

Penerapan Beton *Precast* pada Pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado

Matthew J.W. Hermanto¹, Novia Lendongan², Reygina Tolip³, Jeremy C. Irawan⁴,
Rilya Rumbayan⁵, Helen G. Mantiri⁶

Rekayasa Perawatan dan Restorasi Bangunan Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado¹
E-mail: matthew.hermanto@sipil.polimdo.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan jumlah mahasiswa di Politeknik Negeri Manado menimbulkan urgensi terhadap ketersediaan fasilitas pembelajaran praktikum, khususnya di Jurusan Teknik Sipil. Keterbatasan ruang laboratorium yang ada serta kebutuhan akan alat-alat terbaru untuk mendukung program sarjana dan magister terapan menuntut pembangunan laboratorium terpadu yang efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mendesain bangunan laboratorium menggunakan teknologi beton *precast* sebagai solusi pembangunan yang cepat, aman, dan hemat biaya. Metode penelitian yang digunakan adalah *mixed methods*, yang mencakup studi literatur, kajian pustaka, pengumpulan data teoritis dari jurnal dan standar konstruksi, serta observasi lapangan. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan software ETABS versi 22.0 untuk menguji kekuatan dan stabilitas struktur. Analisis *cost-benefit* diterapkan guna menilai efisiensi biaya dan waktu antara metode *precast* dan konvensional. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar rekomendasi desain serta metode konstruksi yang tepat guna, dengan kesimpulan bahwa penerapan beton *precast* dapat mempercepat proses pembangunan laboratorium dengan kualitas struktur yang tetap terjamin dan berkelanjutan.

Kata kunci — beton *precast*, etabs, efisiensi, laboratorium terpadu, teknologi berkelanjutan.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan mutu pendidikan vokasi di Indonesia menuntut ketersediaan infrastruktur pendidikan tinggi yang cepat, efisien, dan aman. Politeknik Negeri Manado sebagai salah satu institusi pendidikan vokasi terkemuka di kawasan Indonesia Timur, khususnya di Sulawesi Utara, mengalami pertumbuhan jumlah mahasiswa yang signifikan. Berdasarkan data akademik tahun ajaran 2023/2024, tercatat sebanyak 4.683 mahasiswa aktif menempuh pendidikan di institusi ini (Manitik dkk., 2024). Kondisi ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan fasilitas pendukung pembelajaran, khususnya laboratorium teknik yang representatif. Terlebih, dengan dibukanya Program Magister Terapan Teknik Sipil pada tahun 2024, kebutuhan akan ruang praktikum dan penelitian terapan menjadi semakin mendesak.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil diharapkan mampu menjadi pusat kegiatan akademik dan riset terapan yang mendukung proses pembelajaran berbasis praktik di lingkungan Jurusan Teknik Sipil. Namun, pembangunan fasilitas ini harus mampu mengakomodasi keterbatasan waktu, biaya, dan mutu konstruksi. Oleh karena itu, penerapan sistem konstruksi beton pracetak (*precast concrete*) dipilih sebagai solusi inovatif dan strategis dalam proyek ini. Beton pracetak merupakan metode konstruksi dimana komponen beton dicetak terlebih dahulu di lokasi terpisah (*off-site*) sebelum dirakit di lokasi pembangunan (*on-site*). Teknologi ini dinilai mampu mempercepat waktu pelaksanaan proyek, menjaga

konsistensi mutu beton, mengurangi kebutuhan tenaga kerja di lapangan, serta menekan limbah dan gangguan lingkungan (Rumbayan & Tenda, 2019; Kaligis dkk., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan menghitung estimasi biaya pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil menggunakan sistem konstruksi beton pracetak, dengan mempertimbangkan aspek fungsional bangunan, seperti ketahanan struktur, kemudahan perakitan, lingkungan proyek, dan efektivitas biaya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods*, yaitu kombinasi antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif terhadap penerapan teknologi beton *precast* dalam pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil di Politeknik Negeri Manado.

Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan tinjauan pustaka, dengan mempelajari berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penerapan teknologi beton *precast*, baik dalam konteks efisiensi waktu, biaya, maupun aspek teknis struktur dari hasil penelitian prosiding seminar nasional PTUV tahun 2024 dan referensi lainnya. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji peraturan-peraturan teknis dan standar konstruksi yang berlaku di Indonesia, khususnya SNI 7833:2012 tentang spesifikasi elemen pracetak beton untuk bangunan gedung dan standar-standar relevan lainnya sebagai acuan dalam proses perancangan struktur.

