

Pemodelan Durasi Pekerjaan Konstruksi Tower Pada Proyek SUTT 150 kV Talisayan–Maloy Menggunakan Regresi Linier Berganda

M.I. Husain¹, T.N. Handayani^{1*}

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: tantri.n.h@ugm.ac.id

INTISARI

Pembangunan SUTT 150 kV berperan penting dalam mendukung interkoneksi sistem kelistrikan dan program dedieselisasi di Kalimantan. Kondisi ini menuntut penyelesaian proyek transmisi secara tepat waktu, terutama pada pekerjaan pondasi dan erection tower. Namun, estimasi durasi pekerjaan tersebut masih sering didasarkan pada pengalaman, sehingga cenderung subjektif. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri serta menyusun model estimasinya menggunakan regresi linier berganda. Studi dilakukan pada proyek SUTT 150 kV Talisayan - Maloy dengan 312 data titik tower. Variabel dependen yang digunakan adalah Durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri, sedangkan variabel independen mencakup aspek teknis, kondisi lapangan, sumber daya, serta logistik stub dan tower. Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik adalah Y2R1 dengan $R = 0,719$, $R^2 = 0,517$, dan $Adjusted R^2 = 0,489$. Variabel signifikan yang memengaruhi durasi adalah Waktu produksi ke pengiriman stub, Waktu stub onsite sampai pekerjaan pondasi, Waktu purchase order sampai produksi tower selesai, Waktu produksi ke pengiriman tower, dan Waktu pengiriman tower ke onsite gudang site. Hasil ini menunjukkan bahwa faktor logistik material berpengaruh penting terhadap durasi pekerjaan.

Kata kunci: estimasi durasi, konstruksi tower transmisi, regresi linier berganda.

1 PENDAHULUAN

Durasi konstruksi merupakan salah satu elemen utama keberhasilan proyek bersama biaya dan mutu. Ketepatan estimasi durasi pada tahap awal penting karena menjadi dasar bagi perencanaan, penganggaran, pelaksanaan, dan pengendalian proyek (Dursun & Stoy, 2012). Lin et al. (2011) juga menekankan bahwa durasi proyek merupakan salah satu indikator penting kinerja proyek, sedangkan ketidaktepatan estimasi dapat berujung pada keterlambatan dan sengketa jadwal. Perencanaan cash flow yang baik harus mempertimbangkan time schedule pelaksanaan proyek serta sistem termin pembayaran yang disepakati dalam kontrak (Pagehgiri dkk., 2022). Pall et al. (2020) menegaskan bahwa ketepatan waktu merupakan aspek yang sangat penting dalam proyek transmisi tenaga listrik.

Dalam praktiknya, estimasi durasi proyek konstruksi masih sering bertumpu pada pengalaman lapangan, keterampilan estimator, dan pertimbangan subjektif, sehingga hasilnya belum tentu konsisten untuk proyek dengan karakteristik berbeda. Asiedu dan Gyadu-Asiedu (2020) mencatat bahwa praktik estimasi yang cepat berbasis pengalaman memang umum digunakan, tetapi akurasinya sering dipertanyakan. Karena itu, pendekatan berbasis data historis dan model parametrik menjadi penting untuk meningkatkan objektivitas estimasi waktu proyek.

Sejumlah studi terdahulu menunjukkan bahwa regresi linier berganda merupakan metode yang umum digunakan untuk memodelkan durasi konstruksi dan memilih faktor-faktor yang paling berpengaruh. Lin et al. (2011) menggunakan regresi berganda, diagnostik model, dan validasi silang untuk mengembangkan model durasi konstruksi, sedangkan Dursun dan Stoy (2012) menekankan pentingnya pemilihan variabel yang transparan agar model mudah dipahami dan tetap menjelaskan porsi variasi durasi yang substansial.

