



Strategi *Humanitarian Logistics* untuk Penanganan Bangunan Rusak *Post-Disaster Recovery*: Sebuah Sintesis Konsep dan Rekomendasi untuk Indonesia

Aulia Hanan Aidha¹, Alvin Jihan Kartika², Aghnyny Byhalalikha Riyadi³

¹Manajemen Logistik Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ¹ 182220065@std.ulbi.ac.id ; ² 182220029@std.ulbi.ac.id ; ³ 182220008@std.ulbi.ac.id

Abstract. Indonesia, strategically located on the Pacific Ring of Fire and at the confluence of tectonic plates, is one of the world's most disaster-prone countries, frequently experiencing earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions, and floods. The frequency and intensity of these disasters highlight the urgent need for effective and efficient post-disaster recovery strategies. However, the implementation of post-disaster recovery in Indonesia still faces significant challenges, including complex inter-agency coordination, limited resources, and a lack of a holistic approach that integrates various aspects of recovery. Problems are also often related to inefficient humanitarian logistics management, exacerbated by damaged infrastructure, inaccurate or delayed data, and a lack of integrated and real-time information systems. To address this crucial need, this study examines humanitarian logistics as a transformative approach to post-disaster recovery. Using qualitative literature, the study analyzes post-disaster recovery strategies from various countries and compares them with practices and challenges in Indonesia, including technological innovations in damage monitoring and building extraction. The study's findings suggest that adopting comprehensive humanitarian logistics principles, supported by the integration of modern technology and adaptive governance, could significantly enhance Indonesia's capacity to achieve faster, more equitable, and more resilient post-disaster recovery. Specifically, there are opportunities for Indonesia to improve the efficiency and accuracy of post-disaster damage assessments through the adoption of more sophisticated algorithmic innovations and deep learning techniques, such as domain adaptation-based multi-scale feature alignment, which has the potential to equip disaster response capacity with more detailed and objective assessments through high levels of automation.

Keywords: Post-Disaster, Recovery, Humanitarian Logistics, Post-Disaster, Natural Disaster

Abstrak. Indonesia, yang terletak strategis di Cincin Api Pasifik dan pertemuan lempeng tektonik, merupakan salah satu negara paling rawan bencana alam di dunia, sering menghadapi gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, dan banjir. Frekuensi dan intensitas bencana ini menyoroti urgensi kebutuhan akan strategi penanganan pemulihan pasca-bencana (*post-disaster recovery*) yang efektif dan efisien. Namun, implementasi pemulihan pasca-bencana di Indonesia masih menghadapi tantangan signifikan, termasuk koordinasi yang kompleks antarlembaga, keterbatasan sumber daya, dan kurangnya pendekatan holistik yang mengintegrasikan berbagai aspek pemulihan. Permasalahan juga kerap terkait dengan manajemen logistik kemanusiaan yang belum efisien, diperparah oleh infrastruktur yang rusak, data yang tidak akurat atau terlambat, serta kurangnya sistem informasi yang terintegrasi dan real-time. Untuk menjawab kebutuhan krusial ini, penelitian ini mengkaji *humanitarian logistics* sebagai pendekatan transformatif dalam *postdisaster recovery*. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif studi literatur, menganalisis strategi pemulihan pasca-bencana dari berbagai negara dan membandingkannya dengan praktik serta tantangan di Indonesia, termasuk inovasi teknologi dalam pemantauan kerusakan dan ekstraksi bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengadopsian prinsip-prinsip *humanitarian logistics* yang komprehensif, didukung oleh integrasi teknologi modern dan tata kelola yang adaptif, dapat secara signifikan meningkatkan kapasitas Indonesia dalam mencapai pemulihan pasca-bencana yang lebih cepat, adil, dan berketahanan. Secara khusus, terdapat peluang bagi Indonesia untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi penilaian kerusakan pasca-bencana melalui adopsi inovasi algoritma dan teknik *deep learning* yang lebih canggih, seperti penyesuaian fitur multi-skala berbasis adaptasi domain, yang berpotensi melengkapi kapasitas respons bencana dengan penilaian yang lebih terperinci dan objektif melalui otomatisasi tingkat tinggi.

