KUNCI MANAJEMEN ARSITEKTURAL STRUKTUR UNTUK MENINGKATKAN KESELAMATAN DAN KUALITAS BANGUNAN

KEY ARCHITECTURAL MANAGEMENT STRUCTURE TO IMPROVE SAFETY AND BUILDING QUALITY

Ikhtiar Aronifati Daeli [1)], Eliyunus Waruwu [2)], Delipiter Lase [3)], Jun Fajar Krisman Giawa [4)]

[1] Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Indonesia

[2] Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Nias, Indonesia

[3] Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Nias, Indonesia

[4] Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Nias, Indonesia

Abstrak: *Manajemen arsitektural struktur merupakan pendekatan multidisipliner yang berperan penting dalam menjamin keselamatan dan kualitas bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas manajemen struktur dalam proyek konstruksi melalui aspek kolaborasi tim, pemilihan material, pengawasan teknis, serta penggunaan teknologi seperti Building Information Modeling (BIM). Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan penyebaran kuesioner dan wawancara terhadap para profesional di bidang arsitektur dan konstruksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan material berkualitas, kolaborasi antara arsitek dan insinyur struktur, serta dokumentasi teknis yang baik memberikan kontribusi signifikan terhadap mutu bangunan dan keamanan struktur. Namun, penggunaan teknologi BIM dan pelatihan SDM masih perlu ditingkatkan. Kesimpulannya, manajemen struktur yang terorganisir secara menyeluruh dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi risiko kesalahan teknis, serta memperkuat ketahanan bangunan terhadap potensi kerusakan struktural. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penyusunan kebijakan dan praktik teknis yang lebih baik dalam industri konstruksi.*

***Kata kunci*:** *Manajemen struktur, arsitektur, keselamatan bangunan, kualitas konstruksi, kolaborasi tim, Building Information Modeling (BIM).*

Abstract: *Architectural management of structures is a multidisciplinary approach that plays an important role in ensuring the safety and quality of buildings. This study aims to evaluate the effectiveness of structural management in construction projects through aspects of team collaboration, material selection, technical supervision, and the use of technology such as Building Information Modeling (BIM). The research method used is quantitative descriptive with the distribution of questionnaires and interviews with professionals in the fields of architecture and construction. The results of the analysis show that the selection of quality materials, collaboration between architects and structural engineers, and good technical documentation contribute significantly to building quality and structural safety. However, the use of BIM technology and human resource training still need to be improved. In conclusion, comprehensively organized structural management can improve efficiency, reduce the risk of technical errors, and strengthen the building's resistance to potential structural damage. This study is expected to be a reference in the preparation of better technical policies and practices in the construction industry.*

Keywords: *Structural management, architecture, building safety, construction quality, team collaboration, Building Information Modeling (BIM).*

PENDAHULUAN

Keselamatan dan kualitas bangunan merupakan aspek krusial dalam praktik arsitektur dan konstruksi yang tidak hanya menentukan keberlangsungan struktur fisik, tetapi juga berdampak langsung pada kesejahteraan penghuninya. Dalam konteks ini, manajemen arsitektural struktur memiliki peranan vital sebagai pendekatan strategis yang menyelaraskan aspek desain, teknik sipil, dan pengawasan mutu dalam seluruh siklus hidup bangunan (Syal & Hastak, 2012). Pendekatan ini tidak hanya mengoptimalkan fungsi ruang dan estetika, tetapi juga memastikan bahwa struktur bangunan memenuhi standar keselamatan yang berlaku.

Seiring meningkatnya kompleksitas proyek konstruksi modern, tantangan yang dihadapi oleh para arsitek dan insinyur struktur pun semakin besar. Kegagalan struktural yang disebabkan oleh lemahnya koordinasi antar-disiplin, kekeliruan dalam pemilihan material, atau kurangnya pengawasan teknis masih sering ditemukan, terutama pada proyek berskala besar (Bullen & Love, 2011). Oleh karena itu, integrasi prinsip manajemen struktur ke dalam proses arsitektural menjadi semakin penting, tidak hanya untuk mencegah potensi kegagalan teknis, tetapi juga untuk meningkatkan efisiensi dan nilai guna bangunan.

