



Analisis Perbandingan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Struktur Bangunan Bertingkat Metode Aluminium Formwork dengan Metode Konvensional

Aji Pramudiharto, Windu Partono, Sukamta

Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: ajipramudiharto102023@gmail.com

Abstrak

Diterima: 17/06/2025

Direvisi : 24/06/2025

Disetujui : 25/06/2025

Kata Kunci:

Perbandingan waktu, bekisting konvensional; aluminium formwork; efisiensi waktu; konstruksi gedung bertingkat.

Penelitian ini membahas perbandingan waktu pelaksanaan pekerjaan struktur bangunan bertingkat antara dua metode bekisting yang berbeda, yaitu metode aluminium formwork dan metode konvensional pada proyek konstruksi Tower Rusun ASN 2. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perbedaan durasi pelaksanaan antara kedua metode tersebut, serta menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi waktu dalam pembangunan gedung bertingkat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dengan pengumpulan data melalui observasi lapangan dan dokumentasi proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode konvensional memiliki durasi pekerjaan yang lebih singkat dibandingkan dengan metode aluminium formwork. Rata-rata durasi per lantai pada metode konvensional berkisar antara 9 hingga 13 hari, sedangkan pada metode aluminium formwork mencapai 14 hingga 21 hari per lantai. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun aluminium formwork lebih efisien dalam hal kualitas dan jangka panjang, metode konvensional lebih unggul dalam hal waktu pelaksanaan. Implikasi praktis dari hasil studi ini dapat digunakan oleh pelaku konstruksi untuk menentukan metode bekisting yang paling tepat berdasarkan target waktu pelaksanaan proyek.

Abstract

This study examines the comparison of construction time between two formwork methods, namely aluminum formwork and conventional formwork, used in the high-rise building project of Rusun ASN 2. The purpose of this research is to identify the differences in construction duration between these two methods and to analyze the factors influencing time efficiency in high-rise construction. The research method applied is a quantitative descriptive approach, with data collection through field observation and project documentation. The results indicate that the conventional method has a shorter construction time compared to the aluminum formwork method. The average duration per floor in the conventional method ranges from 9 to 13 days, while in the aluminum formwork method, it reaches 14 to 21 days per floor. These findings suggest that although aluminum formwork is more efficient in terms of quality and long-term benefits, the conventional method excels in construction time efficiency. The practical implication of this study is that construction practitioners can use these findings to select the most appropriate formwork method based on the project's time constraints.

Keywords:

Time comparison; conventional formwork; aluminium formwork; time efficiency; high-rise building construction.

PENDAHULUAN

Pembangunan gedung bertingkat telah menjadi solusi yang penting dalam menghadapi keterbatasan lahan di kawasan perkotaan Indonesia yang padat penduduk. Dalam konteks ini, konstruksi vertikal menawarkan cara yang efisien untuk memenuhi kebutuhan hunian dan perkantoran, mengingat semakin terbatasnya ruang yang tersedia (Taufik, 2022). Proyek-proyek pembangunan gedung bertingkat di Indonesia semakin berkembang, didorong oleh

pertumbuhan sektor infrastruktur dan properti, yang menjadikan efisiensi dan kualitas sebagai dua faktor yang sangat penting dalam perencanaannya (Yusuf & Rahman, 2021). Seiring dengan pesatnya urbanisasi, vertikalisasi menjadi pilihan utama untuk memenuhi kebutuhan ruang yang terus meningkat di kota-kota besar, termasuk dalam sektor perumahan dan perkantoran (Aldila & Prasetyo, 2020). Banyak proyek besar yang sedang berjalan di Indonesia, menunjukkan pentingnya pengelolaan konstruksi yang efektif dan berkelanjutan agar dapat mengoptimalkan penggunaan lahan (Sari & Wijaya, 2020). Dalam hal ini, teknologi dan pendekatan konstruksi ramah lingkungan semakin diterapkan untuk memastikan keberlanjutan pembangunan gedung bertingkat di masa depan (Kurniawan & Wibowo, 2021). Dengan demikian, vertikalisasi pembangunan gedung di Indonesia tidak hanya menawarkan solusi untuk keterbatasan ruang, tetapi juga berperan dalam mempercepat kemajuan sektor properti dan infrastruktur secara keseluruhan (Hidayat & Prasetya, 2021; Ismail & Hadi, 2020).

In the context of high-rise building construction in Indonesia, conventional methods often face significant challenges, such as time inefficiencies, high costs, and frequent technical errors. These traditional techniques generally rely on large amounts of labor and materials, making them vulnerable to delays and quality issues. The growing demand for more efficient, cost-effective, and high-quality construction solutions in Indonesia's urban development necessitates the adoption of modern construction methods (Haryanto & Prabowo, 2020). Specifically, large-scale projects in urban areas, such as those in Jakarta, require timely execution and effective budget management (Susanto & Budi, 2021). To address these demands, the construction industry in Indonesia is increasingly turning to innovative technologies and modern construction techniques (Setiawan & Lestari, 2021). These advancements aim to reduce reliance on traditional methods, improve efficiency, and minimize the potential for errors in complex projects (Kusnadi & Dharmawan, 2020). Additionally, the modernization of construction practices is crucial for ensuring that urban infrastructure development meets both current and future needs without compromising quality (Suharto & Wijaya, 2020). By implementing new technologies, construction projects can achieve better time and cost management, ultimately enhancing the overall success of vertical building developments in Indonesia (Prasetyo & Widodo, 2021).

Salah satu inovasi dalam dunia konstruksi yang mulai banyak digunakan adalah metode *aluminium formwork*. Metode ini menawarkan berbagai keuntungan dibandingkan dengan metode konvensional, seperti kecepatan pengerjaan, penggunaan material yang lebih sedikit, dan kualitas hasil yang lebih baik. Dengan metode *aluminium formwork*, proses pembangunan dapat lebih cepat karena penggunaan cetakan aluminium yang dapat digunakan berulang kali dan menghasilkan struktur bangunan yang lebih presisi.