Pada proyek transmisi tenaga listrik, durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti karakteristik teknis, kondisi medan, sumber daya, akses material, serta logistik stub dan tower. Kompleksitas tersebut menyebabkan estimasi durasi tidak cukup hanya mengandalkan pengalaman praktis, tetapi memerlukan pendekatan kuantitatif berbasis data historis. Penelitian ini dilakukan pada proyek SUTT 150 kV Talisayan–Maloy dengan 312 titik tower untuk menganalisis pengaruh variabel teknis, lapangan, sumber daya, dan logistik terhadap durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri menggunakan regresi linier berganda. Lu et al. (2016) menekankan pentingnya pendekatan yang mampu “to accurately analyze cash flows”, sehingga hubungan

antara penjadwalan pekerjaan, pengadaan material, dan kebutuhan pembiayaan proyek dapat dipahami secara lebih tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk membantu perencanaan jadwal proyek dan memberikan dasar awal dalam estimasi durasi pada proyek transmisi sejenis. Selain itu, penelitian ini menerapkan pendekatan pemodelan durasi yang sebelumnya banyak digunakan pada proyek bangunan ke dalam konteks pekerjaan pondasi hingga tower berdiri pada proyek transmisi.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data historis proyek SUTT 150 kV Talisayan–Maloy. Unit analisis dalam penelitian ini adalah 312 titik tower. Variabel dependen yang digunakan adalah durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri, yang ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma natural menjadi $\ln_DurPond_Erected$. Penggunaan transformasi logaritma natural sejalan dengan Williams (2003), yang menunjukkan bahwa transformasi tersebut dapat membuat hubungan antarvariabel menjadi lebih linear dan meningkatkan performa model regresi. Selanjutnya, hubungan antara variabel dependen dan variabel independen yang telah ditransformasikan dengan logaritma natural dinyatakan dalam bentuk umum persamaan regresi pada Persamaan (1).

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \beta_n \ln(X_n) \quad (1)$$

Variabel independen yang dianalisis mencakup aspek struktur, kondisi medan, sumber daya, akses, serta logistik material stub dan tower. Variabel kategorikal, seperti kelas pondasi dan kondisi medan, dikonversi menjadi variabel dummy. Pendekatan ini konsisten dengan Lin et al. (2011) dan Dursun dan Stoy (2012), yang menekankan pentingnya definisi variabel yang jelas, diagnostik model, dan pemilihan subset variabel yang relevan dalam pengembangan model regresi durasi konstruksi. Rincian interpretasi variabel penelitian disajikan pada Tabel 1, sedangkan alur tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Interpretasi variabel penelitian

No.	Kategori	Variabel	Kode/Symbol	Jenis data	Satuan/Skala
1	Target	Durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri	$\ln_DurPond_Erected$ (Y)	Numerik	Hari (ln)
2	Struktur	Dummy kelas pondasi 2	Kls_Pond_2	Dummy	Nominal
3	Struktur	Dummy kelas pondasi 3	Kls_Pond_3	Dummy	Nominal
4	Struktur	Dummy kelas pondasi 4	Kls_Pond_4	Dummy	Nominal
5	Struktur	Dummy kelas pondasi 6	Kls_Pond_6	Dummy	Nominal
6	Struktur	Berat tower	\ln_Brt_Twr	Numerik	Kilogram (ln)
7	Akses	Dummy kondisi medan semak	Medan_Semak	Dummy	Nominal
8	Akses	Dummy kondisi medan sawit	Medan_Sawit	Dummy	Nominal
9	Akses	Jarak lansir	\ln_Jrk_Lnsr	Numerik	Meter (ln)
10	Sumber daya	Jumlah tenaga kerja pondasi	Man_Pond	Numerik	Orang
11	Sumber daya	Penggunaan excavator	Exca	Dummy	Nominal
12	Logistik stub	Waktu produksi ke pengiriman stub	$\ln_Stub_Prod_Kirim$	Numerik	Hari (ln)
13	Logistik stub	Waktu pengiriman stub ke onsite gudang site	$\ln_Stub_Kirim_Onsite$	Numerik	Hari (ln)
14	Logistik stub	Waktu stub onsite sampai pekerjaan pondasi	Stub_onsite_pond	Numerik	Hari
15	Logistik Tower	Waktu purchase order sampai produksi tower selesai	$\ln_Tower_PO_Produksi$	Numerik	Hari (ln)
16	Logistik Tower	Waktu produksi ke pengiriman tower	$\ln_Tower_Produksi_Kirim$	Numerik	Hari (ln)
17	Logistik Tower	Waktu pengiriman tower ke onsite gudang site	$\ln_Tower_kirim_Onsite$	Numerik	Hari (ln)
18	Logistik Tower	Waktu tower onsite sampai lansir ke titik tower	$\ln_Tower_Onsite_Lansir$	Numerik	Hari (ln)

