

Evaluasi Sistem Struktur Beton Pracetak Untuk Meningkatkan Kinerja Bangunan Tingkat Tinggi: Studi Kasus Proyek Gkt-Pik2

M. Daud Utomo*¹, Suryawan Murtiadi², Syahril Taufik³

^{1,2,3}Magister Teknik Sipil, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta

*¹m.daud_utomo@yahoo.com, ²suryawan@istn.ac.id, ³syahril_taufik@istn.ac.id

ABSTRACT

The rapid development of the construction industry demands optimization in efficiency and sustainability principles. One approach that is increasingly being considered to address these challenges is the utilization of precast concrete systems. This research evaluates the impact of precast concrete structural system implementation on project performance, with a case study on the Kemah Tabernakel Church project in Pantai Indah Kapuk 2 (GKT-PIK2). Many factors can affect the performance of construction projects, including the 5M+T factors: Man, Measurement, Method, Material, Machine, and Time. The research uses a descriptive qualitative approach combined with quantitative analysis thru field observation, distribution of Likert-scale questionnaires, and expert interviews. Data analysis is performed using correlation tests and multiple linear regression with SPSS software to determine the significance of the impact of precast concrete structure system implementation. The research results indicate that the implementation of the precast system has a significant impact on improving project performance. The five dominant variables affecting performance are design changes, workforce competency, installation methods, tower crane usage, and timely delivery. These five factors have been proven to have a positive and linear relationship with overall project performance achievement. This research concludes that a precast concrete structural system designed according to SNI 9163:2023 regulations, and supported by appropriate technical and managerial strategies, is capable of improving project execution performance. The contribution of this research also provides practical implications in the form of technical recommendations to support the successful implementation of precast systems in multi-story building construction projects.

Keywords: GKT-PIK2, project performance, precast, SPSS, SNI 9163:2023

ABSTRAK

Perkembangan industri konstruksi yang sangat pesat menuntut optimalisasi dalam efisiensi serta prinsip keberlanjutan. Salah satu pendekatan yang semakin dilirik dalam menjawab tantangan tersebut adalah pemanfaatan sistem pracetak beton. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penerapan sistem struktur beton pracetak terhadap kinerja proyek, dengan studi kasus pada proyek Gereja Kemah Tabernakel di Pantai Indah Kapuk 2 (GKT-PIK2). Banyak faktor yang dapat memengaruhi kinerja proyek konstruksi, di antaranya faktor *man, Measurement, method, material, machine, dan time* (5M+T). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang dipadukan dengan analisis kuantitatif melalui observasi lapangan, penyebaran kuesioner berskala Likert, serta wawancara pakar, sedangkan analisis data dilakukan dengan uji korelasi dan regresi linier berganda menggunakan perangkat lunak SPSS untuk mendapatkan signifikansi pengaruh penerapan sistem struktur beton pracetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi sistem pracetak memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kinerja proyek. Lima variabel dominan yang mempengaruhi kinerja yaitu perubahan desain, kompetensi tenaga kerja, metode pemasangan, penggunaan

tower crane, dan ketepatan waktu pengiriman. Kelima faktor tersebut terbukti memiliki hubungan positif dan linier terhadap capaian kinerja proyek secara keseluruhan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem struktur beton pracetak yang dirancang sesuai ketentuan SNI 9163:2023 serta didukung strategi teknis dan manajerial yang tepat, mampu meningkatkan kinerja pelaksanaan proyek. Kontribusi penelitian ini juga memberikan implikasi praktis berupa rekomendasi teknis untuk mendukung keberhasilan implementasi sistem pracetak pada proyek konstruksi bangunan bertingkat.

Kata kunci: GKT-PIK, kinerja proyek, pracetak ,SPSS, SNI 9163:2023

PENDAHULUAN

Industri konstruksi terus mengalami pertumbuhan pesat, yang menuntut penerapan metode pembangunan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang semakin banyak digunakan adalah sistem pracetak beton, di mana elemen bangunan diproduksi di pabrik sebelum dirakit di lokasi proyek. Metode ini terbukti mampu mempercepat waktu pelaksanaan, meningkatkan mutu konstruksi, serta mengurangi limbah dan penggunaan material seperti bekisting (Staszak dkk., 2021).

Keunggulan utama pracetak terletak pada efisiensi waktu melalui proses paralel antara produksi dan instalasi di lapangan. Namun, efektivitas metode ini sangat tergantung pada perancangan sambungan yang presisi, baik menggunakan metode kering maupun basah, untuk memastikan kekuatan dan stabilitas struktur (Hu dkk., 2021). Selain itu, lingkungan produksi yang terkontrol memungkinkan pengawasan mutu lebih optimal, yang berdampak langsung pada daya tahan struktur dan pengurangan biaya siklus hidup bangunan (Staszak dkk., 2021).

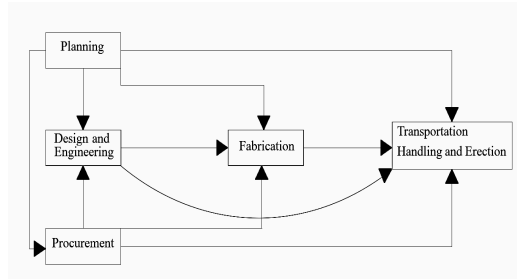
Secara lingkungan, prefabrikasi memberikan kontribusi dalam menekan emisi karbon dan limbah konstruksi, menjadikannya solusi yang selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (Wang dkk., 2023). Meski demikian, tantangan seperti kompleksitas desain, keterbatasan koordinasi antar pihak, serta risiko keterlambatan dan pembengkakan biaya tetap menjadi perhatian utama dalam implementasinya (Liu dkk., 2022; Sutikno dkk., 2021).

