

PERENCANAAN WAKTU DAN BIAYA STRUKTUR BAWAH JEMBATAN MENGUNAKAN METODE PRECEDENCE DIAGRAM (PDM)

Ewaldus Lahu¹, Lila Ayu Ratna Winanda², dan Vega Aditama³, Annur Ma'ruf⁴

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: lahuewaldus@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: lilawinanda@lecturer.itn.ac.id

³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: vegaaditama@gmail.com

⁴⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: annurmaruf@gmail.com

⁵⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: eri_yudianto@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT

Construction project delays are often caused by suboptimal time and cost planning, particularly in substructure works, which serve as the initial phase in infrastructure development. This study aims to analyze the total duration and estimated cost of the substructure construction of the Dirung Bakung 2 Bridge in Murung Raya Regency using the Precedence Diagram Method (PDM). The data used includes detailed engineering drawings (DED), unit price analyses (AHSP 2024), and technical specifications, while scheduling was conducted using Microsoft Project software. The analysis involves identifying the logical sequence of each activity, defining interdependencies, calculating the critical path, and estimating the total time and cost required for completion. The results indicate that the execution of the substructure works requires 30 working days with an estimated total cost of IDR 1.057.109.192,21. The application of the PDM proved effective in developing an efficient project schedule and provided a clear and systematic visual representation of the dependencies between construction activities. This research is expected to serve as a technical reference for planning substructure works in similar infrastructure projects.

Keywords: Cost Estimation; Precedence Diagram Method; Project Scheduling

ABSTRAK

Keterlambatan proyek konstruksi sering kali disebabkan oleh perencanaan waktu dan biaya yang tidak terstruktur secara optimal, khususnya pada pekerjaan struktur bawah jembatan yang menjadi bagian awal dalam pembangunan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis total durasi dan estimasi biaya pekerjaan struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2 di Kabupaten Murung Raya menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM). Data yang digunakan berupa gambar perencanaan (DED), analisis harga satuan pekerjaan (AHSP) tahun 2024, serta spesifikasi teknis, dengan penjadwalan dikerjakan melalui perangkat lunak Microsoft Project. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi urutan logis tiap aktivitas, menentukan ketergantungan antar pekerjaan, menghitung jalur kritis, serta mengestimasi total waktu dan biaya pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi pelaksanaan pekerjaan struktur bawah jembatan adalah 30 hari kerja dengan estimasi total biaya sebesar Rp1.057.109.192,21. Penerapan metode PDM terbukti efektif dalam menyusun jadwal proyek yang efisien serta memberikan gambaran ketergantungan antar aktivitas secara visual dan sistematis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi perencanaan teknis dalam pelaksanaan struktur bawah jembatan di proyek infrastruktur serupa.

Kata kunci: Estimasi Biaya; Metode Precedence Diagram; Penjadwalan Proyek

1. PENDAHULUAN

Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi merupakan permasalahan yang masih sering dijumpai, baik pada proyek skala kecil maupun besar. Permasalahan ini umumnya disebabkan oleh kurang optimalnya perencanaan waktu dan biaya, khususnya pada tahap awal konstruksi seperti pekerjaan struktur bawah jembatan. Struktur bawah merupakan komponen penting yang menopang struktur atas

jembatan, sehingga ketepatan waktu dan efisiensi biaya dalam pelaksanaannya sangat memengaruhi keseluruhan jadwal dan anggaran proyek.

Metode penjadwalan tradisional seperti bar chart atau *Critical Path Method* (CPM) sering digunakan dalam perencanaan proyek konstruksi. Namun, metode tersebut memiliki keterbatasan dalam menangani ketergantungan aktivitas yang kompleks atau tumpang tindih. Seiring perkembangan teknologi dan

kebutuhan efisiensi, metode *Precedence Diagram Method* (PDM) mulai banyak digunakan karena memiliki fleksibilitas dalam menentukan hubungan antar aktivitas, seperti finish to start, start to start, finish to finish, dan start to finish. PDM juga memungkinkan penjadwalan yang lebih realistis dan akurat, terutama bila dipadukan dengan perangkat lunak seperti *Microsoft Project*.

Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2 di Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis durasi dan estimasi biaya pelaksanaan pekerjaan struktur bawah menggunakan metode PDM. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan efisiensi perencanaan proyek infrastruktur, khususnya pada pekerjaan struktur bawah jembatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Proyek konstruksi

Proyek konstruksi merupakan kegiatan sementara yang dirancang untuk menghasilkan suatu produk konstruksi, seperti bangunan gedung, jalan, jembatan, dan infrastruktur lainnya, dalam batasan waktu, biaya, dan mutu tertentu. Proyek ini melibatkan sejumlah sumber daya seperti tenaga kerja, bahan, peralatan, dan manajemen proyek yang terorganisasi.

Syammaun (2024) menyatakan bahwa keberhasilan proyek konstruksi sangat bergantung pada perencanaan yang tepat untuk mencapai target waktu dan biaya secara optimal. Pemilihan metode penjadwalan yang sesuai menjadi penting agar dapat menggambarkan kompleksitas kondisi di lapangan. Dalam manajemen proyek, pengendalian waktu dan biaya merupakan faktor krusial, karena tanpa pengelolaan yang baik, proyek berpotensi mengalami keterlambatan dan pembengkakan anggaran.

Menurut Ervianto (2007), proyek konstruksi terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu bangunan gedung dan bangunan sipil, seperti jalan dan jembatan. Bangunan sipil umumnya memiliki tingkat kompleksitas tinggi dan memerlukan pengelolaan waktu yang lebih ketat.

Penjadwalan proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen konstruksi. Penjadwalan bertujuan untuk menyusun urutan pekerjaan agar pelaksanaan proyek dapat berjalan secara efektif dan efisien sesuai dengan target waktu yang telah ditentukan. Jadwal proyek juga digunakan sebagai dasar pengendalian dan monitoring selama pelaksanaan proyek berlangsung.