Kata kunci: Post-Disaster, Recovery, Humanitarian Logistics, Pasca-Bencana, Bencana Alam.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang terletak di zona rawan bencana, secara inheren dihadapkan pada ancaman berbagai jenis bencana alam, mulai dari gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, hingga banjir bandang dan tanah longsor. Posisi geografisnya di Cincin Api Pasifik serta pertemuan tiga lempeng tektonik utama menjadikannya laboratorium alami bagi aktivitas seismik dan vulkanik yang intens. Setiap tahun, peristiwa-peristiwa ini tidak hanya menyebabkan kerusakan infrastruktur yang masif dan kerugian ekonomi yang tak terhitung, tetapi juga dampak sosial yang mendalam, termasuk hilangnya nyawa, pengungsian jutaan jiwa, dan trauma psikologis berkepanjangan bagi penyintas. Data menunjukkan bahwa ribuan kejadian bencana telah melanda Indonesia dalam dekade terakhir, menegaskan urgensi untuk terus mengevaluasi dan memperkuat strategi penanganan pasca-bencana demi memitigasi dampak, mempercepat pemulihan, dan membangun kembali komunitas yang lebih tangguh dan berketahanan di masa depan.

Meskipun Indonesia telah memiliki kerangka kebijakan dan kelembagaan untuk penanggulangan bencana, implementasi strategi *post-disaster recovery* di lapangan masih menghadapi berbagai masalah kompleks. Salah satu tantangan utama adalah koordinasi antar lembaga yang belum optimal, baik antara pemerintah pusat dan daerah, maupun dengan organisasi nonpemerintah (NGO) serta komunitas lokal. Hal ini sering mengakibatkan duplikasi upaya, tumpang tindih kewenangan, dan distribusi bantuan yang tidak merata atau terlambat, seperti yang disoroti dalam penyediaan hunian sementara (*huntara*) pasca-bencana Palu. Selain itu, keterbatasan sumber daya yang mencakup anggaran, personel terlatih, logistik, dan peralatan juga menjadi hambatan signifikan, terutama di daerah terpencil atau yang terdampak parah. Aspek partisipasi masyarakat yang seringkali kurang dilibatkan dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pemulihan juga menjadi masalah, menyebabkan program yang tidak sesuai dengan kebutuhan riil penyintas dan kurangnya rasa kepemilikan. Lebih lanjut, fokus yang terlalu dominan pada pemulihan fisik seringkali mengabaikan aspek-aspek krusial lain seperti pemulihan ekonomi, kesehatan mental, dan keberlanjutan lingkungan, yang esensial untuk pemulihan holistik dan pembangunan kembali yang lebih baik.

Di sisi lain, masalah dalam penanganan *post-disaster recovery* di Indonesia juga kerap terkait dengan manajemen logistik kemanusiaan yang belum efisien. Infrastruktur yang rusak pasca-bencana seringkali menghambat aksesibilitas ke area terdampak, mempersulit pengiriman bantuan dan bahan bangunan. Data yang tidak akurat atau terlambat mengenai jumlah korban, kebutuhan spesifik, dan kondisi infrastruktur juga memperburuk situasi, menyebabkan perencanaan logistik yang tidak efektif dan distribusi bantuan yang tidak tepat sasaran. Kurangnya sistem informasi yang terintegrasi dan *real-time* untuk memantau kerusakan dan kemajuan pemulihan juga menjadi kendala, seperti yang ditunjukkan oleh kebutuhan akan inovasi teknologi dalam ekstraksi bangunan dan pemantauan dari citra satelit. Tantangan ini diperparah oleh perbedaan domain antara data pra-bencana dan pasca-bencana, yang menyulitkan analisis cepat dan akurat. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang tidak hanya fokus pada pembangunan kembali fisik, tetapi juga pada optimalisasi seluruh rantai pasok kemanusiaan, mulai dari pengadaan hingga distribusi, serta didukung oleh teknologi canggih untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (*literature review*) yang komprehensif. Metode ini dipilih karena memungkinkan analisis mendalam terhadap berbagai hasil penelitian, teori, dan konsep yang relevan dengan strategi penanganan *post-disaster recovery* dan *humanitarian logistics* dari berbagai sumber terpercaya. Objek penelitian utama dalam studi ini adalah strategi penanganan *post-disaster recovery* yang telah diterapkan atau diusulkan dalam konteks bencana di berbagai negara, serta implementasinya di Indonesia. Secara spesifik, penelitian akan merujuk pada jenis bencana yang serupa dengan yang dibahas dalam lima jurnal utama yang telah dianalisis sebelumnya, yaitu gempa bumi, topan/badai, dan bencana yang memerlukan pemantauan kerusakan berbasis teknologi. Periode penelitian ini dilakukan pada Juli 2025, mencakup pengumpulan, analisis, dan sintesis data dari literatur yang relevan. Pendekatan studi literatur sistematis ini memastikan cakupan yang luas dan mendalam terhadap perkembangan terkini dalam bidang manajemen bencana, logistik kemanusiaan, serta aplikasi teknologi dalam pemulihan pasca-bencana, sehingga mampu menghasilkan sintesis konsep dan rekomendasi yang kuat untuk konteks Indonesia.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup serangkaian langkah sistematis untuk memastikan kelengkapan dan validitas data, antara lain:

- a. Perumusan pertanyaan penelitian yang jelas dan tujuan studi untuk memandu proses pengumpulan literatur.
- b. Identifikasi dan pengumpulan literatur relevan melalui basis data ilmiah terkemuka (seperti Taylor and Francis, Scopus, Google Scholar) menggunakan kombinasi kata kunci spesifik yang terkait dengan *post-disaster recovery*, *humanitarian logistics*, bencana di Indonesia, dan strategi pemulihan global. Jurnal-jurnal yang telah dianalisis sebelumnya (terkait Jiuzhaigou, Topan Yolanda, serta metode ekstraksi bangunan dan pemantauan berbasis *digital twin* dan *deep learning*) menjadi fondasi awal literatur utama.
- c. Penyeleksian dan evaluasi kritis literatur dilakukan untuk memastikan relevansi dan kualitas sumber.
- d. Mengumpulkan informasi kunci dari setiap artikel, kemudian dianalisis, dan dibandingkan untuk mengidentifikasi tema-tema umum, perbedaan, serta inovasi dalam strategi penanganan bencana.
- e. Melakukan analisis komparatif antara strategi global dan implementasi di Indonesia, dilanjutkan dengan analisis SWOT untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dalam penerapan strategi yang paling sesuai untuk Indonesia, serta perumusan rekomendasi berbasis temuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Humanitarian Logistics*

Logistik kemanusiaan (*humanitarian logistics*) didefinisikan sebagai suatu disiplin ilmu dan praktik krusial yang memastikan aliran barang, informasi, dan sumber daya yang efisien serta efektif dari titik asal hingga ke titik tujuan, dengan tujuan utama untuk meringankan penderitaan korban bencana atau krisis kemanusiaan.

Menurut Kovács dan Spens (2007), yang sering menjadi rujukan dalam bidang ini, logistik kemanusiaan mencakup proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian aliran serta penyimpanan barang dan material, termasuk informasi terkait, dari titik asal hingga ke titik konsumsi. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi penderitaan masyarakat yang rentan. Berbeda dengan logistik komersial yang berorientasi pada keuntungan, logistik kemanusiaan lebih menekankan pada kecepatan, fleksibilitas, dan adaptasi terhadap ketidakpastian tinggi yang melekat pada situasi darurat, dengan prioritas utama pada penyelamatan jiwa dan penyediaan bantuan vital seperti makanan, air, tempat tinggal, dan pasokan medis. Ini melibatkan koordinasi yang kompleks antara berbagai pemangku kepentingan termasuk pemerintah, lembaga swadaya masyarakat (LSM), militer, dan sektor swasta, di mana kolaborasi yang solid menjadi kunci keberhasilan. Lebih lanjut, *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* (2015) mengemukakan bahwa logistik kemanusiaan terdiri dari proses dan sistem yang melibatkan mobilisasi orang, sumber daya, dan pengetahuan untuk membantu komunitas yang rentan terdampak bencana alam atau keadaan darurat kompleks, menegaskan bahwa efektivitasnya sangat tergantung pada perencanaan yang matang, pelatihan yang memadai, dan penguatan rantai pasok.

