

ANALISIS KEKUATAN ALAT PEMBENTUK UNTUK DINDING PANEL PRA-CETAK

Sukarman¹, Ega Edistria²
Jurusan Teknik Sipil^{1,2}
Politeknik Negeri Jakarta^{1,2}

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia Depok 16425
sukarman@sipil.pnj.ac.id¹, ega.edistria@sipil.pnj.ac.id²

Abstrak

Dinding merupakan salah satu komponen non-struktural yang berfungsi sebagai pembatas antar-ruang dalam sebuah bangunan. Pembuatan dinding secara konvensional sering membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang relatif tinggi, terutama dalam proyek skala besar. Seiring perkembangan teknologi konstruksi, inovasi beton *precast* telah memungkinkan produksi panel dinding yang lebih efisien, baik dari segi waktu maupun biaya. Penggunaan panel *precast* dapat mempercepat proses pembangunan dan mengurangi limbah material. Meskipun demikian, inovasi dalam pembuatan alat cetak panel *precast* masih sangat terbatas. Alat cetak yang tersedia saat ini umumnya memiliki desain yang kurang fleksibel dan tidak mampu menghasilkan berbagai motif sesuai kebutuhan pasar. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara khusus mengembangkan alat cetak yang memenuhi standar kekuatan sekaligus memberikan variasi desain yang lebih luas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat cetak panel *precast* yang memenuhi standar kekuatan, memiliki fleksibilitas desain, serta mampu menjawab kebutuhan pasar akan variasi bentuk dan motif panel. Tahapan penelitian meliputi: Studi literatur mengenai alat cetak panel beton *precast*, Perancangan desain alat cetak dengan mempertimbangkan aspek kekuatan dan fleksibilitas, Analisis kekuatan alat cetak untuk memastikan keandalan dan keamanan, Proses pembuatan alat cetak serta uji coba untuk menilai kualitas hasil produksi. Dengan penelitian ini, diharapkan tercipta inovasi alat cetak panel *precast* yang lebih efisien dan bernilai ekonomis tinggi.

Kata kunci: alat cetak; dinding panel pracetak; analisis kekuatan

Abstract

Walls are one of the non-structural components that function as space dividers in a building. Conventional wall construction often requires a long time and relatively high cost, especially in large-scale projects. Along with the development of construction technology, precast concrete innovations have enabled the production of wall panels that are more efficient, both in terms of time and cost. The use of precast panels can speed up the construction process and reduce material waste. However, innovation in the manufacture of precast panel molding tools is still very limited. Currently available molding tools generally have a less flexible design and are not able to produce various motifs according to market needs. In addition, not many studies have specifically developed molding tools that meet strength standards while providing a wider variety of designs. This research aims to design a precast panel molding tool that meets strength standards, has design flexibility, and is able to answer market needs for variations in panel shapes and motifs. The research stages include: Literature study on precast concrete panel molding tools, Design of molding tools by considering aspects of strength and flexibility, Strength analysis of molding tools to ensure reliability and safety, Molding process and trials to assess the quality of production results. With this research, it is expected to create an innovative precast panel molding tool that is more efficient and has high economic value.

