

Integrasi Teknologi Beton Pracetak pada Bangunan Fitness Center Polimdo Sebagai Sarana Edukasi yang Inovatif

Minahasa Pangalila¹, Junifer Mantiri², Gabriela Watak³ Stefani Switly Peginusa⁴

Kontruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ^{1,2,3,4}

E-mail: syulitarypangalila@gmail.com

Abstrak

Bangunan pendidikan modern memerlukan pendekatan konstruksi yang efisien dan inovatif. Penelitian ini mengkaji integrasi teknologi beton pracetak pada bangunan Fitness Center POLIMDO sebagai sarana edukatif yang modern. Pemilihan topik ini didasari oleh kebutuhan percepatan pembangunan infrastruktur kampus yang berkualitas tinggi namun efisien dalam waktu dan biaya. Metode penelitian meliputi studi literatur, analisis desain struktur menggunakan perangkat lunak ETABS, serta estimasi biaya dan waktu pemasangan elemen kolom dan balok pracetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan beton pracetak mampu mempercepat proses konstruksi dan mengurangi total biaya dibandingkan metode konvensional. Biaya total pekerjaan struktur utama tercatat sebesar Rp69.627.285,00, dengan estimasi waktu pemasangan kolom dan balok pracetak selama 9,95 hari kerja. Struktur bangunan juga dinyatakan aman terhadap beban gempa dengan simpangan antar lantai yang memenuhi batas standar SNI. Desain modular tanpa finishing atau dengan konsep industrialis turut memperkuat nilai edukatif proyek ini sebagai media pembelajaran konstruksi modern. Dengan demikian, penggunaan beton pracetak terbukti efektif secara teknis, ekonomis, dan edukatif dalam pengembangan fasilitas kampus.

Kata kunci — Beton, Center, Fitness, Inovatif, Pracetak.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi dalam satu dekade terakhir telah menunjukkan pergeseran signifikan dari metode konvensional menuju sistem pracetak (precast concrete), yang dikenal memiliki keunggulan dalam kecepatan pelaksanaan, kualitas struktur, dan efisiensi biaya (Rao, 2018; Suparno & Wijaya, 2019). Seiring dengan tuntutan peningkatan infrastruktur pendidikan yang adaptif dan modern, penerapan beton pracetak menjadi solusi strategis dalam pembangunan fasilitas kampus, termasuk bangunan fitness center yang dirancang tidak hanya sebagai sarana olahraga tetapi juga sebagai media pembelajaran langsung (*experiential learning*) bagi mahasiswa vokasi teknik sipil.

Di lingkungan POLIMDO, kebutuhan akan fasilitas pendukung kesehatan mental dan jasmani mahasiswa semakin mendesak. Hasil penelitian Astutik et al. (2020) dan laporan internal Medical Center (2019) mengungkapkan bahwa tekanan akademik yang tinggi berdampak pada meningkatnya tingkat stres dan kecemasan di kalangan mahasiswa. Studi Rahayu & Lestari (2021) menegaskan bahwa keberadaan sarana olahraga terintegrasi dalam kawasan kampus berkontribusi positif terhadap kondisi psikologis dan performa akademik mahasiswa. Oleh karena itu, pembangunan fitness center yang memadukan fungsi edukatif dan kesehatan menjadi langkah progresif yang selaras dengan semangat pendidikan vokasi.

