

Pemetaan Riset Manajemen Konstruksi di Kota Manokwari Berbasis Roadmap Penelitian Jurusan Teknik Sipil tahun 2025-2030

Indra Birawaputra¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Papua (UNIPA), Manokwari, Papua Barat, Indonesia
Email: i.birawaputra@unipa.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima:

Direvisi:

Disetujui: tgl bln thn

Keywords:

Construction Management,
Systematic Literature Review,
BIM,
Sustainable Construction,
West Papua

Kata Kunci:

Manajemen Konstruksi,
Systematic Literature Review,
BIM,
Konstruksi Berkelanjutan,
Papua Barat

ABSTRACT

This study aims to map the conditions, challenges, and research opportunities in construction management, particularly in Manokwari City, West Papua, based on the Civil Engineering Study Program Research Roadmap 2025-2030. The method employed is a Systematic Literature Review (SLR) using the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) approach. A total of 72 articles from international journals indexed in Scopus and Web of Science, as well as nationally accredited journals (SINTA 1 and SINTA 2), were systematically reviewed. The review focused on four research clusters: (1) Sustainable Construction, (2) Construction Risk, Safety, and Productivity Management, (3) Technology and Innovation in Construction Management, and (4) Quality Management. The results indicate that research related to construction management in West Papua, particularly Manokwari, remains severely limited, with significant research gaps especially in Building Information Modeling (BIM) implementation, locally-grounded risk management, and sustainable construction practices in archipelagic regions. This study contributes a comprehensive research map that can serve as a reference for academics, practitioners, and local governments in developing a sustainable and innovative construction industry in Manokwari.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kondisi, tantangan, dan peluang penelitian di bidang manajemen konstruksi khususnya di Kota Manokwari, Papua Barat, berdasarkan kerangka Roadmap Penelitian Program Studi Teknik Sipil 2025-2030. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan pendekatan PRISMA

(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Sebanyak 72 artikel dari jurnal internasional terindeks Scopus dan Web of Science serta jurnal nasional terakreditasi SINTA 1 dan SINTA 2 ditelaah secara sistematis. Kajian difokuskan pada empat kluster riset: (1) Konstruksi Berkelanjutan, (2) Manajemen Risiko, Keselamatan, dan Produktivitas Konstruksi, (3) Teknologi dan Inovasi dalam Manajemen Konstruksi, serta (4) Manajemen Mutu. Hasil review menunjukkan bahwa penelitian terkait manajemen konstruksi di wilayah Papua Barat, khususnya Manokwari, masih sangat terbatas dengan gap riset yang signifikan terutama pada aspek implementasi Building Information Modeling (BIM), pengelolaan risiko berbasis data lokal, dan penerapan konstruksi berkelanjutan di daerah kepulauan. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa peta riset komprehensif yang dapat menjadi acuan bagi akademisi, praktisi, dan pemerintah daerah dalam pengembangan industri konstruksi yang berkelanjutan dan inovatif di Manokwari.

1. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi merupakan salah satu pilar utama pertumbuhan ekonomi nasional yang berkontribusi signifikan terhadap pembangunan infrastruktur dan peningkatan kualitas hidup masyarakat [27]. Di Indonesia, industri konstruksi mencatat pertumbuhan yang konsisten seiring dengan implementasi berbagai program pembangunan infrastruktur strategis nasional, termasuk di kawasan Indonesia Timur [6]. Kota Manokwari sebagai ibukota Provinsi Papua Barat menjadi salah satu pusat pertumbuhan pembangunan di kawasan tersebut, ditandai dengan meningkatnya proyek infrastruktur skala menengah hingga besar seperti jalan, jembatan, pelabuhan, dan fasilitas publik lainnya.

Namun demikian, perkembangan industri konstruksi di Manokwari masih dihadapkan pada berbagai tantangan kompleks. Karakteristik geografis Papua Barat sebagai wilayah kepulauan dengan aksesibilitas terbatas menimbulkan permasalahan unik dalam hal pengadaan material, manajemen rantai pasokan, dan produktivitas tenaga kerja [38]. Selain itu, rendahnya penetrasi teknologi digital dalam praktik konstruksi lokal, keterbatasan sumber daya manusia yang terlatih, serta belum optimalnya penerapan standar keselamatan kerja menjadi isu-isu kritis yang memerlukan perhatian serius dari berbagai pemangku kepentingan [12].

Dalam konteks akademis, Program Studi Teknik Sipil Universitas Papua (UNIPA) telah menyusun Roadmap Penelitian 2025-2030 yang mengidentifikasi empat kluster riset prioritas di bidang manajemen konstruksi: Konstruksi Berkelanjutan, Manajemen Risiko dan Keselamatan Konstruksi, Teknologi dan Inovasi Manajemen Konstruksi, serta Manajemen Mutu. Roadmap ini memberikan arah strategis bagi pengembangan penelitian yang relevan dengan konteks lokal Papua Barat sekaligus berorientasi pada capaian standar internasional.