Menurut (Syammaun, 2024), penjadwalan yang baik akan membantu perencana dan pelaksana dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya serta meminimalkan risiko keterlambatan. Dalam

penelitiannya, mereka menunjukkan bahwa metode *Precedence Diagram Method* (PDM) lebih unggul dibandingkan metode konvensional karena mampu mempersingkat durasi proyek dan memberikan gambaran visual yang jelas.

Penjadwalan proyek umumnya mencakup beberapa komponen utama, yaitu:

1. Daftar kegiatan (*activity list*)
2. Durasi setiap kegiatan
3. Ketergantungan antar kegiatan (*dependency*)
4. Jalur kritis (*critical path*)
5. Estimasi waktu mulai dan selesai (*start and finish time*)

Menurut (Nurhidayat, 2021) dan (Khaidir, 2022), penjadwalan proyek memiliki beberapa manfaat strategis, antara lain:

1. Sebagai alat perencanaan untuk mengatur urutan pelaksanaan pekerjaan.
2. Sebagai alat pengendalian untuk membandingkan progres aktual terhadap rencana.
3. Sebagai dasar alokasi sumber daya seperti tenaga kerja, bahan, dan peralatan secara efisien.
4. Sebagai dasar estimasi kebutuhan biaya dan waktu pelaksanaan proyek.

Faktor utama yang memengaruhi jadwal proyek konstruksi mencakup jenis dan kompleksitas proyek, kondisi lapangan dan cuaca, ketersediaan tenaga kerja serta peralatan, kelancaran pasokan material, dan metode kerja yang digunakan.

Semakin besar skala proyek, semakin kompleks pengelolaan jadwal karena besarnya dana, kebutuhan sumber daya, ragam kegiatan, dan panjangnya durasi. Agar penjadwalan dapat diimplementasikan, digunakan metode teknis penjadwalan proyek. Kompetensi scheduler dan dukungan software penjadwalan berperan penting dalam menghasilkan jadwal yang optimal (Husen, 2010).

Precedence diagram method (pdm)

Metode *Precedence Diagramming Method* (PDM) adalah teknik penjadwalan proyek dalam perencanaan jaringan kerja (*network planning*) yang digunakan untuk memvisualisasikan keterkaitan logis antaraktivitas pada proyek konstruksi. Berbeda dengan metode *Activity on Arrow* (AOA) yang menggunakan panah, PDM menampilkan setiap aktivitas dalam bentuk kotak atau simpul (*node*). Karena itu, metode ini juga dikenal sebagai *Activity on Node* (AON) (Widiasanti & Lenggogeni, 2013). Keunggulan utama PDM dibanding metode tradisional seperti CPM adalah kemampuannya dalam mendefinisikan berbagai jenis hubungan antar aktivitas, yaitu *Finish to Start* (FS), *Start to Start* (SS), *Finish to Finish* (FF), dan *Start to Finish* (SF) (Soeharto, 2012). Metode ini juga memungkinkan kegiatan *overlapping* sehingga menghasilkan penjadwalan yang lebih realistis.

Pada metode Precedence Diagramming Method (PDM), jika belum dilengkapi dengan perhitungan jaringan kerja, diagram yang dibuat disebut layout diagram, yaitu sketsa sederhana yang menunjukkan urutan kegiatan dalam jaringan kerja proyek. PDM membedakan antara aktivitas dan urutannya, di mana aktivitas ditampilkan sebagai simpul (node) dan hubungan ketergantungannya digambarkan dengan panah (arrow). Dengan pendekatan ini, tidak diperlukan aktivitas semu (dummy) seperti pada metode Activity on Arrow (AOA) (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

Dalam Precedence Diagramming Method, Aktivitas atau kegiatan ditunjukkan dengan nodes yang berbentuk kotak dan berukuran besar. Di dalam node tersebut biasanya diisi hal-hal sebagai berikut.

1. Durasi,
2. Nomor Kegiatan atau aktivitas,
3. Deskripsi aktivitas,
4. ES, EF, LS, LF
5. Float yang terjadi

Bentuk dan informasi yang dimuat dalam sebuah node dapat disesuaikan selama penjadwalan dilakukan secara konsisten sesuai dengan format yang dipilih. Beberapa perangkat lunak penjadwalan proyek memiliki standar tersendiri dalam menampilkan aktivitas menggunakan metode Precedence Diagramming Method (PDM), sedangkan perangkat lainnya memberikan keleluasaan kepada pengguna untuk menentukan sendiri jenis informasi yang ingin ditampilkan dalam setiap node.

Microsoft project

Microsoft Project adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek. Aplikasi ini mendukung metode PDM dengan fitur-fitur seperti pembuatan network diagram, identifikasi jalur kritis (critical path), dan alokasi sumber daya secara otomatis.

Estimasi biaya

Estimasi biaya adalah proses perhitungan seluruh kebutuhan dana untuk menyelesaikan suatu proyek. Dalam penelitian ini, estimasi biaya dihitung berdasarkan volume pekerjaan dan harga satuan dari Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2024. Biaya yang dianalisis merupakan biaya langsung, tanpa memperhitungkan pajak, biaya tidak langsung, maupun kontinjensi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan menganalisis perencanaan waktu dan estimasi biaya pekerjaan struktur bawah jembatan dengan metode *Precedence Diagram Method* (PDM). Studi kasus dilakukan pada pekerjaan struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2

yang terletak di Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Struktur bawah jembatan tersebut meliputi pekerjaan pondasi sumuran, bored pile, sloof atau pilecap, dan abutmen.

Penjadwalan proyek

Jenis penelitian ini adalah studi kasus yang mengkaji perencanaan waktu dan biaya pada suatu proyek konstruksi nyata. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan untuk mengolah dan menganalisis data numerik seperti volume pekerjaan, waktu pelaksanaan, serta estimasi biaya berdasarkan standar harga satuan dan produktivitas tenaga kerja.

Data dan sumber data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

Sumber data yang digunakan terdiri dari:

1. Data Primer
Data primer dalam suatu penelitian diperoleh langsung dari sumbernya dengan melakukan pengukuran, menghitung sendiri dalam bentuk angket, observasi, wawancara dan lain-lain (Hardani, 2020).
2. Data Sekunder
Data sekunder diperoleh secara tidak langsung dari orang lain, Kantor yang berupa laporan, profil, buku pedoman, atau pustaka (Hardani, 2020). Dalam penelitian ini data sekunder yang didapatkan dari Proyek Pembangunan Jembatan Dirung Bakung 2, yaitu gambar kerja (DED) struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2, yang menjadi dasar dalam menghitung volume pekerjaan dan menyusun urutan aktivitas konstruksi.

