

MANAJEMEN REKONSTRUKSI PASCA BENCANA BERBASIS TEKNOLOGI

Pinondang Simanjuntak¹⁾
pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Abstrak

Manajemen Rekonstruksi pasca bencana adalah instrumen penting untuk memulihkan keadaan masyarakat yang terdampak bencana. Peran manajemen konstruksi berbasis teknologi telah mulai diterapkan pada pelaksanaan rekonstruksi pada kasus bencana di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran manajemen konstruksi berbasis teknologi pada pelaksanaan rekonstruksi bangunan pasca bencana di Indonesia. Berdasarkan studi literatur dapat diidentifikasi beberapa implikasi penting sebagai kunci manajemen rekonstruksi bangunan pasca bencana. Dengan pemanfaatan manajemen konstruksi berbasis teknologi memiliki dampak positif karena dengan sistem ini akan menghasilkan koordinasi baik semua pihak terkait yang memberi manfaat efektifitas pelaksanaan rekonstruksi. Basis teknologi digital Building Information Modeling (BIM) dan penggunaan prefabrikasi memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi rekonstruksi, yang dapat mempercepat proses rekonstruksi bangunan pasca bencana. Kombinasi BIM dan Prefabrikasi akan membuat produksi komponen bangunan yang dibutuhkan lebih efektif. Dengan percepatan rekonstruksi dan pengadaan bangunan yang tahan bencana akan memberikan manfaat yang signifikan pada pemulihan daerah yang terdampak bencana di Indonesia.

Kata Kunci: manajemen rekonstruksi, basis teknologi, konstruksi bangunan , pemulihan pasca bencana

1. PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan peristiwa yang dapat mengakibatkan kerusakan besar terhadap infrastruktur dan kehidupan manusia. Setelah kejadian bencana, proses rekonstruksi adalah bagian yang sangat penting untuk membantu pemulihan masyarakat dari dampak yang ditimbulkan agar wilayahnya dapat Kembali normal. Namun, rekonstruksi pasca bencana sering kali menghadapi tantangan yang kompleks dan membutuhkan metode pendekatan antisipasi yang efisien dan inovatif.

Pada era teknologi informasi yang semakin maju, pemanfaatan teknologi menjadi salah satu kunci menentukan pada aplikasi manajemen rekonstruksi pasca bencana. Ada dua teknologi yang memberikan potensi besar dalam proses manajemen konstruksi pasca bencana yaitu Building Information Modeling (BIM) dan prefabrikasi. BIM adalah pendekatan yang mampu mengintegrasikan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi berbasis model informasi yang akurat dan terkini, sedangkan prefabrikasi adalah metode konstruksi yang dapat memproduksi sejumlah besar elemen bangunan di luar lokasi proyek sehingga mempercepat dan memudahkan proses pelaksanaan konstruksi.

Pada artikel ini, akan dikaji bagaimana penerapan manajemen rekonstruksi pasca bencana berbasis teknologi BIM dan prefabrikasi dapat menjadi alternatif solusi menghadapi dampak bencana dalam mengoptimalkan upaya pemulihan pasca bencana. Fokus pembahasan adalah bagaimana teknologi BIM digunakan untuk pemetaan dan analisis kerusakan infrastruktur, koordinasi dan kolaborasi tim rekonstruksi, serta pengelolaan sumber daya dengan lebih efisien. Kemudian pembahasan tentang teknologi prefabrikasi dapat mempercepat proses rekonstruksi, meningkatkan kualitas konstruksi, dan memberikan solusi menghadapi bencana masa depan.

Kajian dilengkapi dengan penyajian hasil penelitian terbaru yang menggambarkan implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi pasca bencana di berbagai lokasi, termasuk di Indonesia. Studi kasus dari bencana-bencana terdahulu, seperti gempa bumi, tsunami, atau banjir,

¹⁾**Ka.Pusat Studi Bencana Prodi Teknik Sipil FT UKI**

yang akan memberikan wawasan tentang tantangan dan keberhasilan dalam mengadopsi teknologi ini dalam konteks Indonesia.