Catatan: variabel dummy menggunakan kategori referensi yang tidak dimasukkan ke dalam model. Simbol \ln menunjukkan transformasi logaritma natural.

Pengolahan data diawali dengan statistik deskriptif, dilanjutkan dengan korelasi Pearson, lalu regresi linier berganda untuk menguji pengaruh simultan dan parsial variabel independen terhadap variabel dependen. Pemilihan model terbaik dilakukan berdasarkan R^2 , Adjusted R^2 , *standard error*, uji F , uji t , serta kriteria seleksi model seperti AIC, APC, MPC, dan SBC. Lin et al. (2011) menegaskan bahwa pengembangan model regresi yang baik perlu disertai evaluasi diagnostik, sedangkan Dursun dan Stoy (2012) menunjukkan bahwa pemilihan variabel hendaknya diarahkan pada model yang tetap informatif namun mudah diinterpretasikan.



Gambar 1. Diagram alir

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi data penelitian

Penelitian ini menggunakan 312 titik tower sebagai sampel analisis. Variabel dependen yang digunakan dalam model adalah $\ln_DurPond_Erected$ dengan nilai rata-rata 4,9522 dan standar deviasi 0,78984. Variabel independen yang dianalisis terdiri atas dummy kelas pondasi, dummy kondisi medan, jumlah tenaga kerja, penggunaan excavator, serta variabel logistik stub dan tower yang sebagian ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma natural. Statistik deskriptif variabel penelitian yang meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, *skewness* dan jumlah data disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif variabel penelitian

No.	Variabel	Mean	Standar deviasi	Skewness	N
1	$\ln_DurPond_Erected$	4,9522	0,78984	-0.693	312
2	Kls_Pond_2	0,09	0,291	2.817	312
3	Kls_Pond_3	0,18	0,384	1.678	312
4	Kls_Pond_4	0,28	0,448	1.009	312
5	Kls_Pond_6	0,29	0,454	0.938	312
6	Medan_Semak	0,08	0,267	3.191	312
7	Medan_Sawit	0,13	0,335	2.235	312
8	Man_Pond	8,77	2,110	-0.094	312
9	Exca	0,15	0,361	-0.114	312
10	$\ln_Stub_Prod_Kirim$	0,9112	0,51274	3.174	312
11	$\ln_Stub_Kirim_Onsite$	3,1161	0,49086	0.618	312
12	Stub_onsite_pond	169,38	177,925	1.262	312
13	\ln_Brt_Twr	9,1493	0,21024	1.154	312
14	\ln_Jrk_Lnsr	5,2621	1,31822	-0.096	312
15	$\ln_Tower_PO_Produksi$	5,5361	0,47652	0.226	312
16	$\ln_Tower_Produksi_Kirim$	2,6750	1,83654	0.440	312
17	$\ln_Tower_kirim_Onsite$	4,0337	0,68291	-0.128	312
18	$\ln_Tower_Onsite_Lansir$	4,6215	1,15246	-0.587	312

Secara umum, struktur data penelitian menunjukkan bahwa model tidak hanya mempertimbangkan faktor teknis, tetapi juga faktor logistik material. Pendekatan ini sejalan dengan temuan Lin et al. (2011) bahwa model durasi proyek perlu mempertimbangkan kombinasi karakteristik proyek dan faktor eksternal yang relevan, serta dengan Asiedu dan Gyadu-Asiedu (2020) yang menunjukkan bahwa prediksi kinerja waktu proyek dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan variabel-variabel lingkup dan jadwal yang stabil

