JURNAL REKAYASA INFRASTRUKTUR
ISSN : 2460-335X
E-ISSN : 2686-6587
Vol 9 No 2, November 2023

PENGGUNAAN BEKISTING MODULAR DALAM TRANSFORMASI PROYEK KONSTRUKSI

Mahdika Putra Nanda[1*], Laelatul Milleniasih[1], Inayah Tulillah[1], Ardi Priyatna[1]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wiralodra, Kecamatan Indramayu, Jawa Barat
**mahdikaputra@gmail.com*

ABSTRACT

Modular systems in construction work can be more efficient and fast each module can be manufactured separately with controlled quality, and then installed together at the construction site. Based on the research results that the modular system formwork work shows the initial price of modular formwork work is higher, reaching a total of Rp. 77,038,564, while conventional work has an initial cost of 66,965,144. However, this cost calculation does not include subsequent work. It is important to note that although the initial price of modular formwork is more expensive, for subsequent work, modular formwork only requires repairs to the sheating, so the cost is much cheaper than conventional formwork. This shows that although the initial investment is larger, modular formwork has the potential to save costs in the long run.

Keywords: Modular Construction System, Modular Formwork Efficiency, Construction Cost Saving

ABSTRAK

Sistem modular dalam pekerjaan konstruksi dapat menjadi lebih efisien dan cepat setiap modul dapat diproduksi secara terpisah dengan kualitas yang terkontrol, dan kemudian dipasang bersama-sama di lokasi konstruksi. Berdasarkan hasil penelitian bahwasanyya pekerjaan bekisting sistem modular menunjukkan harga awal pekerjaan bekisting modular lebih tinggi, mencapai total sebesar Rp. 77.038.564, sedangkan pekerjaan konvensional memiliki biaya awal sebesar 66.965.144. Meskipun demikian, perhitungan biaya ini tidak mencakup pekerjaan berikutnya. Pentingnya diketahui, meskipun harga awal bekisting modular lebih mahal, namun untuk pekerjaan selanjutnya, bekisting modular hanya memerlukan perbaikan pada sheating, sehingga biayanya jauh lebih murah dibandingkan dengan bekisting konvensional. Ini menunjukkan bahwa meskipun investasi awal lebih besar, bekisting modular memiliki potensi untuk menghemat biaya dalam jangka panjang.

Kata kunci: Sistem Modular Konstruksi, Efisiensi Bekisting Modular, Penghematan Biaya Konstruksi

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan konstruksi merupakan proses keterlibatan berbagai ahli, penggunaan bahan, dan peralatan yang harus disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Hal ini menjadi kunci untuk menciptakan bangunan yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan pengguna [1]. Pemasangan bekisting dalam dunia konstruksi merupakan salah satu pelaksanaan yang di lakukan dan menjadi langkah yang krusial dan memengaruhi hasil akhir proyek secara signifikan. Saat kita mengamati kondisi pemasangan bekisting dengan menggunakan bahan yang kurang efektif, kita dapat melihat dampak negatifnya terhadap produktivitas dan waktu pekerjaan di lapangan. Oleh karena itu, langkah perbaikan dan inovasi menjadi hal yang mendesak untuk memastikan bahwa proses konstruksi berjalan lebih efisien dan memberikan hasil yang optimal [2].

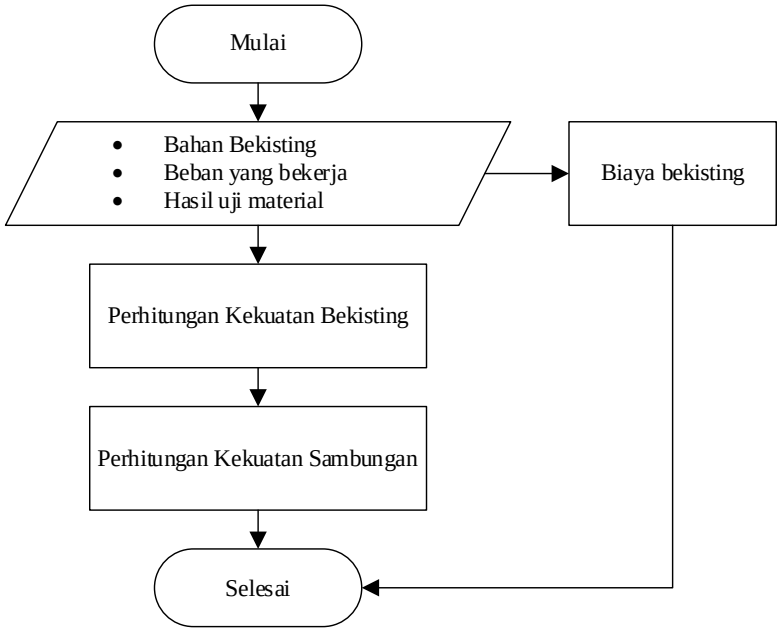
Pemilihan bahan bekisting yang tepat bukan hanya tentang efektivitas tetapi juga tentang mempercepat waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan [3]. Dengan memilih bahan yang