Dukungan teknologi seperti Building Information Modeling (BIM) dapat meningkatkan akurasi perencanaan dan efisiensi alokasi sumber daya (Wibowo, 2024). Di tengah dinamika eksternal seperti pandemi dan perubahan iklim, sistem pracetak juga terbukti lebih adaptif terhadap kondisi lapangan yang tidak menentu (Boy dkk., 2021; Nurhendi, 2023). Dengan potensi tersebut, penelitian ini bertujuan mengkaji secara komprehensif kontribusi sistem struktur pracetak beton terhadap peningkatan efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan proyek konstruksi, serta mengidentifikasi strategi optimal dalam penerapannya (Liu dkk., 2020).

Metode konstruksi pracetak dibedakan menjadi tiga jenis menurut Ervianto (2006), yaitu: prefabrikasi, proses pembuatan elemen bangunan di pabrik dengan pengawasan kualitas tinggi; pra-perakitan, penyusunan komponen di luar lokasi akhir sebelum dipasang; dan modul, gabungan beberapa elemen pracetak yang membentuk unit besar siap pasang. Dalam proyek Gereja Kemah Tabernakel di Pantai Indah Kapuk 2, sistem pracetak diterapkan pada balok, *half slab*, tangga, dan parapet. Sementara

itu, elemen vertikal seperti kolom dan dinding geser tetap menggunakan metode konvensional untuk memenuhi prinsip “Strong Column Weak Beam.”

Proses penerapan teknologi *precast* dapat dilihat pada Gambar 1, sebagai berikut :



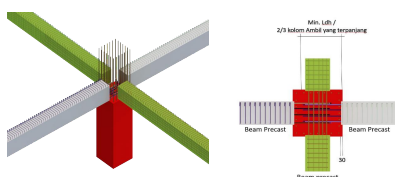
Gambar 1. Keterlibatan Para Pihak pada Penerapan Teknologi *Precast*
(Sumber : Ervianto, 2006)

Metode ini menggunakan SNI 9163:2023, yang merupakan adopsi identik dari ACI 550.1R-09, sebagai panduan pendetailan sambungan beton pracetak tahan gempa untuk menghasilkan kinerja struktural setara beton cor di tempat. Sambungan sangat penting untuk menjaga integritas dan kontinuitas struktur serta memungkinkan transfer gaya antar elemen secara efektif.

Terdapat dua jenis sambungan utama, salah satunya adalah sambungan basah (*wet connection*) yang menggunakan pengecoran di tempat atau *grouting* untuk menyatukan elemen pracetak secara monolitik. Sambungan ini mudah diterapkan, efisien biaya, dan membuat struktur lebih kaku, meskipun memerlukan waktu pengikatan. Pada proyek GKT-PIK2, metode ini di terapkan dengan pengecoran langsung di Lokasi (*cast in situ*) untuk mengintegrasikan elemen pracetak.

Sambungan kering menggunakan koneksi mekanis berupa las dan baut. Pelat baja di tanam di elemen pracetak dan disambung dengan pengelasan sebagai jalur transfer gaya. Setelah itu, pelat dilapisi *grouting* atau beton untuk melindungi dari korosi. Pemilihan sambungan ini penting sejak awal desain agar memenuhi kekuatan, daktilitas, dan deformasi sesuai SNI 8978:2021, khususnya pada area sambungan dalam yang rentan tegangan tinggi.

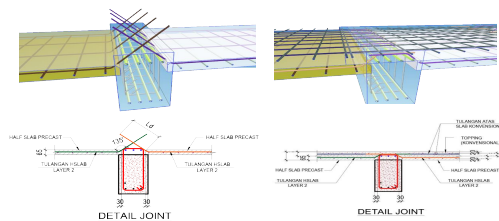
Pada proyek GKT-PIK2 digunakan sambungan basah dengan metode *toping concrete*. Sambungan balok-kolom dirancang untuk mentransfer gaya gravitasi dan lateral secara efisien, meniru perilaku sistem monolitik terutama saat gempa. Balok pracetak diletakkan di antara dua kolom yang sudah dicor di tempat, kemudian lantai pracetak dipasang di atas balok. Setelah itu, penulangan tambahan dan pengecoran di lokasi menyatukan struktur secara fungsional seperti tergambar pada Gambar 2.



Gambar 2. Sambungan Balok- Kolom

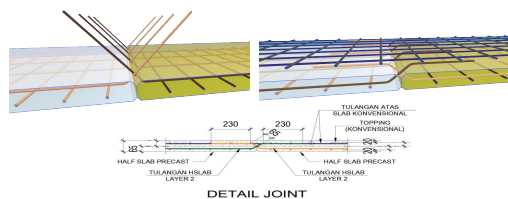
Sambungan antar balok pada beton pracetak menggunakan pengecoran di tempat (*cast in situ*) untuk menciptakan struktur yang menyatu seperti monolit. Penulangan bawah balok anak disambungkan ke balok induk sekitar dua pertiga panjang penyaluran, sementara penulangan atas dipasang secara terus menerus sesuai standar teknis.

Sambungan *Half Slab* dengan Beam membutuhkan *detailing* khusus karena *half slab* diletakkan di atas balok *precast* dan dihubungkan dengan *toping concrete* agar membentuk struktur yang menyatu terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sambungan Balok dan Plat

Sambungan antar pelat lantai pracetak tidak menahan beban berat langsung, tapi harus mampu merespons defleksi dan mentransfer gaya horizontal di bidang lantai Gambar 4. menunjukkan sambungan antar plat tersebut



Gambar 4. Sambungan antar Plat Half Slab

Sambungan pelat pracetak dengan balok dibagi menjadi sambungan tepi dan interior. Umumnya menggunakan sistem pengait untuk memastikan transfer beban efektif. Sambungan tepi diperkuat dengan pengait dan penulangan tambahan agar balok berfungsi sebagai bagian integral lantai, menjamin kekakuan dan kestabilan struktur.

