

Assesment Schedule Metode Defense Contract Management Agency (DCMA) Menggunakan Software Primavera P6 Studi Kasus Proyek Jembatan

Ranto Tumangger

Politeknik Negeri Lampung

Resti Agustina

Politeknik Negeri Lampung

Alamat : Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung

Korespodensi Penulis: Rantotumangger@polinela.ac.id

Abstract. *Project scheduling is a critical aspect of ensuring the successful implementation of construction projects, particularly bridge projects that involve a high degree of complexity. Poor schedule quality may result in project delays, inaccurate critical path identification, and inadequate project control. This study aims to evaluate the schedule quality of a pile slab bridge project using the Defense Contract Management Agency (DCMA) 14-Point Schedule Assessment method, supported by Oracle Primavera P6 software. The study employed a quantitative descriptive method with a case study approach applied to an existing baseline schedule. The assessment results indicate that several parameters have satisfied the DCMA standards, including relationship type, hard constraints, soft constraints, negative float, large duration, and invalid progress. Conversely, several parameters remain non-compliant with the established standards, namely network logic, positive lag, large float, resources/cost, and the Baseline Execution Index (BEI). This study concludes that the project schedule has not fully adhered to the principles of a network-driven schedule and continues to function primarily as an administrative time schedule. The findings of this study offer practical contributions to construction project management by providing recommendations that encompass the refinement of network logic relationships, reduction of excessive lag usage, implementation of resource and cost loading, and progress updates based on the established baseline, thereby enabling the schedule to serve as a more effective, reliable, and integrated project control tool*

Keywords: *DCMA, Primavera P6, project scheduling, construction scheduling, project control, pile slab bridge.*

Abstrak. Penjadwalan proyek merupakan aspek kritis dalam keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi, khususnya proyek jembatan yang memiliki kompleksitas tinggi. Kualitas jadwal yang buruk dapat mengakibatkan keterlambatan, identifikasi lintasan kritis yang tidak akurat, dan lemahnya pengendalian proyek. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kualitas jadwal proyek jembatan pile slab menggunakan metode DCMA 14-Point Schedule Assessment dengan dukungan Oracle Primavera P6. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada jadwal baseline yang sudah ada. Hasil penilaian menunjukkan bahwa sebagian parameter telah memenuhi standar DCMA, meliputi tipe hubungan, hard constraint, soft constraint, float negatif, durasi besar, dan progres tidak valid. Sementara itu, parameter logika jaringan, positive lag, large float, sumber daya/biaya, dan Baseline Execution Index (BEI) masih belum memenuhi standar yang ditetapkan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa jadwal proyek belum sepenuhnya menerapkan prinsip network-driven schedule dan masih berfungsi sebagai jadwal administratif. Kontribusi penelitian ini memberikan rekomendasi praktis bagi manajemen proyek konstruksi, meliputi penyempurnaan logika jaringan, pengurangan lag berlebihan, penerapan resource dan cost loading, serta pembaruan progres berbasis baseline, sehingga jadwal dapat menjadi alat pengendalian proyek yang lebih efektif, andal, dan terintegrasi

Kata Kunci : DCMA, Primavera P6, schedule proyek, penjadwalan konstruksi, pengendalian proyek, jembatan pile slab.

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi jembatan merupakan salah satu proyek infrastruktur yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi karena melibatkan banyak aktivitas yang saling bergantung, penggunaan sumber daya yang besar, serta target penyelesaian yang ketat. Dalam pelaksanaannya, keterlambatan proyek masih sering terjadi akibat lemahnya pengendalian jadwal, ketidaktepatan lintasan kritis, serta rendahnya kualitas penyusunan schedule proyek (Aulia, Setiono, & Rifai, 2023).

Kemajuan teknologi informasi dalam bidang manajemen proyek konstruksi telah memberikan dampak signifikan terhadap proses perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek. Penggunaan perangkat lunak penjadwalan modern memungkinkan pengelolaan proyek menjadi lebih sistematis, efektif, dan terintegrasi sehingga mampu meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek konstruksi (Patel & Nema, 2022).