lebih efisien, diharapkan dapat meminimalkan waktu yang diperlukan untuk pemasangan bekisting, sehingga proyek dapat diselesaikan dengan lebih cepat. Hal ini bukan hanya tentang peningkatan produktivitas, tetapi juga menjaga mutu pekerjaan agar tetap konsisten dan memenuhi standar yang diinginkan [4]. Tidak hanya aspek waktu dan produktivitas, tetapi juga keselamatan kerja merupakan fokus utama dalam perbaikan proses pemasangan bekisting. Dengan menggunakan bahan bekisting yang lebih efektif, risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan, memberikan lingkungan kerja yang lebih aman bagi para pekerja. Oleh karena itu, pemilihan bahan bekisting bukan hanya sebagai langkah teknis, tetapi juga sebagai investasi dalam keselamatan dan kesejahteraan tenaga kerja.

Penggunaan bekisting modular memainkan peran signifikan dalam mengubah proyek konstruksi [5]. Sistem bekisting ini memberikan pendekatan yang efisien dan terstruktur dalam membentuk beton, mempercepat proses konstruksi secara keseluruhan. Dengan mengadopsi bekisting modular, proyek konstruksi dapat mengalami transformasi yang lebih efektif, memungkinkan penyusunan dan pengaturan yang lebih cepat tanpa mengorbankan kualitas. Selain itu, kemudahan perakitan dan penyesuaian bekisting modular dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi waktu pengerjaan, memberikan dampak positif pada efisiensi keseluruhan proyek konstruksi. Tujuan dari penelitian ini yaitu memberikan wawasan mendalam tentang kontribusi bekisting modular dalam mengatasi tantangan konstruksi, membuka potensi perbaikan, dan memberikan landasan untuk pengembangan lebih lanjut dalam industri konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat kuantitatif, yakni suatu penyelidikan sistematis mengenai fenomena dengan memanfaatkan data yang dapat diukur. Dengan kata lain, penelitian ini difokuskan pada pengukuran variabel-variabel yang relevan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam [6]. Berikut adalah bagan alir penelitian yang di gunakan untuk menganaisis penggunaan bekisting modular.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

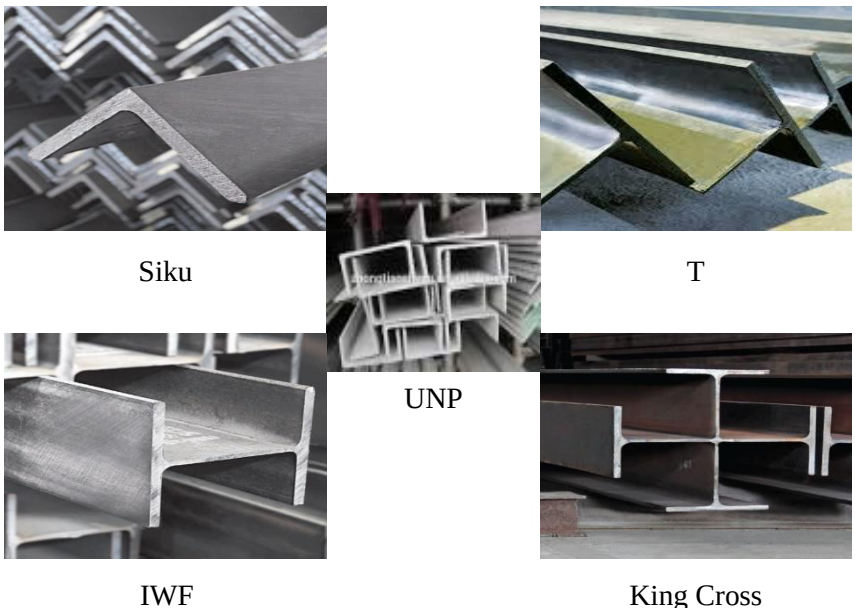
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah biaya tinggi dalam penggunaan bekisting menjadi tantangan utama dalam proyek konstruksi. Biaya bekisting yang tinggi dapat memberikan dampak negatif terhadap anggaran proyek secara keseluruhan. Selain itu, kendala lain yang dihadapi adalah jumlah limbah bekisting yang signifikan, menunjukkan ineffisiensi dalam pengelolaan sumber daya dan berpotensi memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Sulitnya pemasangan modul bekisting secara presisi karena beratnya dapat menyebabkan kesulitan dalam mencapai akurasi yang diinginkan selama proses konstruksi.