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa sistem beton pracetak memiliki keunggulan signifikan dalam efisiensi proyek konstruksi. Shahpari dkk., (2020) menilai produktivitas sistem pracetak dibanding metode konvensional menggunakan pendekatan MCDM, dan hasilnya menunjukkan bahwa pracetak lebih unggul karena perencanaan yang lebih baik. Sementara itu, He dkk., (2021) fokus pada optimasi penjadwalan dalam proyek pracetak dengan menggunakan algoritma genetika, yang berhasil menurunkan durasi dan biaya konstruksi secara signifikan.

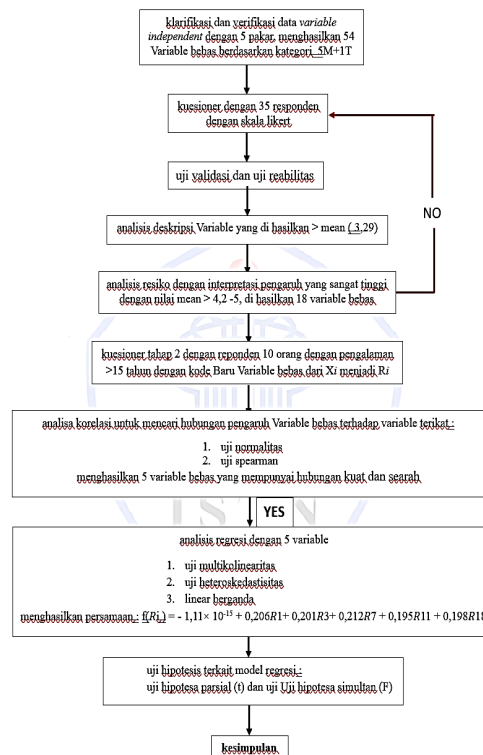
Penelitian oleh Veran-Leigh dkk., (2022) menunjukkan bahwa penerapan Last Planner System (LPS) dan penggunaan *slab* pracetak mampu meningkatkan efisiensi

waktu dan mengurangi pemborosan pada proyek residensial. Hal ini sejalan dengan temuan Sari dan Dinata (2022) yang mengungkap bahwa metode pracetak pada proyek bangunan tinggi mampu menurunkan durasi pelaksanaan dan biaya tanpa mengorbankan kualitas.

Terakhir, Jang dkk., (2022) menekankan pentingnya pengembangan sistem manajemen proyek khusus untuk konstruksi pracetak *off-site* guna meningkatkan koordinasi dan efisiensi proyek skala besar, termasuk gedung bertingkat tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang dikonversi menjadi analisis kuantitatif. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, penyebaran kuesioner skala Likert, dan wawancara dengan pakar. Penelitian ini menganalisis data dengan menggunakan *software* statistik SPSS ver.25, alur analisis statistik di sajikan di Gambar 5



Gambar 5. Alur analisis

Dalam proses analisis statistik yang di gunakan pada penelitian ini, terdapat beberapa tahapan penting yang di jalankan, antara lain:

a. Uji Reliabilitas dan Validitas

Dilakukan untuk memastikan instrumen pengumpulan data dapat dipercaya dan valid. Reliabilitas diuji dengan koefisien Alpha Cronbach minimal 0,7. Validitas diuji dengan korelasi item-total dibandingkan nilai r tabel sesuai jumlah sampel atau dengan membandingkan antara r hitung dan r tabel, apabila r hitung > r tabel maka variabel dinyatakan valid dan apabila r

hitung < r tabel maka variabel dinyatakan tidak valid berarti harus dibuang atau diperbaiki

b. Analisis Deskriptif

Analisis ini memberikan gambaran umum karakteristik data kualitatif responden melalui ukuran statistik seperti rata-rata (mean), median, modus, dan standar deviasi untuk melihat sebaran dan tren data.

c. Analisis Risiko

Dilakukan dengan menghitung indeks risiko, yaitu hasil perkalian antara tingkat pengaruh (*severity*) dan frekuensi terjadinya suatu variabel, untuk mengidentifikasi variabel yang paling berisiko dalam proyek.

d. Uji Normalitas

Menggunakan One Sample Kolmogorov-Smirnov Test untuk mengetahui apakah data mengikuti distribusi normal atau tidak. Data dikatakan normal jika nilai signifikansi > 0,05; sebaliknya tidak normal jika < 0,05.

e. Analisis Korelasi

Untuk mengukur hubungan antar variabel, digunakan metode Spearman di SPSS karena jumlah sampel kecil (10 responden). Analisis ini menentukan kekuatan dan arah korelasi variabel yang diteliti.

f. Analisis Regresi

Ghozali (2016) menjelaskan bahwa regresi linier berganda merupakan suatu bentuk model statistik yang mengikutsertakan lebih dari satu variabel independen sebagai prediktor terhadap variabel dependen. dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f(R_i) = \alpha + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \beta_3 R_3 + e \dots (1)$$

Dengan keterangan:

$f(R_i)$ = Variabel Dependen

α = Nilai Konstanta

β = Koefisien Regresi

R = Variabel Independent (Variabel Risiko)

g. Uji Hipotesis

Setelah model regresi dinyatakan layak, dilakukan uji hipotesis untuk mengevaluasi hubungan variabel.

a) Koefisien Determinasi:

Mengukur seberapa besar variabel independen menjelaskan variasi variabel dependen. Nilai ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_d = R^2 \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

K_d = Koefisien determinasi

R = Koefisien korelasi ganda

- b) Uji t (Parsial): Menguji pengaruh masing-masing variabel independen secara individual terhadap variabel dependen.