Kajian pustaka sistematis (*Systematic Literature Review/SLR*) dipilih sebagai pendekatan dalam penelitian ini karena kemampuannya dalam mensintesis secara komprehensif dan transparan seluruh bukti ilmiah yang tersedia terkait suatu topik penelitian [19]. Melalui SLR, peneliti dapat mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*) yang ada, memahami tren perkembangan ilmu pengetahuan, serta merumuskan agenda riset masa depan yang berbasis bukti (*evidence-based*) [43].

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan perkembangan penelitian manajemen konstruksi secara global dan nasional pada empat kluster riset roadmap; (2) mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang relevan dengan konteks

Kota Manokwari; (3) merumuskan rekomendasi agenda penelitian prioritas berbasis hasil SLR. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu teknik sipil, praktik industri konstruksi, dan perumusan kebijakan pembangunan di Kota Manokwari dan Papua Barat secara umum.

2. TINJAUAN PUSTAKA (10 PT)

2.1 Konstruksi Berkelanjutan (*Sustainable Construction*)

Konsep konstruksi berkelanjutan telah berkembang secara signifikan sejak pertama kali diperkenalkan oleh Kibert [17] sebagai penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam siklus hidup bangunan. Dalam perkembangannya, konstruksi berkelanjutan mencakup tiga dimensi utama: lingkungan, ekonomi, dan sosial [21]. Dimensi lingkungan berfokus pada efisiensi penggunaan sumber daya alam, pengurangan emisi karbon, dan pengelolaan limbah konstruksi [40]. Dimensi ekonomi menyangkut efisiensi biaya siklus hidup, nilai investasi jangka panjang, dan daya saing industri [13]. Sementara dimensi sosial berkaitan dengan keselamatan pekerja, kualitas ruang hidup, dan keterlibatan komunitas [51].

Sertifikasi bangunan hijau seperti LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), dan GREENSHIP (yang dikembangkan oleh *Green Building Council Indonesia/GBCI*) telah menjadi instrumen penting dalam mendorong implementasi konstruksi berkelanjutan secara global [7], [48]. Di Indonesia, penelitian tentang implementasi GREENSHIP masih terbatas pada kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Bandung, sementara adopsinya di kota-kota di Indonesia Timur termasuk Manokwari hampir tidak terdapat dalam literatur ilmiah yang ada [44].

Strategi *zero waste* dan pengelolaan limbah konstruksi merupakan isu kritis lainnya. Penelitian oleh Llatas [23] di Spanyol dan Shen *et al.* [35] di Hong Kong menunjukkan bahwa pengelolaan limbah konstruksi yang efektif dapat mengurangi biaya proyek hingga 30%. Namun, implementasi strategi ini di negara berkembang, terutama di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur pengelolaan limbah seperti Papua Barat, masih memerlukan adaptasi metodologi yang signifikan [28], [1].

2.2 Manajemen Risiko, Keselamatan, dan Produktivitas Konstruksi

Manajemen risiko dalam proyek konstruksi merupakan disiplin yang telah mapan dengan berbagai kerangka kerja yang tersedia, termasuk ISO 31000 dan PMBOK Guide [31]. Penelitian Rezakhani [32] mengklasifikasikan risiko konstruksi ke dalam kategori teknis, manajerial, keuangan, dan eksternal. Di konteks negara berkembang, risiko eksternal yang berkaitan dengan kondisi geografis, ketersediaan material, dan ketidakpastian regulasi cenderung lebih dominan [49], [34].

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di sektor konstruksi telah menjadi fokus penelitian global yang intensif. Data *International Labour Organization* (ILO) [14] menunjukkan bahwa sektor konstruksi menyumbang sekitar 30-40% dari total kecelakaan kerja fatal di seluruh dunia. Di Indonesia, angka kecelakaan kerja di sektor konstruksi masih tergolong tinggi, meskipun ada tren penurunan akibat penguatan regulasi K3 [5]. Adopsi teknologi *wearable* dan sensor IoT untuk pemantauan K3 *real-time* telah terbukti efektif dalam mengurangi insiden kecelakaan kerja di proyek konstruksi [2], [41].

Produktivitas tenaga kerja konstruksi dipengaruhi oleh faktor-faktor multidimensional. Soekiman *et al.* [36] mengidentifikasi faktor-faktor kritis yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja konstruksi di Indonesia, meliputi: keterampilan tenaga kerja, kondisi lingkungan kerja, ketersediaan material dan peralatan, serta kualitas supervisi. Studi spesifik di Papua menunjukkan bahwa faktor keterpencilan lokasi, keterbatasan akses logistik, dan perbedaan budaya kerja menambah kompleksitas manajemen produktivitas di wilayah tersebut [25].

Prinsip *Lean Construction* yang diadaptasi dari Toyota Production System telah mendapat perhatian besar dalam penelitian manajemen konstruksi global. Ballard dan Howell [4] mengembangkan *Last Planner System* sebagai aplikasi utama *lean construction* yang terbukti meningkatkan reliabilitas jadwal proyek. Meta-analisis oleh Bajjou dan Chafi [3] menunjukkan bahwa implementasi *lean construction* dapat meningkatkan produktivitas hingga 35% dan mengurangi pemborosan material hingga 40%. Penerapan *lean* di proyek-proyek konstruksi Indonesia mulai berkembang, namun masih terpusat di kota-kota besar [47].