Dalam manajemen proyek modern, penyusunan schedule umumnya menggunakan metode Critical Path Method (CPM) dengan bantuan aplikasi Oracle Primavera P6. Primavera P6 memiliki kemampuan dalam mengelola aktivitas proyek,

hubungan ketergantungan pekerjaan, resource management, serta monitoring progres proyek secara lebih detail dibandingkan metode konvensional (Thuda, Tjakra, & Pratisis, 2024).

Menurut Arifuddin et al. (2024), kualitas penjadwalan proyek sangat dipengaruhi oleh ketepatan metode penyusunan network activity dan hubungan antaraktivitas sehingga schedule mampu merepresentasikan urutan pekerjaan secara realistis

Wijanarko et al. (2024) menyatakan bahwa metode CPM efektif digunakan dalam evaluasi pengendalian waktu proyek karena mampu mengidentifikasi lintasan kritis dan potensi keterlambatan pelaksanaan pekerjaan

Meskipun schedule proyek telah disusun menggunakan Primavera P6, kualitas schedule belum tentu memenuhi standar penjadwalan yang baik apabila masih ditemukan aktivitas tanpa predecessor atau successor, penggunaan constraint yang berlebihan, serta float yang tidak wajar.

Zhang et al. (2024) menjelaskan bahwa kualitas pengendalian proyek konstruksi modern dipengaruhi oleh integrasi manajemen sumber daya, monitoring digital, dan sistem pengendalian proyek berbasis teknologi

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam penilaian kualitas jadwal proyek adalah *Defense Contract Management Agency (DCMA) 14-Point Assessment*. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi kualitas logika jaringan kerja, validitas lintasan kritis, penggunaan constraints, serta tingkat kelayakan schedule sebagai alat pengendalian proyek (Boyle, 2021).

Landasan Teori

Metode DCMA mempunyai 14 poin assesment, Adapun 14 – Poin Assessment pada metode DCMA sebagai berikut:

1. Logic

Logic merupakan hubungan ketergantungan antaraktivitas yang membentuk jaringan kerja proyek dan menjadi dasar dalam perhitungan Critical Path Method (CPM). Hubungan logic yang baik diperlukan untuk menghasilkan lintasan kritis yang valid, perhitungan float yang akurat, serta schedule yang dapat digunakan secara efektif sebagai alat pengendalian proyek (Bianco et al., 2024). Hubungan logic yang tidak lengkap dapat menyebabkan munculnya open-ended activities dan float yang tidak realistis sehingga menurunkan kualitas schedule proyek (Malyusz et al., 2021; Elshaer et al., 2023)

2. Leads

Lead merupakan hubungan logika yang memungkinkan aktivitas penerus dimulai sebelum aktivitas pendahulu selesai sepenuhnya. Meskipun dapat digunakan untuk mempercepat durasi proyek melalui overlap pekerjaan, penggunaan lead yang berlebihan dapat menurunkan validitas lintasan kritis dan mengurangi keakuratan pengendalian jadwal proyek (PMI, 2021; Kim & Reinschmidt, 2021).

3. Lags

Lag merupakan jeda waktu antara aktivitas pendahulu (*predecessor*) dan aktivitas penerus (*successor*) dalam jaringan kerja proyek. Penggunaan lag diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan teknis tertentu, namun penggunaan yang berlebihan dapat mengurangi transparansi jadwal dan menyulitkan proses monitoring karena lag tidak dapat dikendalikan sebagai aktivitas tersendiri (Karim et al., 2025; Nashri & Syamsuri, 2025)

4. Relationship Types

Relationship Types merupakan hubungan ketergantungan antaraktivitas yang mendefinisikan urutan dan keterkaitan pekerjaan dalam suatu jaringan kerja proyek. Hubungan *Finish-to-Start* (FS), *Start-to-Start* (SS), *Finish-to-Finish* (FF), dan *Start-to-Finish* (SF) digunakan untuk menggambarkan berbagai kondisi ketergantungan waktu antaraktivitas. Pemilihan jenis hubungan yang sesuai diperlukan untuk menghasilkan schedule yang logis, valid, dan mampu mendukung analisis lintasan kritis secara akurat (Watermeyer & Zimmermann, 2023)

5. Hard Constraints

Hard Constraints merupakan batasan tanggal tertentu yang memaksa aktivitas dimulai atau selesai pada waktu yang telah ditetapkan. Meskipun diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan kontraktual dan milestone proyek, penggunaan hard constraints yang berlebihan dapat mengurangi validitas perhitungan CPM, menghasilkan nilai float yang tidak realistis, dan menurunkan kualitas schedule sebagai alat pengendalian proyek (Kostrzewa-Demczuk, 2024).