Tahapan penelitian

Langkah-langkah penelitian dilakukan secara sistematis melalui tahapan berikut:

1. Identifikasi masalah merupakan hal penting dalam sebuah penelitian. Tanpa identifikasi masalah yang kuat dan matang, penelitian akan mudah dipatahkan. Dalam penelitian ini identifikasi masalah yang terjadi pada Pembangunan Jembatan Dirung Bakung 2 adalah belum memiliki penjadwalan Proyek jadi tidak memberikan informasi mengenai rincian pekerjaan secara pasti, sehingga diperluhkannya untuk menjadwalkan agar informasi yang didapatkan lebih lengkap. Perhitungan volume pekerjaan dilakukan menggunakan metode geometrik berdasarkan dimensi yang tercantum dalam gambar kerja.
2. Estimasi durasi aktivitas dihitung dengan menggunakan koefisien tenaga kerja dari AHSP, jam kerja efektif harian, dan jumlah pekerja.
3. Penyusunan urutan aktivitas dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan dilakukan

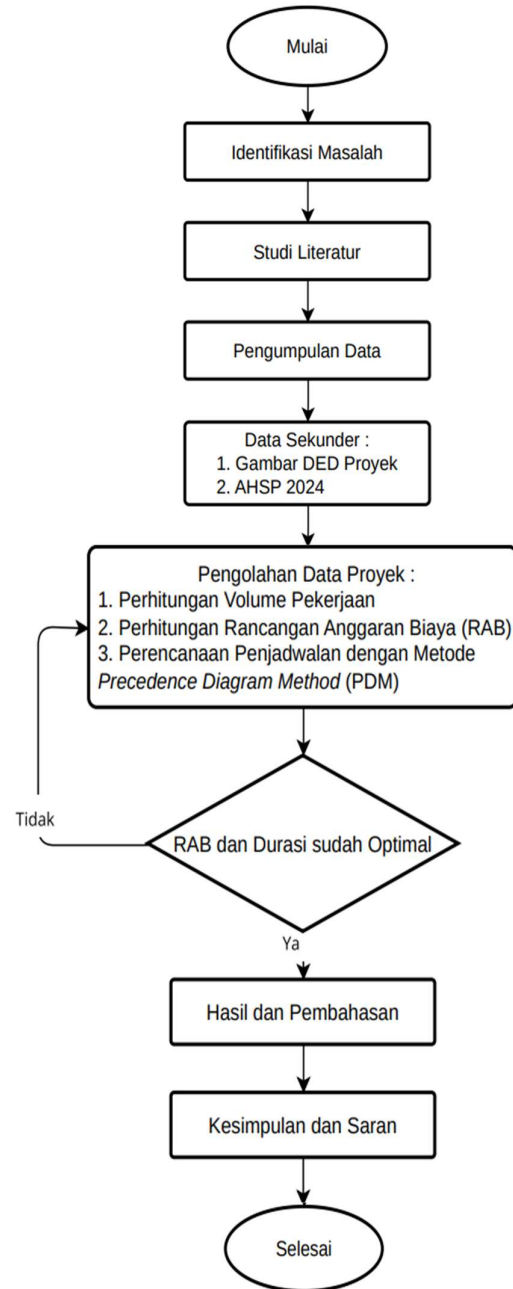
berdasarkan logika konstruksi menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM).

4. Penyusunan diagram jaringan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Project, yang memfasilitasi identifikasi hubungan antar aktivitas seperti Finish to Start (FS), Start to Start (SS), dan lainnya.
5. Identifikasi jalur kritis dilakukan untuk menentukan aktivitas yang memengaruhi durasi keseluruhan proyek.
6. Estimasi biaya total dihitung berdasarkan hasil volume pekerjaan dan harga satuan, dengan fokus pada biaya langsung.

Ruang lingkup dan batasan

Penelitian ini hanya mencakup pekerjaan struktur bawah jembatan, meliputi pondasi sumuran, bored pile, sloof/pilecap, dan abutmen. Pekerjaan struktur atas, drainase, dan pelengkap tidak termasuk dalam ruang lingkup. Estimasi biaya difokuskan pada biaya langsung dan tidak mencakup biaya tidak langsung, pajak, eskalasi harga, atau risiko eksternal lainnya.

Diagram alir penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

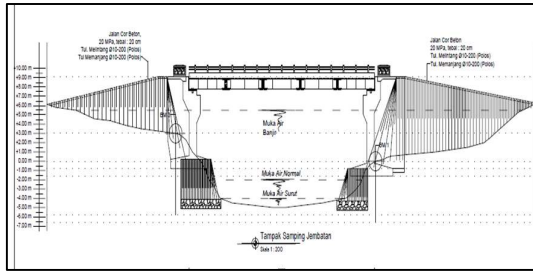
4. PEMBAHASAN

Pengolahan data proyek

Dalam perencanaan ini dibutuhkan data-data proyek untuk menyusun jadwal kerja menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM), serta merancang proses pengolahan data tersebut. Data-data proyek yang direncanakan untuk digunakan beserta proses pengolahannya adalah sebagai berikut:

1. Gambar kerja sangat penting dalam merencanakan penjadwalan, karena menjadi acuan utama perhitungan volume pekerjaan

sehingga durasi masing-masing aktivitas dapat ditentukan secara tepat.