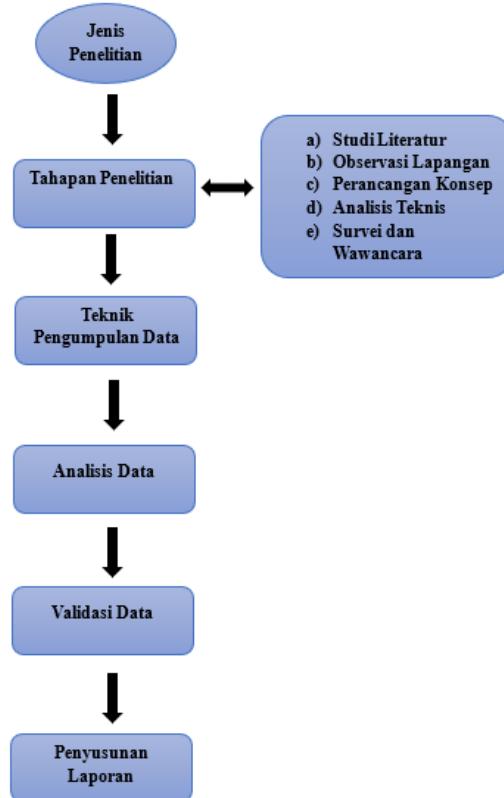
Penelitian ini memfokuskan pada pengintegrasian elemen beton pracetak sebagai komponen utama dalam perencanaan struktur bangunan fitness center di lingkungan POLIMDO. Originalitas penelitian ini terletak pada pendekatan dual-fungsi, yaitu menjadikan struktur pracetak tidak hanya sebagai elemen konstruksi, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran visual yang terekspos dan dapat diobservasi langsung oleh mahasiswa. Selain itu, kajian ini turut menganalisis efisiensi biaya dan waktu konstruksi dibandingkan dengan metode konvensional, serta potensi pengembangan desain modular sebagai respons terhadap kebutuhan bangunan berkelanjutan (Prakoso et al., 2011; Nurhayati et al., 2023).

Secara teoritis, penelitian ini berlandaskan pada konsep efisiensi teknologi konstruksi (Neville, 2011; Kosmatka et al., 2002) dan teori pembelajaran berbasis praktik (*constructivist experiential learning*) yang mendorong partisipasi aktif mahasiswa dalam memahami proses konstruksi secara langsung. Hasil penelitian sebelumnya oleh Vidjeapriya & Jaya (2018) menunjukkan bahwa desain struktur modular dengan sistem pracetak memberikan fleksibilitas dalam pengembangan ruang dan mempermudah proses instalasi di lapangan.

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah: (1) menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis penggunaan beton pracetak pada struktur kolom dan balok bangunan fitness center; (2) mengembangkan rancangan desain yang dapat dijadikan sarana pembelajaran inovatif; serta (3) merumuskan model integrasi struktur dan fungsi edukatif yang dapat direplikasi di institusi pendidikan vokasi lainnya. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memperkuat keterkaitan antara dunia pendidikan vokasi dan praktik nyata di lapangan, serta mendorong penerapan teknologi konstruksi berkelanjutan dalam skala institusional.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menerapkan pendekatan *mixed methods* menggabungkan analisis kuantitatif untuk aspek teknis konstruksi dengan analisis kualitatif guna menangkap perspektif pengguna, terutama mahasiswa. Proses dimulai dengan studi literatur terkini mengenai beton pracetak, desain bangunan edukatif, dan manfaat aktivitas fisik bagi kesehatan mental. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan pada proyek-proyek berbasis pracetak guna mengidentifikasi keunggulan dan tantangan implementasinya, yang kemudian menjadi masukan dalam perancangan konsep *green* fitness center berarsitektur industrialis. Perancangan dituangkan dalam model 3-D menggunakan AutoCAD, sedangkan kekuatan dan stabilitas struktur dianalisis dengan ETABS; efisiensi biaya serta estimasi durasi pemasangan dihitung melalui lembar kerja Excel. Data kuantitatif (hasil simulasi struktur, biaya, dan waktu) dianalisis secara deskriptif-komparatif, sementara data kualitatif (temuan observasi, survei, dan wawancara) diolah dengan teknik tematik untuk mengekstrak pola pemahaman, preferensi, dan pengalaman pengguna. Validasi dilakukan melalui diskusi pakar konstruksi dan pengecekan silang terhadap standar SNI terkait, memastikan akurasi serta relevansi temuan. Seluruh hasil dianalisis secara integratif dan disajikan dalam laporan akhir yang bertujuan memberi panduan praktis bagi pengembangan fasilitas kampus yang modern, fungsional, ramah lingkungan, dan sekaligus menjadi sarana edukasi nyata bagi mahasiswa Teknik Sipil POLIMDO. Gambar 1 di bawah ini merupakan diagram alir yang menunjukkan langkah-langkah metode penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Denah Lokasi