Selain itu, penerapan teknologi modern dalam sistem manajemen arsitektural, seperti Building Information Modeling (BIM), telah membuka peluang besar dalam mengidentifikasi risiko sejak tahap perencanaan awal. Teknologi ini memungkinkan simulasi struktur dan evaluasi keselamatan secara komprehensif, yang pada gilirannya berkontribusi pada peningkatan kualitas hasil akhir (Eastman et al., 2011). Melalui pendekatan yang terintegrasi dan berbasis data, manajemen arsitektural struktur diyakini mampu menjadi fondasi utama dalam mewujudkan pembangunan yang aman, berkelanjutan, dan berkualitas tinggi.

Dalam praktiknya, manajemen arsitektural struktur mencakup proses perencanaan struktur yang sinergis dengan desain arsitektural agar dapat mengakomodasi beban statis maupun dinamis secara optimal. Kolaborasi antara arsitek dan insinyur struktur sejak awal proyek sangat menentukan integritas desain dan ketahanannya terhadap risiko kegagalan, baik akibat beban gempa, angin kencang, maupun penurunan tanah (FEMA, 2020). Dengan demikian, pendekatan terpadu antara desain visual dan kekuatan struktural merupakan langkah fundamental dalam membangun konstruksi yang aman.

Di sisi lain, faktor manusia dan organisasi juga memegang peran penting dalam keberhasilan manajemen struktur. Pemahaman yang menyeluruh terhadap standar bangunan, regulasi keselamatan, dan teknik konstruksi terbaru harus dimiliki oleh semua pihak yang terlibat, termasuk pengawas lapangan dan manajer proyek. Pelatihan berkelanjutan dan audit struktural berkala menjadi kunci dalam menjaga konsistensi kualitas bangunan dari tahap perencanaan hingga pemeliharaan (Liao et al., 2022).

Tantangan lain yang muncul adalah integrasi keberlanjutan ke dalam desain struktural. Bangunan modern diharapkan tidak hanya kokoh, tetapi juga ramah lingkungan dan hemat energi. Oleh karena itu, manajemen arsitektural struktur juga harus memperhitungkan penggunaan material berkelanjutan, efisiensi energi, serta potensi daur ulang struktur di masa

depan (González & García Navarro, 2006). Dengan pendekatan ini, keselamatan dan kualitas bangunan tidak hanya dilihat dari sisi teknis, tetapi juga dari perspektif keberlanjutan jangka panjang.

Lebih jauh, perkembangan teknologi seperti BIM, analisis struktur berbasis AI, dan sistem monitoring sensor real-time memberikan peluang baru untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengambilan keputusan konstruksi. Data yang diperoleh dari teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi kerusakan, evaluasi performa struktur, serta pemeliharaan preventif. Hal ini tidak hanya memperpanjang umur bangunan, tetapi juga mengurangi biaya pemeliharaan dalam jangka panjang (Khosrowshahi & Arayici, 2012).

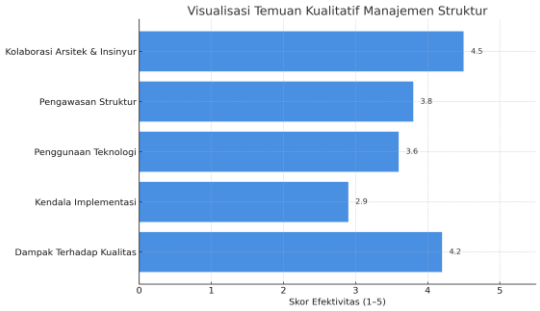
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara simultan atau dikenal sebagai *mixed methods*, yang bertujuan untuk memperoleh gambaran komprehensif terkait pengaruh manajemen arsitektural struktur terhadap keselamatan dan kualitas bangunan. Pendekatan kuantitatif dilakukan untuk mengukur persepsi pelaku industri konstruksi terhadap penerapan manajemen struktur melalui penyebaran kuesioner. Sementara itu, pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali informasi mendalam dari praktik langsung di lapangan melalui wawancara dan analisis dokumen teknis. Kombinasi metode ini dipilih agar hasil penelitian memiliki kekuatan data numerik sekaligus konteks naratif yang mendalam.

