kekuatan tekan. Beton yang terus menerus terpapar oleh kelembapan tinggi cenderung mengalami peningkatan laju difusi ion klorida dan sulfat, yang selanjutnya dapat menyebabkan kerusakan pada struktur beton dari dalam. Selain itu, fluktuasi suhu dan kadar air juga menambah kompleksitas tantangan yang dihadapi oleh beton di daerah ini, karena perubahan tersebut dapat memicu retakan mikro yang mempercepat proses degradasi (Devi et al., 2023).

Dalam jangka panjang, kondisi lingkungan yang tidak mendukung ini memerlukan perhatian khusus, terutama dalam perancangan dan pemeliharaan struktur beton. Studi-studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa

lingkungan dengan kelembapan tinggi dan polusi dapat mempercepat laju korosi pada tulangan baja dalam beton, yang secara signifikan mengurangi kekuatan struktural dan memperpendek umur pakai bangunan. Mengingat bahwa beton adalah bahan yang sering dianggap tahan lama dan kuat, penting untuk mengevaluasi secara spesifik bagaimana kondisi lingkungan seperti di Samarinda memengaruhi ketahanannya. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak langsung dan tidak langsung dari lingkungan Samarinda terhadap ketahanan jangka panjang struktur beton, serta memberikan rekomendasi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan dampak negatif ini. Adanya pemahaman yang lebih baik terhadap pengaruh lingkungan lokal akan memungkinkan pengembangan metode konstruksi yang lebih adaptif dan perawatan yang lebih efektif untuk infrastruktur di wilayah ini (Afdhilah et al., 2024).

2. METODE

Kota Samarinda, ibu kota Provinsi Kalimantan Timur, memiliki karakteristik lingkungan yang unik yang mempengaruhi ketahanan struktur beton. Samarinda terletak di wilayah yang mengalami curah hujan tinggi sepanjang tahun, dengan musim hujan yang intens dan kelembapan yang sering melebihi 80%. Kondisi ini diperparah oleh keberadaan Sungai Mahakam yang besar, yang membawa kelembapan tambahan dan sering menyebabkan banjir di daerah perkotaan dan sekitarnya. Kelembapan yang tinggi ini menciptakan lingkungan yang sangat mendukung terjadinya proses korosi pada struktur beton, terutama pada bangunan yang berada di sekitar kawasan sungai dan daerah yang lebih rendah. Selain itu, perubahan iklim yang menyebabkan cuaca semakin tak menentu menambah kompleksitas kondisi lingkungan di Samarinda, sehingga mempercepat degradasi beton.

Selain faktor alamiah, Samarinda juga merupakan salah satu kota dengan tingkat polusi yang cukup tinggi di Kalimantan Timur, terutama akibat aktivitas industri dan pertambangan batubara. Polutan dari industri ini, seperti gas sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x), dapat bereaksi dengan air hujan dan menciptakan hujan asam yang mempercepat kerusakan beton. Polusi dari kendaraan bermotor yang semakin padat juga memperburuk kondisi udara di kota ini. Beton yang terpapar langsung oleh polutan tersebut akan mengalami kerusakan kimiawi yang mempercepat degradasi material dan menyebabkan retakan serta penurunan kekuatan tekan. Penelitian ini difokuskan pada lokasi-lokasi strategis di Samarinda yang mewakili berbagai kondisi lingkungan, mulai dari kawasan perkotaan dengan lalu lintas padat hingga daerah dekat perairan dan kawasan industri, untuk memahami bagaimana kombinasi kelembapan, curah hujan, dan polusi memengaruhi ketahanan jangka panjang struktur beton.