3.2 Pemilihan model terbaik

Beberapa model diuji untuk memperoleh model terbaik dalam menjelaskan variasi durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri dengan kombinasi yang dijelaskan pada tabel 3. Perbandingan dilakukan berdasarkan R^2 , Adjusted R^2 ,

standard error, *F*, signifikansi model, dan AIC. Pendekatan evaluasi beberapa alternatif model ini sejalan dengan Dursun dan Stoy (2012), yang menilai beberapa kombinasi persamaan regresi untuk memilih model yang paling sesuai, serta Lin et al. (2011), yang menekankan pemilihan model regresi yang baik melalui prosedur yang logis dan teruji.

Tabel 3. Kombinasi variabel pada model kandidat penelitian

Nama Variabel	Y1= Ln_Durasi_Pondasi								Y2= Ln_Durasi_Pond_Erected								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	
Struktur																	
Kelas_Pond	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Berat_Twr	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	✓					
or																	
Type_Tower					✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓
Ext_Tower					✓	✓	✓	✓						✓	✓	✓	✓
Akses																	
Kond_Medan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jrk_Lansir	✓	✓			✓	✓			✓	✓			✓	✓			
or																	
Jrk_lansir_4Class			✓	✓			✓	✓			✓	✓			✓	✓	
Sumber Daya																	
Man_Pond	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Exca	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Logistik Stub																	
Stub_Prod_Kirim	✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stub_Kirim_Onsite	✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stub_onsite_pond	✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Logistik Tower																	
Tower_PO_Produksi									✓		✓		✓		✓		✓
Tower_Produksi_Kirim									✓		✓		✓		✓		✓
Tower_kirim_Onsite									✓		✓		✓		✓		✓
Tower_Onsite_Lansir									✓		✓		✓		✓		✓

Tabel 4. Perbandingan model kandidat

Model	Bentuk variabel dependen	R ²	Adjusted R ²	Std. Error	F	Sig. model	AIC	APC	MPC	SBC
Y1R1	Ln_DurPond	0,268	0,236	0,77100	8,376	<0,001	-148,673	0.801	14	-96.271
Y1R2	Ln_DurPond	0,200	0,173	0,80188	7,507	<0,001	-126,973	0.859	11	-85.8
Y1R3	Ln_DurPond	0,250	0,212	0,77403	6,572	<0,001	-143,748	0.831	16	-83.911
Y1R4	Ln_DurPond	0,206	0,174	0,79265	6,442	<0,001	-131,815	0.863	13	-83.197
Y1R5	Ln_DurPond	0,287	0,238	0,76994	5,846	<0,001	-142,880	0.816	21	-64.277
Y1R6	Ln_DurPond	0,221	0,176	0,80023	4,919	<0,001	-121,605	0.874	18	-54.231
Y1R7	Ln_DurPond	0,277	0,222	0,76921	5,024	<0,001	-141,099	0.838	23	-55.084
Y1R8	Ln_DurPond	0,232	0,182	0,78898	4,621	<0,001	-128,093	0.874	20	-53.298

Y2R1	Ln_DurPond_Erected	0,517	0,489	0,56454	18,516	<0,001	-339,305	0.542	18	-271.931
Y2R2	Ln_DurPond_Erected	0,448	0,424	0,59940	18,620	<0,001	-305,704	0.604	14	-253.302
Y2R3	Ln_DurPond_Erected	0,517	0,485	0,56580	16,380	<0,001	-334,910	0.55	20	-260.114
Y2R4	Ln_DurPond_Erected	0,446	0,418	0,60154	15,850	<0,001	-300,560	0.614	16	-240.724
Y2R5	Ln_DurPond_Erected	0,527	0,488	0,56541	13,330	<0,001	-331,860	0.555	25	-238.285
Y2R6	Ln_DurPond_Erected	0,466	0,429	0,59664	12,700	<0,001	-302,005	0.611	21	-223.402
Y2R7	Ln_DurPond_Erected	0,527	0,483	0,56679	12,160	<0,001	-327,397	0.563	27	-226.423
Y2R8	Ln_DurPond_Erected	0,462	0,421	0,60008	11,240	<0,001	-295,543	0.624	23	-209.528