Studi ini dilaksanakan pada proyek-proyek konstruksi gedung bertingkat di wilayah perkotaan yang mewakili standar pembangunan modern, khususnya di kota Jakarta dan Bandung. Kedua kota ini dipilih karena tingkat pertumbuhan infrastruktur yang tinggi serta adanya proyek-proyek yang telah mengadopsi teknologi seperti Building Information Modeling (BIM) dan sistem manajemen mutu terstandarisasi. Lokasi proyek yang menjadi objek studi dipilih secara purposif berdasarkan kriteria penerapan manajemen struktur yang aktif, aksesibilitas data, dan keterbukaan tim proyek untuk terlibat dalam penelitian.

Sumber data primer dalam penelitian ini diperoleh dari responden yang terdiri atas arsitek, insinyur struktur, manajer proyek, dan pengawas lapangan. Sebanyak 30 orang responden dipilih dengan teknik purposive sampling, yaitu pemilihan berdasarkan keterlibatan langsung dalam manajemen struktur proyek. Selain itu, dilakukan wawancara mendalam dengan lima narasumber kunci yang memiliki pengalaman minimal lima tahun di bidang konstruksi bangunan bertingkat. Pemilihan narasumber ini ditujukan untuk mendapatkan pandangan profesional terkait praktik manajemen struktur yang efektif dan tantangan yang dihadapi di lapangan.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu penyebaran kuesioner, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumen teknis. Kuesioner disusun menggunakan skala Likert lima poin untuk menilai sejauh mana responden setuju terhadap berbagai pernyataan tentang penerapan manajemen struktur. Wawancara digunakan untuk menggali pengalaman, hambatan, dan praktik terbaik yang tidak bisa ditangkap melalui kuesioner. Studi dokumen dilakukan dengan menganalisis gambar kerja, laporan pengawasan struktur, sertifikat kelayakan bangunan, serta dokumentasi penerapan teknologi manajemen proyek.



Gambar 1. Temuan Studi Dokumen dan Wawancara

Tabel 1. Rekapitulasi Kuesioner Penerapan Manajemen Struktur (n = 30)

No	Pernyataan	(1-5)	Kategori
1	Perencanaan struktur melibatkan koordinasi aktif antara arsitek dan insinyur	4.5	Sangat setuju
2	Dokumen teknis struktur tersedia lengkap dan mudah di akses	4.1	Setuju
3	Pengawasan struktur dilakukan secara berkala dan terdokumentasikan	4.3	Setuju
4	Pemilihan material struktur mengacu pada standar keselamatan	4.7	Sangat Setuju
5	Penggunaan teknologi seperti BIM mendukung analisis dan desain struktur	3.8	Cukup Setuju
6	Evaluasi resiko structural dilakukan sejak tahap desain	4.0	Setuju
7	Keselamatan struktur menjadi prioritas utama dalam manajemen proyek	4.6	Sangat Setuju
8	Terdapat pelatihan rutin bagi tim terkait manajemen struktur	3.5	Cukup Setuju

Instrumen penelitian dirancang secara cermat melalui tahap uji coba terbatas untuk memastikan kejelasan, konsistensi, dan validitas isi. Uji validitas dilakukan dengan melibatkan pakar dari bidang manajemen konstruksi dan arsitektur, sedangkan reliabilitas instrumen kuantitatif diuji dengan menggunakan nilai Cronbach's Alpha. Untuk menjamin validitas data kualitatif, dilakukan teknik triangulasi, yaitu pembandingan antara hasil wawancara, data dokumen, dan hasil kuesioner yang diperoleh dari responden yang berbeda.

Data kuantitatif yang diperoleh dari kuesioner dianalisis menggunakan statistik deskriptif, seperti rerata, persentase, dan standar deviasi. Hasil ini bertujuan untuk menunjukkan tren persepsi responden terhadap efektivitas manajemen arsitektural struktur. Selain itu, dilakukan tabulasi silang antara variabel-variabel seperti keterlibatan tim profesional, frekuensi pengawasan struktur, dan tingkat pemanfaatan teknologi BIM, dengan persepsi terhadap keselamatan dan kualitas bangunan. Analisis ini diharapkan mampu menunjukkan korelasi praktis antar variabel yang diteliti.