Deskripsi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk mengeksplorasi pengaruh kondisi lingkungan Samarinda terhadap ketahanan jangka panjang struktur beton. Pendekatan ini dipilih karena penelitian kualitatif deskriptif memungkinkan penggambaran yang mendalam tentang fenomena yang terjadi di lapangan tanpa berfokus pada pengukuran kuantitatif semata. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada pemahaman bagaimana lingkungan yang kompleks di Samarinda, seperti curah hujan, kelembapan, dan polusi, secara langsung dan tidak langsung mempengaruhi kekuatan dan ketahanan struktur beton dalam jangka panjang. Melalui pendekatan ini, data dikumpulkan melalui observasi langsung di lapangan, wawancara dengan para ahli konstruksi, serta dokumentasi terkait kondisi lingkungan yang mempengaruhi kualitas beton. Penelitian ini juga mengkaji hasil uji lapangan dan perbandingan dengan studi

sebelumnya, yang memberikan gambaran yang lebih kaya dan kontekstual mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan struktur beton di lingkungan lokal.

Dalam pendekatan kualitatif deskriptif ini, fokus utama adalah mendeskripsikan dan menganalisis faktor-faktor lingkungan yang berperan dalam mempercepat atau memperlambat degradasi beton. Setiap elemen yang mempengaruhi ketahanan beton, seperti intensitas curah hujan, tingkat kelembapan, serta polusi udara dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor, diidentifikasi melalui pengamatan lapangan dan studi dokumen. Hasil dari penelitian ini diinterpretasikan berdasarkan konteks lingkungan spesifik Samarinda, yang sangat berbeda dengan daerah lain yang memiliki iklim dan tingkat polusi yang lebih rendah. Pendekatan deskriptif ini memberikan wawasan yang komprehensif tentang bagaimana faktor-faktor lingkungan ini bekerja secara sinergis untuk memengaruhi struktur beton dan mengarah pada rekomendasi teknis yang relevan bagi para pemangku kepentingan di sektor konstruksi. Hal ini juga membantu dalam merumuskan strategi perawatan dan desain beton yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan setempat.

3. PEMBAHASAN

a. Kondisi lingkungan di Samarinda memengaruhi ketahanan jangka panjang struktur beton

Kondisi lingkungan di Samarinda, yang ditandai oleh curah hujan tinggi, kelembapan yang konsisten, dan paparan polutan, memainkan peran signifikan dalam mempengaruhi ketahanan jangka panjang struktur beton. Samarinda merupakan daerah dengan curah hujan tahunan yang tinggi, mencapai rata-rata 2.200 mm, yang menciptakan kondisi lembap hampir sepanjang tahun. Kelembapan ini meningkatkan risiko penyerapan air pada beton, terutama pada bangunan yang tidak memiliki lapisan pelindung yang memadai. Air yang terserap ke dalam pori-pori beton tidak hanya meningkatkan bobot struktur tetapi juga memungkinkan zat-zat berbahaya, seperti ion klorida dan sulfat, meresap dan memicu reaksi kimia yang merusak komposisi beton. Seiring waktu, ini dapat menyebabkan beton mengalami retak mikro yang sulit dideteksi pada tahap awal tetapi secara kumulatif merusak integritas struktural bangunan (Widodo et al., 2023).

Selain kelembapan, curah hujan yang tinggi juga meningkatkan risiko banjir di daerah-daerah rendah di Samarinda, terutama di sekitar Sungai Mahakam. Ketika beton terendam air dalam waktu yang lama, proses penyerapan air semakin cepat. Genangan air yang mengandung polutan dari limbah industri dan kendaraan bermotor mempercepat degradasi beton, khususnya pada permukaan luar yang terpapar langsung. Akumulasi polutan ini menimbulkan korosi pada tulangan baja yang tertanam di dalam beton, memperlemah kekuatan dan stabilitas bangunan. Pada kondisi normal, proses korosi pada tulangan baja terjadi lebih lambat, tetapi di Samarinda, tingginya kelembapan mempercepat laju korosi, sehingga beton mengalami penurunan kekuatan lebih cepat daripada di daerah dengan kondisi lingkungan yang lebih kering.