Keywords: molding; precast panel walls, strength analysis

I. PENDAHULUAN

Dinding adalah elemen arsitektural atau non-struktural dari suatu bangunan yang terpasang secara vertikal. Fungsi dinding sangat beragam, mulai dari menjadi pemisah antar ruangan, peredam suara, pelindung dari sinar radiasi, hingga memberikan nilai estetika pada bangunan (Irdawanto & Puro, 2024). Dinding biasanya terbuat dari material seperti bata, batako, atau bata ringan (Agustinus Dkk, 2023). Namun, penggunaan material tersebut seringkali membutuhkan biaya dan waktu yang banyak (Suryapratama Dkk, 2024), (Erico, 2021). Sebagai alternatif, kini terdapat dinding panel yang merupakan hasil inovasi teknologi dalam material bangunan, yaitu beton *precast*. Beton tersebut dicetak dengan ukuran tertentu sesuai kebutuhan aplikasi, sehingga mampu menghemat biaya dan mempercepat proses pembangunan karena proses produksi praktek ini dapat dilakukan di pabrik atau di lokasi pembangunan (*site*) (Koesoemo Dkk, 2023). Dinding pracetak berfungsi sama seperti dinding konvensional. *Material properties* dinding tersebut hampir sama dengan beton konvensional, yakni terdiri: air, semen, pasir, kerikil, dan dilengkapi dengan baja tulangan. Beton *precast* memiliki beberapa kelebihan, antara lain: 1) penghematan bekisting, 2) hasil presisi, 3) lebih praktis, 4) pemasangan yang cepat, 5) tidak terpengaruh oleh cuaca, dan 6) lebih ramah lingkungan. Meski demikian, terdapat pula beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan, seperti: 1) biaya transportasi yang cukup tinggi, 2) memerlukan alat angkut, dan 3) adanya tantangan teknis dalam pemasangan. Menurut Priastiwati Dkk (2022), salah satu keuntungan utama penggunaan *precast* dalam konstruksi adalah kemampuannya untuk diproduksi dengan cara per segmen, yang memungkinkan proses pembuatannya melalui fabrikasi. Dengan metode ini, kualitas material dapat lebih terjaga atau terjamin. Selain itu sistem struktur pracetak menjadi pilihan teknologi yang dapat meningkatkan pengendalian konstruksi yang ada di Indonesia, serta mendukung efisiensi waktu, energi, dan kelestarian lingkungan (Arman Dkk, 2025); (Danil, 2024); (Aditama Dkk, 2021).

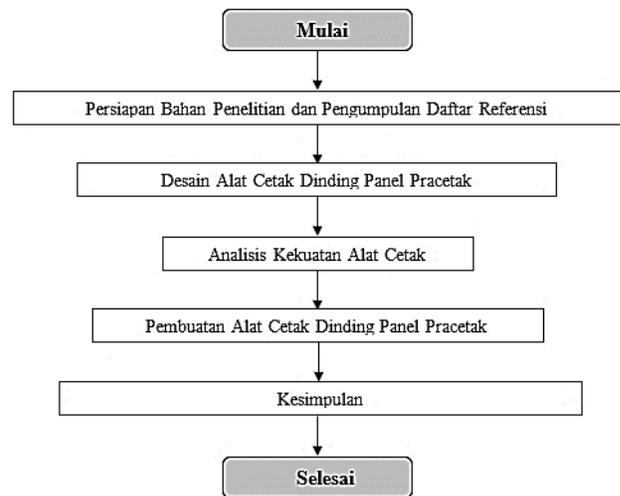
Alat cetak panel dinding pracetak merupakan perangkat atau sistem yang digunakan dalam proses pembuatan panel dinding pracetak. Beberapa alat cetak yang umumnya digunakan dalam industri pracetak untuk menciptakan panel dinding pracetak antara lain: Papan Cetakan (*Formwork*); Mesin Pencetak (*Cast*

Machine); Peralatan Vibrasi; Alat Pemotong dan Penyusun; Alat Pengangkut dan Pemindahan; Sistem Pemadatan dan Perataan; Alat Pemisah Cetakan (*Release Agents*); Alat Perekat dan Penyambung (*Jointing Tools*); Peralatan Pengujian Kualitas.

Pengecekan kekuatan alat cetak beton pracetak sangat penting dalam proses produksi untuk memastikan bahwa panel beton yang dihasilkan memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan. Dengan memastikan kekuatan alat cetak beton pracetak, produsen dapat meminimalkan risiko cacat produksi, meningkatkan efisiensi, dan menghasilkan produk akhir yang memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ditetapkan.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dimulai dengan mempersiapkan alat, bahan, dan daftar referensi, diikuti dengan desain alat cetak dinding panel pracetak serta analisis kekuatan alat cetak tersebut. Selanjutnya, dilakukan pembuatan alat cetak dinding panel pracetak. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Secara umum detail dari setiap kegiatan penelitian ini antara lain:

1. Persiapan Bahan Penelitian dan Pengumpulan Daftar Referensi
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi yang relevan dengan topik

penelitian, seperti teori tentang panel pracetak, teknik pencetakan beton, material yang digunakan, serta studi literatur terkait desain alat cetak. Data yang dikumpulkan digunakan sebagai dasar perencanaan dan pengambilan keputusan dalam proses desain dan pembuatan alat.