Berdasarkan hasil perbandingan pada tabel 4, model Y2R1 dipilih sebagai model terbaik karena memiliki Adjusted R^2 tertinggi, yaitu 0,489, dan AIC terendah, yaitu -339,305. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan variabel dependen dalam bentuk logaritma natural memberikan performa model yang lebih baik dibandingkan model tanpa transformasi

3.3 Kelayakan model regresi

Model final Y2R1 memiliki nilai $R = 0,719$, $R^2 = 0,517$, $Adjusted R^2 = 0,489$, dan $Std. Error of the Estimate = 0,56454$. Selain itu, model signifikan secara simultan dengan $F = 18,516$ dan $Sig. < 0,001$, serta memiliki nilai Durbin-Watson = 1,318. Dengan demikian, model mampu menjelaskan 51,7% variasi durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri sesuai dengan penjelasan pada tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan model final

Model	Variabel dependen	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	F	Sig.	Durbin-Watson
Y2R1	Ln_DurPond_Erected	0,719	0,517	0,489	0,56454	18,516	<0,001	1,318

Nilai kemampuan jelaskan model ini berada pada tingkat sedang dan masih layak digunakan sebagai alat bantu estimasi awal. Dalam studi lain, Dursun dan Stoy (2012) melaporkan bahwa model penuh mereka menjelaskan 46% variasi durasi konstruksi, sedangkan Lin et al. (2011) menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dengan data historis dan diagnostik yang memadai dapat memberikan prediksi durasi yang cukup andal. Hal ini menunjukkan bahwa model dengan kemampuan jelaskan moderat tetap dapat bernilai praktis apabila dibangun secara transparan dan sesuai konteks proyek.

3.4 Koefisien Regresi dan Variabel Signifikan

Hasil uji parsial menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh signifikan terhadap Ln_DurPond_Erected adalah Ln_Stub_Prod_Kirim ($p = 0,044$), Stub_onsite_pond ($p < 0,001$), Ln_Tower_PO_Produksi ($p < 0,001$), Ln_Tower_Produksi_Kirim ($p = 0,014$), dan Ln_Tower_kirim_Onsite ($p = 0,010$). Variabel yang paling dominan adalah Stub_onsite_pond dengan Beta = -0,669. Seluruh variabel dalam model memiliki VIF di bawah 10, sehingga tidak mengindikasikan multikolinearitas berat. Koefisien regresi untuk model final disajikan pada tabel 6.