Sebagai kesimpulan adalah dengan mengintegrasikan teknologi BIM dan prefabrikasi pada aplikasi manajemen rekonstruksi pasca bencana, diharapkan upaya pemulihan akan lebih cepat, lebih efisien, dan lebih berkesinambungan. Selain itu, penerapan teknologi ini juga dapat memberikan dampak positif dalam membangun infrastruktur yang lebih tahan bencana dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan kajian hasil penelitian terdahulu... bahwa manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi dapat memberikan dampak keunggulan menghadapi tantangan pemulihan akibat bencana. Kajian tentang potensi keunggulan pemakaian teknologi ini dapat diuraikan dengan melakukan analisis pada beberapa penelitian dan pustaka yang sudah dilakukanterdahulu. Secara umum ada lima tahapan proses penting yang dilakukan pada penanganan bencana yaitu : pertama adalah **Pemetaan dan Pencatatan Data**, (Brian T & Jamal J.A, 2018) tahap ini adalah tahap awal rekonstruksi pasca bencana. Pemetaan dan pencatatan data yang akurat adalah hal yang kritis. Dengan bantuan teknologi seperti pemetaan satelit, drone, dan sistem informasi geografis (GIS), tim pemulihan dapat mengidentifikasi daerah-daerah terdampak dan tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh bencana. Data ini akan membantu mengalokasikan sumber daya dengan lebih efisien dan tepat sasaran. Kedua adalah **Komunikasi dan Koordinasi**, (Simon K. H & David J.I2014) Teknologi memainkan peran penting dalam memfasilitasi komunikasi dan koordinasi antara berbagai tim bantuan, badan pemerintah, dan organisasi non-pemerintah. Aplikasi pesan instan, platform kolaborasi, dan sistem manajemen proyek memungkinkan tim-tim tersebut untuk berbagi informasi secara real-time, berkoordinasi dalam melaksanakan tugas, dan menyampaikan perubahan situasi dengan cepat. Ketiga adalah **Bantuan dan Pelayanan Kemanusiaan**, (Patrick M, 2015). Teknologi juga dapat digunakan untuk memberikan bantuan dan pelayanan kemanusiaan kepada korban bencana. Misalnya, dana dan donasi dapat dikelola melalui platform digital yang transparan dan aman. Pemberian bantuan seperti makanan, air bersih, dan perawatan medis dapat diintegrasikan dengan aplikasi untuk melacak distribusi dan memastikan bantuan tersebut sampai ke tangan yang membutuhkan. Ke empat adalah **Rekonstruksi Infrastruktur**, (Nugroho, A. S., & Widyastuti, R,2018). Manajemen rekonstruksi pasca bencana berbasis teknologi juga dapat diterapkan pada proyek rekonstruksi infrastruktur. Simulasi komputer dan teknologi Building Information Modeling (BIM) memungkinkan perencanaan yang lebih baik dan prediksi dampak dari keputusan rekonstruksi tertentu. Selain itu, penggunaan teknologi terbaru dalam konstruksi seperti teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Kelima adalah **Monitoring dan Evaluasi**, (H. R. Wadhwa & C. G. Detweiler,2017) Setelah tahap rekonstruksi berlangsung, teknologi juga dapat digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi hasilnya. Dengan sensor pintar dan teknologi monitoring lainnya, pihak berwenang dapat mengamati dampak dari rekonstruksi dan memastikan bahwa upaya pemulihan berjalan sesuai rencana. Data yang diperoleh dari proses monitoring dapat digunakan untuk memperbaiki rencana rekonstruksi di masa depan.