6. High Float

High Float menunjukkan aktivitas yang memiliki kelonggaran waktu (total float) sangat besar dibandingkan batas yang direkomendasikan. Nilai float yang tinggi umumnya mengindikasikan adanya permasalahan pada struktur jaringan kerja, seperti

aktivitas yang tidak terhubung dengan baik, hubungan logika yang tidak lengkap, atau ketidakseimbangan dalam penyusunan jadwal proyek. Kondisi ini dapat menyebabkan schedule menjadi kurang sensitif terhadap keterlambatan sehingga aktivitas yang sebenarnya berisiko tidak teridentifikasi sebagai bagian dari lintasan kritis proyek (Hong et al., 2022; Zhang et al., 2024).

7. *Negative Float*

Negative Float terjadi ketika tanggal penyelesaian aktivitas atau proyek melampaui batas waktu yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan nilai float negatif. Kondisi ini menunjukkan bahwa proyek berpotensi mengalami keterlambatan atau tidak dapat memenuhi target penyelesaian yang direncanakan tanpa tindakan percepatan. Keberadaan negative float menjadi indikator penting dalam pengendalian proyek karena menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara jadwal yang disusun dengan target waktu yang harus dicapai (Kostrzewa-Demczuk, 2024; Acebes et al., 2024).

8. *High Duration*

High Duration merupakan aktivitas yang memiliki durasi relatif panjang dibandingkan standar yang direkomendasikan dalam penyusunan jadwal proyek. Aktivitas dengan durasi yang terlalu panjang dapat menyulitkan proses monitoring, pelaporan progres, dan identifikasi keterlambatan secara dini. Oleh karena itu, aktivitas berdurasi panjang umumnya disarankan untuk diuraikan menjadi beberapa aktivitas yang lebih rinci agar proses pengendalian proyek dapat dilakukan secara lebih efektif dan akurat (Dubey et al., 2023; Patel & Nema, 2022).

9. *Invalid Dates*

Invalid Dates merupakan kondisi ketika tanggal aktivitas tidak sesuai dengan status pelaksanaan proyek atau data date yang digunakan dalam proses updating schedule. Ketidakesuaian tersebut dapat terjadi akibat kesalahan input data, pengaturan status aktivitas yang tidak tepat, atau proses pembaruan jadwal yang tidak konsisten. Kondisi ini dapat mengurangi keakuratan analisis progres proyek dan menghasilkan informasi yang menyesatkan dalam proses pengambilan keputusan (Thuda, Tjakra, & Pratisis, 2024; Wang et al., 2024).

10. *Resources*

Resources merupakan sumber daya yang dialokasikan untuk mendukung pelaksanaan aktivitas proyek, meliputi tenaga kerja, material, peralatan, dan biaya. Kelengkapan data resource dalam schedule sangat penting untuk mendukung proses

resource leveling, analisis kebutuhan sumber daya, pengendalian biaya, serta penerapan Earned Value Management (EVM). Schedule yang tidak dilengkapi dengan resource loading akan membatasi fungsi schedule hanya sebagai alat perencanaan waktu dan mengurangi efektivitas pengendalian proyek secara terintegrasi (PMI, 2021; Dubey et al., 2023). Schedule yang tidak dilengkapi *resource loading* akan membatasi fungsi jadwal sebagai alat pengendalian proyek secara terintegrasi (Sari et al., 2024)

11. *Missed Tasks*

Missed Tasks merupakan aktivitas yang berdasarkan baseline schedule seharusnya telah selesai pada periode pelaporan tertentu, namun pada kondisi aktual masih belum terselesaikan. Parameter ini digunakan untuk mengukur tingkat kepatuhan pelaksanaan proyek terhadap jadwal rencana dan menjadi indikator awal adanya keterlambatan proyek. Semakin tinggi jumlah missed tasks, semakin besar risiko terjadinya deviasi jadwal yang dapat mempengaruhi pencapaian target penyelesaian proyek (Acebes et al., 2024; Zhang et al., 2024).