Keunggulan dan Tantangan Teknis Beton *Precast* Penerapan beton *precast* pada pembangunan Laboratorium Terpadu memiliki sejumlah keunggulan dibanding metode konvensional, antara lain percepatan waktu pelaksanaan, mutu elemen struktur yang lebih konsisten karena diproduksi di pabrik, serta pengurangan volume pekerjaan di lokasi proyek yang berdampak pada efisiensi tenaga kerja dan peningkatan keselamatan kerja.

Pendekatan kuantitatif digunakan untuk melakukan analisis struktural dan teknis bangunan dengan menggunakan program *ETABS V22.0*. Analisis ini mencakup evaluasi kekuatan, stabilitas, serta efisiensi sistem struktur *precast* dibandingkan dengan sistem cor konvensional. Selain itu, dilakukan pula analisis perbandingan waktu pelaksanaan dan estimasi anggaran biaya (RAB) guna mengukur efektivitas penerapan teknologi beton *precast* secara ekonomi. Sementara itu, pendekatan kualitatif dilakukan observasi langsung terhadap lokasi proyek untuk mengetahui dan mengukur luasan lahan pada pembangunan ini.

Pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado akan dilaksanakan pada Jl. Raya Politeknik, Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Bangunan laboratorium terpadu ini direncanakan dengan data perencanaan awal sebagai berikut:

Jenis Bangunan : Laboratorium
 Nama Proyek : Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado
 Jumlah Lantai : 3 Lantai
 Lokasi Bangunan : Kampus Politeknik Negeri Manado
 Fungsi Bangunan : Fasilitas Pendidikan
 Tinggi lantai dasar : 5 m
 Tinggi lantai : 4 m
 Luas Lahan : 1.926 m²
 Luas Bangunan : 4.032 m²
 Mutu Beton : f'_c 25 MPa
 Mutu Baja Tulangan : Tegangan leleh baja, f_y 420 MPa, f_y 280 Mpa

Adapun pendekatan masalah mengenai implementasi penerapan beton *precast* pada bangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil di Politeknik Negeri Manado sebagai berikut:

1. Desain dan penggambaran 2D beserta dengan perencanaan awal dimensi elemen kolom dan balok pada bangunan menggunakan software AutoCAD 2015;
2. Perhitungan dan analisa kekuatan struktur dengan menggunakan software ETABS V22.0;
3. Desain tampilan 3D bangunan menggunakan software Sketchup;
4. Perhitungan rencana anggaran biaya untuk penggunaan komponen-komponen beton precast;
5. Perbandingan dan efisiensi biaya dan waktu untuk penggunaan beton konvensional dan beton precast.

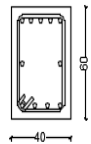
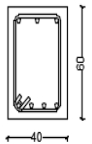
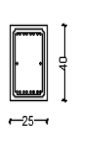
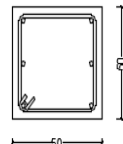
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Preliminary Design

Preliminary struktur dilakukan untuk menentukan ukuran awal elemen struktur. Dalam hal ini, digunakan pendekatan *trial and error* terhadap elemen seperti kolom, balok, dan pelat lantai, dengan mempertimbangkan efisiensi dan efektivitas penggunaan sistem beton precast serta kemudahan pelaksanaan di lapangan. Data tersebut terdiri dari detail penampang komponen struktur untuk kolom, balok, dan pelat lantai.