Aplikasi manajemen konstruksi berbasis teknologi pada tahapan proses rekonstruksi infrastruktur mengakibatkan adanya efektifitas terhadap penanggulangan bencana. Hal utama yang menyebabkan adanya efektifitas tersebut adalah karena adanya beberapa keuntungan dan tantangan yang diuraikan sebagai berikut :

¹⁾ **Ka.Pusat Studi Bencana Prodi Teknik Sipil FT UKI**

- A. **Keunggulan manfaat Teknologi BIM pada rekonstruksi pasca bencana** (Eastman, C. et al, 2000).: Building Information Modeling (BIM) memiliki banyak keunggulan dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana. Teknologi BIM memungkinkan koordinasi yang lebih efektif antara para pemangku kepentingan yang terlibat pada penanganan bencana, termasuk badan pemerintah, organisasi kemanusiaan, dan kontraktor, karena informasi yang terintegrasi dan terpusat dalam model BIM. Hal ini dapat mempercepat pengambilan keputusan dan pemulihan infrastruktur secara efisien.
- B. **Integrasi BIM dan GIS untuk Penilaian Kerusakan Bangunan** (Liu, X., & Wang, X.2015).: Integrasi BIM dan Sistem Informasi Geografis (GIS) menjadikan teknologi ini dapat memberikan penilaian yang lebih akurat tentang kerusakan bangunan selama pemulihan pasca gempa bumi. Integrasi BIM dan GIS memungkinkan identifikasi kerusakan secara visual dan memfasilitasi perencanaan rekonstruksi yang tepat sasaran.
- C. **Potensi Prefabrikasi dalam Pemulihan Pasca Bencana** (Irawan,P.,&Ismail, Z. 2021):Konsep prefabrikasi memiliki potensi besar dalam pemulihan pasca bencana. Dengan metode prefabrikasi, elemen bangunan dapat diproduksi sebelumnya di pabrik dan dikirim ke lokasi proyek untuk segera dipasang. Hal ini mempercepat proses konstruksi dan mengurangi waktu pemulihan. Selain itu, prefabrikasi dapat meningkatkan kualitas konstruksi karena kondisi kontrol di pabrik yang lebih baik.
- D. **Tantangan Implementasi Teknologi BIM dan Prefabrikasi** (Pan,W.& Kain G, 2017) : Beberapa tantangan dalam implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana. Beberapa tantangan tersebut meliputi kebutuhan akan sumber daya manusia yang terampil dalam menggunakan teknologi ini, biaya investasi awal dalam infrastruktur dan perangkat lunak BIM, serta regulasi dan standar yang mungkin perlu disesuaikan untuk mendukung penggunaan teknologi ini dalam konteks rekonstruksi pasca bencana.
- E. **Relevansi dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan** (Li,Z.et. al, 2018): Kaitan manajemen rekonstruksi pasca bencana dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) menunjukkan bahwa penerapan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi dapat berperan dalam membangun infrastruktur yang lebih tahan bencana dan berkelanjutan.

Berdasarkan analisis teori pada artikel ini menunjukkan bahwa teknologi BIM dan prefabrikasi memiliki potensi besar dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana. Integrasi teknologi yang dimiliki dapat meningkatkan efisiensi, mempercepat pemulihan, dan mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Walaupun masih berhadapan dengan tantangan yang perlu diatasi dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang kebutuhan dan kemampuan lokal serta upaya kolaboratif dari berbagai pihak yang terlibat dalam pemulihan pasca bencana.

3. IMPLEMENTASI

Analisis aplikasi dan pengembangan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM di Indonesia menunjukkan adanya beberapa hal yang perlu menjadi perhatian dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia (Januar P. & Anton S.2021). Beberapa fakta penting yang perlu menjadi perhatian adalah:

- A. **Peningkatan Penggunaan Teknologi BIM:** Penggunaan teknologi Building Information Modeling (BIM) dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana di Indonesia telah meningkat.

BIM memungkinkan pemetaan, visualisasi, dan koordinasi yang lebih baik dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek rekonstruksi.