B. *Post-Disaster Recovery*

Penanganan *Post-Disaster Recovery* (pemulihan pascabencana) merujuk pada serangkaian upaya komprehensif yang dilakukan setelah fase respons darurat untuk mengembalikan kondisi kehidupan masyarakat dan lingkungan yang terdampak bencana ke keadaan normal, atau bahkan lebih baik. Menurut *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNDRR), pemulihan didefinisikan sebagai “pemulihan atau peningkatan mata pencaharian dan kesehatan, serta aset, sistem, dan aktivitas ekonomi, fisik, sosial, budaya, dan lingkungan dari komunitas atau masyarakat yang terdampak bencana, selaras dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dan ‘*build back better*’ (membangun kembali dengan lebih baik), untuk menghindari atau mengurangi risiko bencana di masa depan” (UNDRR, *Definition: Recovery*). Konsep ini melampaui sekadar rekonstruksi fisik; ia mencakup dimensi fungsional, sosial, dan ekonomi untuk membangun ketahanan komunitas secara menyeluruh. Pemulihan memerlukan partisipasi komunitas lokal, modal sosial komunitas, pemerintahan lokal yang kuat, dan kerangka pemulihan yang jelas, menegaskan bahwa proses ini bisa menjadi peluang pembangunan jika direncanakan dan dilaksanakan dengan baik. Pemulihan melibatkan upaya jangka pendek (seperti pembersihan puing dan pemulihan layanan utilitas dasar) yang dimulai segera setelah dampak awal, hingga upaya jangka panjang yang dapat berlangsung bertahun-tahun, termasuk perbaikan fisik, rekonstruksi, serta pembangunan kembali atau peningkatan level dan keragaman modal ekonomi, manusia, dan sosial.

C. Penerapan Strategi Ekstraksi Bangunan Rusak PascaBencana

Artikel yang didapat melalui kata kunci di kolom pencarian pada tiap *website* setelah dilakukan filterisasi dari 738 artikel ilmiah, didapatkan sebanyak 5 artikel yang dapat digunakan sebagai data dan penelitian ini. Data tersebut disajikan dalam Tabel 1.

TABEL I

HASIL PENCARIAN ARTIKEL ILMIAH YANG DAPAT DIGUNAKAN

Nomor	Kata Kunci	Website Pencarian	Hasil
1	Humanitarian logistics post disaster recovery strategy	a. https://www.tandfonline.com/	1
		b. https://www.researchgate.net/	1
		c. https://scholar.google.no/schhp?hl=th	1
2	Restoration planning	a. https://www.researchgate.net/	1
3	Disaster reconstruction	a. https://scholar.google.no/schhp?hl=th	1
Total			5

BERDASARKAN FILTERISASI

Sejumlah 5 artikel ilmiah yang digunakan sebagai data dalam penelitian ini berasal dari jurnal internasional terakreditasi. Artikel ilmiah yang digunakan sebagai data terkait dengan penanganan *post-disaster recovery* dengan merekomendasikan strategi-strategi penanganan yang layak berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap bencana yang terjadi di negara tersebut.

Dalam konteks penilaian kerusakan pasca-bencana, kebutuhan akan metode ekstraksi bangunan yang efisien dan akurat menjadi sangat krusial. Perbandingan antara upaya Indonesia dalam mengidentifikasi bangunan yang belum runtuh setelah bencana, sebagaimana tercermin dalam respons terhadap gempa Lombok, Palu-Donggala, Cianjur, dan gempa lainnya dengan strategi inovatif yang diusulkan dalam jurnal "*An improved method for rapid un-collapsed building extraction from post-disaster high-resolution remote sensing imagery based on multi-scale feature alignment*" mengungkapkan baik keselarasan tujuan maupun perbedaan dalam pendekatan metodologis teknis yang digunakan. Adapun strategi yang diusulkan dalam jurnal ini adalah sebagai berikut:

- Menerapkan ekstraktor fitur multi-skala
- Menggunakan modul penyesuaian fitur multi-skala (*Multi-Scale Feature Alignment Modul*)
- Melakukan penyesuaian fitur spasial dan global
- Meningkatkan informasi detail