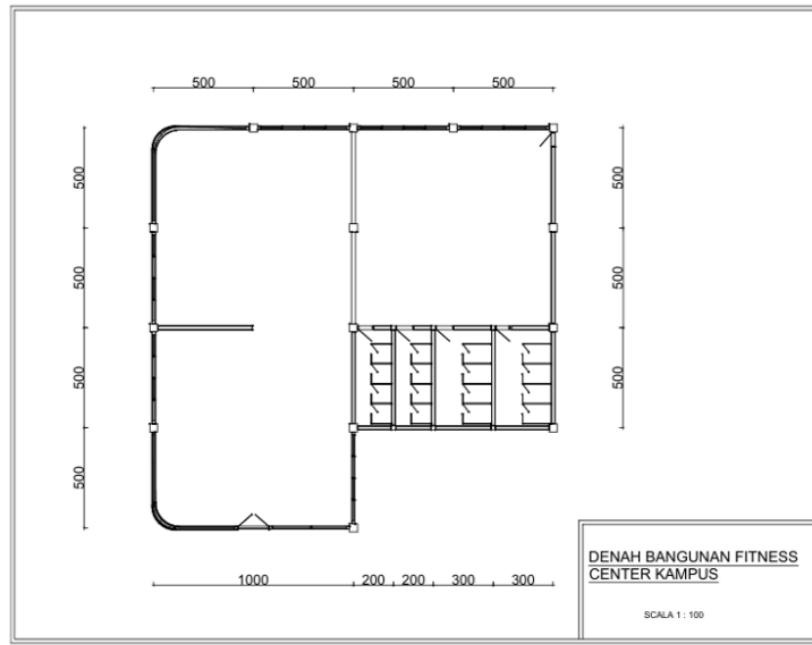
Gambar 2 dibawah ini menunjukkan denah lokasi penelitian yang terletak di samping Gedung Olahraga POLIMDO. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kriteria kesesuaian objek penelitian sesuai dengan tujuan penelitian, kemudahan akses untuk observasi lapangan serta representativitasnya terhadap implementasi teknologi beton pracetak sebagai solusi yang inovatif.



Gambar 2. Rencana Lokasi Pembangunan

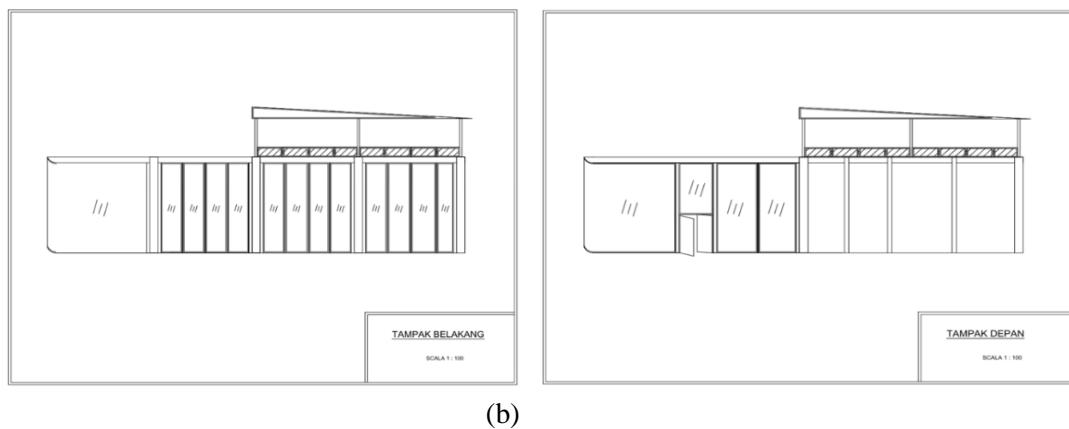
3.2. Gambar Kerja

Hasil desain bangunan Fitness Center POLIMDO mencakup beberapa komponen visual, antara lain denah, tampak depan, tampak belakang, perspektif 3D, detail elemen kolom dan balok terekspos, serta perspektif 3D dari detail tersebut. Seluruh desain ini dirancang dengan bantuan perangkat lunak AutoCAD guna menghasilkan visualisasi teknis yang akurat dan mendukung konsep edukatif berbasis observasi langsung bagi mahasiswa.