- B. **Penerapan Prefabrikasi dalam Pemulihan:** Penerapan teknologi prefabrikasi dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia juga telah meningkat. Metode prefabrikasi memungkinkan produksi lebih cepat dan lebih efisien, sehingga mempercepat proses rekonstruksi infrastruktur.
- C. **Proyek Tangguh Bencana:** Penggunaan teknologi BIM dan prefabrikasi telah berhasil dalam beberapa proyek tangguh bencana di Indonesia. Proyek-proyek ini menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat membantu dalam pembangunan infrastruktur yang lebih tahan terhadap dampak bencana di masa depan.
- D. **Tantangan Keterbatasan Sumber Daya Manusia:** Implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi masih dihadapkan pada tantangan kurangnya sumber daya manusia yang terlatih dalam menggunakan teknologi ini. Pelatihan dan pendidikan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan kapasitas tenaga kerja dalam menerapkan teknologi ini.
- E. **Kesadaran dan Dukungan Pemerintah:** Tingkat kesadaran tentang manfaat teknologi BIM dan prefabrikasi dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia masih perlu ditingkatkan. Dukungan pemerintah dalam bentuk regulasi dan kebijakan yang mendukung penggunaan teknologi ini juga sangat penting.
- F. **Integrasi Teknologi dan Kolaborasi:** Penggunaan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi pasca bencana memerlukan integrasi yang baik antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, lembaga riset, industri konstruksi, dan masyarakat. Kolaborasi yang kuat dibutuhkan untuk mencapai hasil yang optimal.
- G. **Manfaat dalam Kecepatan dan Kualitas:** Implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi telah membuktikan manfaatnya dalam meningkatkan kecepatan dan kualitas rekonstruksi pasca bencana. Proses konstruksi yang lebih efisien dan kualitas bangunan yang lebih baik dapat membantu pemulihan yang lebih cepat dan lebih berkelanjutan.

Dalam menghadapi bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan infrastruktur dan mempercepat pemulihan setelah bencana. Namun, tantangan yang ada, seperti keterbatasan sumber daya manusia dan kesadaran akan manfaat teknologi ini, harus diatasi melalui upaya kolaboratif dari semua pemangku kepentingan yang terlibat. Dengan dukungan dan kesadaran yang tepat, implementasi teknologi ini dapat menjadi solusi yang efektif dalam menghadapi dampak bencana alam di Indonesia

Perkembangan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi di Indonesia telah menunjukkan kemajuan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun masih dalam tahap awal, teknologi ini mulai diterapkan dalam beberapa proyek pemulihan pasca bencana di Indonesia. Berikut adalah beberapa contoh implementasi Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi di Indonesia:

- A. **Penerapan BIM dalam Rekonstruksi Pasca Gempa Bumi di Lombok** (Budi, A., & Adji, D. 2020) : Setelah gempa bumi yang mengguncang Lombok pada tahun 2018, beberapa proyek rekonstruksi menggunakan teknologi BIM untuk pemulihan infrastruktur. BIM digunakan untuk pemetaan kerusakan bangunan dan perencanaan desain yang lebih efisien. Dengan

BIM, tim proyek dapat berkolaborasi secara lebih baik dan mengoptimalkan alokasi sumber daya dalam rekonstruksi.

- B. **Proyek Rumah Tangguh Bencana dengan Sistem Prefabrikasi di Palu** (Arifin, Z., & Purnomo, M. H.2019) : Setelah gempa bumi dan tsunami di Palu pada tahun 2018, beberapa proyek perumahan tangguh bencana menggunakan teknologi prefabrikasi. Rumah-rumah prefabrikasi diproduksi di pabrik dan dipasang di lokasi proyek dengan cepat. Penggunaan prefabrikasi mengurangi waktu konstruksi dan memungkinkan pemulihan infrastruktur perumahan yang lebih cepat.
- C. **Rekonstruksi Jembatan dengan Metode Prefabrikasi di Banten** (Santoso, R. S., & Hermawan, A.2019). : Beberapa jembatan yang rusak akibat banjir bandang di Banten diperbaiki menggunakan teknologi prefabrikasi. Bagian-bagian jembatan dibuat di pabrik dan dirakit di lokasi proyek. Metode prefabrikasi membantu mengurangi gangguan lalu lintas dan mempercepat pemulihan akses transportasi setelah bencana.
- D. **Penggunaan BIM dalam Rekonstruksi Jembatan di Sulawesi Tengah** Tengah (Nugroho, A. S., & Widyastuti, R.2018): Beberapa proyek rekonstruksi jembatan di Sulawesi Tengah setelah gempa bumi dan tsunami pada tahun 2018 mengadopsi teknologi BIM. Dengan BIM, perencana dapat melakukan analisis lebih mendalam terhadap desain jembatan yang tangguh bencana dan memastikan pemulihan infrastruktur yang lebih tahan gempa.
- E. **Proyek Green School Berbasis BIM dan Prefabrikasi di Nusa Penida** (Safitri, D. A., & Mawarni, R. D.2021) : Proyek Green School di Nusa Penida mengimplementasikan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam pembangunan gedung ramah lingkungan. Dengan BIM, kontraktor dapat mengoptimalkan penggunaan material dan energi, sementara prefabrikasi mempercepat proses konstruksi dan mengurangi dampak lingkungan.