Bentuk modul

Bentuk modul didasarkan pada jarak antar *tie rod*. Baja yang digunakan adalah BJ 37, Beton diasumsikan memiliki sifat hidrostatis yang sama persis seperti air. Material baja memiliki kekuatan ijin sebesar 2400 Kg/cm^2, dengan diameter tie rod sebesar 1.3 cm. Kekuatan beton mencapai 2400 Kg/cm2, dan faktor keamanan (Fs) sebesar 1.1. Berat jenis beton (γ beton) adalah 2400 Kg/cm2, dengan berat beton per meter kubik (F beton) sebesar 7200 Kg/m^3. Luas penampang (A) tie rod adalah 1.33 cm^2, sementara kekuatan baja (F baja) mencapai 3185,57 kg. Dalam penggunaan aktual, kekuatan baja yang digunakan adalah 2895.98 kg. Jarak antar tie rod (I) adalah 0.40 m.

Keberagaman bentuk dan jenis profil baja memungkinkan penggunaan yang fleksibel sesuai dengan kebutuhan spesifik. Dalam pembuatan frame bekisting, dipilihlah profil UNP dan Siku yang tidak hanya memenuhi kriteria desain tetapi juga dapat dengan mudah dipasangkan satu sama lain setelah membentuk frame. Contoh-contoh lain dari profil baja yang tersedia di pasar mencakup berbagai variasi yang dapat disesuaikan dengan berbagai proyek konstruksi. Fleksibilitas ini memberikan kemampuan untuk menyesuaikan struktur dengan kebutuhan khusus proyek. Berikut adalah beberapa gambar dari profil maja.



Gambar 2. Profil Baja

Perhitungan Kekuatan Bekisting

Dalam perhitungan kekuatan bekisting, data yang digunakan melibatkan parameter seperti Q beton sebesar 46,8 m3/jam, tinggi bekisting (T) sepanjang 0,5 m, dan panjang bekisting (I) sejauh 12 m. Kecepatan beton (V) mencapai 7,8 m/jam, dan nilai R adalah 25.584 ft/jam. Suhu (T) saat

pengerjaan bekisting adalah 27,2 ºC atau 48,96 ºF, dengan ketinggian total (H) bekisting mencapai 4 m atau 13,12 ft. Ketebalan sheating (T sheating) adalah 18 mm, dan jarak antar elemen seperti stud, wale, dan sheating adalah 400 mm. Panjang keseluruhan sheating (I sheating) mencapai 194400 mm. Modulus elastisitas (E) material bekisting adalah 200000 N/mm. Semua data ini menjadi dasar dalam melakukan perhitungan kekuatan bekisting yang akurat.

Gaya Lateral Beton

F = 4852,94 psf
F = 3000 psf
F = 1968 psf
$F_{diambil}$ = 1968 psf, 9.60 kgf/cm, 0.10 N/mm2

Lendutan stud

W_{beton} = 19.21 N/mm
I_{profil} = 1060000 mm4
δ stud = 0.16mm
δ izin = 1.11 mm

Evaluasi lendutan stud pada bekisting, hasil perhitungan menunjukkan W_{beton} sebesar 19.21 N/mm dan I profil sebesar 1060000 mm4, lendutan stud hanya mencapai 0.16 mm. Hal ini berada jauh di bawah batas lendutan izin sebesar 1.11 mm, menandakan bahwa struktur bekisting mampu menahan beban beton dengan baik tanpa mengalami deformasi berlebihan. Berdasarkan hal ini bahwasanya lendutan stud dapat dianggap sesuai dengan kriteria desain dan aman untuk digunakan.

Perhitungan Kekuatan Sambungan

Sambungan profil siku yang menyusun modul mengalami dua beban yaitu

- Gaya geser.
- Gaya tarik akibat momen.

Momen yang bekerja pada bagian sudut profil siku menjadi gaya tarik terhadap baut penyambung yang memiliki jarak d.