12. *Critical Path Test*

Critical Path Test merupakan metode pengujian yang digunakan untuk memverifikasi validitas lintasan kritis (*critical path*) dalam suatu schedule proyek. Pengujian dilakukan dengan menambahkan durasi pada salah satu aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan mengamati perubahan terhadap tanggal penyelesaian proyek. Apabila perubahan durasi aktivitas tersebut menyebabkan perubahan yang sama pada durasi total proyek, maka lintasan kritis dinyatakan valid. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa aktivitas yang dikategorikan kritis benar-benar mempengaruhi target penyelesaian proyek dan dapat dijadikan fokus utama dalam proses pengendalian jadwal (Malyusz et al., 2021; Hong et al., 2022).

13. *Critical Path Length Index (CPLI)*

Critical Path Length Index (CPLI) merupakan indikator yang digunakan untuk menilai kemampuan jadwal proyek dalam mencapai target penyelesaian berdasarkan sisa waktu yang tersedia dan panjang lintasan kritis proyek. Dalam pengendalian proyek konstruksi, indikator ini membantu mengevaluasi apakah jadwal yang disusun masih memiliki peluang untuk memenuhi target waktu kontrak serta mendukung proses pengambilan keputusan terkait percepatan pekerjaan apabila diperlukan (Aulia et al., 2023).

$$CPLI = \frac{\text{Critical Path Length} + \text{Total Float}}{\text{Critical Path Length}}$$

Nilai $CPLI \geq 1$ menunjukkan proyek masih berpeluang selesai tepat waktu.

14. *Baseline Execution Index (BEI)*

Baseline Execution Index (BEI) merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat pencapaian aktivitas proyek terhadap baseline schedule yang telah ditetapkan. Indikator ini menunjukkan kemampuan proyek dalam memenuhi target penyelesaian aktivitas sesuai jadwal rencana dan dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi potensi keterlambatan sejak dini dalam pelaksanaan proyek (Wijanarko et al., 2024).

$$BEI = \frac{\text{Jumlah Aktivitas Selesai}}{\text{Jumlah Aktivitas yang Direncanakan Selesai}}$$

Nilai BEI digunakan untuk mengukur kesesuaian progres aktual terhadap rencana proyek.

Penelitian mengenai penerapan DCMA 14-Point Schedule Assessment telah banyak dilakukan pada proyek gedung, industri manufaktur, EPC (Engineering, Procurement, Construction), serta proyek infrastruktur umum. Dubey et al. (2023) meneliti penerapan Primavera P6 dalam monitoring proyek konstruksi, sedangkan Boyle (2021) menjelaskan penerapan DCMA sebagai instrumen validasi kualitas schedule. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada proyek bangunan gedung dan belum secara spesifik mengevaluasi kualitas jadwal proyek jembatan yang memiliki karakteristik konstruksi berbeda, seperti tingginya ketergantungan antar aktivitas struktur, kebutuhan alat berat khusus, serta risiko keterlambatan yang berdampak langsung terhadap konektivitas jaringan transportasi.