Metode *aluminium formwork* telah banyak digunakan dalam konstruksi gedung bertingkat karena berbagai kelebihan yang ditawarkannya. Salah satu keuntungan utamanya adalah efisiensi waktu pelaksanaan. Penggunaan *aluminium formwork* dapat mempercepat waktu pengerjaan dibandingkan metode konvensional, karena material ini ringan, mudah dipasang, dan memungkinkan pengerjaan berulang dengan presisi yang lebih baik (Mansoor & Husain, 2020). *Aluminium formwork* memiliki durabilitas tinggi, sehingga bisa digunakan berkali-kali, mengurangi kebutuhan akan bahan *formwork* tambahan, yang pada akhirnya juga mengurangi biaya secara keseluruhan (Shinde & Rajguru, 2019).

Aluminium formwork juga menawarkan kualitas hasil akhir yang lebih baik, dengan permukaan beton yang halus dan akurasi dimensi yang lebih tinggi. Hal ini mengurangi

kebutuhan akan pekerjaan *finishing* tambahan, seperti plesteran, yang pada akhirnya dapat menekan biaya dan waktu proyek (Patel et al., 2018). Sistem ini ramah lingkungan karena dapat didaur ulang dan memiliki dampak minimal terhadap penggunaan kayu, yang sering digunakan dalam metode konvensional (Kumar et al., 2021).

Pembangunan gedung bertingkat menjadi suatu proyek strategis nasional yang membutuhkan pendekatan konstruksi yang cepat dan efisien. Seyogyanya pembangunan gedung bertingkat di Indonesia harus berjalan sesuai dengan standar internasional dan memenuhi target waktu yang telah ditentukan. Metode *aluminium formwork* berpotensi menjadi solusi ideal untuk mempercepat proses pembangunan tanpa mengorbankan kualitas.

Dalam konteks proyek pembangunan gedung bertingkat, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu pelaksanaan konstruksi dan menganalisis perbandingan pelaksanaan konstruksi gedung bertingkat dengan metode *aluminium formwork* pada dua bangunan yang berbeda. Dengan menganalisis kedua metode tersebut, penelitian ini akan mengkaji waktu pelaksanaan konstruksi gedung bertingkat Rusun ASN 2.

Berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya membahas aspek biaya atau kualitas struktur, studi ini secara langsung membandingkan waktu pelaksanaan pekerjaan struktur bangunan bertingkat pada proyek yang sama, yaitu Tower Rusun ASN 2, dengan menggunakan dua metode bekisting yang berbeda: konvensional dan aluminium formwork. Penelitian ini mengisi gap penting dalam literatur konstruksi Indonesia, di mana perbandingan kuantitatif durasi pelaksanaan berdasarkan data monitoring aktual pada dua metode ini masih sangat terbatas. Dengan demikian, studi ini memberikan kontribusi baru dalam mengidentifikasi efektivitas waktu secara empiris dari masing-masing metode bekisting dalam konteks proyek nasional berskala besar.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan metode bekisting konvensional dengan aluminium formwork dalam aspek waktu pelaksanaan konstruksi pada proyek Tower Rusun ASN 2. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi efisiensi waktu antara kedua metode dalam kondisi proyek yang sama, sehingga dapat memberikan gambaran empiris terkait efektivitas masing-masing sistem bekisting.

Penelitian ini diharapkan memberikan dua manfaat utama. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang konstruksi, khususnya dalam kajian teknologi aluminium formwork yang semakin berkembang. Secara praktis, hasil dari penelitian ini dapat menjadi sumber pengetahuan dan referensi bagi para praktisi di lapangan dalam mengeksekusi pekerjaan konstruksi, terutama bagi proyek-proyek yang mempertimbangkan penggunaan metode aluminium formwork. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan bahan pertimbangan oleh pihak manajemen proyek dalam menentukan metode pelaksanaan konstruksi struktur yang paling efisien dan sesuai pada bangunan gedung bertingkat lainnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk membandingkan durasi waktu pelaksanaan antara dua metode bekisting: aluminium formwork dan bekisting konvensional, pada proyek konstruksi Tower Rusun ASN 2. Penelitian dilakukan

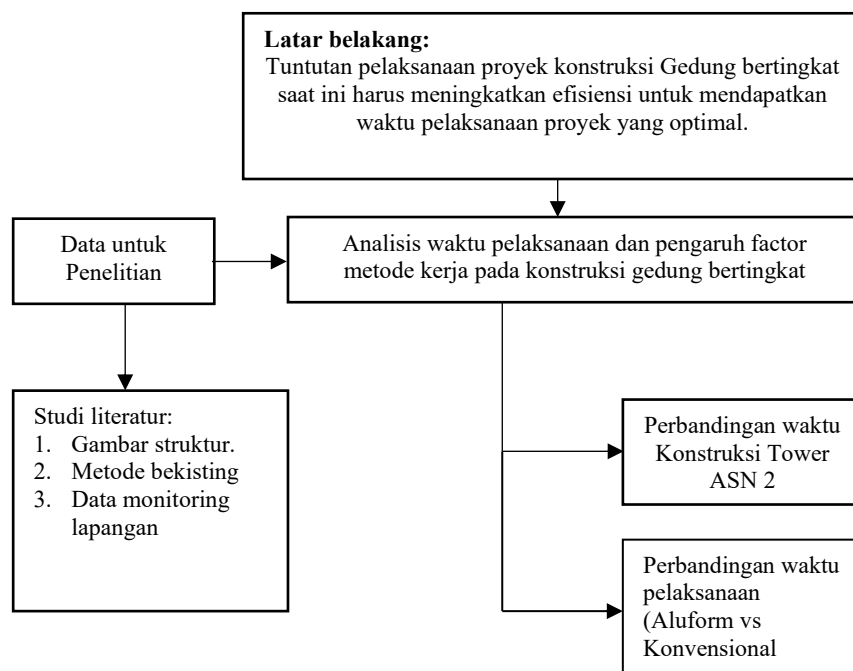
di lokasi proyek Rusun ASN 2 pada rentang waktu Maret hingga Oktober 2024, menggunakan data sekunder yang bersumber dari dokumentasi proyek, termasuk jadwal pelaksanaan, gambar struktur, serta data monitoring lapangan dari masing-masing tower.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah lembar observasi terstruktur untuk merekam waktu mulai dan selesai pengerjaan setiap lantai, serta template rekapitulasi durasi untuk menghitung waktu pelaksanaan per lantai. Peneliti juga menggunakan dokumen perencanaan dan pelaksanaan proyek, seperti jadwal kerja (time schedule), instruksi kerja bekisting, dan struktur data monitoring sebagai sumber data utama.