Tabel 1. Prosil Siku

Profil Siku		
A	4,5	cm
B	4,5	cm
t	0,5	cm
A	3,492	cm^2
ɣ	3,38	kg/m
Cx = Cy	1,28	cm
Ix = Iy	2,46	cm^4
l	1	m
Ix = Iy (gabungan)	4,92	cm^4

Tabel 2. Profil UNP

Profil UNP		
d	8	cm
bf	4,5	cm
tw	0,6	cm
tf	0,8	cm
A	11	cm^2
ɣ	8,63	kg/m
Ix	106	cm^4
Iy	19,4	cm^4
C	1,45	cm
l	6	m

Tabel 3. Kuat tarik baut akibat momen

Kuat Tarik Baut (Akibat Momen)		
h	6	m
t	0,5	m
l	0,4	m
ɣ beton	2400	kg/m^3
Ø baut	1,4	cm
fy baja	370	N/mm^2
	3772,96	kg/cm^2
A	1,54	cm^2
ϕ_f	0,75	
Tp	0,5	cm
d (lengan momen)	28,66	mm
	2,87	cm
F beton	2880	kg
M beton	8254,08	kg cm
T baut	2880	kg
T tahan baja	3267	kg
Kekuatan sambungan	OK	

berdasarkan tabel ditas kekuatan sambungan Ok dengan T tahan baja 3267 kg dan T baut 2880 kg serta M beton yaitu 82254.08 kg/cm

Tabel 4. Kuat tumpu baut

Kuat Tumpu Baut		
h	6	m
t	0,5	m
l	0,4	m
ɣ beton	2400	kg/m^3
Ø baut	1	cm
fy baja	370	N/mm^2
	3772,96	kg/cm^2
A	0,79	cm^2
ϕ_f	0,75	
Tp	0,5	cm
F beton	2880	kg
F tahan baja	3395,67	kg
Kekuatan sambungan	OK	

Kuat tumpu baut berdasarkan Tabel 6 diatas dengan nilai F beton 2880 kg, F tahan baja 3395,67 Kg bahwasanya kuat sambungan pada tumpu baut ok dengan pemilihan baut ø baut geser 1 cm, ø baut tarik 1.4 cm dan yang digunakan yaitu ø 1.4 cm.

Perhitungan Analisa Biaya

Analisis biaya konstruksi adalah proses penilaian dan perhitungan yang dilakukan untuk menentukan estimasi biaya total yang diperlukan untuk melaksanakan suatu proyek konstruksi. Tujuan utama dari analisis biaya konstruksi adalah memberikan gambaran yang akurat tentang seberapa besar investasi yang diperlukan untuk dalam hal ini yaitu pekerjaan bekisting modular. Berikut adalah tabel analisa biaya untuk pekerjaan bekisting.

Tabel 5. Analisa biaya

Item	Jumlah	Harga
Harga Baja	7700	Rupiah/kg
Harga Multiflex Phenolix	290000	Rupiah/Lembar
	97420	Rupiah/m^2
Harga Baut M6	344	Rupiah/Buah
Harga Baut M8	1692	Rupiah/Buah
Harga Bos	3600	Rupiah/Buah
Harga Tie rod	40000	Rupiah/Buah(6 m)
	10000	Rupiah/Buah(1,5 m)
Jasa Besi	10500	Rupiah/kg
Jasa Pemasangan	14240	Rupiah/m^2
Baut Sekrup	200	Rupiah/Buah

Harga Pekerjaan Bekisting Konvensional			
Barang	Jumlah	Satuan	Harga
Profil UNP	84	batang	Rp. 33.491.304
Multiflex Phenolix	100	lembar	Rp. 29.000.000
Sekrup	534	buah	Rp. 106.800
Tie rod	300	buah	Rp. 3.000.000
Jasa	96	m^2	Rp. 1.367.040
Total			Rp. 66.965.144

Harga 1 Modul			
Barang	Jumlah	Satuan	Harga
Profil Siku	4	kg	Rp. 30.800
Profil UNP	0,4	kg	Rp. 3.080
Multiflex Pheno	0,16	m^2	Rp. 15.587
Baut M6	15	buah	Rp. 5.160
Baut M8	1	buah	Rp. 1.692
Bos	1	buah	Rp. 3.600
Tie rod	2	buah	Rp. 20.000
Jasa	4,4	kg	Rp. 46.200
Total			Rp. 126.119

Harga Pekerjaan			
Barang	Jumlah	Satuan	Harga
Modul	600	buah	Rp. 75.671.525
Jasa	96	m^2	Rp. 1.367.040
Total			Rp. 77.038.565

Berdasarkan tabel analisa biaya diatas, Harga awal bekisting modular lebih mahal dibanding bekisting konvensional, namun untuk pekerjaan berikutnya bekisting modular hanya membutuhkan perbaikan sheating sehingga jauh lebih murah.