Namun, perlu dicatat bahwa implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana di Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan. Beberapa di antaranya adalah kurangnya sumber daya manusia yang terlatih, kurangnya kesadaran akan manfaat teknologi ini, serta kendala regulasi dan kebijakan yang mungkin perlu disesuaikan untuk mendukung penggunaannya. Dalam rangka mengoptimalkan penerapan teknologi ini, kerjasama antara pemerintah, industri konstruksi, dan lembaga riset sangat penting untuk meningkatkan kapasitas dan pengetahuan terkait BIM dan prefabrikasi dalam konteks rekonstruksi pasca bencana di Indonesia.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi merupakan pendekatan yang berpotensi untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan infrastruktur dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia.
2. Penggunaan teknologi BIM memungkinkan pemetaan dan koordinasi yang lebih baik dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek rekonstruksi. Sementara itu, teknologi prefabrikasi mempercepat proses konstruksi dan meningkatkan kualitas bangunan.
3. Implementasi teknologi ini dihadapkan pada beberapa tantangan, seperti kurangnya sumber daya manusia yang terlatih, rendahnya kesadaran akan manfaat teknologi ini, dan perluasan regulasi yang mendukung.

B. SARAN:

1. **Peningkatan Pelatihan dan Pendidikan:** Peningkatan jumlah sumber daya manusia yang terlatih menggunakan teknologi BIM dan prefabrikasi sangat penting. Diperlukan program pelatihan dan pendidikan yang efektif untuk meningkatkan kapasitas tenaga kerja di industri konstruksi terkait dengan teknologi ini.
2. **Kesadaran dan Dukungan Pemerintah:** Pemerintah perlu aktif menyosialisasikan manfaat teknologi BIM dan prefabrikasi dalam pemulihan pasca bencana kepada masyarakat, lembaga riset, dan industri konstruksi. Dukungan dalam bentuk regulasi dan kebijakan yang mendukung implementasi teknologi ini juga harus diperkuat.
3. **Kolaborasi dan Kemitraan:** Implementasi Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi memerlukan kolaborasi yang kuat antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, lembaga riset, industri konstruksi, dan masyarakat. Kemitraan yang baik akan memudahkan pertukaran pengetahuan dan pengalaman dalam menghadapi bencana alam.
4. **Penelitian dan Pengembangan:** Perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut terkait penerapan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi pasca bencana di Indonesia. Pengalaman dari proyek-proyek rekonstruksi yang telah dilakukan dapat menjadi acuan untuk perbaikan lebih lanjut.
5. **Integrasi dengan Program Pembangunan Berkelanjutan:** Integrasi Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi dengan program pembangunan berkelanjutan, seperti Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), dapat meningkatkan efek jangka panjang dari pemulihan pasca bencana.