Penelitian dilakukan untuk menjawab permasalahan dan pertanyaan yang ada dalam latar belakang penelitian. Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan suatu metode yang kiranya dapat menemukan jawaban atas permasalahan pada penelitian.

Penelitian ini didekati dengan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Metode penelitian deskriptif kuantitatif merupakan pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan fenomena atau karakteristik tertentu berdasarkan data yang dikumpulkan dan dianalisis secara numerik. Metode ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai variabel-variabel yang diteliti melalui pengukuran yang sistematis dan obyektif, menggunakan teknik seperti survei, kuesioner, atau observasi yang terstruktur (Sugiyono, 2018).

Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Sumber: Data diolah Peneliti

Penelitian ini memiliki latar belakang adanya tuntutan dalam pelaksanaan proyek konstruksi gedung bertingkat saat ini semakin tinggi, terutama dalam hal peningkatan efisiensi. Untuk mencapai hasil yang optimal, pelaksanaan proyek harus mampu menyeimbangkan tiga elemen utama, yaitu biaya, mutu, dan waktu. Efisiensi dalam penggunaan sumber daya sangat penting untuk mengurangi pemborosan biaya tanpa mengorbankan kualitas hasil bangunan.

Selain itu, menjaga mutu konstruksi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan merupakan hal yang krusial untuk memastikan bangunan dapat berfungsi dengan baik dan memiliki umur panjang. Waktu pelaksanaan juga menjadi faktor penting, di mana proyek harus selesai tepat waktu atau lebih cepat tanpa mengorbankan elemen lainnya. Manajemen proyek yang baik, pemanfaatan teknologi konstruksi modern, dan perencanaan yang matang sangat diperlukan untuk menjamin keberhasilan proyek, sekaligus memenuhi tuntutan efisiensi yang semakin ketat.

Penelitian ini memiliki fokus pada analisis waktu pelaksanaan, yang merupakan salah satu aspek penting dalam melakukan efisiensi proyek konstruksi. Analisis waktu pelaksanaan dilakukan dengan menggali informasi pada data-data penelitian yang diperoleh. Data yang digunakan adalah data sekunder yang berasal dari observasi dan wawancara di lapangan. Data sekunder berasal dari dokumen-dokumen proyek yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian ini, diantaranya adalah data monitoring lapangan dan gambar rencana struktur.

Analisis waktu pelaksanaan konstruksi dilakukan dengan membandingkan waktu pelaksanaan pada konstruksi seluruh tower dalam konstruksi Rusun ASN 2. Tower yang dibangun menggunakan dua macam metode pelaksanaan, yaitu metode bekisting konvensional dan metode bekisting *aluminium formwork*.

Tahapan Penelitian

Diagram alir penelitian: Penelitian dimulai dengan menyusun latar belakang yang diperoleh sesuai kondisi di lapangan. Selanjutnya perumusan masalah dilakukan dan dilanjutkan dengan studi literatur. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan sejumlah penelitian yang sudah dilakukan sesuai dengan topik penelitian. Dengan mendalami penelitian yang sudah pernah dilakukan, peneliti bisa menyusun metode yang sesuai dengan penelitiannya. Metode penelitian yang dipilih harus bisa menjadi cara untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditentukan di awal penelitian.

Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan studi literatur. Setelah data yang berhasil dikumpulkan dinilai sudah mampu memenuhi kebutuhan data dalam penelitian ini, selanjutnya dilakukan analisis waktu pelaksanaan pada kedua metode bekisting yang digunakan pada proyek. Apabila data tidak mencukupi, perlu dilakukan pengumpulan data lagi sehingga data dinilai memenuhi kebutuhan data dalam penelitian. Data dinilai cukup apabila sudah lengkap dan sudah mewakili lantai 1-10 setiap tower (data monitoring lapangan). Pembahasan dan penulisan laporan dilakukan setelah analisis selesai dilakukan. Penarikan kesimpulan dan saran dilakukan di akhir penelitian dengan merangkum seluruh pembahasan hasil analisis penelitian. Kesimpulan diharapkan akan menjawab tujuan penelitian yang dilakukan.

Sumber dan Jenis Data

Data penelitian digunakan untuk memperoleh informasi terkait dengan tema dan bahasan penelitian. Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah sumber yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpulan data dan diperoleh dari sumber yang dapat mendukung penelitian antara lain dari dokumentasi dan literatur (Sugiyono, 2019). Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah jurnal penelitian dengan topik yang

sama, *structure drawing*, komponen *formwork*, instruksi kerja *formwork*, jadwal pekerjaan, dan siklus pekerjaan *formwork*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Monitoring Tower 1

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Data Monitoring Lapangan Tower 1