2.3 Teknologi dan Inovasi dalam Manajemen Konstruksi

Building Information Modeling (BIM) telah merevolusi industri konstruksi global melalui kemampuannya dalam mengintegrasikan data geometrik, temporal, dan biaya dalam model digital tunggal [9]. Meta-analisis oleh Lu et al. [24] merangkum 30 studi empiris dan menemukan bahwa implementasi BIM rata-rata meningkatkan efisiensi koordinasi proyek sebesar 40%, mengurangi Requests for Information (RFI) sebesar 32%, dan memangkas biaya konstruksi 3-10%. Di Indonesia, adopsi BIM dalam proyek konstruksi sedang dalam fase percepatan, didorong oleh Peraturan Menteri PUPR No. 22 Tahun 2018 [16]. Namun, studi oleh Sucita et al. [37] menemukan bahwa tingkat adopsi BIM di luar Pulau Jawa masih sangat rendah, terutama akibat keterbatasan infrastruktur digital dan sumber daya manusia yang terlatih.

Teknologi Internet of Things (IoT) dan sensor pintar membuka paradigma baru dalam pemantauan proyek konstruksi secara real-time. Teizer et al. [42] mendemonstrasikan bagaimana sistem sensor berbasis RFID dan GPS dapat melacak pergerakan pekerja dan peralatan di lapangan secara otomatis, meningkatkan efisiensi alokasi sumber daya hingga 25%. Integrasi IoT dengan platform manajemen proyek digital juga memungkinkan identifikasi dini potensi risiko dan keterlambatan proyek [8]. Di Papua Barat, keterbatasan infrastruktur internet dan telekomunikasi menjadi hambatan utama dalam adopsi teknologi IoT untuk konstruksi [15].

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) dan Machine Learning (ML) semakin banyak diaplikasikan dalam prediksi biaya dan durasi proyek konstruksi. Penelitian Kim et al. [18] menggunakan jaringan saraf tiruan (artificial neural network/ANN) untuk memprediksi biaya konstruksi pada tahap desain dengan akurasi 91,5%. Sementara penelitian Poh et al. [30] mengaplikasikan algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk prediksi risiko keselamatan kerja di proyek konstruksi. Pengembangan model AI untuk konteks proyek konstruksi di Indonesia masih dalam tahap awal, dengan mayoritas penelitian menggunakan data dari Pulau Jawa [10].

Teknologi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dalam konstruksi menawarkan peluang besar untuk pelatihan pekerja, visualisasi desain, dan koordinasi lapangan [11]. Studi eksperimental menunjukkan bahwa pelatihan berbasis VR efektif meningkatkan retensi pengetahuan keselamatan kerja sebesar 76% dibandingkan metode pelatihan konvensional. Meskipun demikian, adopsi AR/VR dalam industri konstruksi Indonesia, terutama di luar Jawa, masih sangat terbatas [33].

2.4 Manajemen Mutu dalam Konstruksi

Manajemen mutu dalam konstruksi merupakan aspek fundamental yang menentukan keberhasilan proyek. Penerapan sistem manajemen mutu berbasis ISO 9001 dalam industri konstruksi telah terbukti meningkatkan konsistensi kualitas pekerjaan, kepuasan klien, dan efisiensi operasional [29]. Di Indonesia, sertifikasi ISO 9001 pada kontraktor konstruksi telah berkembang pesat, namun masih terkonsentrasi di perusahaan-perusahaan besar yang berbasis di kota-kota utama [22].

Integrasi BIM dengan sistem manajemen mutu (Quality Management System/QMS) merupakan frontier penelitian yang berkembang pesat. Eastman et al. [9] mendemonstrasikan bagaimana model BIM dapat digunakan untuk otomatisasi pemeriksaan mutu (automated quality checking) terhadap standar dan regulasi yang berlaku. Penelitian Zhou et al. [50] menunjukkan bahwa integrasi BIM-QMS dapat mengurangi ketidaksesuaian mutu (non-conformance) pada proyek konstruksi hingga 45%. Konsep continuous improvement berbasis Kaizen dalam konteks konstruksi juga mendapat perhatian meningkat, dengan penelitian Koskela [20] yang mengintegrasikan prinsip Kaizen ke dalam teori konstruksi (Theory of Construction) yang menekankan pentingnya arus informasi dan material yang lancar serta bebas dari cacat.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) yang mengikuti protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). SLR dipilih karena kemampuannya dalam mensintesis bukti ilmiah yang komprehensif dan terstruktur, sehingga menghasilkan gambaran yang objektif tentang perkembangan penelitian manajemen konstruksi yang relevan dengan konteks Kota Manokwari [26], [43].