Analisa Mutu

Secara keseluruhan, penggunaan bekisting modular memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi dan keberhasilan proyek konstruksi. Fokus pada presisi dalam desain dan pemasangan membantu mengurangi plin serta memastikan sambungan yang rapat, menciptakan fondasi yang kuat. Fleksibilitas sheating yang mudah diganti memberikan keunggulan tambahan dalam perawatan dan penyesuaian. Penerapan overlap pada struktur tidak hanya menjamin kekompakan

sambungan, tetapi juga menambah stabilitas keseluruhan. Kemudahan memonitor dan mengendalikan kekuatan bekisting sesuai perhitungan menunjukkan pengawasan yang efektif selama proses konstruksi. Kualitas pemasangan menjadi poin kritis, dengan kemampuan untuk divisualisasikan dan keharusan untuk pemasangan yang rapi sesuai dengan ukuran modul yang telah ditetapkan. Sifat kekuatan yang dihasilkan oleh bekisting tidak hanya menciptakan keamanan, tetapi juga memberikan fondasi kokoh untuk struktur. Kelebihan lainnya adalah pemasangan yang relatif mudah, memungkinkan pekerja tanpa pengalaman menggunakan alat berat untuk melaksanakannya dengan efisien. Dengan demikian, penggunaan bekisting modern tidak hanya memberikan hasil akhir yang kuat dan kokoh, tetapi juga memberikan kemudahan dan efisiensi dalam proses konstruksi.

Analisis SWOT

Dalam menganalisis kekuatan (*Strength*) dari sistem ini, dapat disimpulkan bahwa kualitas dapat dikendalikan dengan lebih mudah, memberikan jaminan terhadap hasil akhir yang baik. Kelebihan lainnya termasuk kemudahan dalam proses perakitan dan mobilisasi, mempercepat dan menyederhanakan tahap-tahap konstruksi.

Di sisi lain, terdapat kelemahan (*Weakness*) yang perlu diperhatikan. Pekerjaan dengan sistem ini bisa menjadi lebih kompleks, dan dimensi terbatas oleh profil yang tersedia di pasar. Selain itu, ketersediaan parts mungkin menjadi tantangan, terutama di wilayah-wilayah tertentu.

Dalam melihat peluang (*Opportunity*), sistem ini dapat digunakan untuk berbagai proyek atau pekerjaan lain, menunjukkan fleksibilitasnya. Kemampuan untuk memperkirakan dengan baik kelebihan dan kekurangan modul juga membuka peluang untuk penyesuaian yang lebih baik. Selain itu, sistem ini dapat mengurangi dampak muai susut oleh cuaca, memberikan keleluasaan dalam berbagai kondisi lingkungan.

Namun, perlu diwaspadai potensi ancaman (*Threat*) yang mungkin muncul. Risiko kehilangan parts, terutama karena ukurannya yang kecil dan jumlahnya yang banyak, dapat menjadi masalah potensial. Ketidakmampuan bahan untuk tahan korosi dan pemasangan besi yang tidak presisi juga merupakan faktor yang perlu diperhitungkan dalam menghadapi risiko.

Pembahasan

Penggunaan bekisting modular dalam transformasi proyek konstruksi telah menjadi inovasi yang signifikan dalam industri konstruksi. Bekisting modular adalah sistem yang terdiri dari modul-modul yang dapat dirakit dan dirancang untuk memudahkan proses pembangunan. Berikut adalah beberapa aspek yang perlu dibahas terkait dengan penggunaan bekisting modular dalam transformasi proyek konstruksi (1) Efisiensi Konstruksi: Penggunaan bekisting modular membawa efisiensi dalam proses konstruksi. Modul-modul yang dapat dirakit dengan mudah memungkinkan pengerjaan yang lebih cepat dan presisi. Hal ini mengurangi waktu pengerjaan proyek secara keseluruhan. (2) Fleksibilitas Desain: Sistem bekisting modular memberikan fleksibilitas dalam desain struktur. Dengan modul-modul yang dapat disesuaikan, proyek konstruksi dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dan spesifikasi tertentu. (3) Biaya dan Waktu: Meskipun biaya awal penggunaan bekisting modular mungkin lebih tinggi, namun efisiensi dalam konstruksi dan waktu yang lebih singkat dapat mengurangi biaya secara keseluruhan. Pengurangan waktu konstruksi juga dapat membawa keuntungan finansial dengan lebih cepatnya penyelesaian proyek.