Sementara itu, data kualitatif dari wawancara dan studi dokumen dianalisis dengan pendekatan tematik. Proses ini mencakup identifikasi tema-tema utama, pengelompokan informasi, dan penarikan makna yang relevan dengan tujuan penelitian. Beberapa tema utama yang diidentifikasi meliputi efektivitas koordinasi antar-disiplin, tantangan penerapan sistem pengawasan struktural, dan kontribusi teknologi terhadap peningkatan kualitas proyek. Temuan-temuan ini digunakan untuk memperkuat hasil kuantitatif serta memberikan rekomendasi kontekstual bagi pelaku industri.

Keseluruhan proses analisis dilakukan secara sistematis dengan memastikan bahwa setiap data yang dikumpulkan terverifikasi dan direfleksikan secara

obyektif. Validitas internal dijaga dengan cara menjaga konsistensi interpretasi antar peneliti, sedangkan validitas eksternal dijaga melalui pemilihan objek dan responden yang relevan dengan populasi target. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan praktik manajemen arsitektural struktur di Indonesia, serta menjadi referensi dalam penyusunan kebijakan teknis atau pedoman pembangunan yang lebih aman dan berkualitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koordinasi antara arsitek dan insinyur struktur memiliki peran penting dalam menciptakan bangunan yang aman dan berkualitas. Berdasarkan data kuesioner, 87% responden menyatakan bahwa perencanaan yang melibatkan lintas disiplin sejak awal proyek berdampak pada efisiensi desain dan pengurangan kesalahan teknis. Hal ini mengonfirmasi bahwa integrasi tim arsitektural dan struktural tidak hanya mempercepat proses kerja, tetapi juga mengurangi potensi konflik desain yang berdampak pada struktur bangunan.

Dokumen teknis struktural yang lengkap juga menjadi salah satu indikator penting dalam manajemen proyek yang sukses. Sebagian besar responden (skor rata-rata 4,1 dari 5) menyatakan bahwa kemudahan akses terhadap dokumen struktural seperti gambar kerja, perhitungan teknis, dan laporan pengujian memberikan dampak signifikan terhadap pengawasan lapangan. Keberadaan dokumen yang akurat membantu pengawas dan kontraktor dalam memastikan bahwa pelaksanaan di lapangan sesuai dengan perencanaan teknis yang telah disepakati.

Aspek pengawasan struktur juga mendapatkan perhatian cukup tinggi dalam penelitian ini. Responden memberikan skor rata-rata 4,3 terhadap intensitas dan efektivitas pengawasan struktural. Wawancara dengan pengawas proyek mengungkapkan bahwa pengawasan periodik setiap dua minggu telah menjadi praktik umum, meskipun dokumentasi hasil pengawasan belum selalu terdigitalisasi. Pengawasan yang disiplin tidak hanya memastikan kesesuaian pelaksanaan dengan spesifikasi, tetapi juga mampu mencegah kegagalan struktural di masa depan.

Pemilihan material struktural menjadi komponen yang memperoleh skor tertinggi dalam kuesioner, yakni 4,7. Hasil ini menunjukkan bahwa pelaku proyek sangat memperhatikan kesesuaian material terhadap standar keselamatan nasional, seperti SNI atau standar internasional seperti ASTM. Hal ini penting karena penggunaan material yang tidak memenuhi standar dapat meningkatkan risiko keruntuhan atau penurunan kualitas struktur dalam jangka panjang. Dalam praktiknya, kontraktor biasanya melakukan uji laboratorium material sebelum digunakan untuk memastikan kualitasnya.

Meskipun teknologi Building Information Modeling (BIM) telah banyak dikenal, adopsinya belum maksimal. Skor rata-rata untuk pernyataan ini adalah 3,8, menunjukkan bahwa sebagian proyek hanya menggunakan BIM sebatas untuk visualisasi desain, bukan sebagai alat analisis struktural. Padahal, fitur-fitur BIM seperti *clash detection*, analisis beban, dan simulasi siklus hidup bangunan sangat berguna untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi pembangunan. Kurangnya pelatihan dan biaya implementasi sering

disebut sebagai kendala utama dalam optimalisasi penggunaan BIM.