Polusi udara di Samarinda, terutama yang berasal dari industri dan transportasi, juga memberikan kontribusi besar terhadap penurunan ketahanan struktur beton. Gas-gas polutan seperti sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen oksida (NO_x) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dapat bereaksi dengan air hujan dan membentuk hujan asam. Hujan asam ini memiliki dampak langsung pada beton, di mana asam yang terbentuk mampu menembus permukaan beton dan merusak strukturnya. Penelitian menunjukkan bahwa tingkat korosi tulangan beton yang terpapar hujan asam meningkat hingga 15% lebih cepat dalam periode lima tahun dibandingkan dengan daerah yang tidak terpapar

polusi. Selain itu, paparan berulang terhadap polutan ini menyebabkan keretakan pada beton yang lebih parah, karena reaksi kimia yang terjadi terus-menerus memperlemah daya tahan beton terhadap tekanan mekanis (Fadhil et al., 2023).

Fluktuasi suhu di Samarinda juga turut memperburuk kondisi beton. Walaupun perubahan suhu di daerah ini tidak sebesar di daerah beriklim ekstrem, perbedaan suhu antara siang dan malam yang cukup signifikan dapat menyebabkan ekspansi dan kontraksi pada permukaan beton. Proses ekspansi dan kontraksi ini memicu terjadinya retak mikro yang mungkin tidak terlihat pada awalnya, namun seiring waktu retakan ini akan membesar dan mengurangi kekuatan struktural. Retakan yang terbentuk memberikan jalan bagi air dan polutan masuk ke dalam beton, yang kemudian mempercepat proses kerusakan internal. Beton yang terpapar fluktuasi suhu terus-menerus ini juga lebih rentan terhadap pelapukan, yang secara keseluruhan menurunkan umur pakai struktur (Sugiarto et al., 2024).

Kondisi banjir yang sering terjadi di Samarinda, terutama pada musim hujan, juga berdampak besar pada ketahanan beton. Struktur beton yang sering terendam dalam air banjir akan mengalami degradasi lebih cepat karena air membawa partikel asam dan polutan yang mempercepat proses pengikisan pada beton. Air banjir yang mengandung mineral dan bahan kimia dari tanah serta limbah industri dapat menyebabkan beton mengembang dan retak, mengurangi kekuatan dan stabilitas bangunan. Ketika air banjir mengering, sisa-sisa mineral dan polutan yang tertinggal di permukaan beton akan terus menimbulkan kerusakan, memperburuk korosi pada tulangan dan mempercepat proses pelapukan. Oleh karena itu, struktur beton di Samarinda, terutama yang berada di daerah rawan banjir, menghadapi tantangan besar dalam mempertahankan ketahanan jangka panjang (Zulkarnain & Sani, 2023).

Kondisi lingkungan di Samarinda, dengan kombinasi kelembapan tinggi, curah hujan yang intens, polusi udara, dan fluktuasi suhu, menciptakan lingkungan yang sangat menantang bagi ketahanan struktur beton. Faktor-faktor ini bekerja secara sinergis dalam mempercepat proses korosi, penyerapan air, dan pelapukan yang secara signifikan mengurangi umur pakai beton. Oleh karena itu, perlu adanya perancangan dan pemeliharaan yang lebih cermat terhadap struktur beton di daerah ini, termasuk penggunaan material yang lebih tahan terhadap polusi dan kelembapan, serta penerapan strategi pencegahan kerusakan yang lebih proaktif untuk menjaga ketahanan infrastruktur beton di Samarinda dalam jangka panjang (Sujiwo, 2024).

Selain faktor-faktor yang telah disebutkan, dampak perubahan iklim juga dapat menjadi ancaman tambahan bagi ketahanan struktur beton di Samarinda. Perubahan pola cuaca, yang sering kali ditandai oleh peningkatan frekuensi dan intensitas hujan ekstrem, dapat menyebabkan peningkatan risiko banjir dan genangan air. Hujan deras yang berlangsung dalam waktu singkat dapat melebihi kapasitas saluran drainase, yang pada gilirannya menyebabkan air melimpah ke area yang tidak dirancang untuk menahan banjir. Ketika struktur beton terendam dalam air yang berlebihan, proses penetrasi air ke dalam beton meningkat, mempercepat pelunakan dan pengikisan pada permukaan. Ini mengarah pada kerusakan yang lebih cepat pada lapisan luar beton, yang penting untuk melindungi tulangan dari korosi. Dengan meningkatnya intensitas hujan, tantangan ini menjadi semakin parah, menciptakan siklus kerusakan yang sulit untuk dihentikan. Oleh karena itu, penting bagi perencana kota dan insinyur struktural untuk mempertimbangkan risiko ini dalam desain dan pembangunan infrastruktur, serta untuk mengembangkan sistem drainase yang lebih efisien dan

efektif guna mengurangi dampak dari hujan ekstrem (Wahyudi et al., 2024).