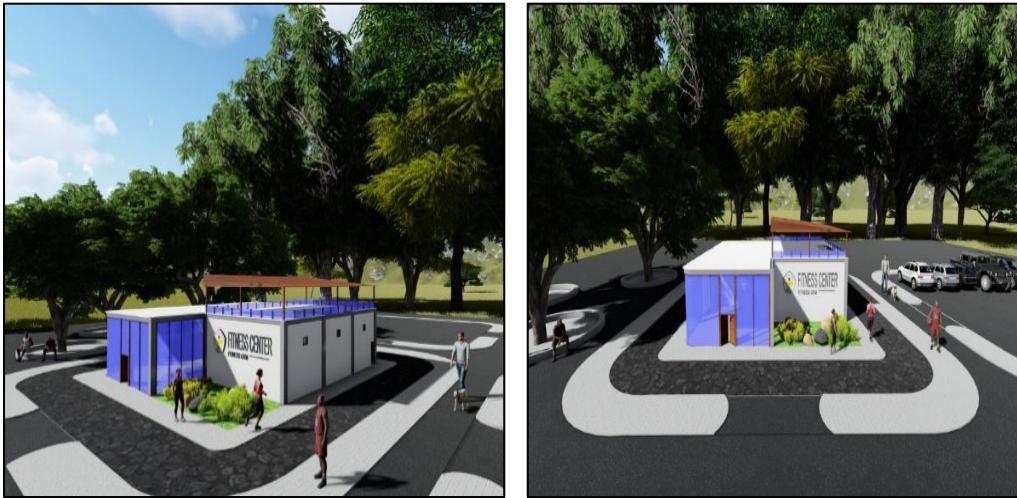
Gambar 3. Denah Bangunan Fitness Center

Pada gambar 3 menunjukkan denah bangunan *Fitness Center* POLIMDO dengan skala 1:100. Bangunan dirancang dengan modul struktural 5 meter untuk memudahkan pemasangan elemen beton pracetak. Area terdiri dari ruang olahraga utama, ruang ganti, dan koridor sirkulasi. Konsep desain menerapkan gaya industrialis dengan elemen struktur beton pracetak diekspos tanpa finishing, sehingga selain fungsional sebagai fasilitas olahraga, bangunan ini juga menjadi sarana edukatif yang memungkinkan mahasiswa mengamati langsung detail struktur secara visual dan konstruktif.



Gambar 4. Tampak Depan (a) dan Tampak Belakang (b)

Komposisi fasad bangunan dengan penggunaan kaca besar di bagian tengah yang ditujukan pada gambar (a) sebagai akses utama dan pencahayaan alami. Desain ini mengusung konsep industrial tanpa finishing, menonjolkan elemen struktural seperti kolom pracetak yang terekspos. Konsep modul-modul struktur beton pracetak yang tersusun berulang secara simetris pada gambar (b) yang menunjukkan bukaan jendela vertikal di tiap modul mendukung ventilasi silang dan pencahayaan alami, selaras dengan konsep hemat energi dan konstruksi efisien.