2. **Desain Alat Cetak Dinding Panel Pracetak**
Berdasarkan data dan referensi yang telah dikumpulkan, dilakukan proses perancangan alat cetak panel pracetak. Desain mempertimbangkan ukuran produk yang akan dihasilkan (5 cm x 50 cm x 240 cm), efisiensi proses produksi (mencetak 3 panel sekaligus), serta material utama seperti baja hollow dan plat pembatas.
3. **Analisis Kekuatan Alat Cetak**
Setelah desain selesai, dilakukan analisis kekuatan terhadap alat cetak, termasuk pengujian atau simulasi untuk memastikan alat mampu menahan beban saat pengecoran beton, baik beban hidrostatis maupun beban dinamis. Tujuannya untuk memastikan alat aman digunakan dalam proses produksi.
4. **Pembuatan Alat Cetak Dinding Panel Pracetak**
Berdasarkan desain dan hasil analisis kekuatan, alat cetak kemudian dibuat secara fisik menggunakan material yang telah direncanakan. Tahap ini melibatkan proses fabrikasi dan perakitan alat sesuai spesifikasi teknis.
5. **Kesimpulan**
Pada tahap akhir, dilakukan evaluasi hasil penelitian dan pembuatan alat. Disusun kesimpulan mengenai keberhasilan desain, efektivitas alat, serta kemungkinan pengembangan lebih lanjut. Evaluasi juga dapat mencakup efisiensi produksi dan potensi penerapan alat dalam skala industri.

III. ANALISIS DATA & PEMBAHASAN

III.1 Dasar Pemikiran Alat Cetak Dinding Panel Pracetak (*precast*)

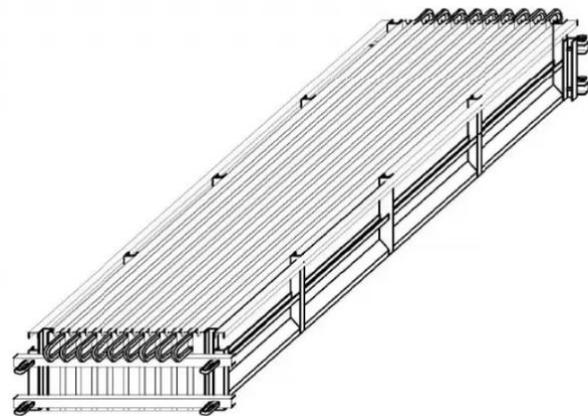
Cetakan beton, yang lebih umum dikenal sebagai bekisting, struktur sementara yang berfungsi untuk menopang beton saat proses pencetakan dan pembentukan berlangsung mengacu dengan desain yang diinginkan (Setiawan Dkk, 2023). Bekisting yang berkualitas menawarkan sejumlah keuntungan dalam

sistem penggunaannya, antara lain kecepatan pemasangan sekaligus pembongkaran, penghematan biaya untuk *reuse*, serta rendahnya biaya tenaga kerja (Guspardi Dkk, 2022).

Menurut PT. Cakracon Semesta pada tahun 2015, pagar beton dirancang untuk meningkatkan pengamanan lingkungan. Pagar ini dapat diterapkan di berbagai area, seperti kawasan industri, perumahan umum, pabrik, dsb. Pagar *precast* terdiri dari segmen panel dan segmen tiang beton, dengan ukuran panel tersebut 5x40x240 cm, selanjutnya pada segmen tiang berukuran antara 17x18x210 - 400 cm (terlihat pada Gambar 2 dan 3).