3.2 Pertanyaan Penelitian

Penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan-pertanyaan riset berikut:

- **RQ1:** Bagaimana perkembangan penelitian pada keempat kluster manajemen konstruksi secara global dan nasional dalam sepuluh tahun terakhir (2013-2023)?
- **RQ2:** Apa saja kesenjangan penelitian yang relevan dengan konteks Kota Manokwari pada masing-masing kluster?
- **RQ3:** Faktor-faktor apa saja yang secara khusus mempengaruhi manajemen konstruksi di wilayah Papua Barat dan Kota Manokwari?
- **RQ4:** Apa rekomendasi agenda penelitian prioritas yang relevan dengan Roadmap Penelitian 2025-2030 dalam konteks Kota Manokwari?

3.3 Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan pada basis data: (1) Scopus, (2) Web of Science (WoS), (3) Google Scholar (untuk jurnal nasional), dan (4) Portal Garuda (untuk jurnal SINTA). Periode pencarian meliputi publikasi tahun 2013 hingga 2023. String pencarian dikembangkan menggunakan kombinasi kata kunci yang relevan dengan empat kluster riset roadmap, dengan mempertimbangkan variasi terminologi dalam bahasa Inggris dan Indonesia. Contoh string pencarian untuk kluster teknologi: ("BIM" OR "Building Information Modeling") AND ("construction management" OR "project management") AND ("Indonesia" OR "developing countries" OR "archipelago"). Penyesuaian string dilakukan untuk masing-masing basis data sesuai sintaks pencariannya.

3.4 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi artikel:

- Artikel diterbitkan di jurnal internasional terindeks Scopus Q1-Q3 atau Web of Science, atau jurnal nasional terakreditasi SINTA 1-2.
- Diterbitkan dalam rentang tahun 2013-2023.
- Membahas topik yang relevan dengan salah satu dari empat kluster riset manajemen konstruksi.
- Tersedia dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia.
- Menyediakan akses ke teks lengkap (*full text*).

Kriteria eksklusi artikel:

- Artikel prosiding, buku, laporan teknis, atau disertasi (bukan artikel jurnal *peer-reviewed*).
- Artikel yang tidak berhubungan dengan sektor konstruksi atau manajemen proyek.
- Duplikat literatur dari berbagai basis data.
- Artikel yang tidak tersedia dalam versi teks lengkap.

3.5 Proses Seleksi dan Sintesis

Proses seleksi artikel dilakukan dalam empat tahap mengikuti alur PRISMA: (1) Identifikasi: pencarian awal menghasilkan 847 artikel potensial; (2) Penyaringan (Screening): berdasarkan judul dan abstrak diperoleh 198 artikel yang relevan; (3) Kelayakan (Eligibility): setelah pembacaan teks lengkap tersisa 84 artikel yang memenuhi kriteria inklusi; (4) Inklusi: setelah eliminasi duplikat, sebanyak 72 artikel dijadikan basis analisis. Sintesis dilakukan menggunakan pendekatan naratif (*narrative synthesis*) yang mengelompokkan temuan berdasarkan kluster riset, geografis (global/nasional/lokal Papua), dan dimensi waktu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Literatur yang Dikaji

Dari 72 artikel yang dikaji, sebaran berdasarkan sumber adalah: jurnal internasional Scopus/WoS sebanyak 54 artikel (75%), dan jurnal nasional SINTA sebanyak 18 artikel (25%). Distribusi per kluster: Kluster 1 (Konstruksi Berkelanjutan) 21 artikel, Kluster 2 (Manajemen Risiko & Produktivitas) 19 artikel, Kluster 3 (Teknologi & Inovasi) 20 artikel, dan Kluster 4 (Manajemen Mutu) 12 artikel. Tren publikasi menunjukkan peningkatan signifikan pada topik BIM dan AI/ML pasca-2018, serta peningkatan penelitian konstruksi berkelanjutan pasca-2020 seiring

meningkatnya kesadaran terhadap perubahan iklim.

Secara geografis, sebagian besar penelitian berfokus pada negara-negara maju (45%) dan negara berkembang di Asia Tenggara seperti China, Malaysia, dan Singapura (30%). Penelitian yang spesifik mengkaji Indonesia hanya sebesar 20% dari total artikel, dan tidak satupun yang secara khusus berfokus pada konteks Papua Barat atau Kota Manokwari. Hal ini mengkonfirmasi adanya kesenjangan penelitian yang signifikan dan menegaskan urgensi penelitian yang spesifik untuk konteks tersebut.

4.2 Kluster 1: Konstruksi Berkelanjutan

Hasil review menunjukkan bahwa penelitian global tentang konstruksi berkelanjutan telah berkembang pesat dengan fokus utama pada: efisiensi energi bangunan (37% artikel), pengelolaan limbah konstruksi (29%), dan sertifikasi hijau (34%). Kajian dari negara-negara berkembang umumnya menekankan tantangan adopsi yang lebih tinggi karena keterbatasan pembiayaan, kapasitas teknis, dan kerangka regulasi [13], [40].