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

r = koefisien korelasi parsial

t = nilai koefisien korelasi dengan derajat bebas (dk) = $n-k-1$

n = jumlah sampel

r^2 = Koefisien determinasi

- c) Uji F (Simultan): Menguji pengaruh semua variabel independen secara bersama-sama terhadap variabel dependen.

- h. Analisis RII (Relative Importance Index)

Relative Importance Index (RII) adalah metode kuantitatif untuk mengukur tingkat kepentingan relatif suatu faktor dalam penelitian. Semakin tinggi nilai RII, semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap variabel yang dikaji. RII dihitung dengan rumus:

$$RII = \frac{\sum w}{(1 \times N)} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

RII = Relative Importance Index

W = *Weight* (Bobot)

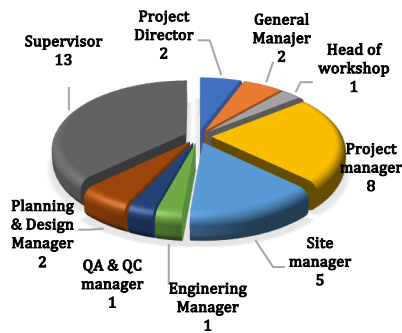
A = Bobot tertinggi

N = Total responden

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberhasilan kinerja proyek merupakan hasil sinergi dari berbagai faktor penting yang saling berkaitan. Konsep 5M+1T, yaitu *Man* (Manusia), *Machine* (Mesin), *Material* (Bahan), *Method* (Metode), *Measurement* (Pengukuran), dan *Time* (Waktu), menjadi kerangka yang sangat relevan untuk memahami dan mengelola kompleksitas ini secara komprehensif, maka penentuan kriteria kuesioner dengan variabel bebas (*Independen/x*) berdasarkan Kriteria 5M+1T yang di berikan kepada 35 responden di lingkungan proyek GKT-PIK2.

Data responden pada analisis tahap pertama sebanyak tiga puluh lima seperti ada di dalam Gambar 6, diagram pie berikut:



Gambar 6. Data responden

Uji Validasi dan Reliabilitas

Tabel 1. Hasil uji validitas menggunakan SPSS

Variable	Pierson Correlation	r tabel	Hasil
X1	-.323	0,2681	Valid
X2	.374*	0,2681	Valid
X3	-.323	0,2681	Valid
X4	.411*	0,2681	Valid
X5	.217	0,2681	Tidak Valid
X6	.217	0,2681	Tidak Valid
X7	.402*	0,2681	Valid
X8	.250	0,2681	Tidak Valid
X9	.250	0,2681	Tidak Valid
X10	.250	0,2681	Tidak Valid
X11	-.385*	0,2681	Valid
X12	.443**	0,2681	Valid
X13	-.373*	0,2681	Valid
X14	-.330	0,2681	Valid
X15	-.337*	0,2681	Valid
X16	-0,323	0,2681	Valid
X17	.236	0,2681	Tidak Valid
X18	.832**	0,2681	Valid
X19	.832**	0,2681	Valid
X20	-.363*	0,2681	Valid
X21	.832**	0,2681	Valid
X22	-.323	0,2681	Valid
X23	-.323	0,2681	Valid

X24	.832**	0,2681	Valid
X25	.832**	0,2681	Valid
X26	.832**	0,2681	Valid
X27	.832**	0,2681	Valid
X28	.832**	0,2681	Valid
X29	.832**	0,2681	Valid
Variable	Pierson Correlation	r tabel	Hasil
X30	.832**	0,2681	Valid
X31	.832**	0,2681	Valid
X32	.832**	0,2681	Valid
X33	-.364*	0,2681	Valid
X34	-.364*	0,2681	valid
X35	.832**	0,2681	Valid
X36	.832**	0,2681	valid
X37	-.427*	0,2681	Valid
X38	-.323	0,2681	Valid
X39	.363*	0,2681	Valid
X40	0,257	0,2681	TidakValid
X41	0,220	0,2681	TidakValid
X42	0,242	0,2681	TidakValid
X43	.408*	0,2681	Valid
X44	.478**	0,2681	Valid
X45	-.323	0,2681	Valid
X46	-.323	0,2681	Valid
X47	-.300	0,2681	Valid
X48	0,207	0,2681	TidakValid
X49	0,207	0,2681	TidakValid
X50	.344*	0,2681	Valid
X51	0,192	0,2681	TidakValid
X52	0,209	0,2681	TidakValid
X53	.338*	0,2681	Valid
X54	.056	0,2681	TidakValid

Dari hasil validitas terdapat 14 variabel yang tidak valid yaitu X5, X6, X8, X9, X10, X17, X40, X41, X42, X48, X49, X51, X52 dan X54 tidak perlu uji lanjutan, tetapi kriteria lainnya yang di nyatakan valid langsung dapat lanjut ke tahap pengujian selanjutnya. Sedangkan hasil analisis Reabilitas terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis Reliabilitas dari SPSS

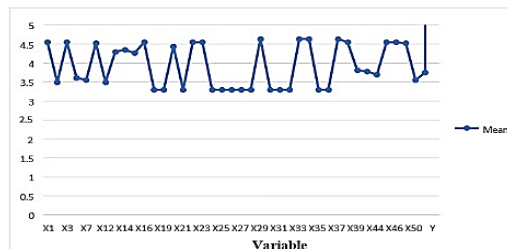
Reliability Statistics		Case Processing Summary	
Cronbach's Alpha	N of Items	N	
			%
.828	54	Cases	
		Valid	35 100.0
		Excluded ^a	0 .0
		Total	35 100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Dari hasil di dapat Cronbach's Alpha 0,828 >0,7, maka dapat disimpulkan bahwa instrumen kuesioner menunjukkan tingkat reliabilitas atau konsistensi yang tinggi dengan persentase data valid 100%