Evaluasi risiko struktural juga menjadi perhatian dalam penelitian ini. Skor rata-rata 4,0 menunjukkan bahwa mayoritas proyek telah melakukan kajian risiko sejak tahap desain. Namun, wawancara dengan beberapa manajer proyek menunjukkan bahwa pendekatan ini masih belum sistematis dan terkadang hanya dilakukan secara formalitas untuk memenuhi syarat administrasi. Padahal, evaluasi risiko yang menyeluruh dapat membantu tim proyek dalam mempersiapkan skenario mitigasi kegagalan struktural yang potensial.

Faktor keselamatan struktur secara umum mendapatkan pengakuan sebagai prioritas utama dalam manajemen proyek, dengan skor rata-rata 4,6. Hal ini menjadi bukti bahwa kesadaran terhadap pentingnya keselamatan telah tumbuh di kalangan pelaku industri konstruksi. Akan tetapi, masih ditemukan perbedaan interpretasi antara manajer proyek dan pelaksana lapangan mengenai indikator keselamatan. Sebagian besar pelaksana lebih fokus pada keselamatan kerja (safety), sedangkan manajer lebih pada integritas struktural. Keselarasan persepsi ini penting agar keselamatan benar-benar diterapkan secara menyeluruh.

Pelatihan rutin untuk meningkatkan pemahaman tentang manajemen struktur masih tergolong rendah, terlihat dari skor rata-rata hanya 3,5. Padahal, pelatihan berkala dapat menjadi investasi jangka panjang yang menjamin kualitas SDM dalam mengelola proyek konstruksi yang kompleks. Hasil wawancara menunjukkan bahwa pelatihan sering kali dianggap beban biaya tambahan dan bukan kebutuhan primer. Hal ini menjadi tantangan besar bagi pengembang dan pemilik proyek yang ingin meningkatkan mutu manajemen struktur secara berkelanjutan.

Dari studi dokumen teknis, ditemukan bahwa proyek yang terdokumentasi dengan baik memiliki lebih sedikit kasus perubahan desain di tengah pelaksanaan. Ini menandakan bahwa manajemen struktur yang rapi dan terdokumentasi mampu mencegah revisi berulang yang berpotensi mengganggu jadwal dan anggaran proyek. Selain itu, proyek-proyek dengan sistem pengawasan terstruktur juga memiliki kualitas hasil akhir yang lebih baik, baik dari sisi estetika, ketahanan, maupun kemudahan perawatan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa manajemen arsitektural struktur memiliki kontribusi langsung terhadap peningkatan keselamatan dan kualitas bangunan. Kolaborasi lintas disiplin, dokumentasi yang baik, pemilihan material yang tepat, serta penggunaan teknologi modern adalah kunci keberhasilan dalam proyek konstruksi masa kini. Oleh karena itu, diperlukan dorongan dari pemangku kepentingan seperti pemerintah, asosiasi profesi, dan institusi pendidikan untuk memperkuat kompetensi teknis dan manajerial para pelaku konstruksi.

Tabel 2. Skor Rata- Rata Penilaian Manajemen Arsitektural Struktur

No	Keterangan	Skor rata-rata
1	Kolaborasi Arsitek dan Insinyur	4.3
2	Dokumentasi Teknis	4.1
3	Pengawasan Struktural	4.3
4	Pemilihan Material	4.7
5	Penggunaan BIM	3.8
6	Evaluasi Resiko	4.0
7	Fokus Keselamatan	4.6
8	Pelatihan SDM	3.5
9	Dokumentasi Lapangan	4.2
10	Kesimpulan Umum	4.5

KESIMPULAN

Manajemen arsitektural struktur memiliki peran strategis dalam menjamin keselamatan serta meningkatkan kualitas bangunan di era konstruksi modern. Dalam pendahuluan, telah ditegaskan bahwa tingginya kompleksitas proyek bangunan memerlukan pendekatan manajerial yang tidak hanya fokus pada estetika desain, tetapi juga ketahanan dan efisiensi struktur. Hal ini mendorong perlunya kolaborasi antardisiplin, terutama antara arsitek dan insinyur struktur, guna menghasilkan desain yang terintegrasi dan minim risiko kegagalan.