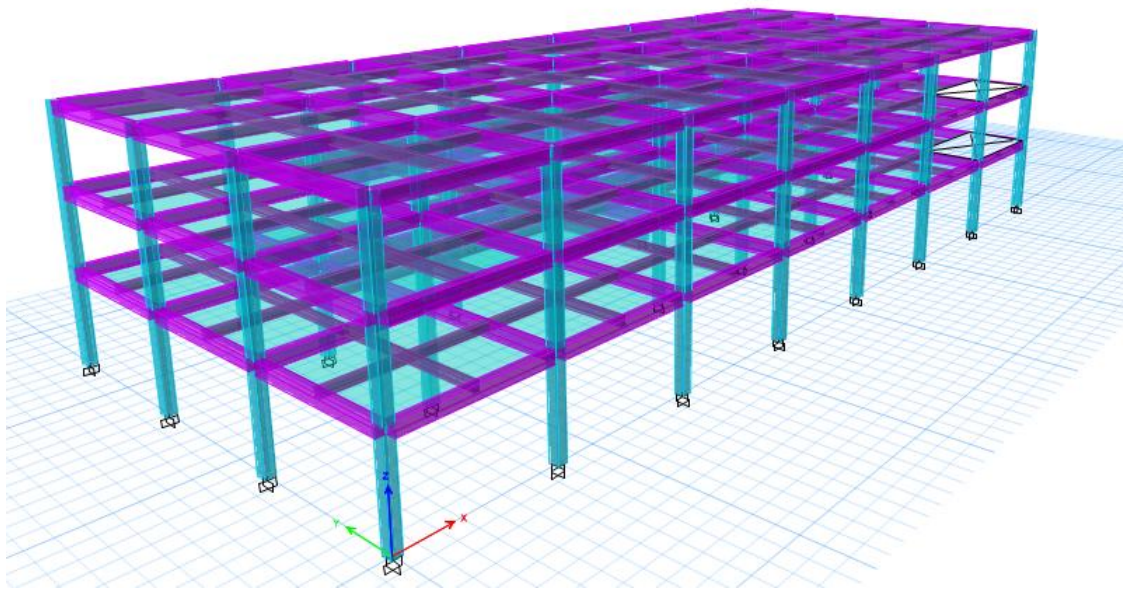
Ukuran Dimensi Kolom : 500 mm x 500 mm
 Ukuran Dimensi Balok Induk : 400 mm x 600 mm
 Ukuran Dimensi Balok Anak : 250 mm x 400 mm
 Tebal pelat lantai : 120 mm

Tabel 1. Desain Preliminary Penampang Komponen Struktur

							
TULANGAN POKOK	9D22	TULANGAN POKOK	7D22	TULANGAN POKOK	9D22	TULANGAN POKOK	16D19
TULANGAN TORSI	2D22	TULANGAN TORSI	-	TULANGAN TORSI	2D22	TULANGAN TORSI	-
TULANGAN SENGKANG	Ø16-50	TULANGAN SENGKANG	Ø16-100	TULANGAN SENGKANG	Ø16-50	TULANGAN SENGKANG	Ø10-150
DETAIL BALOK TUMPUAN 40 x 60		DETAIL BALOK LAPANGAN 40 x 60		DETAIL BALOK ANAK 25 x 40		DETAIL KOLOM 50 x 50	

3.2. Analisa Struktur

Dalam penelitian ini, perancangan struktur bangunan beban hidup, beban mati tambahan (SIDL), dan beban atap yang akan dimasukan mengacu pada SNI 1727-2020 mengenai Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain dan SNI 7833-2012 mengenai Tata Cara Perancangan Beton Pracetak Dan Prategang Untuk Bangunan Gedung. Adapun beban SIDL yang tidak terlampir di SNI maka beban itu ditentukan dari perhitungan material yang ada pada peraturan beban Indonesia terdahulu (PPPURG). Program *ETABS V22.0* akan digunakan untuk menganalisis struktur dengan mengacu pada standar SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung dan SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bangunan ini didesain menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) untuk mencegah potensi kegagalan struktural pada bangunan. Desain struktur bangunan pada program *ETABS V22.0* terdiri dari kolom, balok, dan pelat lantai.