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE-		Durasi dlm 1 lantai	Rata-rata hari Per Lantai
		Mulai	Selesai	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	22 Jul 2024	4 Aug 2024	79	92	13	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L
2	LANTAI 9	16 Jul 2024	27 Jul 2024	73	84	11	
3	LANTAI 8	8 Jul 2024	21 Jul 2024	65	78	13	
4	LANTAI 7	29 Jun 2024	17 Jul 2024	56	74	18	Rata2= H/L H=92 L=10
5	LANTAI 6	21 Jun 2024	13 Jul 2024	48	70	22	
6	LANTAI 5	13 Jun 2024	5 Jul 2024	40	62	22	
7	LANTAI 4	1 Jun 2024	1 Jul 2024	28	58	30	Rata-rata = 9 hari/lt (untuk seluruh unit bekisting)
8	LANTAI 3	22 May 2024	26 Jun 2024	18	53	35	
9	LANTAI 2	12 May 2024	20 Jun 2024	8	47	39	
10	LANTAI 1	5 May 2024	10 Jun 2024	1	37	36	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 1, yang mencakup informasi mengenai durasi pengerjaan setiap lantai. Proses pembangunan dimulai dari Lantai 1 pada 5 Mei 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 4 Agustus 2024. Dalam tabel ini, ditampilkan tanggal mulai dan selesai pekerjaan untuk masing-masing lantai, serta durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pengerjaan satu lantai. Berdasarkan data, durasi pengerjaan bervariasi, mulai dari 11 hari pada Lantai 9 hingga 36 hari pada Lantai 1.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan satu lantai adalah 9 hari, meskipun beberapa lantai membutuhkan waktu yang lebih lama. Lantai-lantai yang berada di bagian atas, seperti Lantai 10, 9, dan 8, cenderung memiliki waktu pengerjaan lebih singkat dibandingkan dengan lantai di bagian bawah, seperti Lantai 3, 2, dan 1. Hal ini mungkin disebabkan oleh penyesuaian pekerjaan di lantai bawah yang melibatkan pekerjaan tambahan pada struktur pendukung utama. Data ini memberikan gambaran tentang efisiensi pengerjaan pada proyek konstruksi Tower 1 dan menjadi dasar untuk evaluasi lebih lanjut dalam meningkatkan produktivitas pembangunan.

Data Monitoring Tower 2

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Data Monitoring Lapangan Tower 2

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	3 Nov 2024	10 Dec 2024	171	208	37	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L $Rata2= H/L$ $H=208$ $L=10$ $Rata-rata = 21$ hari/lt
2	LANTAI 9	22 Oct 2024	15 Nov 2024	159	183	24	
3	LANTAI 8	11 Oct 2024	4 Nov 2024	148	172	24	
4	LANTAI 7	27 Sep 2024	27 Oct 2024	134	164	30	
5	LANTAI 6	31 Aug 2024	8 Oct 2024	107	145	38	
6	LANTAI 5	24 Aug 2024	26 Sep 2024	100	133	33	
7	LANTAI 4	2 Aug 2024	6 Sep 2024	78	113	35	
8	LANTAI 3	10 Jul 2024	21 Aug 2024	55	97	42	
9	LANTAI 2	15 Jun 2024	1 Aug 2024	30	77	47	
10	LANTAI 1	17 May 2024	16 Jul 2024	1	61	60	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 2, yang mencatat durasi pengerjaan tiap lantai serta rata-rata waktu penyelesaian. Proses konstruksi dimulai dari Lantai 1 pada 17 Mei 2024 dan selesai di Lantai 10 pada 10 Desember 2024. Durasi pengerjaan tiap lantai menunjukkan variasi yang signifikan, mulai dari 24 hari pada Lantai 9 dan Lantai 8 hingga 60 hari pada Lantai 1. Tabel ini juga mencatat durasi kumulatif pengerjaan, di mana lantai-lantai yang lebih rendah cenderung memerlukan waktu lebih lama dibandingkan lantai di atasnya, kemungkinan akibat pekerjaan tambahan pada struktur dasar yang lebih kompleks.

Rata-rata waktu pengerjaan per lantai pada proyek Tower 2 adalah 21 hari, dengan beberapa lantai, seperti Lantai 6 dan Lantai 1, memiliki durasi pengerjaan di atas rata-rata. Pengerjaan lantai di bagian atas, seperti Lantai 9 dan 10, membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan lantai di bagian bawah, yang mencerminkan pola umum pada proyek konstruksi bertingkat tinggi. Data ini memberikan informasi penting untuk mengevaluasi efisiensi pengerjaan pada tiap lantai serta menjadi acuan untuk merencanakan dan mengelola proyek serupa di masa depan.

Data Monitoring Tower 3

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam

melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Data Monitoring Lapangan Tower 3

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	23 Sep 2024	8 Oct 2024	111	126	15	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L $\text{Rata2} = H/L$ $H=126$ $L=10$ $\text{Rata-rata} = 13 \text{ hari/lantai}$
2	LANTAI 9	17 Sep 2024	30 Sep 2024	105	118	13	
3	LANTAI 8	7 Sep 2024	22 Sep 2024	95	110	15	
4	LANTAI 7	30 Aug 2024	15 Sep 2024	87	103	16	
5	LANTAI 6	22 Aug 2024	5 Sep 2024	79	93	14	
6	LANTAI 5	29 Jul 2024	29 Aug 2024	55	86	31	
7	LANTAI 4	19 Jul 2024	20 Aug 2024	45	77	32	
8	LANTAI 3	5 Jul 2024	27 Jul 2024	31	53	22	
9	LANTAI 2	29 Jun 2024	17 Jul 2024	25	43	18	
10	LANTAI 1	5 Jun 2024	11 Jul 2024	1	37	36	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 3, yang mencatat waktu pelaksanaan pengerjaan tiap lantai dari Lantai 1 hingga Lantai 10. Berdasarkan data tersebut, proses pembangunan dimulai pada Lantai 1 pada 5 Juni 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 8 Oktober 2024. Durasi pengerjaan untuk setiap lantai bervariasi, dengan waktu terpendek terjadi pada Lantai 8, yaitu 15 hari, dan waktu terpanjang pada Lantai 1, yaitu 36 hari.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan per lantai adalah 13 hari, yang relatif efisien dibandingkan proyek konstruksi lainnya. Lantai di bagian bawah, seperti Lantai 1, membutuhkan waktu pengerjaan lebih lama dibandingkan lantai di atasnya, kemungkinan karena pekerjaan pondasi atau struktur pendukung utama. Sebaliknya, lantai atas seperti Lantai 8, 9, dan 10 menunjukkan waktu pengerjaan yang lebih singkat, yang dapat disebabkan oleh pola struktur yang lebih sederhana dan efisiensi penggunaan metode konstruksi. Data ini memberikan gambaran mendalam mengenai pengelolaan waktu dan distribusi durasi pengerjaan pada proyek pembangunan Tower 3.