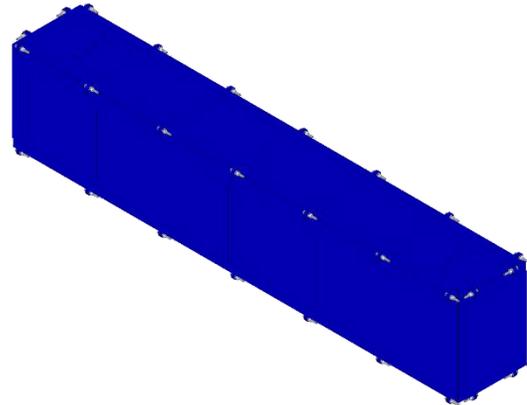
Gambar 2. Pagar Panel Sistem *Knock Down*



Gambar 3. Alat cetak panel pracetak

Sistem bekisting modern menawarkan sejumlah keuntungan signifikan daripada bekisting kayu tradisional, terutama dalam hal kecepatan dan efisiensi biaya. Frame baja yang digunakan dalam sistem ini hampir tidak dapat dihancurkan, sehingga dapat digunakan kembali berkali-kali. Sementara itu, bekisting kayu biasanya perlu diganti setelah beberapa

kali pemakaian. Dalam kondisi terbaik, penggunaan bekisting baja tersebut dapat mencapai kondisi optimum, tergantung pada perawatan dan aplikasinya. Inovasi produk dalam sektor ini terus berkembang, meskipun tidak semua produk diterima dengan baik konsumen. Produk yang sesuai dengan harapan konsumen yang banyak diminati (Rohman Dkk, 2021). Oleh karena itu, perlu ada inovasi dalam pembuatan cetakan dinding panel pracetak yang aman terhadap beban kerja dan memudahkan proses pencetakannya. Istiatun Dkk (2023), melakukan penelitian pada beton GRC untuk dinding arsitektur, cetakan dibuat dengan 3 motif dan penggunaan serat kaca.

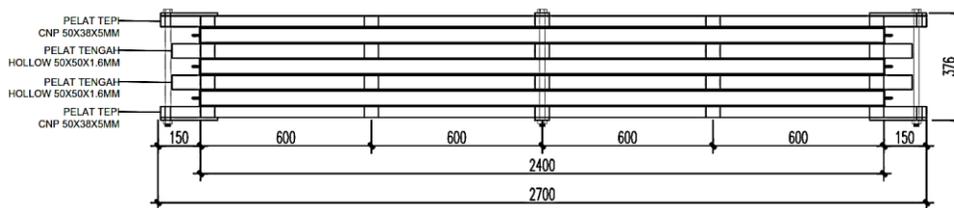


Gambar 4. Desain Alat Cetak Panel Pracetak (Sukarman Dkk, 2023)

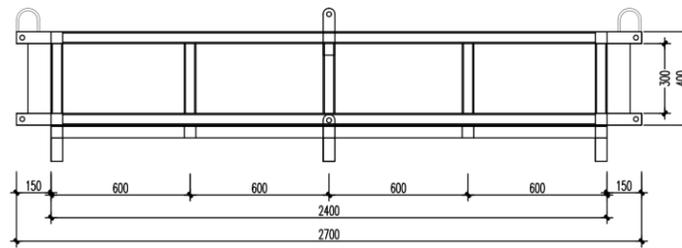
III.2 Desain Alat Cetak Panel Dinding Pracetak

Perancangan dimensi panel dinding pracetak (*precast*) didasarkan pada SNI-7833-2012 tentang perancangan struktur beton pracetak dan prategang untuk bangunan gedung. Setelah itu alat cetak panel dinding pracetak didesain atau dimodelkan secara 3D menggunakan *software* Revit. Desain alat cetak tersebut terlihat pada Gambar 4.

