

Identifikasi Faktor *Sustainability*, Tantangan, dan Strategi pada Pekerjaan *Precast* Beton di Indonesia

M.I. Shodiq¹, T.N. Handayani^{1*}, A.S.B. Nugroho¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: tantri.n.h@ugm.ac.id

INTISARI

Konstruksi berkelanjutan merupakan konsep pembangunan yang mempertimbangkan dampak lingkungan, ekonomi, dan sosial. Salah satu cara untuk mengimplementasikan konstruksi berkelanjutan adalah dengan menerapkan metode *Off-site Construction* (OSC). Namun, penerapan metode ini sering kali menghadapi berbagai tantangan yang dapat menghambat pelaksanaannya. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang tepat untuk mengatasi tantangan dalam penerapan OSC. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi yang tepat dalam pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Metode yang digunakan pada penelitian adalah pengumpulan data melalui studi literatur kemudian validasi data dengan tiga *expert* melalui wawancara sistematis. *Expert* pada penelitian ini terdiri dari *owner*, *supplier*, dan kontraktor. Hasil identifikasi faktor *sustainability* lingkungan diperoleh 6 faktor, ekonomi 10 faktor, dan sosial 8 faktor. Sebanyak 13 faktor tantangan teridentifikasi dan faktor strategi sebanyak 3 faktor. Setiap *expert* menyatakan bahwa identifikasi faktor tersebut sudah *valid* dan sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan penggunaan *precast* beton sehingga terwujud konsep *sustainability construction* di Indonesia.

Kata kunci: faktor *sustainability*, tantangan, strategi, *off-site Construction*, *precast* beton.

1 PENDAHULUAN

Perkembangan metode konstruksi di Indonesia telah mengalami kemajuan, salah satunya adalah penerapan metode konstruksi di luar lokasi, yang dianggap lebih efektif dan efisien (Kusumastuti dkk., 2022). Namun, terlepas dari perkembangan metode tersebut, masih ditemui beberapa tantangan untuk dapat menggerakkan konstruksi prafabrikasi (Soemardi dkk., 2020). Walaupun demikian, penggunaan *precast* beton harus tetap didorong karena dapat meningkatkan efisiensi dan wujud konstruksi berkelanjutan (Rahmadia dkk., 2024). Konstruksi berkelanjutan merupakan program pemerintah yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan.

Sawant dkk., (2023) mengidentifikasi faktor *sustainability* penggunaan *precast* beton antara lain yaitu pengurangan jejak karbon, pemanfaatan limbah, pengurangan penggunaan air, dan pengurangan konsumsi energi. Vasishta dkk., (2023) melakukan penelitian mengenai perbandingan biaya lingkungan antara bangunan *in-situ* dan *precast*, dengan hasil *precast* dapat meminimalisir biaya akibat polusi dan penggunaan lahan. Xie dkk., (2020) mengidentifikasi manfaat *sustainability* bangunan prafabrikasi. Dalam penelitian ini, manfaat ekonomi yang diperoleh meliputi efisiensi biaya konstruksi, operasional, dan perawatan. Selain itu, bangunan prafabrikasi juga memberikan manfaat sosial, seperti peningkatan *safety and health* serta penambahan pekerja spesialis.