Data Monitoring Tower 4

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Data Monitoring Lapangan Tower 4

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	4 Oct 2024	31 Oct 2024	141	168	27	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L $Rata2 = H/L$ $H=168$ $L=10$ Rata-rata $= 17$ hari/lt
2	LANTAI 9	15 Sep 2024	15 Oct 2024	122	152	30	
3	LANTAI 8	2 Sep 2024	25 Sep 2024	109	132	23	
4	LANTAI 7	22 Aug 2024	11 Sep 2024	98	118	20	
5	LANTAI 6	4 Aug 2024	31 Aug 2024	80	107	27	
6	LANTAI 5	20 Jul 2024	20 Aug 2024	65	96	31	
7	LANTAI 4	5 Jul 2024	31 Jul 2024	50	76	26	
8	LANTAI 3	22 Jun 2024	15 Jul 2024	37	60	23	
9	LANTAI 2	1 Jun 2024	29 Jun 2024	16	44	28	
10	LANTAI 1	17 May 2024	7 Jun 2024	1	22	21	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 4, yang mencatat waktu pelaksanaan pengerjaan tiap lantai dari Lantai 1 hingga Lantai 10. Berdasarkan data tersebut, proses pembangunan dimulai pada Lantai 1 pada 17 Mei 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 31 Oktober 2024. Durasi pengerjaan untuk setiap lantai bervariasi, dengan waktu terpendek terjadi pada Lantai 7, yaitu 20 hari, dan waktu terpanjang pada Lantai 9, yaitu 30 hari.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan per lantai adalah 17 hari, yang relatif efisien dibandingkan proyek konstruksi lainnya. Lantai di bagian bawah, seperti Lantai 1, membutuhkan waktu pengerjaan lebih singkat dibandingkan lantai di atasnya. Data ini memberikan gambaran mendalam mengenai pengelolaan waktu dan distribusi durasi pengerjaan pada proyek pembangunan Tower 4.

Data Monitoring Tower 5

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Data Monitoring Lapangan Tower 5

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	7 Sep 2024	3 Oct 2024	173	199	26	
2	LANTAI 9	29 Aug 2024	16 Sep 2024	164	182	18	
3	LANTAI 8	21 Aug 2024	5 Sep 2024	156	171	15	

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
4	LANTAI 7	21 Jul 2024	26 Aug 2024	125	161	36	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L Rata2= H/L H=199 L=10 Rata-rata = 20 hari/lt
5	LANTAI 6	8 Jul 2024	2 Aug 2024	112	137	25	
6	LANTAI 5	27 Jun 2024	18 Jul 2024	101	122	21	
7	LANTAI 4	2 Jun 2024	7 Jul 2024	76	111	35	
8	LANTAI 3	20 May 2024	12 Jun 2024	63	86	23	
9	LANTAI 2	31 Mar 2024	28 May 2024	13	71	58	
10	LANTAI 1	19 Mar 2024	22 May 2024	1	65	64	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 5, yang mencatat waktu pelaksanaan pengerjaan tiap lantai dari Lantai 1 hingga Lantai 10. Berdasarkan data tersebut, proses pembangunan dimulai pada Lantai 1 pada 19 Maret 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 3 Oktober 2024. Durasi pengerjaan untuk setiap lantai bervariasi, dengan waktu terpendek terjadi pada Lantai 8, yaitu 15 hari, dan waktu terpanjang pada Lantai 1, yaitu 64 hari.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan per lantai adalah 20 hari, yang relatif efisien dibandingkan proyek konstruksi lainnya. Lantai di bagian bawah, seperti Lantai 1, membutuhkan waktu pengerjaan lebih singkat dibandingkan lantai di atasnya. Data ini memberikan gambaran mendalam mengenai pengelolaan waktu dan distribusi durasi pengerjaan pada proyek pembangunan Tower 5.

1.4.3 Data Monitoring Tower 6

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6. Data Monitoring Lapangan Tower 6

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	30 May 2024	9 Jun 2024	76	86	10	
2	LANTAI 9	26 May 2024	4 Jun 2024	72	81	9	
3	LANTAI 8	21 May 2024	29 May 2024	67	75	8	

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
4	LANTAI 7	16 May 2024	25 May 2024	62	71	9	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L Rata2= H/L $H=86$ $L=10$ Rata-rata = 9 hari/lt
5	LANTAI 6	12 May 2024	20 May 2024	58	66	8	
6	LANTAI 5	6 May 2024	15 May 2024	52	61	9	
7	LANTAI 4	29 Apr 2024	10 May 2024	45	56	11	
8	LANTAI 3	2 Apr 2024	2 May 2024	18	48	30	
9	LANTAI 2	22 Mar 2024	23 Apr 2024	7	39	32	
10	LANTAI 1	16 Mar 2024	29 Mar 2024	1	14	13	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 6, yang mencatat waktu pelaksanaan pengerjaan tiap lantai dari Lantai 1 hingga Lantai 10. Berdasarkan data tersebut, proses pembangunan dimulai pada Lantai 1 pada 16 Maret 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 9 Juni 2024. Durasi pengerjaan untuk setiap lantai bervariasi, dengan waktu terpendek terjadi pada Lantai 6 dan Lantai 8, yaitu 8 hari, dan waktu terpanjang pada Lantai 2, yaitu 32 hari.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan per lantai adalah 9 hari, yang relatif efisien dibandingkan proyek konstruksi lainnya. Lantai di bagian bawah, seperti Lantai 1, membutuhkan waktu pengerjaan lebih singkat dibandingkan lantai di atasnya. Data ini memberikan gambaran mendalam mengenai pengelolaan waktu dan distribusi durasi pengerjaan pada proyek pembangunan Tower 6.