Gambar 2. Gambar Kerja

2. Back Up Volume Pekerjaan

Rekap Volume					
Uraian	Volume	Sat	N	Volume	Satuan
Pilecap	19.76	m ³	2	39.52	m ³
Panjang	2600	→	2.60		
Lebar	9500	→	9.50		
Tinggi	800	→	0.80		
Badan Abutmen	68.16	m ³	2	136.32	m ³
Panjang	8000	→	8.00		
Lebar	1200	→	1.20		
tinggi	7.1				
Tumpuan Girder	6.24	m ³	2	12.48	m ³
Panjang	8000	→	8.00		
Lebar	1300	→	1.30		
Tinggi	600	→	0.60		
Corbel	9.60	m ³	2	19.20	m ³
Panjang	8000	→	8.00		
Lebar	600	→	0.60		
Tinggi	2000	→	2.00		
Back Wall	9.27	m ³	2	18.55	m ³
Panjang	8000	→	8.00		
Lebar	600	→	0.60		
Tinggi	1932	→	1.93		
Sayap Abutmen	14.06	m ³	2	28.13	m ³
P. persegi panjang	8532	→	8.53		
P. alas segitiga	3027	→	3.03		
lebar sayap	3500	→	3.50		
Tebal/l	400	→	0.40		
Talud	27.00	m ³	2	54.00	m ³
Lebar atas	1500	→	1.50		
Lebar bawah	3000	→	3.00		
Tinggi	1500	→	1.50		
Panjang/ekstrusi	8000	→	8.00		
Balok	0.57	m ³	2	1.14	m ³
tinggi	300	→	0.30		
Lebar	200	→	0.20		
Panjang	9500	→	9.50		
Kolom	0.27	m ³	2	0.54	m ³
tinggi	200	→	0.20		
Lebar	200	→	0.20		
Panjang	6798	→	6.80		
Sloof	0.57	m ³	2	1.14	m ³
tinggi	300	→	0.30		
Lebar	200	→	0.20		
Panjang	9500	→	9.50		
Pondasi	19.63	m ³	4	78.50	m ³
Lingkar luar	3000	→	3		
Lingkar dalam	2000	→	2		
Kedalaman	5000	→	5		
Bored Pile	3.01	m ³	4	12.06	m ³
Diameter	800	→	0.8		
Kedalaman	6000	→	6		

Gambar 3. Hasil *Back Up* Volume Pada Pekerjaan
(Sumber: Hasil Perhitungan RAB)

3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Data selanjutnya yang diperlukan adalah data daftar harga satuan upah pekerja, daftar analisa harga satuan, rencana anggaran biaya (RAB). Data daftar harga satuan upah pekerja dan daftar analisa harga satuan digunakan untuk menyusun RAB, lalu akan digunakan untuk menghitung analisis per item pekerjaan dan menyiapkan data input berupa durasi dan SDM ke Ms. Project agar

mengetahui lintasan kritis yang cenderung menyebabkan keterlambatan pekerjaan pada suatu Proyek pembangunan.

Perhitungan upah harian dalam proyek ini mengacu pada harga satuan upah tenaga kerja berdasarkan standar SNI dan/atau HSPK setempat tahun 2024. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengestimasi biaya tenaga kerja yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur bawah jembatan, seperti pekerjaan pondasi sumuran, bored pile, sloof/pilecap, dan abutmen.

Harga satuan bahan dalam RAB berpengaruh langsung pada total biaya proyek. Dalam penelitian ini, penetapannya mengacu pada Perwali Palangka Raya No. 42 Tahun 2024 sebagai standar lokal, dengan satuan sesuai AHSP (kg, m³, liter, batang, dll). Nilai tersebut mencakup biaya pengadaan, distribusi, dan potensi kehilangan selama proyek.

PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK				
Uraian Pekerjaan	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	M3	2.82	20,227.67	57,119.70
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	M3	223.29	75,995.45	16,969,198.18
Galian Struktur dengan kedalaman 4 - 6 meter	M3	90.56	78,276.92	7,088,570.223

Gambar 4. Perhitungan Harga Satuan Pada RAB

No	Uraian	Perkiraan kuantitas	Upah (Rp/jam)	Biaya (Rp)
1	Pekerja (L01)	0.0326	24,996.34	816.05
2	Mandor (L03)	0.0082	30,066.21	245.39
	Jumlah (A)			1,061.44

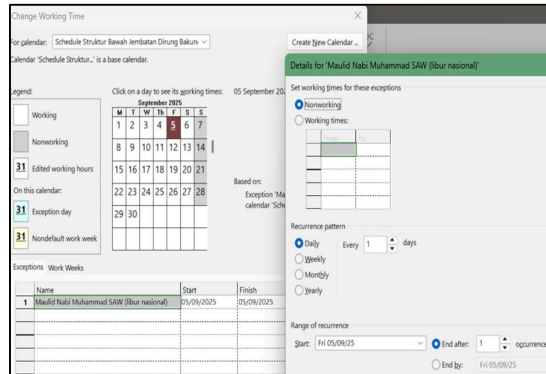
Gambar 5. Perhitungan Harga Satuan Pekerja

No	Uraian	Perkiraan Kuantitas	Upah (Rp/jam)	Biaya (Rp)
1	Excavator	0.0082	253,050.26	2,065.32
2	Dump Truck	0.0675	226,027.54	15,262.04
	Jumlah (A)			17,327.35

Gambar 6. Perhitungan Harga Satuan Pekerja (Alat)

Penjadwalan pdm menggunakan microsoft project 2024 - informasi data awal

Tahap awal mencakup input data proyek seperti nama, tanggal mulai, dan pengaturan kalender. Kalender proyek disesuaikan dengan hari libur, baik Minggu maupun hari raya nasional.



Gamabar 7. Kalender Proyek

Menghitung durasi dan tenaga kerja

Setelah memasukkan informasi data awal Proyek kedalam Microsoft Project 2024 langkah selanjutnya adalah menghitung estimasi durasi dan tenaga kerja pada Proyek yang dikerjakan menggunakan Microsoft Exel.