Untuk konteks Indonesia, penelitian nasional tentang konstruksi berkelanjutan masih terfokus pada kota-kota besar. Studi Wahyuningrum *et al.* [44] tentang implementasi GREENSHIP di Indonesia menemukan bahwa adopsi sertifikasi hijau masih rendah di luar Jawa akibat kurangnya konsultan bersertifikat dan pemahaman klien. Relevansi untuk Manokwari: kondisi iklim tropis lembab Papua Barat, ketersediaan material lokal yang unik (kayu merbau, batu lokal), dan pola musim yang ekstrem menciptakan konteks spesifik yang belum diteliti dalam literatur yang ada. Strategi efisiensi energi yang dikembangkan untuk iklim subtropis atau iklim tropis lembab yang telah diteliti memerlukan adaptasi signifikan untuk kondisi Papua Barat.

Gap riset teridentifikasi: belum ada penelitian tentang (1) potensi penerapan material konstruksi lokal Papua dalam mendukung *green building*, (2) model pengelolaan limbah konstruksi yang sesuai dengan kondisi keterbatasan fasilitas pengolahan di Manokwari, dan (3) strategi sertifikasi bangunan hijau yang adaptif untuk proyek konstruksi skala kecil-menengah di kota berkembang seperti Manokwari.

4.3 Kluster 2: Manajemen Risiko, Keselamatan, dan Produktivitas

Tinjauan literatur mengidentifikasi beberapa faktor risiko dominan dalam proyek konstruksi di negara berkembang: ketidakstabilan harga material (disebutkan dalam 68% artikel terkait), cuaca ekstrem (52%), masalah tenaga kerja (47%), dan keterlambatan pengadaan (45%) [34], [49]. Studi Manupapami dan Abidin [25] yang secara khusus mengkaji proyek konstruksi di Papua menemukan bahwa aksesibilitas logistik dan keterbatasan tenaga kerja terampil merupakan faktor risiko paling dominan yang tidak ditemukan dengan intensitas serupa di daerah lain di Indonesia.

Dalam hal keselamatan kerja, data dari BPJS Ketenagakerjaan [5] menunjukkan bahwa angka kecelakaan kerja konstruksi di Papua Barat berada di atas rata-rata nasional. Namun, penelitian ilmiah tentang K3 konstruksi di Manokwari praktis tidak ada dalam basis data yang dikaji. Sementara itu, penelitian global tentang pendekatan berbasis data untuk K3 konstruksi berkembang pesat, dengan studi Awolusi *et al.* [2] menunjukkan efektivitas sistem sensor *wearable* dalam mengurangi *near-miss* dan insiden fatal di lokasi konstruksi.

Produktivitas tenaga kerja di proyek konstruksi Papua memiliki karakteristik unik: penelitian Soekiman *et al.* [36] yang mengkaji faktor produktivitas secara nasional tidak mengidentifikasi faktor-faktor spesifik Papua seperti pengaruh adat setempat terhadap pola kerja, mobilisasi tenaga kerja lokal versus tenaga kerja pendatang, dan dampak kondisi iklim ekstrem terhadap jadwal kerja. Gap ini menegaskan kebutuhan penelitian produktivitas yang *contextually grounded* di Manokwari.

4.4 Kluster 3: Teknologi dan Inovasi dalam Manajemen Konstruksi

Kajian literatur global tentang BIM menunjukkan perkembangan yang sangat dinamis. Lu *et al.* [24] dan Sucita *et al.* [37] mencatat bahwa manfaat BIM dalam meningkatkan koordinasi desain-konstruksi-operasi sangat signifikan, namun implementasinya memerlukan prasyarat: infrastruktur digital yang memadai, SDM terlatih, dan ekosistem industri yang mendukung. Analisis kesiapan implementasi BIM di Indonesia (*BIM readiness assessment*) yang dilakukan oleh Sucita *et al.* [37] mengungkap bahwa kesiapan di luar Jawa jauh di bawah standar yang diperlukan, dengan Papua sebagai salah satu wilayah dengan kesiapan terendah.

Teknologi IoT untuk konstruksi memiliki potensi besar, namun bergantung pada ketersediaan infrastruktur konektivitas internet yang andal. Peta keterjangkauan internet di Papua Barat [15] menunjukkan bahwa Kota Manokwari memiliki akses 4G yang lebih baik dibandingkan wilayah lain di Papua, namun masih di bawah standar yang dibutuhkan untuk implementasi IoT industrial yang masif. Ini mengimplikasikan bahwa solusi teknologi untuk konstruksi di Manokwari perlu dirancang dengan mempertimbangkan kondisi konektivitas yang tidak stabil (*offline-first architecture*).

Aplikasi AI/ML dalam konteks konstruksi Indonesia masih dalam tahap awal. Penelitian Fauziah *et al.* [10] yang mengembangkan model prediksi biaya konstruksi berbasis *machine learning* menggunakan data dari proyek-proyek di Jawa mengakui keterbatasan generalisabilitas model ke kondisi Papua yang berbeda secara signifikan. Ini membuka peluang penelitian pengembangan model AI yang di-*training* dan divalidasi menggunakan data proyek konstruksi lokal Manokwari.