Material yang dipakai untuk cetakan panel dinding pracetak (*precast*) meliputi: 1) rangka utama penyusun alat cetak (Hollow 50x50x0,5 mm); 2) rangka plat tepi (CNP 50x38x5 mm); 3) rangka plat tengah (CNP 500x38x5 mm); 4) plat landasan, tepi, dan tengah tebal 5 mm; 5) baut pengunci (M19 panjang 45 cm); 6) baut pengunci (M15 panjang 5 cm). Sementara untuk detail alat cetak dinding panel pracetak (*precast*) dapat terlihat pada Gambar 5 sd 9.

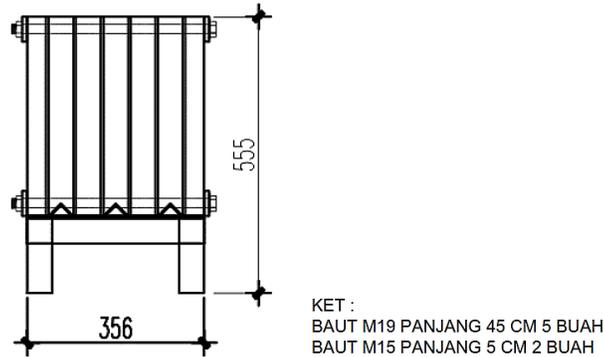


Gambar 5. Tampak Atas Cetakan

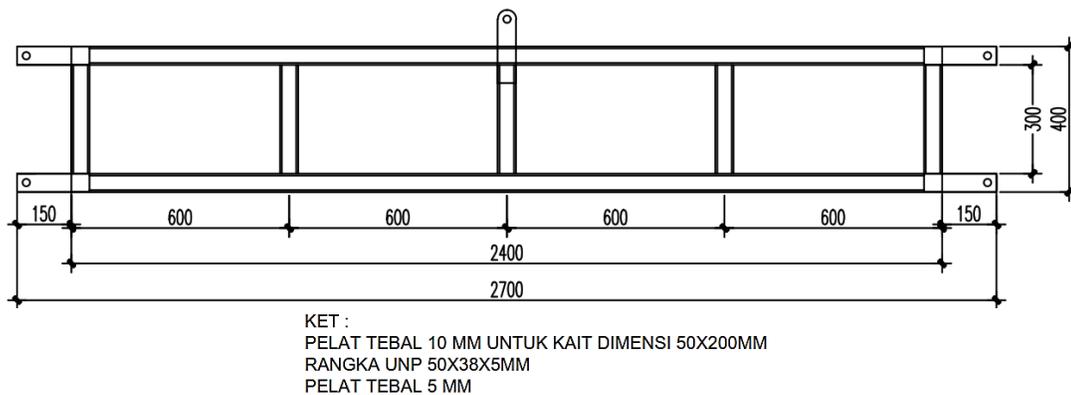


KET :
RANGKA UNP 50X38X5MM (PELAT TEPI)
RANGKA HOLLOW 50X50X1,6 (PELAT TENGAH DAN LANDASAN)
PELAT TEBAL 5 MM
PELAT TEBAL 10 MM UNTUK KAIT DIMENSI 50X200MM