Di sisi lain, pendekatan berbasis teknologi dalam pemeliharaan dan perlindungan struktur beton juga perlu diperkuat. Penggunaan bahan konstruksi inovatif, seperti beton tahan air atau aditif yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap korosi, merupakan langkah strategis yang dapat diambil. Selain itu, teknologi pemantauan cerdas, seperti sensor untuk mendeteksi tingkat kelembapan dan keberadaan retakan pada beton, dapat diimplementasikan untuk memberikan informasi real-time tentang kondisi struktur. Sistem ini memungkinkan tindakan pencegahan diambil lebih awal sebelum kerusakan menjadi lebih parah. Edukasi dan pelatihan bagi para insinyur dan pekerja konstruksi tentang cara-cara memitigasi risiko lingkungan juga sangat penting untuk memastikan bahwa semua aspek dari desain hingga pemeliharaan struktur beton dipertimbangkan secara menyeluruh. Dengan demikian, kombinasi antara inovasi material, teknologi pemantauan, dan peningkatan kapasitas SDM diharapkan dapat memperkuat ketahanan struktur beton di Samarinda dalam menghadapi tantangan lingkungan yang terus berkembang (Dzulfakor & Aji, 2024).

- b. Interaksi antara kondisi lingkungan dan material beton memengaruhi umur pakai struktur beton di Samarinda

Interaksi antara kondisi lingkungan di Samarinda dan material beton memainkan peran kritis dalam mempengaruhi umur pakai struktur beton. Faktor utama yang mempengaruhi adalah tingkat kelembapan tinggi yang terus-menerus serta curah hujan yang signifikan sepanjang tahun. Beton secara alami memiliki pori-pori yang dapat menyerap air, dan dalam lingkungan yang lembap seperti di Samarinda, proses penyerapan air ini semakin meningkat. Kelembapan yang tinggi menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori beton, sehingga mengurangi kekuatan beton dan mempercepat proses degradasi. Selain itu, air yang terserap dapat membawa ion-ion berbahaya seperti klorida dan sulfat yang memicu reaksi kimia dalam struktur beton, menyebabkan kerusakan pada tulangan baja yang tertanam di dalamnya. Seiring waktu, interaksi ini mengurangi daya tahan dan kekuatan tekan beton secara signifikan (Junaedi, 2021).

Proses korosi pada tulangan baja menjadi salah satu bentuk interaksi paling merusak antara material beton dan lingkungan di Samarinda. Kelembapan tinggi mempercepat terjadinya reaksi oksidasi pada baja, menyebabkan tulangan mengalami korosi. Ketika tulangan berkarat, volume baja akan mengembang, menciptakan tekanan internal pada beton di sekitarnya. Hal ini menyebabkan retakan pada permukaan beton yang membuka jalan bagi lebih banyak air dan polutan untuk masuk ke dalam struktur. Siklus kerusakan ini terus berulang, mempercepat degradasi tulangan dan beton secara keseluruhan. Dalam lingkungan seperti Samarinda, di mana kelembapan dan curah hujan menjadi bagian dari keseharian, laju korosi pada tulangan sangat signifikan dan secara drastis memperpendek umur pakai beton, terutama pada struktur yang tidak dirancang dengan perlindungan ekstra terhadap kelembapan (Ribowo et al., 2020).