Dalam konteks penilaian kerusakan pasca-bencana, kebutuhan akan ekstraksi bangunan yang efisien dan akurat, khususnya yang belum runtuh, menjadi sangat krusial untuk respons darurat dan perencanaan rekonstruksi. Indonesia, melalui pengalaman dalam menghadapi bencana besar seperti Gempa Lombok dan Gempa-Tsunami Palu-Donggala pada tahun 2018, telah menunjukkan upaya nyata dalam memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Badan Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dalam kolaborasi dengan berbagai lembaga nasional dan internasional, secara aktif menggunakan citra satelit resolusi tinggi dari berbagai sumber untuk mendapatkan

gambaran kerusakan secara cepat. Metode yang diterapkan umumnya melibatkan analisis citra satelit pra- dan pasca-bencana, sering kali melalui interpretasi visual oleh tim ahli atau analisis perbandingan dasar untuk mengidentifikasi area dan tingkat kerusakan bangunan secara umum. Meskipun pendekatan ini telah terbukti efektif dalam menyediakan data awal untuk keputusan strategis, laporan berita cenderung menyoroti aspek aplikasi dan hasil umum tanpa merinci kedalaman metodologi komputasi yang digunakan.

Di sisi lain, jurnal “*An improved method for rapid uncollapsed building extraction from post-disaster highresolution remote sensing imagery based on multi-scale feature alignment*” mengusulkan sebuah strategi teknis yang lebih canggih dan spesifik untuk mengatasi tantangan inti dalam ekstraksi bangunan pasca-bencana. Inti dari strategi ini adalah penggunaan penyelarasan fitur multi-skala (*multi-scale feature alignment*) yang berbasis adaptasi domain (*domain adaptation*). Metode ini dirancang untuk mengatasi perbedaan domain yang signifikan antara citra pra-bencana (sebagai sumber data pelatihan yang stabil) dan citra pasca-bencana (target yang telah mengalami perubahan visual drastis akibat kerusakan dan puing). Melalui penerapan *adversarial learning*, metode ini secara efektif menyelaraskan distribusi fitur gambar pada berbagai skala, memungkinkan model untuk mengenali dan mengekstraksi bangunan yang belum runtuh secara akurat meskipun tampilannya telah berubah. Pendekatan ini secara spesifik mengatasi kebutuhan akan data berlabel pasca-bencana yang ekstensif, yang sering kali sulit didapatkan.

Membandingkan kedua pendekatan ini, terdapat kesamaan dalam tujuan inti yaitu penilaian kerusakan bangunan pascabencana secara cepat dan akurat menggunakan penginderaan jauh. Namun, perbedaannya terletak pada tingkat kedalaman metodologi dan otomatisasi. Upaya di Indonesia, seperti yang digambarkan oleh berita, lebih merupakan aplikasi praktis dari alat dan teknologi penginderaan jauh yang tersedia, dengan fokus pada pengumpulan data dan interpretasi awal untuk mendukung keputusan operasional. Sementara itu, jurnal menyajikan inovasi algoritma yang berupaya mengatasi tantangan teknis yang lebih kompleks, seperti *domain shift* dan variasi skala fitur, untuk mencapai ekstraksi bangunan yang belum runtuh yang sangat presisi dan otomatis. Strategi jurnal menawarkan solusi komputasi yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi secara signifikan, berpotensi melengkapi dan memperkuat kapasitas Indonesia dalam respons bencana dengan menyediakan penilaian kerusakan yang lebih terperinci dan objektif melalui otomatisasi tingkat tinggi.

Berdasarkan berita mengenai Gempa Lombok dan PaluDonggala 2018, Indonesia memang berhasil melakukan penilaian kerusakan bangunan secara cepat menggunakan citra satelit resolusi tinggi yang disediakan oleh LAPAN dan kolaborasi internasional. Ini menunjukkan keberhasilan dalam pengumpulan data dan estimasi awal kerusakan untuk mendukung respons. Namun, berita-berita tersebut tidak secara gamblang merinci apakah atau bagaimana strategi teknis spesifik dari jurnal tersebut — yaitu menerapkan ekstraktor fitur multi-skala, menggunakan modul penyelarasan fitur multi-skala (*Multi-Scale Feature Alignment Module*), melakukan penyelarasan fitur spasial dan global, serta meningkatkan informasi detail — telah diterapkan dalam praktik di lapangan.