Data Monitoring Tower 7

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 7.

Tabel 7. Data Monitoring Lapangan Tower 7

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	25 Aug 2024	9 Sep 2024	86	101	15	
2	LANTAI 9	9 Aug 2024	2 Sep 2024	70	94	24	

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
3	LANTAI 8	2 Aug 2024	23 Aug 2024	63	84	21	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L Rata2= H/L H=101 L=10 Rata-rata = 10 hari/lt
4	LANTAI 7	23 Jul 2024	18 Aug 2024	53	79	26	
5	LANTAI 6	18 Jul 2024	31 Jul 2024	48	61	13	
6	LANTAI 5	10 Jul 2024	23 Jul 2024	40	53	13	
7	LANTAI 4	29 Jun 2024	16 Jul 2024	29	46	17	
8	LANTAI 3	23 Jun 2024	4 Jul 2024	23	34	11	
9	LANTAI 2	9 Jun 2024	27 Jun 2024	9	27	18	
10	LANTAI 1	1 Jun 2024	20 Jun 2024	1	20	19	

Sumber : Pengolahan Data, 2024

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 7, yang mencatat waktu pelaksanaan pengerjaan tiap lantai dari Lantai 1 hingga Lantai 10. Berdasarkan data tersebut, proses pembangunan dimulai pada Lantai 1 pada 1 Juni 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 9 Sep 2024. Durasi pengerjaan untuk setiap lantai bervariasi, dengan waktu terpendek terjadi pada Lantai 3, yaitu 11 hari, dan waktu terpanjang pada Lantai 7, yaitu 26 hari.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan per lantai adalah 10 hari, yang relatif efisien dibandingkan proyek konstruksi lainnya. Lantai di bagian bawah, seperti Lantai 1, membutuhkan waktu pengerjaan lebih lama dibandingkan lantai di atasnya. Data ini memberikan gambaran mendalam mengenai pengelolaan waktu dan distribusi durasi pengerjaan pada proyek pembangunan Tower 7.

Data Monitoring Tower 8

Data monitoring lapangan terkait tanggal dimulainya hingga berakhirnya pekerjaan struktur pada lantai 1-10, selanjutnya dilakukan rekapitulasi data untuk mempermudah dalam melakukan analisis. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan tersebut ditunjukkan oleh Tabel 8.

Tabel 8. Data Monitoring Lapangan Tower 8

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
1	LANTAI 10	8 Sep 2024	22 Sep 2024	127	141	14	
2	LANTAI 9	29 Aug 2024	13 Sep 2024	117	132	15	

No.	Lokasi	TANGGAL		HARI KE		Durasi dlm 1 lantai	Rata Rata hari Per Lantai
		Start	Finish	Mulai	Selesai		
3	LANTAI 8	21 Aug 2024	5 Sep 2024	109	124	15	Rumus: Jumlah hari: H Jumlah lantai: L $Rata2 = H/L$ $H=141$ $L=10$ Rata-rata $= 14$ hari/lt
4	LANTAI 7	1 Aug 2024	27 Aug 2024	89	115	26	
5	LANTAI 6	20 Jul 2024	8 Aug 2024	77	96	19	
6	LANTAI 5	8 Jul 2024	29 Jul 2024	65	86	21	
7	LANTAI 4	28 Jun 2024	16 Jul 2024	55	73	18	
8	LANTAI 3	11 Jun 2024	3 Jul 2024	38	60	22	
9	LANTAI 2	18 May 2024	21 Jun 2024	14	48	34	
10	LANTAI 1	5 May 2024	23 May 2024	1	19	18	

(Sumber: Pengolahan data, 2024)

Data monitoring lapangan untuk pembangunan Tower 8, yang mencatat waktu pelaksanaan pengerjaan tiap lantai dari Lantai 1 hingga Lantai 10. Berdasarkan data tersebut, proses pembangunan dimulai pada Lantai 1 pada 5 Mei 2024 dan selesai pada Lantai 10 pada 22 Sep 2024. Durasi pengerjaan untuk setiap lantai bervariasi, dengan waktu terpendek terjadi pada Lantai 10, yaitu 14 hari, dan waktu terpanjang pada Lantai 2, yaitu 34 hari.

Secara keseluruhan, rata-rata durasi pengerjaan per lantai adalah 14 hari, yang relatif efisien dibandingkan proyek konstruksi lainnya. Lantai di bagian bawah, seperti Lantai 1, membutuhkan waktu pengerjaan lebih lama dibandingkan lantai di atasnya. Data ini memberikan gambaran mendalam mengenai pengelolaan waktu dan distribusi durasi pengerjaan pada proyek pembangunan Tower 8.

Perbandingan Waktu Pelaksanaan Tower Rusun ASN 2

Analisis waktu pelaksanaan proyek merupakan elemen penting dalam manajemen konstruksi, karena berfungsi sebagai panduan untuk memastikan setiap tahapan pekerjaan selesai sesuai jadwal yang telah ditetapkan. Tanpa analisis yang tepat, proyek berisiko menghadapi keterlambatan, peningkatan biaya, dan penurunan efisiensi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pemahaman mendalam terhadap waktu pelaksanaan yang tepat untuk mencapai keberhasilan untuk mencapai target proyek secara tepat waktu dan optimal.