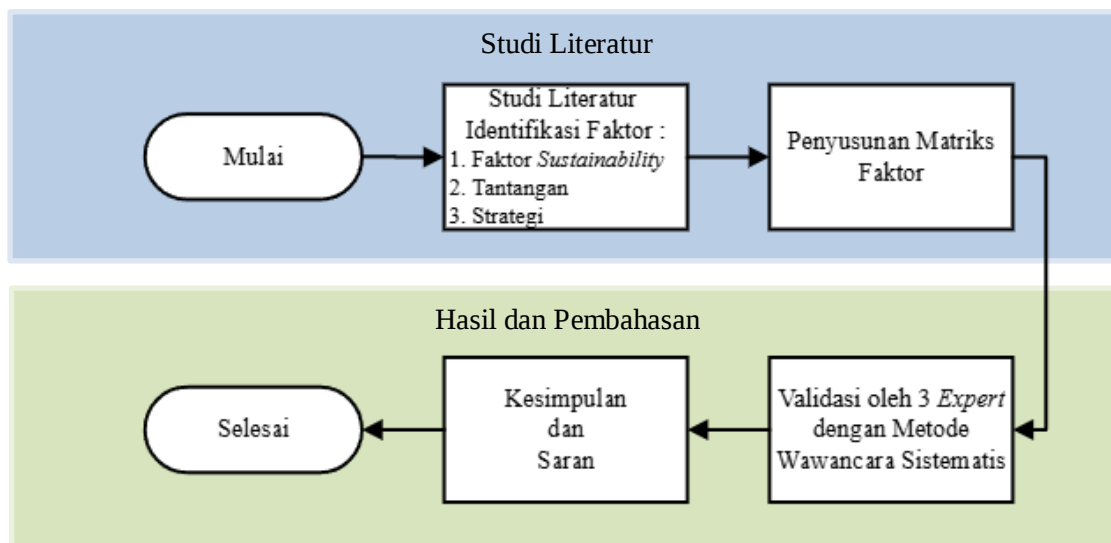
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wu dkk. (2024), terdapat 20 faktor yang menjadi tantangan dalam penerapan *prefabrication housing*. Namun, setelah dilakukan perankingan, lima tantangan yang paling sering terjadi adalah kurangnya rencana pengembangan, ketidakjelasan standar produk, rendahnya minat investasi, minimnya inovasi, serta tekanan dari berbagai pihak. Wang dkk., (2023) meneliti 27 tantangan dalam penggunaan *prefabrication building*. Beberapa diantaranya meliputi kurangnya pemahaman terhadap aspek ekonomi dan lingkungan, tingginya kebutuhan modal, *design oriented*, serta minimnya kebijakan dan insentif. Tantangan lain yang sering dihadapi dalam penerapan *prefabrication building* menurut Navaratnam dkk. (2022), diantaranya seperti rendahnya minat pasar, keterbatasan dalam rantai pasok, serta kurangnya tenaga ahli yang tersedia.

Jiang dkk., (2019) menyatakan bahwa salah satu strategi untuk meningkatkan penggunaan prafabrikasi adalah melalui pembuatan kebijakan oleh pemerintah. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Moradiboustouni dkk. (2019a), disebutkan bahwa dalam penerapan prafabrikasi membutuhkan edukasi agar masyarakat memahami manfaat dari segi lingkungan, ekonomi, dan sosial. Selain itu, penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa kerja sama antara pemerintah, lembaga keuangan, produsen, dan kontraktor merupakan strategi penting dalam penerapan prafabrikasi.

Namun, pada penelitian-penelitian terdahulu hanya membahas faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi secara terpisah, tanpa mengkaji keterkaitan antar variabel tersebut. Hal ini menyebabkan kurangnya pemahaman yang menyeluruh mengenai bagaimana variabel tersebut saling berpengaruh satu sama lain dalam pekerjaan *precast* beton. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor *sustainability*, tantangan serta strategi pada pekerjaan *precast* beton di Indonesia berdasarkan sudut pandang dari *stakeholder* yang berbeda. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat membantu setiap *stakeholder* dalam merumuskan kebijakan serta strategi yang efektif untuk mengatasi berbagai tantangan, sehingga dapat mendorong penggunaan *precast* beton dan mewujudkan konsep *sustainability construction* di Indonesia.

2 METODE PENELITIAN

Metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dalam bentuk *flowchart* dibawah ini



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

2.1 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi dalam pekerjaan *precast* beton. Faktor *sustainability* merupakan faktor yang memperhatikan dampak keberlanjutan konstruksi baik dari aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Ketiga aspek tersebut merupakan pilar utama dalam konsep *sustainability*. Tantangan merupakan faktor yang dapat menghambat pekerjaan *precast* beton pada konstruksi. Tantangan dalam *precast* beton dapat ditemui dari fase pra produksi *precast* beton hingga fase *maintenance/pasca install*. Strategi merupakan metode atau solusi yang dirancang untuk mengatasi hambatan yang muncul, sehingga penerapannya dapat berjalan lebih efektif dan efisien. Sehingga, dalam pekerjaan *precast* beton, diperlukan berbagai strategi guna memastikan implementasinya dapat berlangsung secara optimal. Penelitian ini mengacu pada 11 jurnal internasional dari penelitian terdahulu yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor terkait. Faktor-faktor yang telah diidentifikasi kemudian dijadikan dasar dalam matriks faktor, yang selanjutnya divalidasi oleh beberapa *expert* agar sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* di Indonesia.