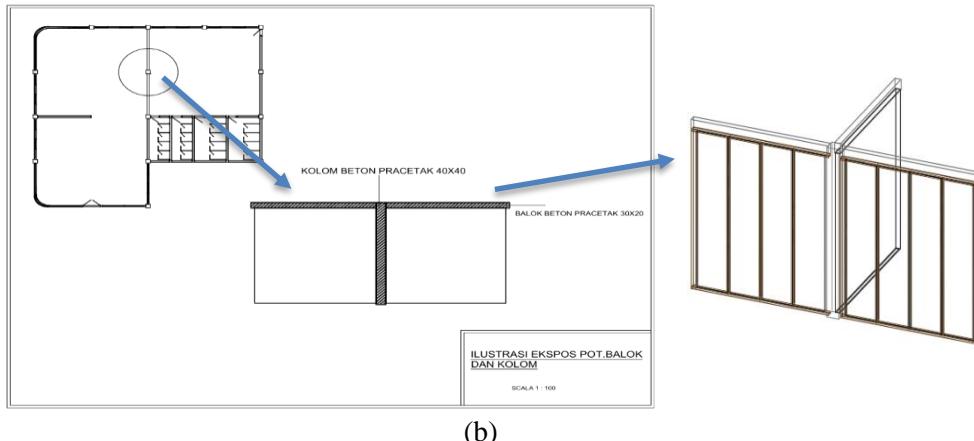
Gambar 5. Perspektif 3D

Untuk memperjelas desain maka dibuatlah gambar perspektif 3D di atas yang menunjukkan tampilan visual bangunan dari arah depan dan sudut, dengan konsep modern dan bukaan kaca lebar. Bangunan didesain menyatu dengan lingkungan hijau kampus, menampilkan kesan terbuka, fungsional, dan ramah pengguna.

3.3. Preliminary desain

Berikut merupakan data perencanaan awal untuk pembangunan gedung *Fitness Center* POLIMDO:

- | | | |
|-----------------------|---|----------------------|
| a. Fungsi Bangunan | : | Gedung Olahraga |
| b. Luas Lahan | : | $\pm 625\text{m}^2$ |
| c. Luas Bangunan | : | $\pm 400\text{ m}^2$ |
| d. Jumlah Lantai | : | 1 Lantai |
| e. Sistem Pondasi | : | Menerus |
| f. Dimensi Balok | : | 300 x 200 mm |
| g. Dimensi Kolom | : | 400 x 400 mm |
| h. Mutu Beton | : | 31,2 Mpa |
| i. Mutu Baja | : | 420 MPa |
| j. Tinggi Kolom 40x40 | : | 400cm |
| k. Ukuran balok | : | 30x20 |
| l. Bentang kolom | : | 400cm |
| m. Bentang Balok | : | 400cm |
| n. Jumlah kolom 40x40 | : | 14bh |
| o. Jumlah balok 30x20 | : | 14bh |



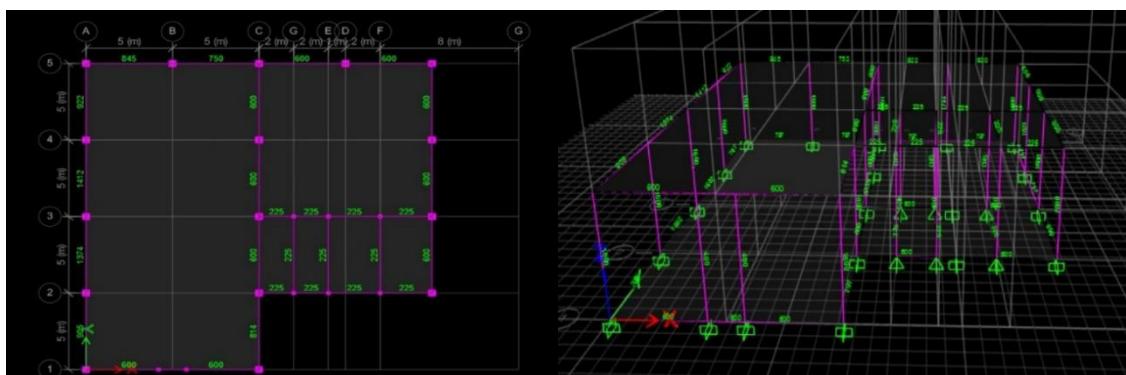
(b)