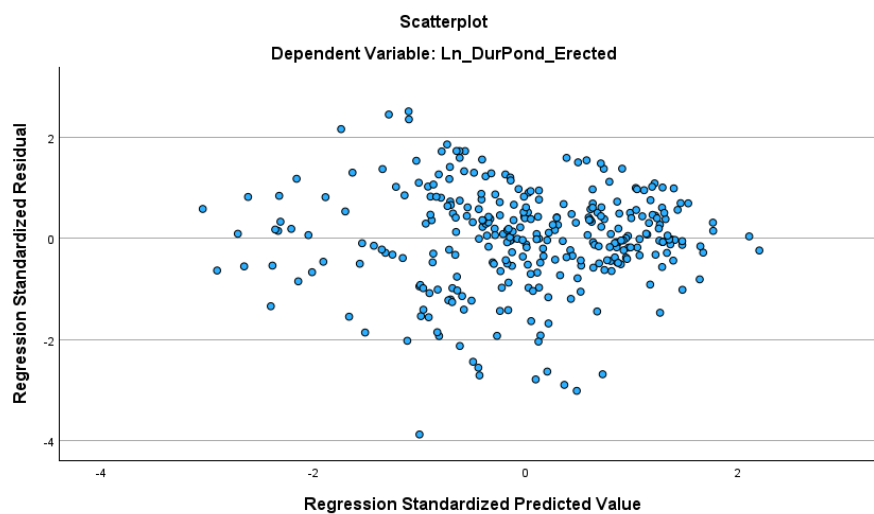
Tabel 6. Koefisien regresi model final

No.	Variabel	B	Beta	t	Sig.	VIF	Keterangan
1	Konstanta	0,788		0,484	0,628		Tidak signifikan
2	Kls_Pond_2	0,099	0,036	0,696	0,487	1,663	Tidak signifikan
3	Kls_Pond_3	0,202	0,098	1,567	0,118	2,386	Tidak signifikan
4	Kls_Pond_4	0,023	0,013	0,218	0,827	2,179	Tidak signifikan
5	Kls_Pond_6	0,238	0,137	1,858	0,064	3,295	Tidak signifikan
6	Medan_Semak	-0,003	-0,001	-0,020	0,984	1,350	Tidak signifikan
7	Medan_Sawit	-0,222	-0,094	-1,851	0,065	1,580	Tidak signifikan
8	Man_Pond	0,034	0,090	1,485	0,139	2,217	Tidak signifikan
9	Exca	-0,074	-0,034	-0,762	0,447	1,186	Tidak signifikan
10	Ln_Stub_Prod_Kirim	-0,152	-0,099	-2,027	0,044	1,451	Signifikan
11	Ln_Stub_Kirim_Onsite	-0,020	-0,012	-0,230	0,818	1,736	Tidak signifikan
12	Stub_onsite_pond	-0,003	-0,669	-12,847	<0,001	1,648	Signifikan
13	Ln_Brt_Twr	-0,038	-0,010	-0,228	0,819	1,163	Tidak signifikan
14	Ln_Jrk_Lnsr	-0,009	-0,016	-0,307	0,759	1,574	Tidak signifikan
15	Ln_Tower_PO_Produksi	0,612	0,369	4,668	<0,001	3,803	Signifikan
16	Ln_Tower_Produksi_Kirim	0,102	0,238	2,460	0,014	5,703	Signifikan
17	Ln_Tower_kirim_Onsite	0,237	0,205	2,584	0,010	3,814	Signifikan
18	Ln_Tower Onsite Lansir	0,059	0,086	1,312	0,190	2,606	Tidak signifikan

Berdasarkan tabel koefisien, persamaan model final dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Ln_DurPond_Erected &= 0,788 + 0,099(Kls_Pond_2) + 0,202(Kls_Pond_3) + 0,023(Kls_Pond_4) \\
 &+ 0,238(Kls_Pond_6) - 0,003(Medan_Semak) - 0,222(Medan_Sawit) + \\
 &0,034(Man_Pond) \\
 &- 0,074(Exca) - 0,152(Ln_Stub_Prod_Kirim) - 0,020(Ln_Stub_Kirim_Onsite) \\
 &- 0,003(Stub_onsite_pond) - 0,038(Ln_Brt_Twr) - 0,009(Ln_Jrk_Lnsr) \\
 &+ 0,612(Ln_Tower_PO_Produksi) + 0,102(Ln_Tower_Produksi_Kirim) \\
 &+ 0,237(Ln_Tower_kirim_Onsite) + 0,059(Ln_Tower_Onsite_Lansir)
 \end{aligned}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa faktor logistik material, khususnya stub dan tower, lebih dominan dibandingkan sebagian besar variabel teknis dan sumber daya. Secara konseptual, hal ini sejalan dengan literatur yang menunjukkan bahwa variabel-variabel proyek yang tersedia pada tahap awal dan faktor-faktor penjelas utama dapat menjadi prediktor stabil terhadap kinerja waktu proyek (Asiedu & Gyadu-Asiedu, 2020; Dursun & Stoy, 2012).



Gambar 2. Perbandingan nilai aktual dan nilai prediksi model

3.5 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor logistik material merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri. Hal ini terlihat dari dominannya variabel-variabel logistik stub dan

tower dalam model akhir. Secara praktis, temuan ini menegaskan bahwa pada proyek transmisi, pengendalian jadwal tidak cukup hanya difokuskan pada kegiatan konstruksi lapangan, tetapi juga harus mencakup pengelolaan rantai pasok material.