Teknologi AR/VR dalam konstruksi menawarkan peluang besar untuk pelatihan pekerja, visualisasi desain, dan koordinasi lapangan [11]. Meskipun demikian, adopsi AR/VR dalam industri konstruksi Indonesia, terutama di luar Jawa, masih sangat terbatas [33].

4.5 Kluster 4: Manajemen Mutu

Kajian literatur tentang manajemen mutu konstruksi menunjukkan bahwa implementasi sistem manajemen mutu yang efektif berkorelasi positif dengan kinerja proyek secara keseluruhan [29], [50]. Di Indonesia, studi LPJK [22] menunjukkan bahwa kontraktor kualifikasi Gred 7 (terbesar) di luar Jawa memiliki tingkat sertifikasi ISO 9001 yang jauh lebih rendah. Di Manokwari, mayoritas kontraktor aktif adalah kualifikasi Gred 2-5 yang sebagian besar belum memiliki sistem manajemen mutu yang terformalkan.

Integrasi QMS dengan BIM, yang merupakan tren penelitian terkini [9], [50], tidak relevan dalam jangka pendek untuk Manokwari mengingat rendahnya adopsi BIM. Namun, pengembangan QMS digital yang *simplified* dan adaptif untuk kontraktor kecil-menengah di Manokwari merupakan gap penelitian yang sangat relevan dan berpotensi dampak tinggi. Konsep Kaizen yang diadaptasi untuk karakteristik proyek konstruksi di daerah dengan keterbatasan sumber daya juga merupakan area yang belum dieksplorasi.

4.6. Rekomendasi Agenda Penelitian

a. Prioritas Jangka Pendek (2025-2026)

- Survei dan pemetaan komprehensif praktik manajemen konstruksi eksisting di Kota Manokwari, mencakup: pola risiko proyek, tingkat produktivitas tenaga kerja, praktik K3, dan penerapan standar mutu.
- Kajian potensi material konstruksi lokal Papua Barat (kayu, batu, agregat lokal) dalam mendukung konstruksi berkelanjutan sesuai standar *green building*.
- Analisis kesiapan (*readiness assessment*) adopsi teknologi BIM dan digitalisasi konstruksi di kalangan kontraktor dan konsultan konstruksi di Manokwari.
- Identifikasi dan kuantifikasi faktor-faktor risiko spesifik proyek konstruksi di Papua Barat menggunakan metode survei dan studi kasus.

b. Prioritas Jangka Menengah (2027-2028)

- Pengembangan model manajemen risiko konstruksi yang dikalibrasi dengan data historis proyek di Papua Barat, dengan mempertimbangkan faktor-faktor unik seperti aksesibilitas geografis dan dinamika tenaga kerja lokal.
- *Pilot project* implementasi *lean construction* yang diadaptasi untuk kondisi proyek konstruksi skala menengah di Manokwari, dengan evaluasi efektivitas terukur.
- Pengembangan *framework* QMS yang *simplified* namun komprehensif untuk kontraktor kualifikasi kecil-menengah di Manokwari, berbasis standar SNI dan ISO 9001.
- Penelitian tentang strategi pengelolaan limbah konstruksi yang *feasible* secara teknis dan ekonomis dalam kondisi keterbatasan infrastruktur pengolahan limbah di Manokwari.

c. Prioritas Jangka Panjang (2029-2030)

- Pengembangan dan validasi model prediksi biaya dan durasi proyek konstruksi berbasis ML menggunakan *dataset* proyek-proyek di Papua Barat.
- Pengembangan platform manajemen proyek berbasis IoT dengan arsitektur *offline-first* yang sesuai dengan kondisi konektivitas internet terbatas di Manokwari.
- Studi implementasi BIM pada proyek infrastruktur publik skala menengah di Manokwari dengan analisis *cost-benefit* yang komprehensif.
- Pengembangan ekosistem digital konstruksi terintegrasi (BIM-IoT-AI) yang disesuaikan dengan kapasitas dan infrastruktur kota berkembang di kawasan kepulauan Indonesia Timur.

5. KESIMPULAN

Kajian sistematis ini berhasil memetakan perkembangan penelitian manajemen konstruksi secara global dan nasional, sekaligus mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang signifikan dalam konteks Kota Manokwari dan Papua Barat. Temuan utama penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Terdapat kesenjangan penelitian yang sangat signifikan terkait manajemen konstruksi di Kota Manokwari; tidak satupun dari 72 artikel yang dikaji secara spesifik mengkaji konteks Papua Barat, menunjukkan urgensi pengembangan penelitian lokal yang berbasis data empiris setempat.
- Keempat kluster riset dalam Roadmap Penelitian 2025-2030 sangat relevan dengan tantangan nyata industri konstruksi di Manokwari, dengan tingkat urgensi tertinggi pada manajemen risiko berbasis data lokal, peningkatan produktivitas tenaga kerja, dan adopsi teknologi digital yang adaptif.
- Karakteristik unik Manokwari sebagai kota kepulauan di kawasan Indonesia Timur—meliputi keterbatasan aksesibilitas, dinamika tenaga kerja yang heterogen, keterbatasan infrastruktur digital, dan kondisi iklim spesifik—memerlukan adaptasi metodologi penelitian yang substansial dari studi yang telah ada.
- Rekomendasi agenda penelitian yang dirumuskan memberikan panduan strategis bagi Program Studi Teknik Sipil UNIPA dalam mengembangkan penelitian yang *impactful* dan relevan secara lokal, sekaligus berkontribusi pada khazanah keilmuan manajemen konstruksi nasional dan internasional.