Gambar 6. (a) Bagian Elemen Kolom & Balok yang Terekspos dan (b) detail 3D

Visualisasi elemen struktur balok dan kolom pracetak yang sengaja didesain secara terekspos sebagai bagian dari strategi pembelajaran berbasis observasi langsung bagi mahasiswa Teknik Sipil. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan pengalaman empiris dalam mengenali komponen struktural beton pracetak secara nyata, mencakup sambungan antar elemen, sistem penyaluran beban, serta detail konstruksi yang tidak tertutup oleh finishing. Desain ini mengusung konsep industrialis yang menonjolkan estetika struktural, di mana elemen-elemen teknis bangunan menjadi bagian dari ekspresi arsitektural. Dengan demikian, bangunan tidak hanya berfungsi sebagai fasilitas olahraga, tetapi juga sebagai media edukatif yang mendukung penguatan kompetensi teknis mahasiswa dalam memahami implementasi teknologi pracetak di lapangan, sejalan dengan prinsip pendidikan vokasi yang aplikatif dan kontekstual. Keterbatasan keterampilan tenaga kerja menjadi salah satu tantangan dalam implementasi sistem pracetak pada proyek ini, terutama karena pemasangan elemen struktur juga melibatkan mahasiswa sebagai bagian dari media pembelajaran. Meskipun tujuan edukatif sangat penting, minimnya pengalaman teknis mahasiswa dalam menangani elemen pracetak berdampak pada efisiensi waktu pelaksanaan dan potensi kesalahan teknis di lapangan, sehingga diperlukan pengawasan ketat dan pendampingan oleh tenaga ahli.

3.4. Analisa struktur

Hasil pemodelan dan analisa struktur bangunan Fitness Center menggunakan software Etabs. mencakup elemen-elemen struktur seperti kolom balok dan pelat yang disusun dengan data teknis perencanaan. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap beban vertikal maupun lateral serta memastikan kesesuaian desain dengan ketentuan pada SNI 1727:2020.



Gambar 7. Hasil analisa struktur dengan menggunakan software E-TABS

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh kolom dan balok pada bangunan Fitness Center telah memenuhi kriteria dan elemen-elemen tersebut berada dalam batas aman berdasarkan kapasitas desain struktur. Dengan demikian struktur kolom dan balok layak dan aman digunakan untuk mendukung beban-beban yang bekerja dan bangunan tahan terhadap gempa sesuai peraturan yang ditetapkan dalam SNI 1727:2020.

3.5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) & Estimasi Waktu Pelaksanaan Pemasangan Kolom dan Balok Pada Bangunan Fitness Center POLIMDO

Rencana Anggaran Biaya (RAB) berikut disusun untuk menghitung estimasi biaya kolom dan balok beton pracetak pada bangunan Fitness Center POLIMDO berdasarkan volume pekerjaan dan harga satuan, mengacu pada SNI 7832:2012 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak. Berdasarkan perhitungan, biaya pemasangan elemen kolom dan balok berjumlah Rp. 54.606.081,00 dan untuk biaya rencana anggaran biaya struktur kolom dan balok berjumlah Rp. 15.021.204,00 dengan waktu pemasangan 9,95 hari atau ±2 minggu berdasarkan jumlah jam kerja perhari yaitu 8 jam.

Tabel 1. Uraian Pekerjaan Struktur Kolom dan Balok Fitness center

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA
I. PEKERJAAN STRUKTUR					
1	Sloof Beton 1m ³ 20 x 30 f'c 31,2 Mpa	4,2	m ³	Rp. 2.126.905,00	Rp. 8.933.001,00
2	Kolom Beton Pracetak 40 x 40 cm F'c 31,2 Mpa	14	bh	Rp. 692.109,00	Rp. 9.689.526,00
3	Balok Beton Pracetak 20 x 30	14	bh	Rp. 1.268.943,00	Rp. 17.765.202,00
4	Kolom Anak Beton Pracetak 20 x 20 cm F'c 31,2 Mpa	6	bh	Rp. 692.109,00	Rp. 4.152.654,00
5	Balok Anak Beton Pracetak 15 x 15 cm F'c 31,2 Mpa	6	bh	Rp. 1.268.943,00	Rp. 7.613.658,00
Sub Total					Rp. 48.154.041,00
II. PEKERJAAN PEMASANGAN BETON PRACETAK					
1	Pemasangan kolom beton pracetak 40 x 40 cm	14	bh	Rp. 179.765,00	Rp. 2.516.710,00
2	Pemasangan balok beton pracetak 20 x 20	14	bh	Rp. 142.83142.837,00	Rp. 1.999.718,00
3	Pemasangan kolom anak beton pracetak 20 x 20 cm	6	bh	Rp. 179.765,00	Rp 1.078.590,00
4	Pemasangan balok anak beton pracetak 20 x 30 cm	6	bh	Rp. 142.837,00	Rp. 857.022,00
Sub Total					Rp. 6.452.040,00
TOTAL					Rp. 54.606.081,00