Tidak signifikannya beberapa variabel, seperti berat tower, jarak lansir, jumlah tenaga kerja, dan penggunaan excavator, menunjukkan bahwa pada data historis proyek ini pengaruh variabel-variabel tersebut tidak lebih kuat dibandingkan faktor logistik. Kondisi semacam ini juga sejalan dengan temuan Dursun dan Stoy (2012) bahwa tidak semua variabel yang secara teoritis relevan akhirnya memberikan daya jelas yang cukup untuk dipertahankan dalam model akhir, dan pemilihan variabel perlu diarahkan pada kombinasi yang paling informatif.

Selain itu, gambar 2 menunjukkan bahwa sebaran standardized residual terhadap standardized predicted value cenderung menyebar secara acak di sekitar garis nol dan tidak membentuk pola tertentu yang kuat. Pola ini mengindikasikan bahwa model regresi yang diperoleh secara umum tidak menunjukkan gejala heteroskedastisitas yang berat, sehingga model masih layak digunakan sebagai alat bantu analisis. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa titik yang menyebar cukup jauh dari pusat sebaran, yang menunjukkan bahwa variasi data aktual tetap cukup tinggi dan belum seluruhnya dapat dijelaskan oleh model.

Secara keseluruhan, model yang dihasilkan cukup memadai sebagai alat bantu awal dalam estimasi durasi proyek sejenis. Lin et al. (2011) menunjukkan bahwa model durasi berbasis data historis dapat menjadi alat objektif bagi pemilik dan kontraktor untuk mengevaluasi durasi proyek, sedangkan Asiedu dan Gyadu-Asiedu (2020) menegaskan pentingnya model prediktif yang lebih andal untuk mendukung perencanaan dan pengendalian jadwal.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri pada proyek SUTT 150 kV Talisayan–Maloy dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Hasil analisis menunjukkan bahwa model terbaik yang diperoleh memiliki nilai R^2 sebesar 0,517 dan $Adjusted R^2$ sebesar 0,489, serta signifikan secara simultan dengan nilai $F = 18,516$ dan $Sig. < 0,001$. Temuan ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki kemampuan yang memadai dalam menjelaskan variasi durasi pekerjaan.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa aspek logistik material merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap durasi pekerjaan pondasi sampai tower berdiri. Hal ini mengindikasikan bahwa ketepatan pengadaan, pengiriman, dan kesiapan material memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan pada proyek transmisi tenaga listrik.

Secara praktis, model yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai dasar awal dalam penyusunan jadwal pelaksanaan pada proyek transmisi sejenis. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan penambahan variabel lain yang relevan serta perbandingan dengan metode prediktif lainnya, sehingga dapat diperoleh model estimasi durasi yang lebih komprehensif dan andal.

REFERENSI

- Asiedu, R. O., & Gyadu-Asiedu, W. (2020). Assessing the predictability of construction time overruns using multiple linear regression and Markov chain Monte Carlo. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(3), 583–600.
- Dursun, O., & Stoy, C. (2012). Determinants of construction duration for building projects in Germany. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(4), 444–468.
- Lin, M.-C., Tserng, H. P., Ho, S.-P., & Young, D.-L. (2011). Developing a construction-duration model based on a historical dataset for building project. *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(4), 529–539.
- Williams, T. P. (2003). Predicting final cost for competitively bid construction projects using regression models. *International Journal of Project Management*, 21, 593–599.
- Pagehgi, J., Putra, I.K.A.A., Sriasa, I.K., 2022. Analisa Cash Flow Kontraktor Berdasarkan Time Schedule Pada Proyek Pembangunan Gedung Lantai Iii (6 Rkb, Tangga) Sdn 2 Panjer, Denpasar. *Jurnal Teknik Gradien* 14, 49–61. <https://doi.org/10.47329/teknikgradien.v14i02.939>.
- Pall, G. K., Bridge, A. J., Gray, J., & Skitmore, M. (2020). *Causes of Delay in Power Transmission Projects: An Empirical Study. Energies*, 13(1), 17.

Lu, Q., Won, J., & Cheng, J. C. P. (2016). *A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM)*. *International Journal of Project Management*, 34(1), 3–21.