(4) Kualitas dan Presisi: Bekisting modular memberikan kontrol yang lebih baik terhadap kualitas hasil akhir. Presisi dalam perakitan modul-modul dapat menghasilkan struktur yang lebih akurat dan kokoh (5) Keberlanjutan: Penggunaan bekisting modular juga dapat mendukung prinsip keberlanjutan dalam konstruksi. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan modul modular dapat dirancang untuk ramah lingkungan, dan efisiensi konstruksi dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan. (6) Kemudahan Perawatan dan Perbaikan: Bekisting modular umumnya lebih mudah dirawat dan diperbaiki. Pada tahap selanjutnya proyek, perbaikan yang diperlukan mungkin hanya terbatas pada beberapa bagian tertentu, mengurangi biaya perawatan keseluruhan. (7) Adaptasi pada Proyek Skala Besar: Bekisting modular sangat cocok untuk proyek konstruksi skala besar. Dengan kemampuannya untuk diubah dan disesuaikan, sistem ini dapat menangani proyek-proyek dengan kompleksitas dan skala yang lebih besar. (8) Integrasi Teknologi**:** Penggunaan bekisting modular dapat diintegrasikan dengan teknologi modern seperti Building Information Modeling (BIM) untuk perencanaan yang lebih baik dan koordinasi proyek yang lebih efisien [7] [8].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah di bahas, meskipun pekerjaan bekisting sistem modular menunjukkan harga awal yang lebih tinggi, mencapai total sebesar Rp. 77.038.564, dibandingkan dengan pekerjaan konvensional yang memiliki biaya awal sebesar Rp. 66.965.144,, namun perlu dicatat bahwa untuk pekerjaan selanjutnya, bekisting modular hanya memerlukan perbaikan pada sheating, sehingga biayanya jauh lebih terjangkau dibandingkan dengan bekisting konvensional yang mungkin memerlukan perawatan lebih intensif, dengan hal ini meskipun terjadi peningkatan biaya pada tahap awal, bekisting modular memiliki potensi untuk menghemat biaya secara signifikan dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. P. Nanda, M. Kurniawati, And S. Riswanto, "Penggunaan Metode Project Evaluation Review Technique (Pert) Dalam Evaluasi Perencanaan Penjadwalan Proyek," *Jurnal Teknik Sipil*, Pp. 163–173, Oct. 2023, Doi: 10.24002/Jts.V17i3.7181.

[2] H. S. Pratama, R. K. Anggraeini, A. Hidayat, And R. R. Khasani, "Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem, Dan Sistem (Peri) Pada Kolom Gedung Bertingkat," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 1, Pp. 303–313, 2017, [Online]. Available: Http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jktstelp.:

[3] A. Rafik And R. F. Cahyani, "Tinjauan Perbandingan Biaya Penggunaan Bekisting Kolom Kayu, Plywood Dan Sistem Peri (Peri Lico)," 2017.

[4] H. Priyono *Et Al.*, "Efektivitas Tunnel Borring Machine (Tbm) Tipe Earth Pressure Balance (Epb) Dalam Pelaksanaan Proyek Mrt Jakarta Fase 2a Cp 201 Monas-Harmnoni," 2023.

[5] W. I. Ervianto, "Potensi Penggunaan Sistem Modular Pada Proyek Konstruksi," *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 8, No. 2, Pp. 170–183, 2008.

[6] M. P. Nanda, S. Riswanto, And M. Kurniawati, "Metode Paired Comparison Pada Pekerjaan Pondasi Bangunan Gedung Dengan Pendekatan Studi Value Engineering (Ve)," *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, Pp. 449–456, May 2023, Doi: 10.24912/Jmts.V6i2.23387.

[7] W. Li, X. Lin, D. W. Bao, And Y. Min Xie, "A Review Of Formwork Systems For Modern Concrete Construction," *Structures*, Vol. 38, Pp. 52–63, Apr. 2022, Doi: 10.1016/J.Istruc.2022.01.089.

[8] O. Kontovourkis And P. Konatzii, "Environmental And Cost Assessment Of Customized Modular Wall Components Production Based On An Adaptive Formwork Casting Mechanism: An Experimental Study," *J Clean Prod*, Vol. 286, P. 125380, Mar. 2021, Doi: 10.1016/J.Jclepro.2020.125380.