Gambar 2. Pemodelan 3D Analisis Struktur Bangunan menggunakan *software ETABS*

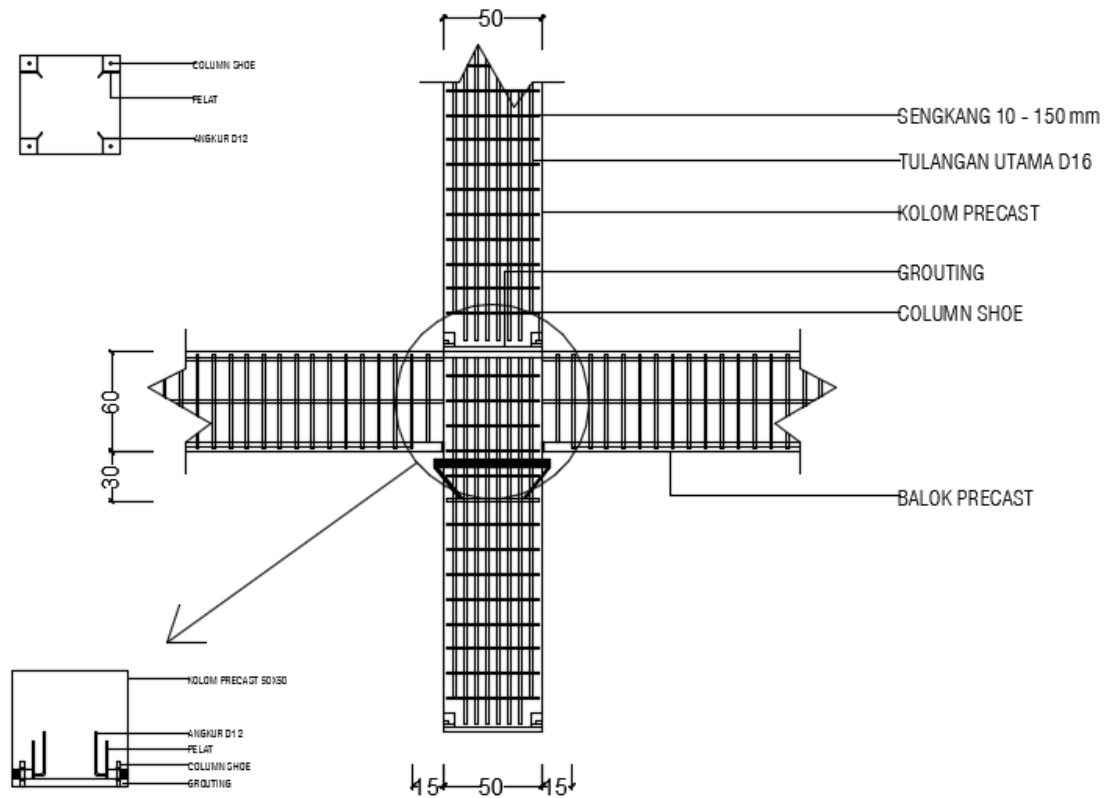
Dari Hasil pemodelan dan perhitungan menggunakan *software ETABS* perhitungan struktur sudah melewati beberapa *trial and error* untuk mendapat hasil yang sudah aman dan ekonomis. Struktur Bangunan khususnya pada balok dengan bentang 8 meter sudah memenuhi beban yang digunakan dan mampu menopang beban yang telah digunakan. Mengenai penggunaan beton *precast* dapat dibedakan pada proses penyambungan serta pengangkutan pada elemen struktur.

3.3. Penerapan Teknologi Beton Precast

Penerapan teknologi beton *precast* merupakan salah satu bentuk pengembangan teknologi struktur beton yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan mutu dalam proses konstruksi. Berikut merupakan detail dan desain untuk komponen struktur *precast* yang telah direncanakan.

a. Kolom

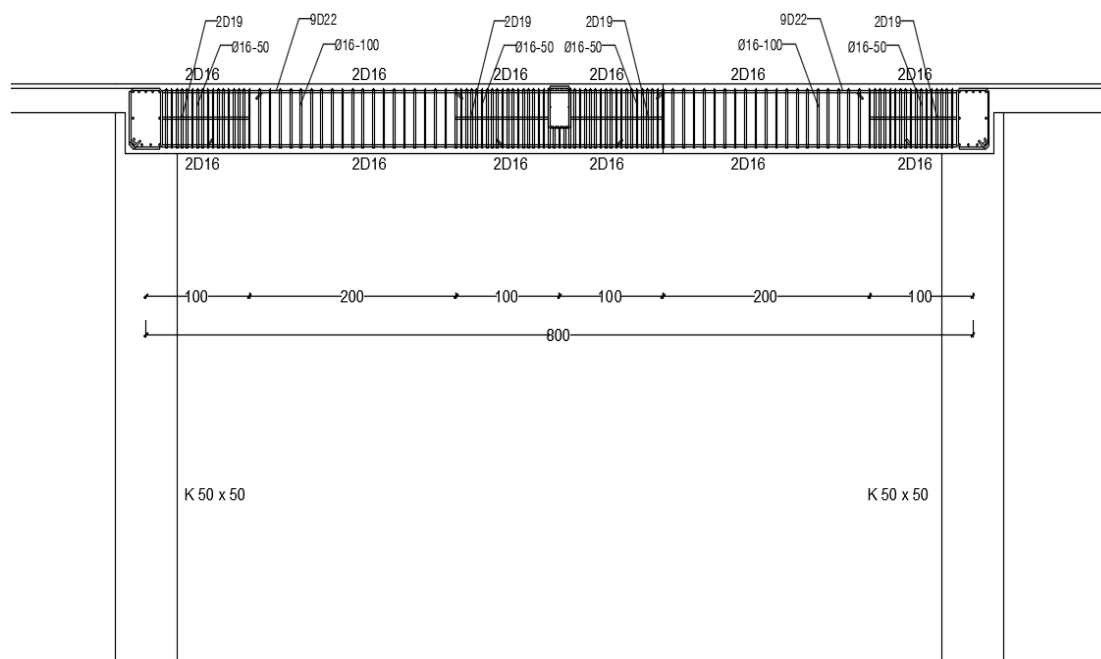
Struktur kolom yang didapatkan berukuran 500 mm x 500 mm dengan tulangan utama memakai D16 dan tulangan sengkang memakai $\phi 10$ -150mm.