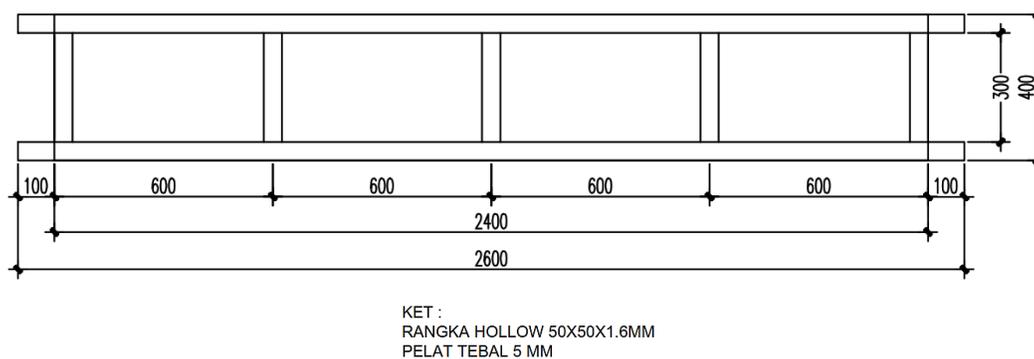
Gambar 6. Tampak Depan Cetakan



Gambar 7. Tampak Samping Cetakan



Gambar 8. Detail Plat Tepi Cetakan



Gambar 9. Detail Plat Tengah Cetakan

III.3 Analisis Kekuatan Alat Cetak Panel Dinding Pracetak

1. Data Umum

Panjang cetakan (L) = 240 cm = 2,4 m
Lebar cetakan (B) = 50 cm = 0,5 m

Tebal beton (H) = 5 cm = 0,05 m
Berat jenis beton (γ) = 2400 kg/m³
Gravitasi (g) = 9,81 m/s²

2. Volume dan Berat Beton

Volume panel beton (v) = $3 \times L \times B \times H = 0,18 \text{ m}^3$
Berat panel beton (w) = ($v\gamma$) = 4320 N

3. Tekanan Hidrostatik Beton

Tekanan hidrostatik (P) = $\gamma H = 1200 \text{ N/m}^2$
(1,2 kPa).

4. Gaya Tekan Total pada Cetakan (termasuk Beban Dinamik)

Gaya tekan total (F) = $P \times 3 \times L \times H = 432 \text{ N}$
Gaya tekan total dengan beban dinamik (F_{vib}) = $F \cdot 1,5 = 648 \text{ N}$ (karena selama proses pembuatan benda uji panel dinding pracetak menggunakan vibrator).

5. Analisis Material Cetakan

a). Rangka Baja Hollow

Dipilih hollow baja, ukuran $50 \times 50 \text{ mm}$, dengan tebal 1,6 mm.
Beban per meter panjang hollow (q) dihitung:
 $q = \frac{w}{p}$
 $q = 1800 \text{ N/m}$

Momen lentur maksimum untuk balok dengan tumpuan sederhana:

$$M_{\text{maks}} = \frac{q l^2}{8}$$

$$M_{\text{maks}} = 1296 \text{ Nm}$$

Tegangan lentur:

$$\sigma = \frac{M_{\text{maks}}}{Z}$$

$$\sigma = 191,7 \text{ MPa} < \sigma_{\text{izin}} = 250 \text{ MPa}, (Z = 6,76 \text{ cm}^3) > \text{Aman}$$

b). Plat Baja Sebagai Landasan

Beban yang diterima plat adalah tekanan hidrostatik total (P_p) = 1200 N/m^2 :

$$F_{\text{total}} = P_p \cdot A = 1440 \text{ N}$$

Ketebalan minimum plat baja (t) dapat dihitung dengan:

$$t = \frac{F_{\text{total}}}{\sigma_{\text{izin}} \cdot b}$$

$$t = 3,4 \text{ mm}$$

$$t_{\text{aman}} = SF \times t = 5 \text{ mm} (SF=1,5)$$

c). Baut Pengunci

Beban per baut (F_b) dihitung berdasarkan distribusi gaya total:

$$F_b = \frac{F_{\text{total}}}{n}$$

$$F_b = 720 \text{ N} (n \text{ baut dipasang } 6 \text{ buah dengan diameter } 10 \text{ mm})$$

Tegangan geser pada baut:

$$\tau_{\text{izin}} = 60\% \sigma_{\text{izin}}$$

$$\tau_{\text{izin}} = 150 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F_b}{A_b}$$

$$\tau = 9,16 \text{ MPa} < \tau_{\text{izin}} = 150 \text{ MPa} > \text{Aman}$$

III.4 Hasil Perakitan Alat Cetak Panel Dinding Pracetak

Setelah dilakukan perhitungan kekuatan alat cetak, proses berikutnya adalah proses pembuatan atau perakitan alat cetak. Hasil cetakan sebelum difinishing dapat dilihat pada Gambar 10. Sementara yang telah difinishing pada Gambar 11.