Strategi yang diusulkan jurnal adalah metode komputasi tingkat lanjut yang melibatkan arsitektur jaringan neural dan teknik *deep learning* untuk mengatasi tantangan teknis seperti *domain shift* dan variasi skala fitur secara otomatis. Informasi semacam ini

jarang ditemukan dalam laporan berita umum yang lebih berorientasi pada kejadian dan dampaknya, bukan detail teknis implementasi algoritma. Oleh karena itu, sulit untuk secara definitif menilai keberhasilan atau kegagalan Indonesia dalam mengimplementasikan strategi *spesifik* ini berdasarkan data yang ada. Meskipun Indonesia telah berinvestasi dalam teknologi penginderaan jauh dan mungkin sedang menjajaki atau bahkan menggunakan teknik *deep learning* tertentu (seperti yang disinggung pada konteks Gempa Cianjur), tidak ada bukti eksplisit dalam laporan berita yang menunjukkan adopsi dan penerapan secara spesifik dari metodologi *multi-scale feature alignment* berbasis adaptasi domain yang diuraikan dalam jurnal tersebut. Kegagalan untuk mencantumkan detail ini dalam berita bukan berarti metode tersebut tidak digunakan, melainkan bahwa informasi tersebut tidak dipublikasikan secara luas di media umum.

Penelitian ini mengungkapkan bahwa meskipun Indonesia telah memiliki kerangka kebijakan dan kelembagaan untuk penanggulangan bencana, implementasi strategi pemulihan pasca-bencana masih menghadapi tantangan signifikan, terutama dalam koordinasi antar lembaga yang belum optimal, keterbatasan sumber daya, dan kurangnya pendekatan holistik yang mengintegrasikan berbagai aspek pemulihan. Secara khusus, masalah dalam penanganan pemulihan pasca-bencana di Indonesia juga kerap terkait dengan manajemen logistik kemanusiaan yang belum efisien, diperparah oleh infrastruktur yang rusak, data yang tidak akurat atau terlambat, serta kurangnya sistem informasi yang terintegrasi dan *real-time*. Kesenjangan ini menyoroti urgensi adopsi pendekatan *humanitarian logistics* yang komprehensif, didukung oleh integrasi teknologi modern dan tata kelola yang adaptif, sebagai kunci untuk mencapai pemulihan pasca-bencana yang lebih cepat, adil, dan berketahanan di Indonesia.

Lebih lanjut, perbandingan strategi ekstraksi bangunan pasca-bencana menunjukkan bahwa meskipun Indonesia telah berhasil melakukan penilaian kerusakan awal menggunakan citra satelit resolusi tinggi pasca-Gempa Lombok dan Palu/Donggala 2018, terdapat perbedaan mendasar dalam kedalaman metodologi teknis yang diterapkan dibandingkan dengan strategi inovatif yang diusulkan dalam literatur. Jurnal yang dianalisis mengusulkan metode komputasi tingkat lanjut, yaitu penggunaan penyelarasan fitur multi-skala (*multi-scale feature alignment*) berbasis adaptasi domain (*domain adaptation*), untuk mengatasi perbedaan domain signifikan antara citra pra-bencana dan pasca-bencana. Meskipun Indonesia berinvestasi dalam teknologi penginderaan jauh, tidak ada bukti eksplisit dalam laporan berita umum yang menunjukkan adopsi dan penerapan spesifik dari metodologi *multi-scale feature alignment* berbasis adaptasi domain ini. Temuan ini mengindikasikan peluang bagi Indonesia untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi penilaian kerusakan pascabencana melalui adopsi inovasi algoritma dan teknik *deep learning* yang lebih canggih, yang berpotensi melengkapi kapasitas respons bencana yang ada dengan penilaian yang lebih terperinci dan objektif melalui otomatisasi tingkat tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menggarisbawahi bahwa meskipun Indonesia memiliki kerangka kebijakan dan kelembagaan untuk penanggulangan bencana, implementasi strategi pemulihan pasca-bencana masih menghadapi tantangan signifikan. Isu utama meliputi

koordinasi antarlembaga yang belum optimal, keterbatasan sumber daya, dan kurangnya pendekatan holistik yang mengintegrasikan berbagai aspek pemulihan. Lebih jauh, manajemen logistik kemanusiaan di Indonesia dinilai belum efisien, diperparah oleh kerusakan infrastruktur, data yang tidak akurat atau terlambat, serta ketiadaan sistem informasi yang terintegrasi dan *real-time*. Oleh karena itu, adopsi pendekatan *humanitarian logistics* yang komprehensif, didukung oleh integrasi teknologi modern dan tata kelola yang adaptif, menjadi sangat krusial untuk mencapai pemulihan pasca-bencana yang lebih cepat, adil, dan berketahanan di Indonesia.