2.2 Validasi Data

Validasi data pada penelitian ini dilakukan dengan metode wawancara sistematis, di mana pertanyaan telah disusun secara tertulis sebelum disampaikan kepada *expert*. Metode wawancara ini bertujuan untuk memperoleh data yang lebih relevan dengan kondisi pekerjaan *precast* di Indonesia, sehingga dapat memberikan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan. Wawancara ini melibatkan tiga *expert* dari *stakeholder* yang berbeda, dengan harapan dapat memberikan informasi yang mendalam mengenai faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi yang disesuaikan dengan kondisi pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Faktor dapat dianggap valid jika disetujui lebih dari dua *expert*.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Responden

Pada penelitian melibatkan tiga responden yang berasal dari pihak *owner*, *supplier*, dan kontraktor. Setiap responden memiliki pengalaman kerja lebih dari lima tahun di bidang konstruksi, sehingga diharapkan mampu memvalidasi faktor-faktor yang sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Profil dari ketiga responden tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil responden

Kode	Stakeholder	Pendidikan Terakhir	Jabatan/Posisi	Pengalaman Kerja
E1	Owner	S2	Koordinator Lapangan	12 tahun
E2	Supplier	S1 + PSPPI	Precast Engineer	7 tahun
E3	Kontraktor	S1 + PSPPI	Project Manager	21 tahun

3.2 Hasil Studi Literatur dan Validasi *Expert*

Hasil studi literatur dan validasi dari tiga *expert*, diperoleh 23 faktor *sustainability*, yang mencakup 6 faktor lingkungan, 10 faktor ekonomi, dan 8 faktor sosial, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2. Sementara itu, terdapat 13 faktor tantangan yang dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjutnya, Tabel 4 menyajikan 3 strategi yang mendukung implementasi *precast* beton.

Tabel 2. Hasil identifikasi faktor *sustainability*

Kode	Faktor	Studi Literatur											Validasi <i>Expert</i>			Hasil
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	E1	E2	E3	
Faktor Lingkungan																
L1	Efisiensi Energi dan Emisi		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	Ya	Ya	Ya	Valid
L2	Efisiensi Air		✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	Ya	Ya	Ya	Valid
L3	Efisiensi Limbah		✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓	Ya	Ya	Ya	Valid
L4	Efisiensi Material dan Ramah Lingkungan		✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	Ya	Ya	Ya	Valid
L5	Pengurangan Polusi			✓		✓	✓		✓		✓	✓	Ya	Ya	Ya	Valid
L6	Efisiensi Lahan			✓		✓					✓		Ya	Ya	Ya	Valid
Faktor Ekonomi																
E1	Peningkatan quality dan durability		✓				✓	✓	✓		✓	✓	Tidak	Ya	Ya	Valid
E2	Efisiensi biaya konstruksi		✓				✓	✓	✓				Ya	Ya	Tidak	Valid
E3	Efisiensi biaya material		✓			✓			✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
E4	Efisiensi biaya perawatan		✓					✓	✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
E5	Efisiensi waktu						✓		✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
E6	Modal dan risiko berinvestasi yang tinggi		✓					✓			✓	✓	Ya	Tidak	Ya	Valid
E7	Kurangnya fleksibilitas design		✓				✓				✓	✓	Ya	Ya	Tidak	Valid
E8	Kemudahan konstruksi							✓	✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
E9	Keterbatasan rantai pasok						✓					✓	Ya	Ya	Ya	Valid
E10	Efektifitas biaya lingkungan					✓						✓	Ya	Ya	Ya	Valid
Faktor Sosial																
S1	Peningkatan SHE pekerja		✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	Ya	Ya	Ya	Valid
S2	Penurunan kreativitas dan inovasi design		✓				✓		✓		✓	✓	Ya	Ya	Tidak	Valid
S3	Ketersediaan tenaga kerja spesialis					✓	✓	✓	✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
S4	Kurangnya dukungan kebijakan					✓	✓	✓			✓		Ya	Ya	Tidak	Valid
S5	Pengurangan tenaga kerja konvensional						✓		✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
S6	Peningkatan kesehatan masyarakat		✓			✓						✓	Ya	Ya	Ya	Valid
S7	Peningkatan kesejahteraan ekonomi					✓		✓					Ya	Ya	Ya	Valid
S8	Kurangnya penerimaan sosial						✓					✓	Ya	Ya	Tidak	Valid