Guna mengetahui perbandingan waktu pelaksanaan pekerjaan bekisting, Data monitoring lapangan pada Tower 1-8 pada Rusun ASN 2 dilakukan rekapitulasi. Waktu mulai dan waktu selesai setiap lantai pada Tower Rusun ASN 2 selanjutnya dapat diidentifikasi. Hasil rekapitulasi data monitoring lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Berdasarkan Tabel 4.13, metode bekisting konvensional digunakan pada Tower 1, Tower 3, Tower 6 dan Tower 7. Tower 6 Rusun ASN 2 merupakan tower yang pertama kali dimulai pekerjaan bekisting pada 29 Maret 2024 jika dibandingkan tower lainnya yang

menggunakan metode bekisting konvensional. Sementara itu, metode bekisting *aluminium formwork* digunakan pada Tower 2, Tower 4, Tower 5 dan Tower 8. Tower 5 Rusun ASN 2 merupakan tower yang pertama kali dimulai pekerjaan bekisting pada 22 April 2024 jika dibandingkan tower lainnya yang menggunakan metode bekisting *aluminium formwork*. Pada mulanya, pembangunan tower Rusun ASN 2 dilakukan menggunakan metode bekisting konvensional pada Tower 6, selanjutnya pembangunan Tower 5 dilakukan menggunakan metode bekisting *aluminium formwork*. Untuk mempermudah pemahaman mengenai perbandingan waktu pelaksanaan masing-masing tower.

Berdasarkan grafik, waktu dimulainya pekerjaan bekisting pada masing-masing tower berada di lantai 1 dan berakhir pada lantai 10. Durasi pelaksanaan pekerjaan bekisting konvensional ditunjukkan oleh grafik dengan garis tegas, sedangkan durasi pekerjaan bekisting aluminium formwork ditunjukkan oleh grafik dengan garis putus-putus. Dengan membandingkan kedua macam grafik tersebut, tower yang menggunakan metode bekisting *aluminium formwork* memiliki waktu penyelesaian proyek lebih lamban jika dibandingkan dengan tower yang menggunakan metode bekisting konvensional. Hal ini ditandai dengan grafik durasi pelaksanaan tower yang menggunakan bekisting *aluminium formwork* terlihat lebih landai apabila dibandingkan dengan grafik untuk tower dengan metode bekisting konvensional.

1.4.4 Pengaruh Metode Bekisting terhadap Durasi Proyek

Durasi proyek pekerjaan bekisting adalah selisih antara waktu dimulainya hingga waktu diselesaikannya pekerjaan bekisting.

Perbandingan durasi pekerjaan bekisting (dalam hari) menggunakan dua metode berbeda, yaitu metode konvensional dan *aluminium formwork*, yang diaplikasikan pada beberapa tower Rusun ASN 2 dalam 10 lantai. Metode konvensional melibatkan 4 (empat) tower, yaitu Tower 1, Tower 3, Tower 7 dan Tower 6), sedangkan *aluminium formwork* digunakan pada 4 (empat) tower, yaitu Tower 2, Tower 4, Tower 5, dan Tower 8). Rata-rata durasi untuk metode konvensional masing-masing adalah 9 hari (Tower 1), 13 hari (Tower 3), 10 hari (Tower 7), dan 9 hari (Tower 6). Sementara itu, pada *aluminium formwork*, rata-rata durasi mencapai 21 hari (Tower 2), 17 hari (Tower 4), 20 hari (Tower 5), dan 14 hari (Tower 8). Data ini menunjukkan bahwa *aluminium formwork* memerlukan durasi lebih lamban dibanding metode konvensional.

Durasi pelaksanaan proyek dengan metode bekisting *aluminium formwork* cenderung lebih lamban jika dibandingkan dengan bekisting konvensional bisa terjadi karena beberapa kemungkinan faktor. Faktor yang pertama adalah ketersediaan volume peralatan bekisting. Perlu diketahui bahwa pada proyek pembangunan tower Rusun ASN 2 tersebut menyediakan 4 paket bekisting *aluminium formwork* dan 12 paket bekisting konvensional untuk 8 tower yang akan dibangun. Sebanyak 4 paket bekisting *aluminium formwork* ini akan digunakan untuk membangun 4 unit tower, dengan kata lain setiap tower mendapatkan 1 paket bekisting. Sementara itu, 12 paket bekisting konvensional akan digunakan untuk membangun 4 unit tower dengan kata lain setiap tower akan mendapatkan 3 paket bekisting. Dari perbandingan jumlah paket bekisting ini terlihat jelas bahwa jumlah paket bekisting *aluminium formwork* lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah paket bekisting konvensional yang diterima untuk setiap towernya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, perlu ditambah jumlah paket bekisting aluminium formwork.

Faktor yang mempengaruhi lambatnya durasi pelaksanaan proyek dengan metode *aluminium formwork* adalah ketrampilan pekerja lapangan yang diberikan tugas untuk menyusun panel-panel *aluminium formwork*. Pekerja lapangan yang ada saat ini sudah terbiasa dengan metode bekisting konvensional yang memang sudah lama digunakan. Penggunaan teknologi bekisting *aluminium formwork* tergolong baru bagi perusahaan. Penyusunan bekisting *aluminium formwork* dikenal lebih rumit dan perlu ketelitian yang lebih apabila

dibandingkan dengan teknologi bekisting konvensional. Terlihat pada Grafik Durasi pada Tower 2 dan 5 (bekisting *aluminium formwork*) yang sangat landai di awal pekerjaan pada lantai 1. Setelah itu, grafik terlihat konsisten durasinya di lantai 2 hingga 10. Hal ini menunjukkan bahwa pekerja lapangan memerlukan adaptasi dan pengenalan dengan penggunaan teknologi *aluminium formwork* tersebut. Untuk itu, perlu dilakukan pelatihan dan peningkatan ketrampilan pekerja yang akan melakukan pekerjaan dengan teknologi baru tersebut. Pekerja yang telah mengikuti pelatihan ketrampilan diharapkan akan lebih cepat memahami teknik-teknik dan terampil dalam menyelesaikan pekerjaan.