Gambar 3. Detail Penulangan Kolom

b. Balok

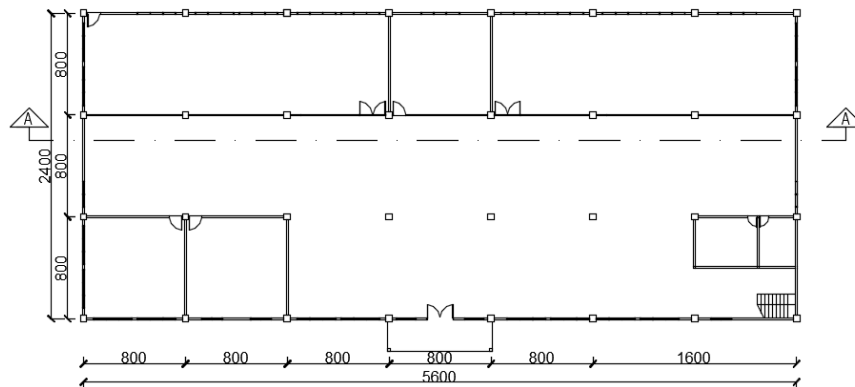
Struktur balok yang didapatkan untuk balok induk berukuran 400 mm x 600 mm dengan tulangan utama memakai D22 dan tulangan sengkang memakai $\phi 16$ -50mm dan untuk balok anak berukuran 250 mm x 400 mm dengan tulangan utama memakai D22 dan tulangan sengkang memakai $\phi 16$ -100mm.



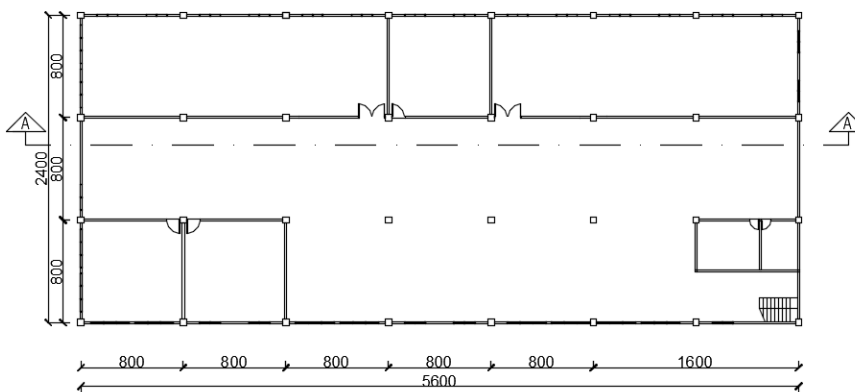
Gambar 4. Detail Penulangan Balok

3.4. Pemodelan Desain

Berikut adalah desain laboratorium terpadu teknik sipil yang bisa di lihat.



Denah Lantai Dasar



Denah Lantai 1-2

Gambar 5. Denah Lantai Dasar dan Denah Lantai 1-2



Gambar 6. Perspektif 3D Bangunan menggunakan software SketchUp.

3.5. Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan jumlah biaya yang diperlukan untuk proyek konstruksi yang terdiri dari biaya bahan material, upah tenaga kerja, dan biaya lain yang terkait. Perhitungan ini mengacu pada AHSP Kota Manado Tahun 2024 dan SNI 7833-2017 untuk pekerjaan beton pracetak Serta SNI 7394-2008 untuk pekerjaan beton konvensional. Perhitungan RAB belum memperhitungkan biaya transportasi. Adapun total biaya dapat dilihat pada Tabel 2 untuk Rencana Anggaran Biaya Komponen Beton Pracetak.