Gambar 10. Pembuatan Alat Cetak Panel Pracetak



Gambar 11. Alat Cetak Panel Pracetak

Dalam merancang alat cetak untuk panel dinding pracetak, ada beberapa poin penting yang perlu diperhatikan. Pertama, dimensi dan bentuk cetakan harus sesuai dengan spesifikasi panel agar ukuran akurat untuk pemasangan. Cetakan modular memberikan fleksibilitas untuk ukuran dan bentuk yang berbeda. Kedua, pemilihan material cetakan sangat penting. Bahan seperti baja karbon atau stainless steel adalah pilihan baik karena kuat dan tahan terhadap tekanan serta getaran. Material anti-lengket juga harus dipertimbangkan untuk mempercepat proses pelepasan panel. Ketiga, desain cetakan harus memudahkan operasi dan efisiensi produksi, termasuk pengecoran, pemadatan, dan pelepasan panel yang cepat. Cetakan sebaiknya mudah dibersihkan dan dirawat. Keempat, stabilitas dan kekuatan cetakan perlu dianalisis agar dapat menahan beban beton tanpa deformasi setelah penggunaan berulang. Kelima, desain harus mempertimbangkan detail permukaan dan variasi motif untuk hasil akhir yang rapi, sehingga mengurangi kebutuhan finishing. Terakhir, keamanan dan ergonomi juga harus menjadi fokus, agar desain alat cetak aman bagi pekerja dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Dengan menggabungkan semua aspek ini, alat cetak panel dinding pracetak dapat dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil akhir.

IV. KESIMPULAN

Pembuatan desain alat cetak dinding panel pracetak telah disesuaikan dengan kebutuhan pasar atau masyarakat. Alat cetak yang didesain berukuran 5 cm x 50 cm x 240 cm yang difungsikan untuk membuat produk 3 buah sekaligus. Material utama alat cetak panel tersebut menggunakan baja *hollow* ukuran 50x50 mm dengan ketebalan 1,6 mm. Untuk tebal plat

pembatas atau sekat yang digunakan adalah 5 mm. Alat cetak tersebut sudah diperhitungkan kekuatan dalam memikul beban yang terjadi baik akibat beban hidrostatik beton maupun beban dinamik yang terjadi. Sehingga alat cetak tersebut aman terhadap beban yang terjadi saat pembuatan produk panel pracetak (*precast*) dilakukan. Meskipun alat cetak panel pracetak telah dirancang sesuai kebutuhan pasar dan diperhitungkan kekuatannya, penelitian ini masih memiliki beberapa kekurangan, seperti belum dilakukannya uji lapangan secara luas, keterbatasan material dan dimensi, serta belum adanya analisis ekonomis dan evaluasi aspek ergonomis. Selain itu, desain alat yang hanya mencetak tiga panel sekaligus dapat membatasi fleksibilitas produksi. Sebagai solusi, disarankan untuk melakukan uji lapangan bertahap, mengembangkan desain modular yang dapat disesuaikan, menambahkan analisis biaya, memperhatikan kemudahan penggunaan oleh operator, serta menyediakan variasi kapasitas produksi guna menjangkau lebih banyak pasar.

REFERENSI

- Agustinus, E. & Widodo, K. (2023). Analisis Efektifitas Penggunaan Bata Ringan Sebagai Pengganti Bata Merah Pada Konstruksi Gedung Bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(3), 595-600. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i3.23033>.
- Irdawanto, M., & Puro, S. (2024). Efektifitas Fasad Pada Masjid Al-Mi'raj Rest Area Tol Cipularang Dalam Mereduksi Bising. *Vitruvian*, 105-108. <http://dx.doi.org/10.22441/vitruvian.2024.v14i1.04>.
- Suryapratama, R. Y., Purnomo, A., & Berliana, R. (2024). Analisa Perbandingan Pekerjaan Dinding Menggunakan Panel Precast dengan Konvensional dari Segi Kualitas, Waktu serta Biaya. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 4547-4556. <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.13081>.
- Erico, C.P. & Farlin. R. (2021). Perbandingan Pelaksanaan Dinding Precast Dengan Dinding Konvensional Ditinjau Dari Segi Waktu, Biaya Dan Kualitas. Vol 3 No 2 (2021): Bina Darma Conference of Engineering Science.
- Koesoema, H., Kushartono, W., & Prabowo, A. (2023). Analisis Penggunaan Beton Pracetak