Analisis Deskripsi

Secara keseluruhan, hasil analisis deskriptif ini memberikan gambaran bahwa data yang diperoleh valid dan representatif, sesuai Gambar 7



Gambar 7. Grafik Nilai Rata-rata (Mean)

Variabel X Berdasarkan analisa deskriptif dan gambar grafik di atas terlihat bahwa rata-rata variabel X cenderung lebih besar dari 3, 29 (Mean > 3, 29)

Analisis Resiko

indeks tingkat risiko ini diklasifikasikan ke dalam lima kategori atau kelas, sebagaimana telah dirinci secara sistematis dalam Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Dasar Interpretasi Skor Indikator Variabel Penelitian

No.	Nilai Skor	Interpretasi Pengaruh
1	1 - 1,8	Rendah
2	> 1,8 – 2,6	Kurang
3	>2,6 – 3,4	Cukup
4	>3,4 – 4,2	Baik/Tinggi
5	>4,2 – 5	Sangat Baik / Sangat Tinggi

Sumber: Sujana (2006)

Berdasarkan Tabel Interpretasi , maka variabel X yang akan di uji lebih lanjut adalah mempunyai pengaruh sangat tinggi dengan nilai mean > 4,2 - 5 sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Variabel dengan Kriteria Sangat Tinggi Pengaruhnya

Uraian	Variabel	Nilai Mean	Hasil
Tenaga kerja memiliki kompetensi	X1	4,54	Sangat Tinggi
Tingkat keahlian perencana	X3	4,54	Sangat Tinggi
Metode pemasangan (perakitan)	X11	4,51	Sangat Tinggi
Kompleksitas proyek	X13	4,29	Sangat Tinggi
Keterlibatan pabrikan pada saat proses desain	X14	4,34	Sangat Tinggi

Pendistribusian Gambar ke proses produksi	X15	4,26	Sangat Tinggi
Terjadinya perubahan desain	X16	4,54	Sangat Tinggi
Logistik material pracetak	X20	4,43	Sangat Tinggi
Akses dan <i>traffic</i> pengiriman material	X22	4,54	Sangat Tinggi
Penyimpanan material di <i>site</i>	X23	4,54	Sangat Tinggi
Penggunaan TC	X29	4,63	Sangat Tinggi
Peralatan penunjang untuk perakitan	X33	4,63	Sangat Tinggi
Tersedianya mobil <i>Crane</i> di lapangan	X34	4,63	Sangat Tinggi
Dimensi (ukuran) pracetak	X37	4,63	Sangat Tinggi
Kode pada komponen pracetak	X38	4,54	Sangat Tinggi
Koordinasi antara <i>team</i> produksi dan <i>team</i> pemasangan	X45	4,54	Sangat Tinggi
Jadwal produksi sesuai <i>schedule</i> permintaan	X46	4,54	Sangat Tinggi
Pengiriman produk tepat waktu	X47	4,51	Sangat Tinggi

Hasil menunjukkan beberapa variabel berpengaruh sangat tinggi dan diuji ulang lewat kuesioner tahap dua kepada sepuluh ahli prefabrikasi beton pracetak berpengalaman ≥ 15 tahun.

Penelitian tahap 2 ini di buatkan kode baru yang semula variabel *independen* dari kode Xi menjadi kode Ri. Untuk faktor *dependent* semula dengan kode Y, pada penelitian tahap dua Y diubah dahulu menjadi $f(Ri)$, sesuai pada Tabel 5.

Tabel 5. Perubahan Kode Variabel Bebas

Uraian	Kode Lama	Kode baru
Tenaga kerja memiliki kompetensi	X1	R1
Uraian	Kode Lama	Kode baru
Tingkat keahlian perencana	X3	R2
Metode pemasangan (perakitan)	X11	R3
Kompleksitas proyek	X13	R4
Keterlibatan pabrikan pada saat proses desain	X14	R5
Pendistribusian Gambar ke proses produksi	X15	R6
Terjadinya perubahan desain	X16	R7
Logistik material pracetak	X20	R8
Akses dan <i>traffic</i> pengiriman material	X22	R9
Penyimpanan material di <i>site</i>	X23	R10
Penggunaan TC	X29	R11
Peralatan penunjang untuk perakitan	X33	R12
Tersedianya mobil <i>Crane</i> di lapangan	X34	R13

Dimensi (ukuran) pracetak	X37	R14
Kode pada komponen pracetak	X38	R15
Koordinasi antara <i>team</i> produksi dan <i>team</i> pemasangan	X45	R16
Jadwal produksi sesuai <i>schedule</i> permintaan	X46	R17
Pengiriman produk tepat waktu	X47	R18

Analisis Korelasi

Dari 18 variabel dengan kode baru di lakukan uji normalitas terlebih dahulu dengan SPSS, hasilnya sesuai pada Tabel 6

Tabel 6. Uji One-sample Kolmogorov-smirnov

N		10
Normal Parameters^{a,b}	Mean	74,10
	Std. Deviation	3,843
Most Extreme Differences	Absolute	.108
	Positive	.108
	Negative	-.089
Test Statistic		.108
Asymp. Sig. (2-tailed)		.206^{c,d}

a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

Interpretasi berdasarkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)*. Jika nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* melebihi angka 0,05, maka data tersebut dapat dikatakan berdistribusi normal. Sebaliknya, apabila nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* yang dihasilkan dari uji *One Sample Kolmogorov-Smirnov* berada di bawah 0,05, maka data dianggap tidak mengikuti distribusi normal. Sesuai hasil dari *output* SPSS di dapat nilai $0,200 > 0,05$, Sehingga variabel Terdistribusi Normal.