Tabel 3. Hasil identifikasi tantangan

Kode	Faktor	Studi Literatur											Validasi <i>Expert</i>			Hasil
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	E1	E2	E3	
T1	Kurangnya pemahaman terhadap aspek ekonomi dan lingkungan	✓		✓	✓		✓						Ya	Ya	Tidak	Valid
T2	Membutuhkan modal/biaya yang tinggi			✓	✓						✓		Ya	Ya	Tidak	Valid
T3	Kecenderungan designer				✓				✓			✓	Ya	Ya	Ya	Valid
T4	Kurangnya kebijakan dari pemerintah	✓			✓								Ya	Ya	Tidak	Valid
T5	Kurangnya minat investasi	✓			✓								Ya	Tidak	Ya	Valid
T6	Keterbatasan tenaga spesialis	✓			✓		✓						Ya	Ya	Ya	Valid
T7	Batasan dan larangan mobilisasi rantai pasok				✓		✓						Ya	Ya	Ya	Valid
T8	Kurangnya insentif yang didapatkan	✓			✓								Ya	Ya	Ya	Valid

Tabel 3. Hasil identifikasi tantangan (lanjutan)

Kode	Faktor	Studi Literatur											Validasi <i>Expert</i>			Hasil
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	E1	E2	E3	
T9	Kurangnya standarisasi yang produk yang jelas	✓			✓								Ya	Ya	Tidak	Valid
T10	Tekanan dari beberapa pihak	✓			✓								Ya	Ya	Ya	Valid
T11	Kurangnya inovasi	✓			✓								Ya	Ya	Ya	Valid
T12	Minat pasar yang rendah	✓					✓						Ya	Ya	Tidak	Valid
T13	Kurangnya rencana pengembangan	✓			✓								Ya	Ya	Ya	Valid

Tabel 4. Hasil identifikasi strategi

Kode	Faktor	Studi Literatur											Validasi <i>Expert</i>			Hasil
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	E1	E2	E3	
St1	Kolaborasi dari setiap stakeholder untuk penggunaan <i>precast</i>	✓					✓				✓		Ya	Ya	Ya	Valid
St2	Pembuatan kebijakan oleh pemerintah dalam penggunaan <i>precast</i>				✓				✓				Ya	Ya	Ya	Valid
St3	Pengenalan penggunaan <i>precast</i> merupakan perwujudan sustainability construction								✓		✓		Ya	Ya	Ya	Valid

Keterangan

L1 : Wu dkk., (2024)	L6 : Navaratnam dkk., (2022)	L11 : Chen dkk., (2010)
L2 : Sawant dkk., (2023)	L7 : Xie dkk., (2020)	E1 : <i>Expert Owner</i>
L3 : Vasishta dkk., (2023)	L8 : Jiang dkk., (2019)	E2 : <i>Expert Supplier</i>
L4 : Wang dkk., (2023)	L9 : Moradibistouni dkk., (2019b)	E3 : <i>Expert Kontraktor</i>
L5 : Zhou dkk., (2022)	L10 : Moradibistouni dkk., (2019a)	