Factor lain yang memiliki kemungkinan mempengaruhi randahnya waktu pelaksanaan pekerjaan bekisting *aluminium formwork* adalah faktor identifikasi panel. Pada panel-panel *formwork* terdapat nomor panel yang digunakan untuk proses identifikasi panel, yang selanjutnya akan disusun dan disambung dengan panel-panel lainnya. Terkadang, permasalahan terkait nomor panel ini muncul saat pekerjaan pemasangan panel di lapangan, misalnya saja nomor panel yang sulit dibaca sehingga mempersulit dan memperlama proses perakitan panel-panel menjadi satu kesatuan bekisting. Diperlukan penomoran ulang yang lebih jelas sehingga pekerja dapat dengan cepat mengidentifikasi panel yang tepat untuk disusun menjadi satu kesatuan bekisting.

KESIMPULAN

Berdasarkan data monitoring pada Tower Rusun ASN 2, metode bekisting konvensional memiliki durasi pekerjaan yang lebih singkat dan cenderung seragam dibandingkan metode *aluminium formwork*. Rata-rata durasi metode konvensional berada pada rentang 9–13 hari per lantai, sedangkan *aluminium formwork* memiliki durasi lebih panjang, dengan rata-rata mencapai 14–21 hari per lantai.

Tower yang menggunakan metode konvensional (T1, T3, T6, dan T7) lebih cepat pencapaian pekerjaan struktur lantai 10 dibandingkan dengan tower yang menggunakan metode *aluminium formwork* (T2, T4, T5, dan T8). Meskipun demikian, metode *aluminium formwork* mungkin memiliki keunggulan dalam aspek kualitas struktur atau efisiensi jangka panjang, yang perlu dipertimbangkan hal hal yang perlu disiapkan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Taufik, R. (2022). The development of vertical construction in urban areas in Indonesia. *International Journal of Urban Planning*, 15(3), 102-110. <https://doi.org/10.1016/j.ijup.2022.01.005>
- Yusuf, I., & Rahman, H. (2021). Urban housing solutions: Vertical construction and land utilization in Indonesia. *Journal of Construction and Property Development*, 20(5), 255-268. <https://doi.org/10.1016/j.jcpd.2021.09.009>
- Aldila, D., & Prasetyo, A. (2020). The impact of property sector growth on vertical development in urban Indonesia. *Journal of Property Research*, 18(2), 72-84. <https://doi.org/10.1016/j.jpr.2020.04.006>
- Sari, L. S., & Wijaya, H. (2020). Vertical construction as a solution to urban density in Indonesia. *Journal of Urban Development and Management*, 22(4), 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.judm.2020.03.003>
- Kurniawan, B., & Wibowo, I. (2021). Challenges in implementing vertical construction projects in Indonesia's urban areas. *Engineering, Construction, and Architectural Management*, 29(1), 45-59. <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2020-0597>
- Hidayat, D., & Prasetya, M. (2021). Property development and the need for vertical housing solutions in Indonesia. *Journal of Real Estate and Construction*, 8(3), 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.jrec.2021.02.010>

- Ismail, T., & Hadi, R. (2020). Sustainable practices in high-rise building construction in Indonesia. *Construction Sustainability Journal*, 4(2), 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.csj.2020.08.007>
- Kumar, S., Singh, A., & Gupta, R. 2021. Sustainability in Building Construction Using Aluminium *Formwork* . *Green Construction Journal*, 7(1), 25-30.
- Li, H. 2019. Time Management in Construction Projects: An Analytical Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2), 04019005.
- Li, B., Y.Q. Lin, H.L. Zhang, dan M.J. Ma. 2019. Fire Behavior of The Assembled Monolithic Hollow-Ribbed Slabs. *Jurnal Hindawi Advance in Civil Engineering*. Vol 2019. Article ID 8921502, 10 Pages.
- Mansoor, A., & Husain, M. 2020. Efficiency of Aluminium *Formwork* in High-Rise Construction Projects. *Journal of Construction Engineering*, 45(3), 45-52.
- Patel, V., Shah, H., & Desai, M. 2018. Advantages of Aluminium *Formwork* in Multi-storey Buildings . *Journal of Building Technology*, 14(2), 125-132.
- Haryanto, A., & Prabowo, T. (2020). Challenges and opportunities in modern construction methods for high-rise buildings in Indonesia. *Journal of Construction Engineering*, 35(4), 1023-1035. <https://doi.org/10.1016/j.jce.2020.03.010>
- Susanto, R., & Budi, Y. (2021). Construction time management in large-scale high-rise building projects in Jakarta. *International Journal of Project Management*, 39(2), 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.02.004>
- Setiawan, A. R., & Lestari, F. D. (2021). Innovative construction technologies in Indonesia's urban development. *Journal of Building Technology*, 27(2), 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.jbt.2021.03.004>
- Kusnadi, D., & Dharmawan, R. (2020). Modernization of construction methods for high-rise buildings in Indonesia: A comprehensive study. *Journal of Civil Engineering and Construction*, 18(3), 343-355. <https://doi.org/10.1016/j.jcec.2020.06.009>
- Suharto, B., & Wijaya, A. (2020). Cost and time efficiency in the construction of vertical buildings in urban areas. *Construction Economics Review*, 45(6), 501-512. <https://doi.org/10.1016/j.cer.2020.07.004>
- Prasetyo, D., & Widodo, A. (2021). Reducing errors and improving quality in high-rise building construction: Challenges and modern methods. *Journal of Modern Construction Techniques*, 12(1), 25-40. <https://doi.org/10.1016/j.jmct.2021.01.004>
- Setiawan, A., & Rahman, S. (2021). The need for efficient construction solutions in large-scale infrastructure projects. *Journal of Infrastructure Development*, 15(1), 74-86. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2021.04.001>
- Shinde, A., & Rajguru, R. 2019. Impact of Aluminium *Formwork* on Cost and Time Efficiency in Construction. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 10(4), 1189-1198.
- Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* . Bandung: Alfabeta.