Metode Korelasi yang di gunakan Adalah metode Spearman karena penelitian kedua hanya 10 responden, melalui tiga tahap interpelasi, yaitu

- a. Melihat signifikansi hubungan, dengan ketentuan nilai sig. (2-tailed) $< 0,05$ maka data tersebut berkorelasi dan sebaliknya nilai sig. (2-tailed) $> 0,05$ maka data tersebut tidak berkorelasi
- b. kekuatan hubungan, dengan pedoman pada Tabel 7

Tabel 7. Pedoman Tingkat Hubungan Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Kekuatan Korelasi
0,00 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Sedang
0,60 – 0,79	Kuat
0,80 – 1,00	Sangat Kuat

(Sugiono,2017)

- c. Melihat arah hubungan, dengan ketentuan nilai Correlation Coefficient bernilai positif, maka hubungan kedua variabel searah dan sebaliknya nilai Correlation Coefficient bernilai negatif, maka hubungan kedua variabel tidak searah

Hasil korelasi dengan metode Spearman yang sudah interpretasikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Interpretasi Korelasi dengan Metode Spearman

Kode	Uraian	Nilai Korelasi	Nilai Signifikansi	Tingkat Korelasi	Arah Korelasi
R1	Tenaga kerja harus memiliki kompetensi	0,764	0,01	Kuat	Searah
R2	Tingkat keahlian perencana	0,467	0,174	Tidak berkorelasi	-
R3	Metode pemasangan (perakitan)	0,874	0,001	Sangat Kuat	Searah
R4	Kompleksitas proyek	0,467	0,174	Tidak berkorelasi	-
R5	Keterlibatan pabrikan pada saat proses desain	- 0,234	0,516	Tidak berkorelasi	-
R6	Pendistribusian Gambar ke proses produksi	- 0,234	0,516	Tidak berkorelasi	-
R7	Terjadinya perubahan desain	0,650	0,042	Kuat	Searah
R8	Logistik material pracetak	0,000	1	Tidak berkorelasi	-
R9	Akses dan <i>traffic</i> pengiriman material	0,560	0,092	Tidak berkorelasi	-
R10	Penyimpanan material di <i>site</i>	0,3	0,330	Tidak berkorelasi	-
R11	Penggunaan Tower Crane	0,675	0,032	Kuat	Searah
R12	Peralatan penunjang untuk perakitan	0,196	0,588	Tidak berkorelasi	-
R13	Tersedianya mobil <i>Crane</i> di lapangan	-0,234	0,516	Tidak berkorelasi	-
R14	Dimensi (ukuran) pracetak	0,196	0,588	Tidak berkorelasi	-
R15	Kode pada komponen pracetak	0,196	0,588	Tidak berkorelasi	-

R16	Koordinasi antara <i>team</i> produksi dan <i>team</i> pemasangan	0,344	0,330	Tidak berkorelasi	-
R17	Jadwal produksi sesuai <i>schedule</i> permintaan	0,249	0,487	Tidak berkorelasi	-
R18	Pengiriman produk tepat waktu	0,794	0,006	Kuat	Searah

Beberapa variabel seperti kompetensi tenaga kerja, metode pemasangan, penggunaan TC dan pengiriman produk tepat waktu menunjukkan korelasi positif kuat dan searah terhadap kinerja proyek. Variabel ini akan dianalisis lebih lanjut dengan regresi linear berganda setelah uji asumsi klasik.

Analisis Regresi

Regresi linear berganda digunakan untuk menganalisis hubungan variabel bebas dengan variabel terikat, setelah data lolos uji multikolinearitas dan heteroskedastisitas.

a. Uji Multikolinearitas

Hasil uji multikolinearitas hasil SPSS di tunjukan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Multikolinearitas

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1.110E-15	.000		.	.		
	R1	.206	.000	.154	.	.	.203	4.930
	R3	.201	.000	.263	.	.	.157	6.365
	R7	.212	.000	.154	.	.	.350	2.861
	R11	.195	.000	.318	.	.	.149	6.707
	R18	.198	.000	.236	.	.	.141	7.101

a. Dependent Variable: IR

Dari hasil uji menggunakan SPSS didapatkan nilai *Tolerance* > 0,1 dan nilai *VIF* < 10,0 maka tidak terjadi multikolinearitas dalam model regresi

b. Uji heteroskedastisitas

Hasil uji heteroskedastisitas hasil SPSS di tunjukan pada Tabel 10.

Tabel10. Hasil Uji heteroskedastisitas

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-2.240E-15	.000		-1.204	.295		
	R1	7.723E-16	.000	.613	1.249	.280	.203	4.930
	R3	3.669E-16	.000	.496	.890	.424	.157	6.365
	R7	-7.530E-16	.000	-.598	-1.598	.185	.350	2.861
	R11	-9.461E-16	.000	-1.546	-2.700	.054	.149	6.707
	R18	1.156E-15	.000	1.405	2.364	.076	.141	7.101

a. Dependent Variable: ABS_RES

Hasil dari pengujian menggunakan metode Glejser terhadap nilai residual di dapat nilai signifikansi ya lebih besar dari 0,05 , jadi variabel independen tidak terjadi

heteroskedastisitas, jadi variabel bisa berlanjut ke tahap pengujian analisis regresi linear berganda

Analisis Regresi Linear Berganda

Tujuan utama dari penerapan analisis regresi linier berganda adalah untuk memahami arah hubungan serta tingkat signifikansi pengaruh yang ditimbulkan oleh variabel-variabel independen terhadap variabel dependen. Pada Tabel 11 menunjukkan hasil regresi linear berganda hasil *output* SPSS.