3.2.1 Hasil Faktor Sustainability

Berdasarkan hasil identifikasi para *expert* sepakat bahwa faktor *sustainability* dalam penerapan *precast* beton sesuai dengan kondisi di Indonesia. Namun, jika ditinjau dari beberapa aspek seperti aspek ekonomi, terdapat perbedaan pendapat di antara para *expert*. *Expert* ke-1 (*owner*) menganggap faktor dengan kode E1 “Peningkatkan *quality* dan *durability*” tidak berpengaruh karena pekerjaan beton baik *precast* maupun beton konvensional apabila mutunya sama maka kualitas dan durabilitasnya akan sama. Namun, menurut *expert* ke-2 (*supplier*) dan ke-3 (kontraktor), faktor tersebut dianggap berpengaruh karena peralatan yang digunakan dalam pekerjaan *precast* beton lebih terstandarisasi serta terlindungi dari pengaruh lingkungan selama proses fabrikasi. Hal ini memungkinkan peningkatan kualitas dan durabilitas dari beton *precast* itu sendiri. *Expert* ke-3 berpendapat bahwa faktor dengan kode E2 “Efisiensi biaya konstruksi”, dinilai tidak lebih efisiensi terhadap biaya konstruksi karena tergantung pada perencanaan awal dalam pembuatan RAB. Namun, *expert* ke 1 dan 2 menganggap sebaliknya, karena penggunaan *precast* beton dapat mengefisienkan biaya konstruksi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi biaya konstruksi dapat dicapai apabila penggunaan *precast* beton dilakukan dengan perencanaan awal yang matang. *Expert* ke-2 tidak setuju dengan faktor berkode E6 “Modal dan risiko berinvestasi yang tinggi”, karena jika permintaan pasar tinggi, pengembalian modal akan lebih cepat dan risiko investasi dapat diminimalisir. Namun, *expert* ke-1 dan 3 tetap menganggap faktor tersebut berpengaruh, karena biaya produksi di awal yang tinggi, meskipun seiring waktu akan menurun, serta teknologi produksi yang digunakan memiliki harga yang cukup mahal. Sementara itu, faktor dengan kode E7 “Fleksibilitas *design*”, dianggap tidak sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* beton menurut *expert* ke-3, karena produk dapat dipesan sesuai bentuk yang diinginkan. Pendapat ini berbeda dengan *expert* lainnya, yang berpendapat bahwa pekerjaan *precast* beton tidak dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan jika terjadi perubahan mendadak, serta keterbatasan bentuk *molding* yang tersedia.

Selain aspek ekonomi, perbedaan pendapat juga terjadi dalam aspek sosial. Misalnya, *expert* ke-3 tidak setuju dengan faktor berkode S2 “Penurunan nilai kreativitas dan inovasi *design*”, karena dianggap segala pekerjaan dapat menggunakan *precast* beton, meskipun dengan biaya yang lebih tinggi. Namun, *expert* lain menyetujui faktor tersebut, karena menganggap bahwa pekerjaan dengan *precast* beton cenderung terbatas pada bentuk yang sudah tersedia, tanpa adanya inovasi atau perubahan *design*, karena bentuknya telah ditentukan sejak awal. Pada faktor dengan kode S4 “Kurangnya dukungan kebijakan”, *expert* ke-3 tidak setuju, karena dianggap kebijakan yang ada sudah cukup. Namun, pendapat ini berbeda dengan *expert* lainnya, yang menganggap bahwa kebijakan untuk mendorong penggunaan *precast* beton belum ada. *Expert* ke 3 juga tidak setuju dengan faktor berkode S8 “Kurangnya penerimaan sosial”, karena tidak relevan dengan kondisi di Indonesia dan menganggap bahwa masyarakat sudah banyak melihat hasil pekerjaan *precast* memiliki kualitas yang cukup tinggi. Namun, menurut *expert* ke-1 dan 2 menganggap sebaliknya, masyarakat masih menganggap *precast* beton hanya digunakan untuk bangunan sementara.

Meskipun terdapat perbedaan pendapat di antara para *expert* dalam aspek ekonomi dan sosial, hasil identifikasi pada aspek tersebut tetap dinyatakan disetujui, karena mayoritas *expert* menyetujui faktor-faktor tersebut.