Tabel 2. Rencana Anggaran Biaya Komponen Beton Pracetak

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	2	3	4	5
				6 = 5 x 3
I	Pembuatan struktur kolom			
1	Pembuatan Kolom 50 x 50	96,00	bh Rp 3.402.348	Rp 326.625.410
			sub total	Rp 326.625.409,51
II	Pembuatan struktur balok			
1	Pembuatan Balok Induk (BI) 40 x 60	156,00	bh Rp 5.933.963	Rp 925.698.151
2	Pembuatan Balok Anak (BA) 25 x 40	126,00	bh Rp 2.472.484	Rp 311.533.032
			sub total	Rp 1.237.231.183,25
III	Pekerjaan struktur plat			
1	Pembuatan Pelat	63,00	bh Rp 25.951.375	Rp 1.634.936.636
			sub total	Rp 1.634.936.635,89
			TOTAL	Rp 3.198.793.228,65
			Jumlah Total	Rp 3.198.793.229
			Pajak PPN 10%	Rp 319.879.323
			TOTAL	Rp 3.518.672.552
			Dibulatkan	Rp 3.518.600.000
	Terbilang : Tiga Miliar Lima Ratus Delapan Belas Juta Enam Ratus Ribu Rupiah			

3.6. Perbandingan Biaya dan Waktu Penggunaan Beton Pracetak dan Beton Konvensional

Penerapan penggunaan beton *precast* ini merupakan teknologi pengembangan beton yang memiliki dampak positif dalam bidang konstruksi sipil khususnya pada bangunan gedung. Berikut adalah hasil perbandingan biaya dan waktu penggunaan beton pracetak dengan beton konvensional untuk bangunan laboratorium terpadu teknik sipil ini.

Tabel 3. Efisiensi Biaya Antara Beton Pracetak dan Beton Konvensional

No	Uraian Pekerjaan	Beton Konvensional	Beton Pracetak	Selisih Biaya
	1	2	3	4 = 2 - 3
I	Pekerjaan Kolom	Rp 1.606.964.454	Rp 326.625.410	Rp 1.280.339.045
II	Pekerjaan Balok	Rp 128.326.545	Rp 1.237.231.183	-Rp 1.108.904.638
III	Pekerjaan Pelat	Rp 2.277.346.045	Rp 1.634.936.636	Rp 642.409.409
TOTAL HARGA		Rp 4.413.900.000	Rp 3.518.600.000	Rp 895.300.000
PERSENTASE EFISIENSI (%)		20%		

Tabel 4. Efisiensi Waktu Antara Beton Pracetak dan Beton Konvensional

No	Uraian Pekerjaan	Beton Konvensional	Beton Pracetak	Selisih Durasi
	1	2	3	4 = 2 - 3
I	Pekerjaan Kolom	3,42	0,75	2,67
II	Pekerjaan Balok	4,28	1,49	2,79
III	Pekerjaan Pelat	4,10	0,75	3,35
TOTAL DURASI (HARI)		11,80	2,99	8,81
PERSENTASE EFISIENSI (%)		25%		

Jika dari segi waktu, *precast* itu lebih unggul. Dari data di penelitian, pengerjaannya bisa lebih cepat di banding cara konvensional. Karena komponen seperti kolom dan balok sudah jadi terlebih dahulu di pabrik. Jadi ketika di lokasi, hanya disusun dan dipasang saja. Tidak perlu

menunggu coran kering seperti kerja memakai cara konvensional. Jika memakai cara konvensional, banyak faktor yang bisa membuat pekerjaan lebih lama, misalnya cuaca atau kesalahan teknis. *Precast* ini lebih minim gangguan, karena waktu pemasangan lebih singkat dan lebih rapi. Pekerjaannya juga jadi lebih bersih dan efisien.