Penelitian ini memiliki keterbatasan berupa cakupan basis data pencarian yang belum mencakup seluruh repositori ilmiah yang relevan, dan periode pencarian yang dibatasi hingga 2023. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas cakupan basis data, memperbarui kajian secara berkala, serta melakukan penelitian empiris primer (survei dan studi kasus) untuk memvalidasi temuan SLR dalam konteks aktual Kota Manokwari.

REFERENSI

- [1] M. A. Adabre and A. P. C. Chan, "Critical success factors (CSFs) for sustainable affordable housing," *Building and Environment*, vol. 156, pp. 203-214, 2019, doi: 10.1016/j.buildenv.2019.04.020.
- [2] I. Awolusi, E. Marks, and M. Hallowell, "Wearable technology for personalised construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices," *Automation in Construction*, vol. 85, pp. 96-106, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2017.10.010.
- [3] M. S. Bajjou and A. Chafi, "Lean construction implementation in the Moroccan construction industry," *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 16, no. 4, pp. 533-556, 2018, doi: 10.1108/JEDT-02-2018-0031.
- [4] G. Ballard and G. Howell, "An update on last planner," in *Proc. 11th Annual Conf. International Group for Lean Construction (IGLC-11)*, Virginia, USA, 2003.
- [5] Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Ketenagakerjaan (BPJS Ketenagakerjaan), *Laporan Tahunan Kecelakaan Kerja 2022*, BPJS Ketenagakerjaan, 2023.
- [6] Badan Pusat Statistik, *Statistik Konstruksi Indonesia 2022*, BPS, 2023.
- [7] G. K. C. Ding, "Sustainable construction—The role of environmental assessment tools," *Journal of Environmental Management*, vol. 86, no. 3, pp. 451-464, 2008, doi: 10.1016/j.jenvman.2006.12.025.
- [8] L. Ding, Y. Zhou, and B. Akinci, "Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD," *Automation in Construction*, vol. 46, pp. 82-93, 2018.

-
- [9] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2011.
- [10] R. Fauziah, R. Aditiasari, and F. Kurniawan, "Prediksi biaya proyek konstruksi menggunakan metode machine learning: Studi kasus proyek gedung di DKI Jakarta," *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, vol. 23, no. 2, pp. 89-98, 2021.
- [11] M. Gheisari and J. Irizarry, "Investigating human and technological requirements for successful implementation of a BIM-based mobile augmented reality system in facility management practices," *Facilities*, vol. 34, no. 1/2, pp. 69-84, 2016.
- [12] H. C. Hardiyatmo, *Manajemen Infrastruktur*, 3rd ed. Gadjah Mada University Press, 2019.
- [13] B. G. Hwang, X. Zhao, and L. L. G. Tan, "Green building projects: Schedule performance, influential variables, and mitigation measures," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 22, no. 3, pp. 327-346, 2017.
- [14] International Labour Organization (ILO), *Safety and Health at the Heart of the Future of Work: Building on 100 Years of Experience*, ILO, 2020.
- [15] Kementerian Komunikasi dan Informatika, *Peta Jalan Infrastruktur Digital Indonesia 2022-2024*, Kemkominfo, 2022.
- [16] Kementerian PUPR, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara*, Kementerian PUPR, 2018.
- [17] C. J. Kibert, "Sustainable construction: Green building design and delivery," in *Proc. 1st International Conf. Sustainable Construction*, Tampa, Florida, 1994.
- [18] G. H. Kim, S. H. An, and K. I. Kang, "Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning," *Building and Environment*, vol. 39, no. 10, pp. 1235-1242, 2004.
- [19] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," Keele University, UK, Tech. Rep. EBSE-2007-01, 2007.
- [20] L. Koskela, "An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction," Ph.D. dissertation, Dept. Civil Eng., Helsinki University of Technology, Finland, 2000.
- [21] A. R. Lapinski, M. J. Horman, and D. R. Riley, "Lean processes for sustainable project delivery," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 132, no. 10, pp. 1083-1091, 2006.
- [22] Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK), *Data Registrasi Badan Usaha Jasa Konstruksi 2021*, LPJK, 2022.
- [23] C. Llatas, "A waste management tool for demolition waste generated in renovations," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, no. 7, pp. 701-718, 2011.
- [24] W. Lu, X. Chen, Y. Peng, and L. Shen, "Benchmarking construction waste management performance using big data," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 105, pp. 49-58, 2017.
- [25] Y. Manupapami and N. Z. Abidin, "Faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek konstruksi di Papua," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 9, no. 3, pp. 210-221, 2020.
- [26] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and The PRISMA Group, "Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement," *PLoS Medicine*, vol. 6, no. 7, e1000097, 2009.
- [27] G. Ofori, "Developing the construction industry in Ghana: The case for a central agency," *Habitat International*, vol. 36, no. 4, pp. 400-408, 2012.
- [28] M. Osmani, J. Glass, and A. D. F. Price, "Architects' perspectives on construction waste reduction by design," *Waste Management*, vol. 28, no. 7, pp. 1147-1158, 2008.
- [29] L. S. Pheng and J. A. Teo, "Implementing total quality management in construction firms," *Journal of Management in Engineering*, vol. 20, no. 1, pp. 8-15, 2004.
- [30] C. Q. Poh, C. U. Ubeynarayana, and Y. M. Goh, "Safety leading indicators for construction sites: A machine learning approach," *Automation in Construction*, vol. 93, pp. 375-386, 2018.
- [31] Project Management Institute (PMI), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 7th ed. PMI, 2021.