Tabel 11. Hasil Regresi Linear Berganda

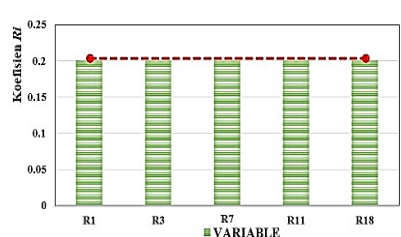
		Coefficients ^a					Collinearity Statistics	
Model		Unstandardized Coefficients B	Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1.110E-15	.000					
	R1	.206	.000	.154			.203	4.930
	R3	.201	.000	.263			.157	6.365
	R7	.212	.000	.154			.350	2.861
	R11	.195	.000	.318			.149	6.707
	R18	.198	.000	.236			.141	7.101

a. Dependent Variable: IR

Dari hasil uji regresi linier berganda tersebut didapatkan persamaan:

$$f(R_i) = -1,11 \times 10^{-15} + 0,206R_1 + 0,201R_3 + 0,212R_7 + 0,195R_{11} + 0,198R_{18} \dots (5)$$

Dari Persamaan regresi linier berganda sesuai Persamaan (5) didapatkan Diagram batang seperti tertuang pada Gambar 7. Di bawah ini



Gambar 7. Diagram Batang dari Konstanta Regresi

Penjelasan dari hasil uji regresi linier berganda seperti pada persamaan (5) sebagai berikut:

1. Nilai Konstanta (α) sebesar $-1,11 \times 10^{-15}$ (mendekati nilai 0), artinya apabila variabel independen (R_i) bernilai 0, maka tidak ada pengaruh terhadap kinerja
2. Nilai koefisien regresi (β) bernilai positif rata-rata 0,2 artinya setiap peningkatan nilai 1% variabel dependen R1, R3, R7, R11 dan R18 maka Pengaruh kinerja akan meningkat juga sebesar 20%

Uji Hipotesis

Sebelum pelaksanaan uji hipotesis, langkah awal yang harus dilakukan adalah analisis terhadap koefisien determinasi, hasil uji di tunjukan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Nilai r-square

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1.000 ^a	1.000	1.000	.00000

a. Predictors: (Constant), R18, R7, R1, R3, R11

b. Dependent Variable: IR

Dari hasil pengujian didapatkan R-Square sebesar 1,00 dan Adjuster R-Square

sebesar 1,00 sehingga nilai koefisien determinasinya adalah: $K_d = 1,00 \times 100\% = 100\%$. mempunyai arti bahwa variabel independen berpengaruh kuat sebesar 100% terhadap variabel dependen. Nilai K_d nilai 1 maka variabel independen sangat berpengaruh terhadap variabel dependen.

a. Uji Hipotesa Parsial (Uji t)

Tabel 13. Hasil Uji T dari SPSS

Coefficients ^a								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-1.110E-15	.000					
	R1	.206	.000	.154			.203	4.930
	R3	.201	.000	.263			.157	6.365
	R7	.212	.000	.154			.350	2.861
	R11	.195	.000	.318			.149	6.707
	R18	.198	.000	.236			.141	7.101

a. Dependent Variable: IR

Hasil uji t menunjukkan nilai signifikansi mendekati nol $< 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Artinya, variabel R1, R3, R7, R11, dan R18 berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kinerja proyek GKT-PIK2.

b. Uji Hipotesa Simultan (Uji F)

Tabel 14. Nilai Uji F dari SPSS

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.524	5	.705		
	Residual	.000	4	.000		
	Total	3.524	9			

a. Dependent Variable: IR

b. Predictors: (Constant), R18, R7, R1, R3, R11

Hasil Uji F menunjukkan nilai signifikansi $< 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Artinya, variabel R1, R3, R7, R11, dan R18 berpengaruh signifikan secara simultan terhadap peningkatan kinerja proyek GKT-PIK2.

Analisis RII (Relative Importance Index)

RII digunakan untuk menentukan peringkat kepentingan relatif dari berbagai faktor dalam suatu penelitian, terutama dalam konteks manajemen konstruksi membantu peneliti untuk mengurutkan faktor-faktor yang paling berpengaruh berdasarkan data yang dikumpulkan dari kuesioner atau survei, hasil RII terdapat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Analisis RII

ITEM	RII	PENGARUH	RANGKING
Tenaga kerja harus memiliki kompetensi	94 %	Sangat Berpengaruh	2
Metode pemasangan / perakitan	86 %	Cukup Berpengaruh	3
Terjadinya perubahan desain	96 %	Sangat Berpengaruh	1
Penggunaan <i>tower crane</i>	78%	Cukup Berpengaruh	5
Pengiriman produk tepat waktu	82 %	Cukup Berpengaruh	4

Hasil analisis RII menunjukkan lima faktor utama yang paling berpengaruh terhadap kinerja proyek GKT-PIK2, yaitu: perubahan desain (96%), kompetensi tenaga kerja (94%), metode pemasangan (86%), ketepatan pengiriman (82%), dan penggunaan *tower crane* (78%).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian kualitatif pada proyek GKT-PIK2, dapat disimpulkan beberapa poin utama sebagai berikut:

- Implementasi struktur beton pracetak terbukti berdampak positif dan signifikan terhadap peningkatan kinerja proyek GKT-PIK2. Analisis statistik menunjukkan lima variabel utama yang paling memengaruhi adalah:
- Kompetensi tenaga kerja (R_1): memberikan pengaruh sangat signifikan dengan kontribusi sebesar 94%.
- Metode pemasangan elemen pracetak (R_3): berdampak positif dengan tingkat kontribusi 86%.
- Perubahan desain (R_7): berpengaruh sangat signifikan, dengan nilai sebesar 96%.
- Penggunaan *tower crane* (R_{11}): memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi proyek, sebesar 78%.
- Ketepatan waktu pengiriman elemen pracetak (R_{18}): memengaruhi kelancaran proyek sebesar 82%.