Tabel 1. Estimasi Durasi

Code	Uraian	Tenaga	Koefisien	Volume (m3)	Durasi / 7jam (hari)
a	b	c	d	g	k
1.2	Mobilisasi	-	-	-	3
1.8.(1)	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	-	-	-	1
3.4.(1)	Pembersihan dan Pengupasan Lahan	Bull Dozer	0.00476	36.30000	1
		Track Loader	0.00478	36.30000	
		Dump Truck	0.02500	36.30000	
		Pekerja	0.04784	36.30000	
3.1.(4)	Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	Excavator	0.00816	255.60000	2
		Dump Truck	0.06752	255.60000	

		Pekerja	0.03265	255.60000	1
3.1.(5)	Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Excavator	0.00816	96.00000	
		Dump Truck	0.06752	96.00000	
		Pekerja	0.04081	96.00000	1
3.1.(6)	Galian Struktur dengan kedalaman 4 - 6 meter	Excavator	0.00998	48.00000	
		Dump Truck	0.07015	48.00000	
		Pekerja	0.05985	48.00000	2
3.2.(1a)	Timbunan Biasa dari sumber galian	Excavator	0.00628	528.86500	
		Dump Truck	0.03688	528.86500	
		Motor Grader	0.00382	528.86500	
		Tandem Roller	0.00779	528.86500	
		Water tank truck	0.00703	528.86500	
		Pekerja	0.02512	528.86500	3
3.2.(2b)	Timbunan Pilihan dari galian	Wheel Loader	0.00850	239.60000	
		Dump Truck	0.12525	239.60000	
		Motor Grader	0.00765	239.60000	
		Tandem	0.03347	239.60000	
		Water Tanker	0.03414	239.60000	
		Pekerja	0.03060	239.60000	2
7.6.(19a)	Tiang Bor Beton, diameter 800 mm	Crane	0.05857	12.05760	
		Bore Pile Machine	0.85341	12.05760	
		Welding Set	0.07986	12.05760	

		Pekerja	3.4136 5	12.05760	
7.7.(1)	Dinding Sumuran Silinder terpasang, Diameter 2m	Excavator 0,8 M3; 170 HP	0.0853 3	4.00000	1
		Crane On Truck (10-15) Ton; 260 HP	0.2327 8	4.00000	
		Pekerja	0.9311 3	4.00000	
7.1 (10)	Beton, fc'10 Mpa	Wheel Loader	0.0502 0	2.47000	1
		Concrete Batchin g Plant	0.0502 0	2.47000	
		Truck Mixer	0.6227 3	2.47000	
		Water Tank Truck	0.0381 5	2.47000	
		Concrete Vibrator	0.3012 0	2.47000	
		Pekerja	0.5020 1	2.47000	
7.3 (2)	Baja Tulangan U 24 Polos (Ø 10 mm)	Pekerja Biasa	0.1050 0	615.19836	4
		Tukang	0.0350 0	615.19836	
7.3 (3)	Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 16 mm)	Pekerja Biasa	0.1050 0	3163.5943 4	5
		Tukang	0.0350 0	3163.5943 4	
7.3 (4)	Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 19 mm)	Pekerja Biasa	0.1050 0	343.24236	2
		Tukang	0.0350 0	343.24236	
7.3 (6)	Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 25 mm)	Pekerja Biasa	0.1050 0	11249.786 85	13
		Tukang	0.0350 0	11249.786 85	
7.10.(1)	Pasangan Batu Kosong yang Diisi Adukan	Conc. Mixer	0.4016 1	54.00000	4

		Water Tanker	0.0102 3	54.00000	
		Pekerja	4.0160 6	54.00000	
		Tukang	2.0080 3	54.00000	
7.1 (6a)	Beton struktur, fc'25 Mpa	Wheel Loader	0.0502 0	332.69460	15
		Concrete Batchin g Plant	0.0502 0	332.69460	
		Truck Mixer	0.6227 3	332.69460	
		Concrete Vibrator	0.3012 0	332.69460	
		Water Tank Truck	0.0381 5	332.69460	
		Pekerja	0.5020 1	332.69460	
		Tukang	0.5020 1	332.69460	
7.1 (7a)	Beton struktur, fc'20 MPa	Wheel Loader	0.0502 0	52.08750	3
		Concrete Batchin g Plant	0.0502 0	52.08750	
		Truck Mixer	0.6227 3	52.08750	
		Concrete Vibrator	0.3012 0	52.08750	
		Water Tank Truck	0.0381 5	52.08750	
		Pekerja	0.5020 1	52.08750	
		Tukang	0.5020 1	52.08750	

Menghubungkan tiap item pekerjaan

Pada hubungan antar pekerjaan satu dengan pekerjaan yang lainnya terkadang terdapat jeda waktu (lag time) ataupun overlap/ penumpukan waktu (lead time).

Tabel 2. Predecessor

	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
0	JEMBATAN DIRUNG BAKUNG 2	30 days	Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	

1	STRUKTUR BAWAH JEMBATAN DIRUNG BAKUNG 2	30 days	Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	
2	DIVISI. UMUM	4 days	Mon 01/09/25	Thu 04/09/25	
3	Mobilisasi	3 days	Mon 01/09/25	Wed 03/09/25	
4	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	1 day	Thu 04/09/25	Thu 04/09/25	3
5	DIVISI. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK	26 days	Sat 06/09/25	Mon 06/10/25	
6	Pembersihan dan Pengupasan Lahan	1 day	Sat 06/09/25	Sat 06/09/25	4
7	Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	2 days	Mon 08/09/25	Tue 09/09/25	6
8	Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	1 day	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	7SS
9	Galian Struktur dengan kedalaman 4 - 6 meter	1 day	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	8SS
10	Timbunan Biasa dari sumber galian	2 days	Sat 04/10/25	Mon 06/10/25	22
11	Timbunan Pilihan dari galian	3 days	Fri 12/09/25	Mon 15/09/25	14
12	DIVISI. STRUKTUR	22 days	Tue 09/09/25	Fri 03/10/25	
13	Tiang Bor Beton, diameter 800 mm	2 days	Tue 09/09/25	Wed 10/09/25	9
14	Dinding Sumuran Silinder terpasang, Diameter 1.2 m	1 day	Thu 11/09/25	Thu 11/09/25	13
15	Talud Struktural Pasangan Batu Kosong yang Diisi Adukan	4 days	Fri 12/09/25	Tue 16/09/25	14