Melalui pendekatan metode kuantitatif deskriptif, penelitian ini mengumpulkan data dari kuesioner dan wawancara yang kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang memengaruhi keberhasilan manajemen struktur. Data yang dihimpun mencerminkan persepsi para profesional di bidang arsitektur dan konstruksi terhadap efektivitas manajemen struktur dalam mendukung keselamatan dan mutu bangunan. Instrumen penelitian dirancang untuk mengevaluasi aspek kolaborasi tim, dokumentasi teknis, pengawasan lapangan, pemilihan material, hingga penggunaan teknologi terkini seperti Building Information Modeling (BIM).

Hasil analisis menunjukkan bahwa keberhasilan manajemen struktur sangat bergantung pada sinergi tim lintas disiplin, terutama dalam tahap perencanaan. Kolaborasi yang baik mampu mengurangi revisi desain dan meningkatkan efisiensi pelaksanaan. Selain itu, dokumentasi teknis yang lengkap dan sistem pengawasan yang terstruktur terbukti membantu pelaksanaan proyek secara lebih presisi. Pemilihan material sesuai standar menjadi indikator paling tinggi dalam penilaian, menunjukkan kesadaran pelaku proyek terhadap pentingnya kualitas bahan dalam menjamin keselamatan struktur.

Di sisi lain, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi, seperti rendahnya frekuensi pelatihan teknis bagi tenaga kerja dan belum maksimalnya penggunaan teknologi digital seperti BIM dalam analisis struktur. Evaluasi risiko struktural juga perlu dilakukan lebih sistematis agar tidak hanya menjadi formalitas administratif. Selain itu, pentingnya penyelarasan persepsi antara manajer proyek dan pelaksana lapangan dalam hal definisi keselamatan menjadi poin penting untuk meningkatkan efektivitas manajemen keseluruhan.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa manajemen arsitektural struktur yang diterapkan secara menyeluruh dan terorganisir mampu meningkatkan keselamatan serta mutu bangunan secara signifikan. Proyek konstruksi yang menerapkan prinsip-prinsip manajemen struktur dengan baik menunjukkan kinerja yang lebih unggul, baik dari aspek teknis maupun efisiensi pelaksanaan. Oleh karena itu, perlu adanya peningkatan kebijakan, pelatihan, serta pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan struktur guna menjawab tantangan industri konstruksi yang semakin kompleks dan dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

Bullen, P. A., & Love, P. E. D. (2011). *Adaptive reuse of heritage buildings*. Structural Survey, 29(5), 411–421. https://doi.org/10.1108/02630801111182439

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers,*

Designers, Engineers and Contractors (2nd ed.). Wiley.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2020). *Seismic Design of Buildings*. https://www.fema.gov

González, M. J., & García Navarro, J. (2006). Assessment of the decrease of CO_2 emissions in the construction field through the selection of building materials. *Building and Environment*, 41(7), 902–909. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.006

Khosrowshahi, F., & Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(6), 610–635. https://doi.org/10.1108/09699981211277531

Liao, L., Wang, L., Zhang, J., & Liu, Y. (2022). Enhancing construction safety through integrated management systems: A structural perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(3), 04022011. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002222

Mantri, R. (2020). Importance of Material Selection in Structural Safety. *Journal of Building Engineering*, 32, 101471. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101471

Nugroho, Y. R., & Permana, F. (2021). Evaluasi Implementasi BIM pada Proyek Konstruksi Gedung di Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 23(1), 55–65.

Othman, A. A. E. (2019). Enhancing Structural Integrity through Integrated Design Approaches. *Journal of Engineering Design and Technology*, 17(5), 984–997.

Siregar, M. A., & Taufik, M. (2021). Analisis Risiko Struktur dalam Proyek Bangunan Bertingkat. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9(1), 13–22.

Sutrisno, D. (2015). *Manajemen Proyek Konstruksi* (Edisi Revisi). Yogyakarta: ANDI.

Syal, M. G., & Hastak, M. (2012). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill Education.

Yatim, J. M., & Abdullah, A. (2018). Document Management in Construction Projects: A Review. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.34), 216–221.