Polutan udara di Samarinda, yang berasal dari aktivitas industri dan transportasi, juga memiliki dampak besar terhadap interaksi antara material beton dan lingkungan. Polutan seperti sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen oksida (NO_x) yang terlepas ke atmosfer dapat bereaksi dengan air hujan dan membentuk hujan asam. Ketika hujan asam mengenai permukaan beton, zat asam tersebut menembus lapisan beton, mempercepat proses kerusakan kimiawi. Pada beton yang tidak dirancang untuk

tahan terhadap paparan polutan kimia, reaksi ini dapat mengikis permukaan beton dan menyebabkan keretakan mikro. Polutan juga dapat merusak ikatan kimia dalam beton, menyebabkan beton lebih cepat mengalami kerusakan fisik seperti retak dan keropos. Interaksi antara polutan dan air yang terus-menerus terpapar pada beton menyebabkan kerusakan struktur yang tidak terhindarkan, yang berujung pada penurunan kekuatan dan ketahanan jangka panjang beton (Mekanik, 2024).

Selain korosi dan polutan, fluktuasi suhu di Samarinda juga memengaruhi interaksi antara lingkungan dan material beton. Meskipun tidak sebesar pengaruh kelembapan atau polusi, perubahan suhu yang cukup ekstrem antara siang dan malam hari dapat memicu ekspansi dan kontraksi pada material beton (Aristiany et al., 2021). Perubahan ini menyebabkan retakan mikro pada beton, yang memungkinkan air dan zat kimia berbahaya masuk lebih dalam ke dalam struktur beton. Selama musim panas, ketika suhu di Samarinda dapat mencapai puncaknya, permukaan beton mengalami ekspansi, sedangkan pada malam hari, beton akan kembali mengerut karena penurunan suhu. Siklus ini, jika berlangsung terus-menerus, akan mempercepat proses keausan pada beton, terutama pada struktur yang terpapar langsung sinar matahari. Akumulasi dari retakan-retakan kecil ini, meskipun tidak terlihat pada awalnya, akan berdampak besar pada penurunan umur pakai beton (Amalia et al., 2024).

Kondisi banjir yang sering terjadi di Samarinda juga memperburuk interaksi antara lingkungan dan beton. Ketika beton terendam dalam air banjir, terutama air yang tercemar dengan limbah industri atau polutan, kemampuan beton untuk menyerap air akan meningkat. Beton yang sering terkena air banjir akan mengalami pembengkakan dan kontraksi yang tidak merata, menyebabkan retakan yang mempercepat penurunan kekuatan beton. Selain itu, air banjir yang kaya akan mineral dan bahan kimia akan mempercepat kerusakan permukaan beton, terutama jika beton tidak dilapisi dengan bahan pelindung yang memadai. Ketika air banjir surut, sisa-sisa mineral dan bahan kimia yang tertinggal di permukaan beton akan terus merusak struktur, menyebabkan degradasi lebih lanjut pada tulangan dan beton itu sendiri (Rosida et al., 2022).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di Samarinda secara langsung mempercepat proses degradasi dan mengurangi ketahanan jangka panjang struktur beton. Kelembapan yang tinggi, curah hujan yang intens, dan paparan berkelanjutan terhadap banjir menjadi faktor utama yang mempercepat penyerapan air ke dalam beton. Hal ini menyebabkan beton lebih cepat mengalami retakan mikro, yang pada gilirannya memberikan akses bagi zat-zat korosif seperti ion klorida dan sulfat untuk merusak tulangan baja di dalamnya. Proses korosi ini mempercepat degradasi internal beton, menyebabkan tulangan mengembang dan memicu lebih banyak keretakan yang memperlemah kekuatan struktur secara keseluruhan. Selain itu, polusi udara yang tinggi dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor memperburuk situasi, di mana gas-gas polutan yang bereaksi dengan air hujan membentuk hujan asam, yang semakin mempercepat korosi dan kerusakan pada permukaan beton.