3.2.2 Tantangan dalam Pekerjaan *Precast* Beton

Tantangan dalam pekerjaan *precast* beton yang dihadapi oleh setiap *expert* berbeda-beda. Meskipun terdapat perbedaan pendapat, semua hasil identifikasi tantangan dinyatakan tetap sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Faktor tantangan dengan kode T1 “Kurangnya pemahaman terhadap aspek ekonomi dan lingkungan”, tidak dialami oleh *expert* ke-3 (kontraktor) karena saat ini sudah banyak seruan terkait gerakan *go green* serta meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan. Selain itu, tantangan dengan kode T2 “Membutuhkan modal/biaya yang tinggi”, juga tidak dialami oleh *expert* ke-3, karena biaya dapat ditekan dengan membeli produk *precast* dari vendor, sehingga harga akan lebih murah. Namun, jika dilakukan secara swakelola, maka dibutuhkan modal yang besar untuk memproduksi *precast* beton sendiri. *Expert* ke-3 juga menganggap faktor tantangan berkode T4 “Kurangnya kebijakan dari pemerintah”, hampir tidak ditemui, karena pemerintah saat ini mendukung gerakan *go green*. *Expert* ke-2 (*supplier*) tidak setuju terhadap tantangan dengan kode T5 “Kurangnya minat investasi”, karena banyak percepatan pembangunan, terutama pada Proyek Strategis Nasional (PSN). Pada tantangan dengan kode T9 “Kurangnya standarisasi produk yang jelas”, *expert* ke-3 tidak setuju, karena mutu produk sudah disesuaikan dengan kebutuhan pekerjaan. Selain itu, tantangan dengan kode T12 “Minat pasar yang rendah”, menurut *expert* ke-3 bukanlah sebuah tantangan, karena banyak bangunan dengan mutu tinggi yang memilih untuk menggunakan *precast* beton serta perlu disesuaikan dengan ketersediaan anggaran. Walaupun tantangan yang dihadapi oleh setiap *expert* berbeda-beda, hasil identifikasi faktor tantangan tetap dianggap dapat diterima, karena cukup merepresentasikan tantangan dalam pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh mayoritas *expert* yang menyetujui tantangan tersebut.

3.2.3 Strategi Implementasi *Precast* Beton

Berdasarkan hasil identifikasi strategi pada Tabel 4 diatas, semua *expert* menyetujui 3 strategi tersebut. Strategi tersebut meliputi kolaborasi dari setiap stakeholder untuk penggunaan *precast* beton (St1), pembuatan kebijakan oleh pemerintah dalam penggunaan *precast* beton (St2), dan pengenalan penggunaan *precast* beton yang merupakan perwujudan *sustainability construction* (St3). Selain itu, ada beberapa strategi tambahan yang diberikan oleh para *expert*. *Expert* ke-1 (*owner*) dan 2 (*supplier*) mengusulkan strategi baru dengan cara menunjukan hasil dari pekerjaan *precast* beton yang berkualitas guna menarik minat investor. Usulan lainnya yaitu membuat kebijakan perbankan yang memungkinkan pemberian pinjaman dengan suku bunga rendah, serta pemberian insentif tambahan bagi pihak yang mendorong penggunaan *precast* beton. Ketiga *expert* juga mengusulkan strategi yang sama yaitu penggunaan *precast* beton harus disesuaikan dengan lokasi proyek dan kebutuhannya, sehingga perencanaan awal yang matang menjadi sangat penting. Strategi lainnya adalah mengaktifkan kembali Asosiasi Perusahaan Pracetak dan Prategang Indonesia (AP3I) untuk memastikan standarisasi produk serta menjaga stabilitas harga jual agar tidak terjadi perbedaan yang signifikan di pasar. Selain itu, strategi berikutnya adalah menambahkan luasan lahan dengan cara pembebasan atau sewa lahan untuk penyimpanan sementara produk *precast* sebelum dipasang. Usulan strategi yang terakhir yaitu diperlukan pengembangan teknologi serta peningkatan kemampuan sumber daya manusia dalam penggunaan *precast* beton, guna mengatasi ketertinggalan teknologi dan mengurangi kesenjangan keterampilan sumber daya manusia di Indonesia, khususnya pada sektor *precast* beton.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil identifikasi faktor pada penelitian ini terdiri dari beberapa faktor yaitu faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi. Setiap faktor tersebut berperan penting dalam mendukung penggunaan *precast* beton di Indonesia guna mewujudkan konsep *sustainability construction*. Setiap faktor diperoleh dari penelitian sebelumnya dan telah divalidasi oleh tiga *expert* dari berbagai *stakeholder* yang berbeda. Dengan demikian, faktor-faktor yang didapat dari penelitian internasional, sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Diperoleh hasil sebanyak 24 faktor *sustainability*, yang terdiri dari 6 faktor dalam aspek lingkungan, 10 faktor aspek ekonomi, dan 8 faktor aspek sosial. Selain itu, diperoleh 13 faktor tantangan dalam pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Adapun strategi yang diperoleh mencakup tiga strategi utama serta enam strategi tambahan yang diusulkan oleh *expert*.