16	Beton, fc'10 Mpa	1 day	Wed 17/09/25	Wed 17/09/25	14;15
17	Baja Tulangan U 24 Polos (Ø 10 mm)	4 days	Wed 17/09/25	Sat 20/09/25	16SS
18	Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 16 mm)	5 days	Wed 17/09/25	Mon 22/09/25	17SS
19	Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 19 mm)	2 days	Wed 17/09/25	Thu 18/09/25	18SS
20	Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 25 mm)	13 days	Wed 17/09/25	Wed 01/10/25	19SS
21	Beton struktur, fc'20 MPa	3 days	Wed 17/09/25	Fri 19/09/25	16SS;17SS
22	Beton struktur, fc'25 Mpa	15 days	Wed 17/09/25	Fri 03/10/25	18SS;19SS;20SS

Perhitungan latest stars (ls), latest finis (lf) dan total float (tf)/slack

Tabel 3. Nilai LS, LF, Free Slack dan Total Slack

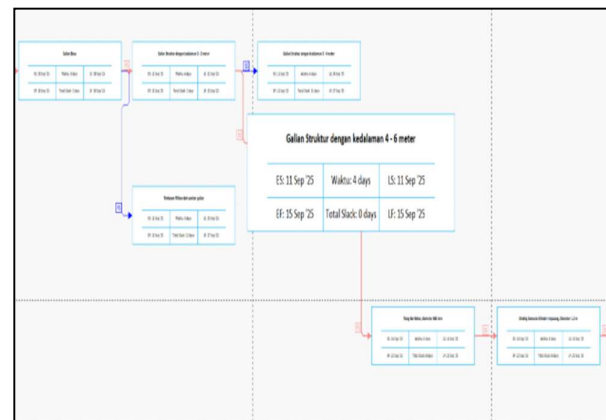
Task Name	Dur	Early Start	Early Finis h	Late Start	Late Finis h	Total Slack
JEMBATAN DIRUNG BAKUNG 2	30 days	Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	0 days
STRUKTUR BAWAH JEMBATAN DIRUNG BAKUNG 2	30 days	Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	0 days
DIVISI. UMUM	4 days	Mon 01/09/25	Thu 04/09/25	Mon 01/09/25	Thu 04/09/25	0 days
Mobilisasi	3 days	Mon 01/09/25	Wed 03/09/25	Mon 01/09/25	Wed 03/09/25	0 days
Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	1 day	Thu 04/09/25	Thu 04/09/25	Thu 04/09/25	Thu 04/09/25	0 days
DIVISI. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK	26 days	Sat 06/09/25	Mon 06/10/25	Sat 06/09/25	Mon 06/10/25	0 days

Pembersihan dan Pengupasan Lahan	1 day	Sat 06/09/25	Sat 06/09/25	Sat 06/09/25	Sat 06/09/25	0 days
Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	2 days	Mon 08/09/25	Tue 09/09/25	Mon 08/09/25	Tue 09/09/25	0 days
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	1 day	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	0 days
Galian Struktur dengan kedalaman 4 - 6 meter	1 day	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	0 days
Timbunan Biasa dari sumber galian	2 days	Sat 04/10/25	Mon 06/10/25	Sat 04/10/25	Mon 06/10/25	0 days
Timbunan Pilihan dari galian	3 days	Fri 12/09/25	Mon 15/09/25	Fri 03/10/25	Mon 06/10/25	18 days
DIVISI STRUKTUR	22 days	Tue 09/09/25	Fri 03/10/25	Tue 09/09/25	Mon 06/10/25	0 days
Tiang Bor Beton, diameter 800 mm	2 days	Tue 09/09/25	Wed 10/09/25	Tue 09/09/25	Wed 10/09/25	0 days
Dinding Sumuran Silinder terpasang, Diameter 1.2 m	1 day	Thu 11/09/25	Thu 11/09/25	Thu 11/09/25	Thu 11/09/25	0 days
Talud Struktural Pasangan Batu Kosong yang Diisi Adukan	4 days	Fri 12/09/25	Tue 16/09/25	Fri 12/09/25	Tue 16/09/25	0 days
Beton, f'c 10 Mpa	1 day	Wed 17/09/25	Wed 17/09/25	Wed 17/09/25	Wed 17/09/25	0 days
Baja Tulangan U 24 Polos (Ø 10 mm)	4 days	Wed 17/09/25	Sat 20/09/25	Wed 17/09/25	Sat 20/09/25	0 days
Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 16 mm)	5 days	Wed 17/09/25	Mon 22/09/25	Wed 17/09/25	Mon 22/09/25	0 days
Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 19 mm)	2 days	Wed 17/09/25	Thu 18/09/25	Wed 17/09/25	Thu 18/09/25	0 days
Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 25 mm)	13 days	Wed 17/09/25	Wed 01/10/25	Wed 17/09/25	Wed 01/10/25	0 days
Beton strukur, f'c 20 MPa	3 days	Wed 17/09/25	Fri 19/09/25	Fri 03/10/25	Mon 06/10/25	14 days
Beton strukur, f'c 25 MPa	15 days	Wed 17/09/25	Fri 03/10/25	Wed 17/09/25	Fri 03/10/25	0 days

Hasil penjadwalan proyek

Penjadwalan pekerjaan struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2 dilakukan dengan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) menggunakan perangkat lunak Microsoft Project. Proses penjadwalan dimulai dengan mengidentifikasi seluruh aktivitas pekerjaan, menyusun urutan kerja, serta menentukan hubungan ketergantungan antar aktivitas. Jenis hubungan yang digunakan adalah Finish to Start (FS) yang paling umum dalam praktik konstruksi.

Hasil penjadwalan menunjukkan bahwa durasi total pekerjaan struktur bawah adalah 31 hari kerja, dengan beberapa aktivitas berada pada jalur kritis. Aktivitas-aktivitas kritis meliputi: pekerjaan persiapan, galian tanah, pekerjaan pondasi (sumuran dan bored pile), sloof/pilecap, dan abutmen. Aktivitas yang tidak berada di jalur kritis memiliki kelonggaran waktu (float), namun tetap harus dikendalikan agar tidak berdampak pada jadwal keseluruhan.