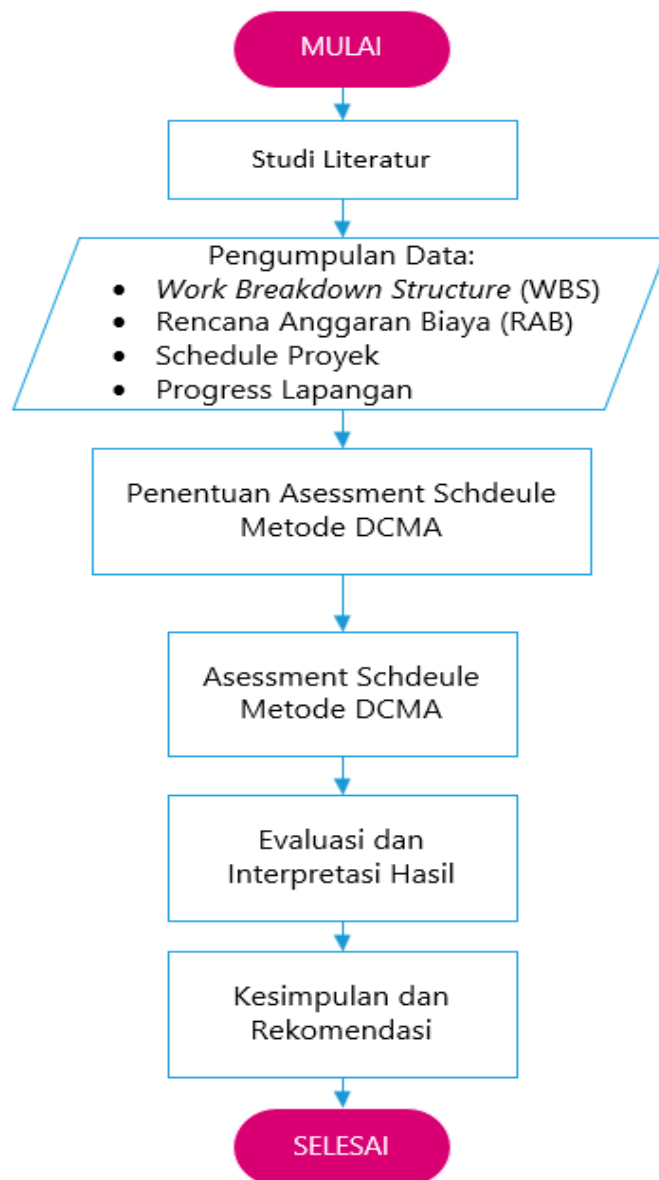
Selain itu, penelitian terdahulu umumnya hanya menyajikan hasil pengukuran parameter DCMA tanpa mengkaji secara mendalam penyebab ketidaksesuaian parameter dan implikasinya terhadap pengendalian proyek. Oleh karena itu, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait evaluasi kualitas schedule proyek jembatan berbasis DCMA yang tidak hanya mengidentifikasi tingkat kepatuhan terhadap standar, tetapi juga menganalisis akar penyebab permasalahan schedule dan strategi perbaikannya.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penerapan DCMA 14-Point Schedule Assessment pada proyek jembatan pile slab dengan pendekatan analisis

penyebab ketidaksesuaian parameter schedule serta implikasinya terhadap efektivitas pengendalian proyek menggunakan Oracle Primavera P6.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian dilakukan dengan mengevaluasi kualitas schedule proyek jembatan yang telah tersedia menggunakan metode DCMA 14-Point Assessment pada aplikasi Oracle Primavera P6. Adapun metode penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 1 bagan Tahapan Penelitian

Objek Penelitian

Objek penelitian yang dianalisis dalam metode DCMA menggunakan Primavera P6 seperti berikut:

Nama Proyek	:	Pembangunan Jembatan Pile Slab Ruas Jalan Tol Serang-Panimbang Seksi 3
Lokasi	:	Kabupaten Lebak dan Pandegelang Provinsi Banten
Nilai Pekerjaan	:	91.307.413.944,-
Durasi	:	120 hari kalender
Jumlah Aktivitas	:	71

Analisis Perhitungan

1. Logic

Logic merupakan hubungan ketergantungan antar aktivitas dalam schedule proyek yang menunjukkan urutan pekerjaan secara sistematis. Hubungan logic yang baik diperlukan untuk membentuk jaringan kerja yang valid sehingga analisis lintasan kritis dan pengendalian proyek dapat dilakukan secara akurat.

$$\text{Logic}(\%) = \frac{\text{Jumlah Aktivitas Tanpa Predecessor atau Successor}}{\text{Total Aktivitas}} \times 100\%$$

2. Positive Lag

$$\text{Positive Lag}(\%) = \frac{\text{Jumlah Relationship dengan Lag}}{\text{Total Relationship}} \times 100\%$$