Selain itu, perbandingan strategi ekstraksi bangunan pascabencana mengungkapkan bahwa meskipun Indonesia berhasil melakukan penilaian kerusakan awal menggunakan citra satelit resolusi tinggi pasca-Gempa Lombok dan Palu-Donggala 2018, terdapat perbedaan mendasar dalam kedalaman metodologi teknis yang diterapkan dibandingkan dengan strategi inovatif yang diusulkan dalam literatur. Jurnal yang dianalisis mengusulkan metode komputasi tingkat lanjut, yaitu penggunaan penyelarasan fitur multi-skala (*multi-scale feature alignment*) berbasis adaptasi domain (*domain adaptation*), untuk mengatasi perbedaan domain signifikan antara citra prabencana dan pasca-bencana. Meskipun Indonesia berinvestasi dalam teknologi penginderaan jauh, belum ada bukti eksplisit dalam laporan berita umum yang menunjukkan adopsi spesifik dari metodologi ini. Temuan ini mengindikasikan peluang bagi Indonesia untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi penilaian kerusakan pasca-bencana melalui adopsi inovasi algoritma dan teknik *deep learning* yang lebih canggih, yang berpotensi melengkapi kapasitas respons bencana yang ada dengan penilaian yang lebih terperinci dan objektif melalui otomatisasi tingkat tinggi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Wang, Y., Hu, C., Jiang, W., & Zhang, Y. (2023). *An improved method for rapid un-collapsed building extraction from post-disaster high-resolution remote sensing imagery based on multi-scale feature alignment*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 124, 103554.
- [2] Yuan, S., & Li, M. (2023). *Research on optimization of post-earthquake restoration planning strategy of Jiuzhaigou world heritage site based on value correlation: from the perspective of system dynamics*. Natural Hazards, 116(3), 3697–3719.
- [3] Mercado, R. C. (2021). *Benevolent discipline: governing affect in post-Yolanda disaster reconstruction in the Philippines*. Third World Quarterly, 42(1), 112–128.
- [4] Ren, H., Zhang, B., Li, X., Shi, Z., & Chen, H. (2023). *Digital twin-enabled post-disaster damage and recovery monitoring with deep learning: leveraging transfer learning, attention mechanisms, and explainability*. Automation in Construction, 153, 104958.
- [5] Kovacs, G. and Spens, K.M. (2007) *Humanitarian Logistics in Disaster Relief Operations*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 37, 99-114.

- [6] ReliefWeb, *UNISDR terminology on disaster risk reduction: World*.
<https://reliefweb.int/report/world/2009-unisdrterminology-disaster-risk-reduction>.
Diakses pada: 1 Juli 2025.
- [7] United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (n.d.). *Definition: Recovery*. Retrieved from <https://www.undrr.org/terminology/recovery>. Diakses pada: 6 Juli 2025.
- [8] Kementerian PUPR. (n.d.). *Buku Satgas Penanganan Gempa Lombok*.
Retrieved from
<https://data.pu.go.id/sites/default/files/Buku%20Satgas%20Penanganan%20Gempa%20Lombok.pdf>. Diakses pada: 7 Juli 2025.
- [9] Kementerian PUPR. (n.d.). *Buku Palu*. Retrieved from
https://simantu.pu.go.id/personal/imgpost/197810272006041002/post/20210210082226_F_buku_palu.pdf. Diakses pada: 7 Juli 2025.
- [10] Kementerian PUPR. (n.d.). *Percepat Penanganan Pasca Gempa Cianjur, Kementerian PUPR Perbaiki 278 Bangunan Layanan Publik*. Retrieved from
<https://pu.go.id/berita/percepat-penanganan-pascagempacianjur-kementerian-pupr-perbaiki-278-bangunanlayanan-publik>. Diakses pada: 7 Juli 2025.