Tabel 2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom dan Balok Struktur Beton Pracetak

NO	URAIAN	KET	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Membuat 1 m ³ beton $f_c' = 31,2$ MPa ($\approx K 350$), slump (12 ± 2) cm	Ready mix K350	M ³	4,200	500.000	2.100.000
2	Upah tuang / tebar beton 1 buah komponen untuk balok pracetak	Upah tuang/tebar beton	bh	14,000	21.287	289.018
3	Pembesian 10kg dengan besi polos atau besi ulir	Baja Tulangan	Kg	11,926	87.630	1.045.073
4	Membuat 1 m ² bekisting untuk balok beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai)	Buat Bekisting	M ²	4,000	23.922	95.688
5	Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk balok pracetak	Buka Pasang Bekisting	bh	14,000	3.717	52.034
SUB TOTAL						3.590.813

NO	URAIAN	KET	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Membuat 1 m ³ beton $f_c' = 31,2$ MPa ($\approx K 350$), slump (12 ± 2) cm	Ready mix K350	M ³	0,405	500.000	202.500
2	Upah tuang / tebar beton 1 buah komponen untuk balok pracetak	Upah tuang/tebar beton	Bh	6,000	21.287	127.722
3	Pembesian 10kg dengan besi polos atau besi ulir	Baja Tulangan	Kg	11,926	87.630	1.045.073
4	Membuat 1 m ² bekisting untuk balok beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai)	Buat Bekisting	M ²	2,700	23.922	64.589
5	Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk balok pracetak	Buka Pasang Bekisting	Bh	6,000	3.717	22.300
SUB TOTAL						1.462.185

NO	URAIAN	KET	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Membuat 1 m ³ beton $f_c' = 31,2$ MPa ($\approx K 350$), slump (12 ± 2) cm	Ready mix K350	M ³	11.200	500.000	5.600.000
2	Upah tuang / tebar beton 1 buah komponen untuk kolom pracetak	Upah tuang/tebar beton	Bh	14.000	21.287	298.018
3	Pembesian 10kg dengan besi polos atau besi ulir	Baja Tulangan	Kg	11,926	87.630	1.045.073
4	Membuat 1 m ² bekisting untuk kolom beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai)	Buat Bekisting	M ²	3,000	23.922	71.766
5	Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk kolom pracetak	Buka Pasang Bekisting	Bh	14,000	3.717	52.034
SUB TOTAL						7.066.891



NO	URAIAN	KET	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Membuat 1 m ³ beton fc' = 31,2 MPa (≈K 350), slump (12 ± 2) cm	Ready mix K350	M ³	1,200	500.000	600.000
2	Upah tuang / tebar beton 1 buah komponen untuk kolom pracetak	Upah tuang/tebar beton	bh	6,000	21.287	127.722
3	Pembesian 10kg dengan besi polos atau besi ulir	Baja Tulangan	Kg	11,926	87.630	1.045.073
4	Membuat 1 m ² bekisting untuk kolom beton pracetak (10 sampai dengan 12 kali pakai)	Buat Bekisting	M ²	2,000	23.922	47.844
5	Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen untuk kolom pracetak	Buka Pasang Bekisting	bh	6,000	3.717	22.300
SUB TOTAL						1.842.939

NO	URAIAN	KET	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
1	Ereksi + Langsir 1 bh Komponen Balok Beton Pracetak					
	Ereksi 1 buah komponen untuk balok pracetak		bh	20,000	111.103	2.222.069
	Langsir 1 buah komponen untuk balok pracetak (± 20m)		bh	20,000	24.691	493.820
						2.715.889
2	Ereksi + Langsir 1 bh Komponen Kolom Beton Pracetak					
	Ereksi 1 buah komponen untuk kolom pracetak		bh	20,000	171.803	3.436.061
	Langsir 1 buah komponen untuk kolom pracetak (± 20m)		bh	20,000	28.228	564.557
						1.058.377
	TOTAL					15.021.204

Tabel 3. Perhitungan Estimasi waktu pekerjaan Kolom dan Balok Struktur Beton Pracetak