3. Large Float

$$\text{Large Float}(\%) = \frac{\text{Aktivitas dengan Float} > 44 \text{ hari}}{\text{Total Aktivitas}} \times 100\%$$

4. Resource Loaded

$$\text{Resources}(\%) = \frac{\text{Aktivitas Tanpa Resource}}{\text{Total Aktivitas}} \times 100\%$$

5. Critical Path Length Index (CPLI)

CPLI merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur kemampuan proyek mencapai target penyelesaian berdasarkan sisa waktu yang tersedia.

$$CPLI = \frac{\text{Critical Path Length} + \text{Total Float}}{\text{Critical Path Length}}$$

6. *Baseline Execution Index (BEI)*

BEI merupakan indikator kinerja proyek yang membandingkan jumlah aktivitas yang telah selesai dengan jumlah aktivitas yang direncanakan selesai berdasarkan baseline schedule.

$$BEI = \frac{\text{Jumlah Aktivitas Selesai}}{\text{Jumlah Aktivitas yang Direncanakan Selesai}}$$

Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa langkah yaitu:

1. Pengumpulan Data Schedule

Tahap awal dilakukan dengan mengumpulkan data schedule proyek jembatan yang telah tersedia dari pihak proyek.

2. Verifikasi Data Schedule

Data schedule diverifikasi untuk memastikan:

- aktivitas proyek telah lengkap,
- hubungan predecessor dan successor tersedia,
- kalender kerja telah ditentukan,
- baseline schedule tersedia,
- lintasan kritis dapat terbaca pada Primavera P6.

3. Assessment Schedule Menggunakan Metode DCMA

Assessment dilakukan menggunakan parameter DCMA 14-Point Assessment terhadap schedule proyek pada Primavera P6. Adapun parameter yang dianalisis dapat dilihat dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1 Parameter DCMA 14-Point Assessment

No	Parameter DCMA	Standar Penilaian
1	Logic	Aktivitas memiliki predecessor dan successor
2	Leads	Tidak menggunakan lead
3	Lags	Lag ≤ 5%
4	Relationship Types	Dominasi hubungan FS
5	Hard Constraints	≤ 5%

6	High Float	$\leq 5\%$
7	Negative Float	Tidak ada
8	High Duration	Aktivitas durasi panjang $\leq 5\%$
9	Invalid Dates	Tidak ada invalid date
10	Resources	Aktivitas memiliki resource
11	Missed Tasks	$\leq 5\%$
12	Critical Path Test	Jalur kritis valid
13	CPLI	≥ 1
14	BEI	$\geq 0,95$

Konsep penilaian DCMA digunakan untuk mengevaluasi kualitas logika jaringan kerja, reliabilitas lintasan kritis, serta tingkat kelayakan schedule proyek sebagai alat pengendalian proyek (Boyle, 2021).

4. Analisis Hasil Assessment

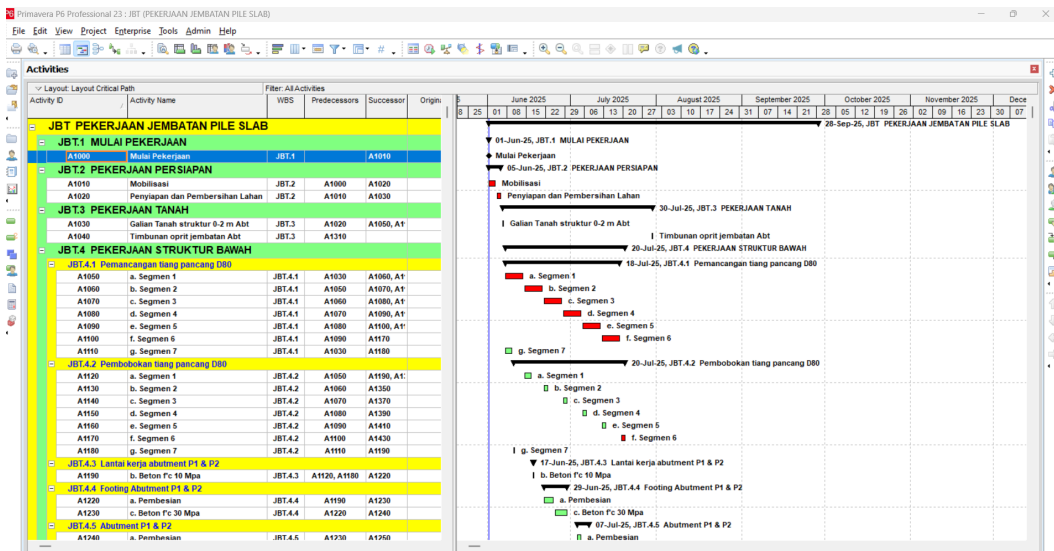
Hasil assessment dibandingkan dengan standar DCMA untuk mengetahui tingkat kualitas schedule proyek. Parameter yang tidak memenuhi standar dianalisis penyebabnya dan diberikan rekomendasi perbaikan schedule.

5. Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir dilakukan dengan menyusun kesimpulan mengenai kualitas schedule proyek jembatan berdasarkan hasil DCMA Assessment serta rekomendasi peningkatan kualitas penjadwalan proyek.

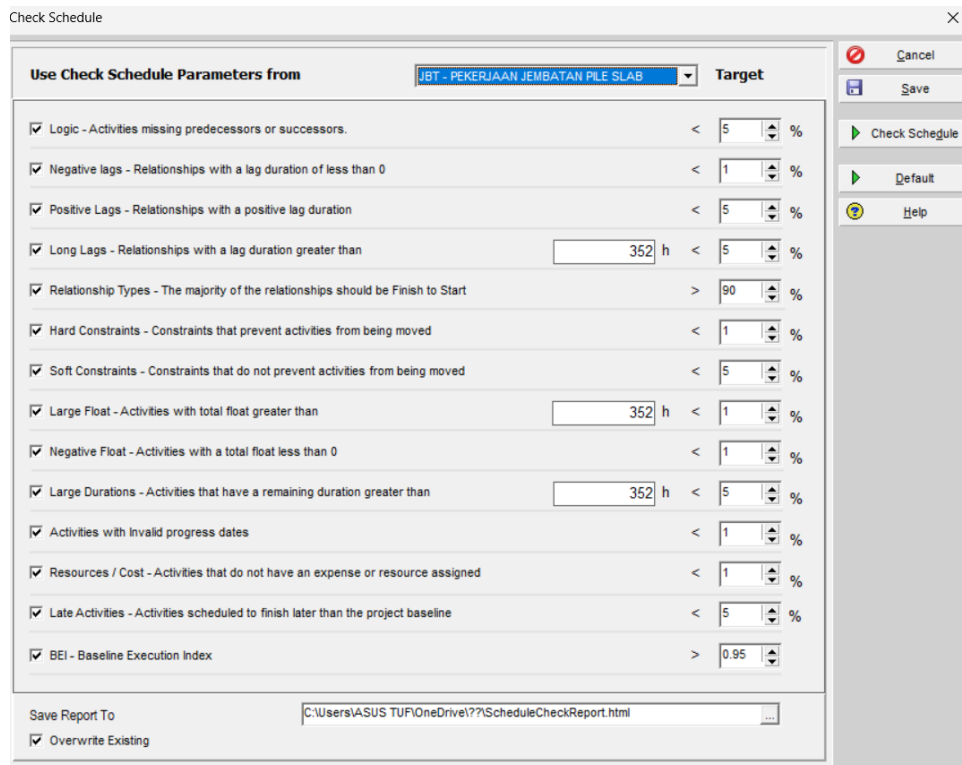
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan jadwal proyek menggunakan fitur *Check Schedule* pada perangkat lunak Oracle Primavera P6 menunjukkan tingkat kualitas *schedule* berdasarkan parameter *Defense Contract Management Agency (DCMA) 14-Point Schedule Assessment*. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas, konsistensi, dan validitas jadwal proyek sehingga dapat berfungsi sebagai alat pengendalian proyek yang efektif. Evaluasi dilakukan terhadap jaringan kerja proyek jembatan *pile slab* untuk mengetahui tingkat kesesuaian jadwal terhadap standar penjadwalan proyek modern berbasis *Critical Path Method (CPM)*. Pada gambar 2 berikut merupakan jaringan kerja/schedule pekerjaan jembatan pile slab