- Di Proyek Pembangunan Mall Xyz Kota Wisata. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Vol. 6, No. 2, Mei 2023: hlm 407-414.
- Priastiwi, Y. A., Nurhuda, I., & Antonio, E. (2022). Studi Eksperimental Jumlah Segmen terhadap Kekuatan dan Kekakuan Pelat Lantai Beton Segmental. *TEKNIK*, 43(2), 124-130. <https://doi.org/10.14710/teknik.v43i2.45292>.
- Arman, U., Sari, A., & Chairi, M. (2025). Prosedur Pengendalian Mutu Struktur Beton Teknologi Precast Pembangunan Rumah Susun Sumatera Barat. *JURNAL RIVET*, 4(02), 66-72. <https://doi.org/10.47233/rivet.v4i02.1789>.
- Danil, R. (2024). Peningkatan Kinerja Waktu Dan Biaya Dengan Integrasi Metode Penjadwalan Dan Building Information Modeling (Bim) Pada Pekerjaan Struktur Pracetak Bangunan Gedung. *Jurnal Menara*, 12(1), 68-90. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/JurnalMenara/article/view/1078/2720>.
- Aditama, V., Indra, S., dan Priskasari, E. (2021). Panel Beton Pracetak Untuk Elemen Struktur Rumah 2 Lantai. *Jurnal Infomanpro*, 10(2), 107-119. <https://doi.org/10.36040/infomanpro.v10i2.4465>.
- Anugerahanto, K., & Adistana, G.A.Y.P. (2021). Perbandingan Pelaksanaan Pekerjaan Dinding Precast Dan Dinding Konvensional Pada Konstruksi High Rise Building Ditinjau Dari Segi Waktu Dan Biaya. *Jurnal Rekats*, 9(4), 1-9. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/43604>.
- Setiawan, Y., Fricilia, M., & Suripto. (2023). Pembuatan Cetakan U-Ditch Pracetak Beton Dalam Mendukung Pembelajaran Praktik. *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 2, 581–588. Retrieved from <https://prosiding.pnj.ac.id/sniv/article/view/446>.
- Guspari, O., Mafriyal, Hidayati, R., Mirani, Z., & Amelia, P.W. (2022). Analisis Perbandingan Biaya Pekerjaan Bekisting Konvensional dan Bekisting Sistem Pada Bangunan Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Laboratorium Terpadu IAIN Bukittinggi). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 19(1), 68-76. <https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/article/view/740>.
- Rohman, M.A., Wibowo, M.A., & Nuroji. (2021). Kajian Perbandingan Pengaruh Penggunaan Dinding Precast Dengan Dinding Konvensional Pada Proyek Cordova Semarang. *Wahana TEKNIK SIPIL*, 26(2), 1-10. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v26i1.2643>.
- Istiatun, Mulya, E. S., Rinawati, & Suripto. (2023). Pembuatan Cetakan Motif Dan Dinding Beton GRC Untuk Mendukung Problem Based Learning. *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 2, 257–262. Retrieved from <https://prosiding.pnj.ac.id/sniv/article/view/387>.
- Badan Standar Nasional (2012). SNI 7833:2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Sukarman, Edistria, E., Gufron, M., & Akmal Almatiin, H. (2023). Inovasi Alat Cetak Dinding Panel Pracetak Untuk Mendukung Problem Based Learning (PBL) Prodi D4 TKG. *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 2, 189–195. Retrieved from <https://prosiding.pnj.ac.id/sniv/article/view/447>.