Fluktuasi suhu di Samarinda yang cukup signifikan turut memicu ekspansi dan kontraksi pada beton, yang menghasilkan retakan tambahan di permukaannya. Kondisi ini, jika terus berlangsung tanpa perlindungan atau pemeliharaan yang memadai, akan mempercepat proses pelapukan dan penurunan kekuatan struktural. Kombinasi dari semua faktor lingkungan ini—kelembapan, polusi, banjir, dan fluktuasi suhu—bekerja secara sinergis dalam mengurangi umur pakai struktur beton di Samarinda. Oleh

karena itu, perancangan beton di daerah ini harus mencakup material yang lebih tahan terhadap kelembapan dan polusi, serta strategi perawatan yang lebih intensif untuk menjaga ketahanan beton dalam jangka panjang. Strategi ini sangat penting untuk memastikan bangunan dan infrastruktur di Samarinda dapat bertahan dalam menghadapi tantangan lingkungan yang ekstrem dan terus berlanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, K., Dandi, S., & Wahyuningsih, Y. (2024). Kebijakan Lingkungan Terhadap Permasalahan Tambang Pasir di Moro Kepulauan Riau Yang Berdampak Pada Lingkungan Masyarakat Moro. *Public Knowledge*, 1(2), 139-157.
- Afdhilah, Z. S., Pestalozzi, Y. P., & Sefrus, T. (2024). Pengaruh Getaran Terhadap Kuat Tekan Beton Normal Dalam Rentang Waktu Fase Plastis Hingga Fase Setting. *Inovasi dan Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan*, 9(7).
- Aristiany, W., Handayani, K. N., & Hardiyati, H. (2021). Penerapan Prinsip Living With Water Pada Perancangan Cohousing Di Bantaran Sungai Karang Mumus Samarinda. *Senhousing*, 4(1).
- Devi, D. S., Fauzi, M., Syafitri, B., & Laksono, A. (2023). Durabilitas Geopolymer Foam concrete Terhadap Ketahanan Sulfat. *Jurnal Tekno Global*, 12(01), 24-29.
- Dzulfaqor, D., & Aji, F. M. P. (2024, June). Ketahanan Kayu Ulin Kalimantan sebagai Material Fasad Bangunan di Daerah dengan Kelembapan Tinggi. In *Prosiding (SIAR) Seminar Ilmiah Arsitektur* (pp. 741-746).
- Fadhil, T., Lenggogeni, L., & Berliana, R. (2023). Metode Pekerjaan Pembongkaran Pondasi dan Saluran Beton Bertulang Eksisting Pada Gedung. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 32322- 32332.
- Junaedi, J. (2021). Analisa Dinding Penahan Tanah dengan Menggunakan Type Gravitasi di Jalan Purwobinangun Kota Samarinda. *Kurva Mahasiswa*, 11(1), 575-600.
- Mekanik, S. F. D. (2024). Struktur Beton. *Struktur Beton*, 33.
- Ribowo, A. B., Niken, C., & Widyawati, R. (2020). Pengaruh Kondisi Lingkungan Pada Kualitas Beton Studi Kasus RS PTN Universitas Lampung. *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 24(3), 58-61.
- Rosidah, A. A., Setyowati, V. A., & Amin, N. (2022, March). Pengaruh Variasi Molaritas dan Jenis Inhibitor terhadap Ketahanan Korosi dan Morfologi Baja Tulangan Beton. In *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan* (Vol. 2, pp. 488-493).
- Sajiwo, A. (2024). Studi Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanik dan Durabilitas Bangunan. *WriteBox*, 1(2).
- Sugiarto, T. P. B., Endah, E., & Wibowo, W. (2024). Kajian Kuat Lekat pada Beton Bubuk Reaktif dengan Pasir Kuarsa 30% dan Variasi Fly Ash sebagai Substitusi Parsial Semen. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(3), 10-10.
- Wahyudi, D., Murtopo, A., & Yuwana, D. S. A. (2024). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Jembatan: Studi Kasus Jembatan Biru Ruas Jalan Bandongan Salamkanci. *Jurnal Global Ilmiah*, 1(10).
- Widodo, M. N., Triwiyono, A., & Hardiyatmo, H. C. (2023). Pengaruh pengisian beton dan penambahan tulangan untuk perkuatan spun pile terhadap kekuatan dan daktilitas lentur. *Zulkarnain, F., & Sani, I. I. (2023). Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi. ABDI SABHA (Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat)*, 4(2), 23-33.