Gambar 8. Contoh Network Diagram



Gambar 9. Contoh Gantt Chart

Diagram jaringan dan *Gantt Chart* memperlihatkan urutan kerja, tumpang tindih antar aktivitas (*overlapping*), serta titik koordinasi pelaksanaan antar bagian pekerjaan. Fitur-fitur seperti waktu mulai dan selesai setiap kegiatan serta durasi efektif harian ditampilkan secara rinci.

Estimasi biaya proyek

Estimasi biaya dihitung berdasarkan volume pekerjaan yang diukur dari gambar rencana (DED) dan harga satuan pekerjaan yang mengacu pada AHSP Kota Palangka Raya Tahun 2024. Estimasi ini hanya mencakup biaya langsung, yang meliputi material, tenaga kerja, dan alat berat.

Total estimasi biaya untuk pelaksanaan pekerjaan struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2 adalah sebesar Rp1.057.109.192,21.

Tabel 4. Jumlah harga dan Persentase Pekerjaan

Task Name	Predece	Start	Finish	%Pekerjaan
JEMBATAN DIRUNG BAKUNG 2		Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	100
STRUKTUR BAWAH JEMBATAN DIRUNG BAKUNG 2		Mon 01/09/25	Mon 06/10/25	100
DIVISI. UMUM		Mon 01/09/25	Thu 04/09/25	1,51
Mobilisasi		Mon 01/09/25	Wed 03/09/25	0,99
Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	3	Thu 04/09/25	Thu 04/09/25	0,52
DIVISI. PEKERJAAN TANAH DAN GEOSINTETIK		Sat 06/09/25	Mon 06/10/25	5,81
Pembersihan dan Pengupasan Lahan	4	Sat 06/09/25	Sat 06/09/25	0,04
Galian Struktur dengan kedalaman 0 - 2 meter	6	Mon 08/09/25	Tue 09/09/25	0,49
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	7SS	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	0,69
Galian Struktur dengan kedalaman 4 - 6 meter	8SS	Mon 08/09/25	Mon 08/09/25	0,36
Timbunan Biasa dari	22	Sat 04/10/25	Mon 06/10/25	2,97

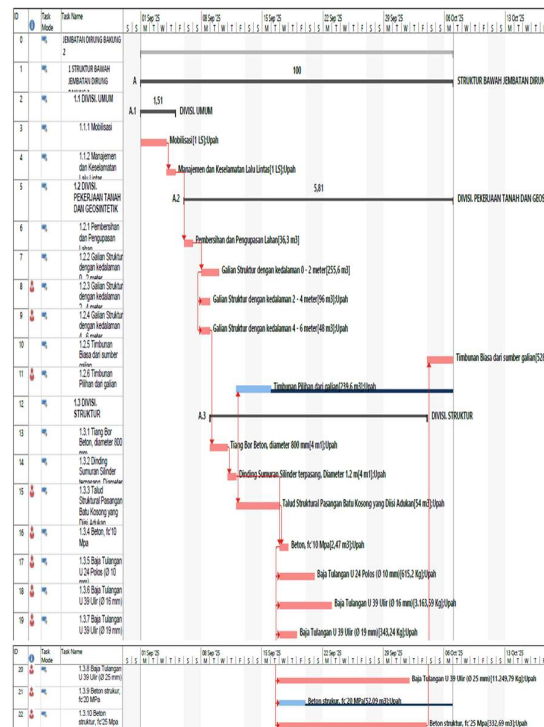
sumber galian				
Timbunan Pilihan dari galian	14	Fri 12/09/25	Mon 15/09/25	1,27
DIVISI. STRUKTUR		Tue 09/09/25	Fri 03/10/25	92,68
Tiang Bor Beton, diameter 800 mm	9	Tue 09/09/25	Wed 10/09/25	0,25
Dinding Sumuran Silinder terpasang, Diameter 1.2 m	13	Thu 11/09/25	Thu 11/09/25	0,25
Talud Struktural Pasangan Batu Kosong yang Diisi Adukan	14	Fri 12/09/25	Tue 16/09/25	1,58
Beton, fc'10 Mpa	14;15	Wed 17/09/25	Wed 17/09/25	0,27
Baja Tulangan U 24 Polos (Ø 10 mm)	16SS	Wed 17/09/25	Sat 20/09/25	1,22
Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 16 mm)	17SS	Wed 17/09/25	Mon 22/09/25	7,08
Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 19 mm)	18SS	Wed 17/09/25	Thu 18/09/25	0,76
Baja Tulangan U 39 Ulir (Ø 25 mm)	19SS	Wed 17/09/25	Wed 01/10/25	25,09
Beton strukur, fc'20 MPa	16SS;17SS	Wed 17/09/25	Fri 19/09/25	7,62
Beton struktur, fc'25 Mpa	18SS;19SS;20SS	Wed 17/09/25	Fri 03/10/25	48,56

Jumlah harga dan Persentase Pekerjaan merangkum kontribusi biaya per divisi pekerjaan, termasuk mobilisasi, galian dan timbunan, pondasi sumuran, bored pile, pekerjaan beton, pasangan batu, dan struktur abutmen. Nilai tersebut bersifat estimatif dan belum termasuk PPN, biaya tidak langsung, maupun cadangan risiko.

Jalur kritis precedence diagram method

Dari penyusunan jaringan kerja menggunakan PDM ini didapat durasi pekerjaan sebesar 31 hari. Sehingga didapatkan beberapa item pekerjaan yang berada pada

jalur kritis dengan diketahuinya network diagram akan ditunjukkan dengan kotak dan garis berwarna merah.