Penelitian ini telah mengkaji faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi sesuai dengan kondisi pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Namun, hasil dalam penelitian ini merupakan kajian awal yang dapat dijadikan acuan untuk dilakukan penelitian-penelitian selanjutnya. Pada penelitian berikutnya, dapat dilakukan evaluasi faktor *sustainability*, tantangan, dan strategi dalam penggunaan *precast* beton di Indonesia. Penambahan jumlah responden

diperlukan agar hasil penelitian mampu memberikan gambaran yang lebih representatif terhadap pelaksanaan pekerjaan *precast* beton di Indonesia. Dengan adanya penelitian tersebut, diharapkan setiap *stakeholder* yang terlibat dalam pekerjaan *precast* beton dapat merumuskan kebijakan serta strategi yang efektif untuk mengatasi berbagai tantangan, sehingga konsep *sustainability construction* di Indonesia dapat terwujud.

REFERENSI

- Chen, Y., Okudan, G.E., dan Riley, D.R., 2010. Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings. *Automation in Construction*, 19 (2), 235–244.
- Jiang, Y., Zhao, D., Wang, D., dan Xing, Y., 2019. Sustainable performance of buildings through modular prefabrication in the construction phase: A comparative study. *Sustainability (Switzerland)*, 11 (20).
- Moradibistouni, M., Vale, B., dan Isaacs, N., 2019a. Evaluating sustainability of prefabrication methods in comparison with traditional methods. In: *Smart Innovation, Systems and Technologies*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 228–237.
- Moradibistouni, M., Vale, B., dan Isaacs, N., 2019b. Investigating the level of sustainability in off-site construction. In: *Smart Innovation, Systems and Technologies*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 101–110.
- Navaratnam, S., Satheeskumar, A., Zhang, G., Nguyen, K., Venkatesan, S., dan Poologanathan, K., 2022. The challenges confronting the growth of sustainable prefabricated building construction in Australia: Construction industry views. *Journal of Building Engineering*, 48.
- Rahmadia, N., Muhyi, A. Al, dan Prima, U., 2024. Optimasi Penggunaan Beton *Precast* : Meningkatkan Keberlanjutan dan Kecepatan Konstruksi, 14 (01), 153–158.
- Ratna Kusumastuti, D. dan Rahmawati, R., 2022. *Analisis Penerapan Metode Konstruksi Di Luar Lokasi (Offsite Construction) Di Indonesia*.
- Sawant, R., Joshi, D.A., Menon, R., dan Wadhwa, L.K., 2023. Identification of Sustainability factors of Self-Compacting Geopolymer Concrete for *precast* construction using SEM. *E3S Web of Conferences*, 405.
- Vasishta, T., Hashem Mehany, M., dan Killingsworth, J., 2023. Comparative life cycle assesment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA) of *precast* and cast-in-place buildings in United States. *Journal of Building Engineering*, 67.
- Wang, Q., Shen, C., Guo, Z., Zhu, K., Zhang, J., dan Huang, M., 2023. Research on the Barriers and Strategies to Promote Prefabricated Buildings in China. *Buildings*, 13 (5).
- Wu, Z., Li, S., Lin, Y., Luo, L., Xue, H., dan Fordjour Antwi-Afari, M., 2024. Analysis of factors affecting the prefabricated housing promotion from the perspective of stakeholders. *Energy and Buildings*, 320 (April), 114588.
- Xie, L., Chen, Y., Xia, B., dan Hua, C., 2020. Importance-Performance Analysis of Prefabricated Building Sustainability: A Case Study of Guangzhou. *Advances in Civil Engineering*, 2020.
- Zhou, J., Li, Y., dan Ren, D., 2022. Quantitative study on external benefits of prefabricated buildings: From perspectives of economy, environment, and society. *Sustainable Cities and Society*, 86 (April), 104132.