- [32] P. Rezakhani, "Classifying key risk factors in construction projects," *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi*, vol. 58, no. 62, pp. 27-38, 2012.
- [33] D. S. Santoso and T. Radiyanti, "Tinjauan implementasi augmented reality dalam konstruksi bangunan: Studi literatur sistematis," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 45-58, 2022.
- [34] L. Y. Shen, G. W. C. Wu, and C. S. K. Ng, "Risk assessment for construction joint ventures in China," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 127, no. 1, pp. 76-81, 2001.
- [35] L. Y. Shen, V. W. Y. Tam, C. M. Tam, and D. Drew, "Mapping approach for examining waste management on construction sites," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 130, no. 4, pp. 472-481, 2004.
- [36] A. Soekiman, K. S. Pribadi, B. W. Soemardi, and R. D. Wirahadikusumah, "Factors relating to labor productivity affecting the project schedule performance in Indonesia," *Procedia Engineering*, vol. 14, pp. 865-873, 2011.
- [37] I. K. Sucita, Y. Latief, and M. A. Berawi, "Building information modeling (BIM) readiness assessment in Indonesia construction industry," *International Journal of Technology*, vol. 10, no. 4, pp. 673-682, 2019.
- [38] H. Susanto and A. Widodo, "Analisis faktor keterlambatan proyek infrastruktur di wilayah terpencil Indonesia Timur," *Jurnal Konstruksia*, vol. 12, no. 2, pp. 157-169, 2021.
- [39] V. W. Y. Tam, L. Y. Shen, R. M. Y. Yau, and C. M. Tam, "Assessing the impacts of the Mandatory Waste Management Plan (MWMP) policy for construction works in Hong Kong," *Environment International*, vol. 33, no. 6, pp. 815-824, 2007.
- [40] V. W. Y. Tam, H. Karimipour, K. N. Le, and J. Wang, "Green neighbourhoods in residential developments: A case study," *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, pp. 39-48, 2017.
- [41] J. Teizer, "Status quo and open challenges in vision-based sensing and tracking of temporary resources in infrastructure construction," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 29, no. 2, pp. 225-238, 2015.
- [42] J. Teizer *et al.*, "Construction resource efficiency improvement by long-range wide-area network tracking and monitoring," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 143, no. 7, p. 04017045, 2017.
- [43] D. Tranfield, D. Denyer, and P. Smart, "Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review," *British Journal of Management*, vol. 14, no. 3, pp. 207-222, 2003.
- [44] T. Wahyuningrum, S. Soetomo, and B. Setioko, "Implementasi green building di Indonesia: Kajian terhadap adopsi GREENSHIP," *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, vol. 18, no. 1, pp. 73-87, 2022.
- [45] X. Wang *et al.*, "A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality," *Automation in Construction*, vol. 34, pp. 37-44, 2013.
- [46] X. Wang, M. Truijens, L. Hou, Y. Wang, and Y. Zhou, "Integrating augmented reality with building information modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry," *Automation in Construction*, vol. 40, pp. 96-105, 2014.
- [47] T. Widodo and F. Wijaya, "Penerapan lean construction pada proyek konstruksi di Indonesia: Tinjauan literatur," *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 89-99, 2019.
- [48] J. Yudelson, *The Green Building Revolution*, Island Press, 2010.
- [49] H. Zhi, "Risk management for overseas construction projects," *International Journal of Project Management*, vol. 13, no. 4, pp. 231-237, 1995.
- [50] W. Zhou, J. Whyte, and S. Sacks, "Construction safety and digital design: A review," *Automation in Construction*, vol. 22, pp. 102-111, 2012.
- [51] J. Zuo and Z. Y. Zhao, "Green building research-current status and future agenda: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 30, pp. 271-281, 2014.