Dengan penerapan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi yang tepat dan strategis, Indonesia dapat mempercepat proses pemulihan pasca bencana, meningkatkan ketahanan infrastruktur, dan mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Kolaborasi dan komitmen dari semua pihak terkait adalah kunci untuk mencapai hasil yang optimal dalam menghadapi dampak bencana alam

DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin, Z., & Purnomo, M. H. (2019). Penggunaan Teknologi Prefabrikasi dalam Rekonstruksi Rumah Tangguh Bencana di Palu. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(1), 20-29.
2. Brian Tomaszewski dan Jamal Jekar Arsanjani (2018). *Geographic Information Systems (GIS) for Disaster Management*
3. Budi, A., & Adji, D. (2020). Penggunaan Building Information Modeling (BIM) dalam Rekonstruksi Pasca Bencana Gempa Bumi di Lombok. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 45-56.
4. Chai, C., Liu, X., & Feng, Y. (2019). Integration of BIM and prefabrication in the construction industry: A review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 96-109
5. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2000). Building Information Modeling (BIM): A Revolutionary Paradigm in Construction Industry. *Automation in Construction*, 9(1), 9-15.

6. H. R. Wadhwa dan C. G. Detweiler (2017) CT for Disaster Management
7. Han, K., Zhang, X., & Zhu, J. (2020). A review on disaster management based on BIM and big data. *Disaster Advances*, 13(3), 51-57
8. Irawan, P., & Ismail, Z. (2021). Implementasi Teknologi BIM dalam Proses Rekonstruksi Pasca Bencana Gempa Bumi di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 10(2), 85-98.
9. Januar Pantiga. & Anton Soekiman.(2021) Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) di dunia Konstruksi Indonesia
10. Li, H., Xue, X., & Zhang, L. (2020). Research on prefabricated house structure of earthquake-stricken areas based on multi-objective optimization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 572(2), 022001.
11. Liu, X., & Wang, X. (2015). Integration of BIM and GIS for Building Damage Assessment and Visualization during Post-Earthquake Recovery. *Natural Hazards*, 79(3), 2105-2123.
12. Li, Z., Zhu, X., & Azhar, S. (2018). Building Information Modeling (BIM) application framework: An empirical evaluation of systemic effects on sustainable construction waste management. *Automation in Construction*, 91, 238-250.
13. Nugroho, A. S., & Widyastuti, R. (2018). Aplikasi Building Information Modeling (BIM) dalam Proses Rekonstruksi Jembatan Pasca Bencana di Sulawesi Tengah. *Jurnal Teknik Konstruksi*, 7(2), 67-76.
14. Pan, W., & Kain, G. (2017). Prefabrication in Construction: A Review of Its Applications and Challenges. *Journal of Architectural Engineering*, 23(1), 2-8.
15. Patrick Meier, (2015). Digital Humanitarians: How Big Data Is Changing the Face of Humanitarian Response.
16. Safitri, D. A., & Mawarni, R. D. (2021). Penerapan Teknologi BIM dan Prefabrikasi pada Proyek Green School di Nusa Penida. *Jurnal Lingkungan Binaan*, 8(2), 78-88.
17. Santoso, R. S., & Hermawan, A. (2019). Penerapan Prefabrikasi pada Proyek Rekonstruksi Jembatan di Banten: Studi Kasus Banjir Bandang. *Jurnal Infrastruktur Teknik Sipil*, 5(1), 50-61.
18. Simon K. Haslett dan David J. Ingle Smith (2014) Information and Communication Technologies in Disaster Risk Reduction and Management.
19. United Nations Development Programme (UNDP). (2018). Building Back Better: The Role of Post-Disaster Reconstruction in Achieving Sustainable Development Goals.
20. Wang, S., Geng, J., & Zhang, Y. (2017). Evaluation of sustainable development of post-disaster reconstruction with recycled concrete based on the entropy method. *Sustainability*, 9(10), 1854.
21. Wilkinson, S., & Peters, R. (2010). Post-Disaster Reconstruction as a Catalyst for Change: A Case Study of Aceh, Indonesia. *World Development*, 38(12), 1712-1716.
22. Zhang, H., Wang, X., & Hong, J. (2019). A BIM-based integrated framework for emergency management in post-disaster reconstruction. *Natural Hazards*, 99(1), 113-137.