Kelima variabel tersebut memiliki hubungan linier dan positif terhadap produktivitas proyek, yang dirangkum dalam model regresi berikut:

$$f(R_i) = 0,206R_1 + 0,201R_3 + 0,212R_7 + 0,195R_{11} + 0,198R_{18}$$

Persamaan ini mengindikasikan bahwa optimalisasi kelima faktor tersebut secara bersama-sama mampu meningkatkan kinerja proyek hingga sebesar 20%.

- ☐ Tantangan implementasi sistem struktur beton pracetak di proyek GKT-PIK2 meliputi aspek teknis dan manajerial, Berdasarkan data dan wawancara pakar, tantangan yang paling dominan secara berurutan adalah:
- ☐ Perubahan desain yang terjadi di tengah pelaksanaan proyek
- ☐ Kompetensi tenaga kerja terhadap teknologi pracetak
- ☐ Kompleksitas dalam metode pemasangan elemen pracetak yang memerlukan ketelitian tinggi

- ☒ Keterbatasan penggunaan TC karena harus melayani pekerjaan lainnya (bekisting, pengecoran dan mobilisasi material lainnya)
- ☒ Kurangnya integrasi jadwal pengiriman antara produksi pracetak dengan *team* pemasangan di lapangan.

Strategi yang diidentifikasi untuk mengatasi tantangan tersebut meliputi:

- ☒ Penyelesaian desain final sebelum produksi komponen pracetak dimulai.
- ☒ Pelatihan teknis berkala bagi pekerja dan pengawas
- ☒ Penetapan SOP *installation* yang terstandar dan sistematis
- ☒ Penyelesaian desain final sebelum produksi komponen pracetak dimulai.
- ☒ *Monitoring* dan *scheduling* mobilisasi material menggunakan TC oleh operator
- ☒ Di buat kan *Schedule Comprehensip* antara *team* produksi dan *team* pemasangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boy, W., Erlindo, R., & Fitrah, R. A. (2021). Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Kuliah Pada Masa Pandemi Covid 19. *Jurnal Rivet*, 1(01), 57–64.
- Ghozali, I.(2016). Aplikasi Analisis Multivariete Dengan Program IBM SPSS 23 (Edisi 8). Cetakan ke VIII. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- He, W., Li, W., & Meng, X. (2021). Scheduling optimization of prefabricated buildings under resource constraints. *Automation in Construction*, 123, 103537
- Hu, Z., Shah, Y. I., & Yao, P. (2021). Experimental and numerical study on interface bond strength and anchorage performance of steel bars within prefabricated concrete. *Materials*, 14(13), 3713.
- Jang, S., Son, H., & Hwang, B.-G. (2022). Requirements analysis for development of off-site construction project management system: Focusing on precast concrete construction. *Automation in Construction*, 136, 104239.
- Liu, Y., Tong, W., Li, Q., Yao, F., Li, Y., Li, H. X., & Huang, J. (2022). Study on Complexity of Precast Concrete Components and Its Influence on Production Efficiency. *Advances in Civil Engineering*, 2022(1).
- Nurhendi, H. (2023). Manajemen Prefabrikasi untuk Meningkatkan Produktivitas. *Jurnal Produktivitas dan Efisiensi*, 6(1), 89-102.
- Sari, Y. A., & Dinata, Y. (2022). Innovation of Prefabrication Construction Methods for Cost and Time Efficiency in The High Rise Building Project of Perum Perumnas. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), 79–89.
- Shahpari, M.E., Saradj, F. M., Pishvae, M., & Piri, S. (2020). Assessing the productivity of prefabricated and in-situ construction systems using hybrid multi-criteria decision making method. *Journal of Building Engineering*, 27, 100979.
- SNI 8978: 2021, Panduan desain untuk komponen penyambung sistem pracetak

- SNI 9163:2023, Panduan Emulasi Pendetailan Beton Cor di Tempat untuk Desain Struktur Beton Pracetak Tahan Gempa
- SNI 2847:2019, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
- Staszak, N., Garbowski, T., & Szymczak-Graczyk, A. (2021). Solid truss to shell numerical homogenization of prefabricated composite slabs. *Materials*, 14(15), 4120.
- Sugiyono, (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sutikno, S., Kurniawan, Y., Hartono, D. D., & Purba, H. H. (2021). Identifikasi Risiko Keselamatan Pada Proyek Konstruksi: Kajian Literatur. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 19(2), 13-22.
- UU No.2 tahun 2017, tentang Jasa Konstruksi
- Veran-L, A., Smith, J., & Thompson, R. (2022). Evaluation of construction performance with the use of LPS and precast slabs in residential buildings. *Buildings*, 12(2), 295
- Wang, Q., Guo, W., Xu, X., Deng, R., Ding, X., & Chen, T. (2023). Analysis of Carbon Emission Reduction Paths for the Production of Prefabricated Building Components Based on Evolutionary Game Theory. *Buildings*, 13(6), 1557.
- Wibowo, A. (2024). Integrasi BIM dalam Manajemen Proyek. *Jurnal Manajemen Proyek dan Teknologi*, 11(1), 78-92.
- Wulfram I. Ervianto, *Eksplorasi Teknologi Dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak dan Bekisting*, 2006