Dari hasil RAB yang ada di proyek pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil di Polimdo, total biaya untuk sistem beton *precast* itu sekitar **Rp 3.518.600.000** kalau dibandingkan dengan metode konvensional, ternyata memakai *precast* itu lebih hemat. Karena komponen beton *precast* itu dicetak di pabrik, jadi kualitasnya lebih terjamin dan tidak perlu sering diperbaiki. Di lapangan juga tinggal pasang, jadi tidak butuh banyak tukang atau waktu lama buat pengerjaan. Jadi dari segi upah tenaga kerja, biaya alat, dan biaya tambahan lainnya itu bisa ditekan. Apalagi karena sudah pasti ukuran dan mutunya, tidak ada yang namanya bongkar-pasang karena salah cetak.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai penerapan beton *precast* pada pembangunan Laboratorium Terpadu Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Konstruksi Berdasarkan hasil analisis biaya dan waktu konstruksi antara metode beton *precast* dan metode konvensional, ditemukan bahwa penggunaan beton *precast* memberikan efisiensi waktu yang signifikan, dengan estimasi percepatan hingga 25% dibanding metode konvensional. Total biaya proyek dapat ditekan dalam jangka panjang melalui pengurangan durasi pekerjaan, efisiensi tenaga kerja, dan minimnya pekerjaan tambahan (*rework*) hingga mendapatkan efisiensi harga hingga 20% dibanding dengan metode konvensional. Biaya Pekerjaan menggunakan beton *precast* yaitu sebesar Rp 3.518.600.000 terkecuali biaya transportasi. Dengan demikian, secara keseluruhan metode *precast* memberikan keuntungan ekonomis dan operasional yang lebih baik dalam konteks proyek pembangunan laboratorium ini.

Ke depannya, penelitian ini masih bisa dikembangkan lagi, misalnya dengan membandingkan penggunaan beton *precast* di jenis bangunan lain seperti gedung perkantoran atau rumah susun, meneliti sambungan antarelemen agar lebih kuat dan efisien, memperluas analisis biaya termasuk transportasi dan operasional, serta melakukan uji coba langsung di lapangan untuk melihat hasil nyata dibanding metode konvensional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing dan Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Manado yang turut berkontribusi dalam penulisan artikel ini termasuk lembaga yang memberikan pendanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2024). *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum Tahun 2024*. Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. SNI 1727-2020. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. SNI 2847-2019. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Analisis harga satuan pekerjaan beton pracetak insitu untuk konstruksi bangunan gedung*. SNI 7832-2017. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Metode uji dan kriteria penerimaan sistem struktur rangka memikul momen beton bertulang pracetak untuk bangunan gedung*. SNI 7834-2012. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata cara perancangan beton pracetak dan prategang untuk bangunan gedung*. SNI 7833-2012. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Tata cara perhitungan satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan*. SNI 7394-2008. Jakarta.

Hia, P. B., Ratuwongo, V., Rumbayan, R., Nicolaas, S (2024). Implementasi Beton Pracetak dengan Metode RISHA pada Pembangunan Kafe Polimdo serta Perbandingan Waktu dan Biayanya dengan Beton Konvensional, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, Manado, 28 Juni 2024.

Jonah, J. D. E., Manitik, A. A. P., Powa, K. G., Ondang, A. V., Rumbayan, R. (2024). Desain Sekolah Bagi yang Terdampak Gempa Menggunakan Beton Pracetak dengan Metode RISHA, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, Manado, 28 Juni 2024.

Kaligis, E. I., Ngangi, M. C., Talengkera, Y. J., Rumbayan, R. (2024). Efisiensi Konstruksi Beton Precast terhadap Beton Konvensional pada Pembangunan Sekretariat Himaju Teknik Sipil Polimdo, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, Manado, 28 Juni 2024.

Manitik, R., Tandean, R., Rumbayan, R. (2024). Desain Bangunan Parkir Polimdo Menggunakan Beton Pracetak yang Efisien dan Ramah Lingkungan, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, Manado, 28 Juni 2024.

Palupi, M. R., Lumbu, N. L., Rumbayan, R. (2024). Penerapan Teknologi Beton Pracetak pada Pembangunan Apartemen Berarsitektur Spiral dengan Konsep Green Building, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, Manado, 28 Juni 2024.

Pratama, A., Larasati, N., Rumbayan, R. (2024). Design dan Perhitungan Struktur Gedung Olahraga Badminton di Kampus Politeknik Negeri Manado Menggunakan Beton Precast, *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, Manado, 28 Juni 2024.

Rumbayan, R., & Tenda, J. E. (2019). *Struktur Beton Gedung Lanjutan*. Polimdo Press.

Saleh, A. H., Muzaki, A. (2023). PERANCANGAN ULANG GEDUNG HOTEL 5 LANTAI MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT, *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