NO	PEKERJAAN	Waktu	Volume	Total Waktu	Jumlah Hari (jam)
I KOLOM					
1	Pekerjaan Langsir	0,66	20	13,2	1,65
2	Pekerjaan Ereksi	0,83	20	16,6	2,075
3	Pekerjaan Joint Grouting	0,5	20	10	1,25
II BALOK					
1	Pekerjaan Langsir	0,66	20	13,2	1,65
2	Pekerjaan Ereksi	0,83	20	16,6	2,075
3	Pekerjaan Joint Grouting	0,5	20	10	1,25
	TOTAL				9,95

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi beton pracetak pada elemen struktur kolom dan balok bangunan fitness center di POLIMDO dapat meningkatkan efisiensi baik dari segi analisis struktur, perhitungan biaya, maupun durasi waktu pelaksanaan. Bangunan dirancang di atas lahan seluas $\pm 625 \text{ m}^2$ dengan luas bangunan 400 m^2 , memiliki desain denah, tampak, dan perspektif 3D yang menarik dan sesuai kebutuhan fungsional diharapkan dapat menunjang aktivitas pembelajaran bagi mahasiswa. Perhitungan biaya untuk elemen struktur kolom dan balok mencapai Rp 69.627.285,00 dengan estimasi waktu pemasangan sekitar 9,95 hari atau ± 2 minggu. Penelitian ini berfokus pada struktur pracetak yang tidak hanya sebagai elemen konstruksi, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran visual yang terekspos dan dapat diobservasi langsung oleh mahasiswa. Implementasi dari hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan edukasi kepada mahasiswa POLIMDO khususnya Teknik Sipil dalam perencanaan beton pracetak kedepannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Manado Tahun 2025 atas dukungan pendanaan melalui Skema Penelitian Kreativitas Mahasiswa ini dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, E., Hadi, I., & Nurhayati, I. (2020). Tingkat depresi, kecemasan, dan stres pada mahasiswa di Indonesia. *Jurnal Keperawatan Indonesia*, 23(1), 25–33.
- Ipsos. (2023). Global Health Service Monitor 2023. <https://www.ipsos.com/en/global-health-service-monitor-2023>
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2002). *Design and control of concrete mixtures* (14th ed.). Portland Cement Association.
- Medical Center [Nama Universitas]. (2019). Laporan kesehatan mental mahasiswa 2016–2019 [Dokumen internal].
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Novia Tamasiro, Victor Mundui, & Stefani Peginusa. (2023). Implementasi Beton Precast dengan Konsep Green Building pada Pembangunan Rumah Literasi untuk Masyarakat. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*.
- Nurhayati, S., dkk. (2023). Ekspos struktur beton pracetak sebagai media pembelajaran dalam lingkungan kampus. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 12(2), 45–52.
- Prakoso, H., dkk. (2011). Pengembangan desain modular dalam konstruksi beton pracetak untuk bangunan berkelanjutan. Dalam: Prosiding AVOER 2011. Palembang: Universitas Sriwijaya; hlm. 26–30.
- Rahayu, F., & Lestari, D. (2021). Peran fasilitas olahraga dalam mendukung kesehatan mental mahasiswa. *Jurnal Psikologi Terapan*, 7(3), 155–162.
- Rao, C. B. K. (2018). *Precast concrete structures: Technology and application*. Civil Engineering Journal, 4(5), 2112–2121.
- Suparno, H., & Wijaya, B. (2019). Implementasi desain arsitektur ekspresif dalam konstruksi beton pracetak. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 11(2), 45–52.

Universitas Medan Area. Penggunaan beton pracetak dalam proyek konstruksi cepat [Internet]. Medan: Universitas Medan Area; 2024 [diakses 13 Mei 2025]. Tersedia pada: <https://teknik.uma.ac.id/2024/11/28/penggunaan-beton-pracetak-dalam-proyek-konstruksi-cepat/>

Vidjeapriya, R., & Jaya, K. (2018). *Desain modifikasi struktur Universitas Kristen Petra menggunakan beton pracetak* [Internet]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember; [diakses 13 Mei 2025]. Tersedia pada: https://repository.its.ac.id/2768/1/3114106016-Undergraduate_Theses.pdf