Gambar 10. Jalur Kritis

Efektivitas metode pdm

Metode PDM menunjukkan efektivitas tinggi dalam menyusun jadwal pelaksanaan yang sistematis dan fleksibel. Hubungan antar aktivitas yang kompleks dapat dimodelkan secara akurat, termasuk aktivitas yang berjalan bersamaan (*overlapping*). Jalur kritis juga dapat diidentifikasi dengan mudah, sehingga manajer proyek dapat fokus pada pengendalian aktivitas yang berdampak langsung pada total durasi. Kombinasi metode PDM dan perangkat lunak *Microsoft Project* memberikan manfaat signifikan dalam perencanaan dan pengendalian proyek. Penyusunan waktu dan biaya dapat dilakukan secara paralel dan saling terintegrasi, sehingga hasil perencanaan lebih realistis dan dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan lapangan.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perencanaan waktu dan biaya pekerjaan struktur bawah Jembatan Dirung Bakung 2 dengan metode *Precedence Diagram Method* (PDM), dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Metode PDM efektif digunakan dalam penjadwalan proyek konstruksi karena mampu menggambarkan ketergantungan antar aktivitas

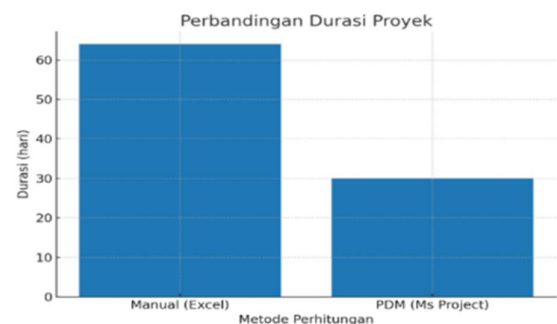
secara logis dan fleksibel, serta memudahkan identifikasi jalur kritis.

2. Hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft Project* menunjukkan bahwa durasi pelaksanaan struktur bawah jembatan adalah selama 31 hari kerja, dengan aktivitas kritis meliputi pekerjaan persiapan, pondasi sumuran, bored pile, sloof/pilecap, dan abutmen.
3. Estimasi biaya pekerjaan struktur bawah diperoleh sebesar Rp 1.057.109.192,21. yang dihitung berdasarkan volume pekerjaan dan harga satuan dari AHSP 2024.

Saran

Penelitian ini difokuskan pada perencanaan waktu dan estimasi biaya struktur bawah jembatan dengan metode PDM. Berdasarkan keterbatasan ruang lingkup tersebut, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian lanjutan:

1. Penelitian selanjutnya disarankan mencakup keseluruhan pekerjaan proyek jembatan.
2. Diperlukan analisis perbandingan antara metode PDM dan metode lain seperti metode berbasis *Building Information Modeling* (BIM 4D) untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi masing-masing pendekatan dalam perencanaan proyek.
3. Penggunaan metode Monte Carlo atau analisis risiko kuantitatif direkomendasikan untuk menilai ketidakpastian terhadap estimasi durasi dan biaya yang dihasilkan, sehingga hasil perencanaan lebih adaptif terhadap kondisi lapangan.



Gambar 11. Perbandingan Durasi Proyek

Dari grafik perbandingan menunjukkan bahwa durasi proyek dengan perhitungan awal mencapai 64 hari, sedangkan dengan metode PDM di *Microsoft Project* hanya 30 hari. Artinya, terjadi efisiensi waktu sebesar 34 hari (53,12%). Visualisasi ini menegaskan bahwa penggunaan metode PDM mampu memperpendek durasi proyek secara signifikan dengan mengoptimalkan pekerjaan yang dapat dilakukan

secara paralel, sehingga lebih realistis dan efisien dibandingkan perhitungan manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, W. (2007). Manajemen Proyek Konstruksi - Edisi Revisi. In *PT. Gramedia Pustaka*.
- Hardani. (2020). *METODE PENELITIAN KUALITATIF & KUANTITATIF* (Husnu Abadi (ed.); Husnu Abad). CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta.
- Khaidir, I. (2022). Implementasi Metode *Precedence Diagram Method* (Pdm) Dalam Pengendalian Proyek Konstruksi. *Jurnal Rekayasa*, 12(2), 175–182.
<https://doi.org/10.37037/jrftsp.v12i2.136>
- Lestari, F. (2022). EVALUASI FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus pada Pekerjaan Pembangunan Gedung Lanjutan SMPN 39 Bandar Lampung). *Kolaborasi*, 2(1), 25–38.
- Nurhidayat, A. (2021). Optimalisasi Pembangunan Proyek Apartemen Sgc Cibubur Dengan Menggunakan Metode *Precedence Diagram Method* (Pdm). *Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 22–32. <https://doi.org/10.35968/jtin/v11i1/706>
- Pratiwi, R. (2020). Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Time Cost Trade Off Method (TCTO) dan *Precedence Diagram Method* (PDM) pada Pembangunan Drainase Jalan Tol KM. 35 Balikpapan-Samarinda. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, 3(1), 1–9.
<https://doi.org/10.36277/transukma.v3i1.65>
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi* (H. A. Rani (ed.)).
https://www.researchgate.net/publication/316081639_Manajemen_Proyek_Konstruksi
- Setiawan, E. (2019). Manajemen proyek Sistem Informasi Penggajian Berbasis Web. *Jurnal Teknik*, 17(2), 84–93.
<https://doi.org/10.37031/jt.v17i2.50>
- Soeharto, L. (2012). MANAJEMEN PROYEK (Dari Konseptual Sampai Operasional). In I. Soeharto (Ed.), *MANAJEMEN PROYEK (Dari Konseptual Sampai Operasional)* (Edisi Kedu, Vol. 60, Issue 5). Erlangga.
<https://doi.org/10.3938/jkps.60.674>
- Suputra, I. G. N. O. (2011). Penjadwalan Proyek Dengan *Precedence Diagram Method* (PDM) Dan Ranked Position Weight Method (RPWM). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1), 18–28.
- Syammaun, T. (2024). Optimalisasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode *Precedence Diagram Method*. *Tameh*, 8(1), 1–12.
<https://doi.org/10.37598/rb684r71>
- Ervianto, W. (2007). Manajemen Proyek Konstruksi - Edisi Revisi. In *PT. Gramedia Pustaka*.
- Husen, A. (2009). *Manajemen Proyek* (D. Probontini (ed.); Edisi Revi). ANDI.
[https://eprints.upjb.ac.id/id/eprint/189/1/manajemen_proyek_\(perencanaan,penjadwalan&pengendalian_Proyek.\)](https://eprints.upjb.ac.id/id/eprint/189/1/manajemen_proyek_(perencanaan,penjadwalan&pengendalian_Proyek.))