Gambar 2. Schedule Pekerjaan jembatan Pile Slab pada Aplikasi Primavera P6

Dari schedule tersebut selanjutnya dilakukan pemeriksaan jadwal proyek menggunakan fitur *Check Schedule* pada perangkat lunak Oracle Primavera P6 menunjukkan tingkat kualitas *schedule* berdasarkan parameter *Defense Contract Management Agency (DCMA) 14-Point Schedule Assessment*. Adapun parameter yang di input di dalam primavera menyesuaikan parameter metode DCMA seperti yang terlihat dalam gambar 3 berikut.



Gambar 3. Parameter Metode DCMA pada Aplikasi Primavera P6

ASSESSMENT SCHEDULE METODE DEFENSE CONTRACT MANAGEMENT AGENCY (DCMA)
MENGUNAKAN SOFTWARE PRIMAVERA P6 STUDI KASUS PROYEK JEMBATAN

Dari analisis pengecekan schedule menggunakan Primavera P6 tersebut didapatkan hasil seperti yang terlihat dalam gambar 4 berikut:

Project ID	Project Name	Data Date	Total Activities	Complete Activities	Internal Relationships	External Relationships
JBT	PEKERJAAN JEMBATAN PILE SLAB	01-Jun-25	71	0	74	0
▼ Project checked to have links to the following closed projects						
Closed Project ID	Closed Project Name	Data Date	Links to/from the closed project			
▼ Check Summary						
Check	Description	Target	Percent	Found	Total	
Logic	Activities missing predecessors or successors	< 5.00 %	12.68 %	9	71	
Negative Lags	Relationships with a lag duration of less than 0	< 1.00 %	0.00 %	0	74	
Positive Lags	Relationships with a positive lag duration	< 5.00 %	20.27 %	15	74	
Long Lags	Relationships with a lag duration greater than 352 hours	< 5.00 %	0.00 %	0	74	
Relationship Type	The majority of relationships should be Finish to Start	> 90.00 %	97.30 %	72	74	
Hard Constraints	Constraints that prevent activities being moved	< 1.00 %	0.00 %	0	71	
Soft Constraints	Constraints that do not prevent activities being moved	< 5.00 %	0.00 %	0	71	
Large Float	Activities with total float greater than 352 hours	< 1.00 %	56.34 %	40	71	
Negative Float	Activities with a total float less than 0	< 1.00 %	0.00 %	0	71	
Large Durations	Activities that have a remaining duration greater than 352 hours	< 5.00 %	0.00 %	0	69	
Invalid Progress Before Data Date	Incomplete activities before the data date	< 1.00 %	0.00 %	0	71	
Invalid Progress After Data Date	Activities with actual dates after the data date	< 1.00 %	0.00 %	0	71	
Resources/Cost	Activities that do not have an expense or a resource assigned	< 1.00 %	100.00 %	69	69	
Late Activities	Activities scheduled to finish later than the project baseline	< 5.00 %	0.00 %	0	69	
Check	Description	Target	BEI Ratio	Project Activities	Baseline Activities	
BEI	Baseline Execution Index	> 0.95	0.00	-	69	

Gambar 4. Hasil pPengecekan Schedule pada Aplikasi Primavera P6

Berdasarkan hasil pemeriksaan parameter Logic menggunakan metode DCMA, ditemukan 9 aktivitas yang tidak memiliki predecessor maupun successor (open-ended activities). Aktivitas tersebut tersebar pada beberapa kelompok pekerjaan dan menyebabkan jaringan kerja proyek tidak terbentuk secara utuh. Aktivitas yang tidak terhubung tersebut disajikan pada tabel dibawah.

Tabel Aktivitas Tanpa Hubungan Logika

No	Id	Nama Aktivitas	Keterangan
	Aktivitas		
1	A1000	Mulai Pekerjaan	Tidak ada predesesor
2	A1040	Timbunan oprit jembatan Abt	Tidak ada suksesor
3	A1210	Pengecoran Wingwall abt P1 & P2 (Beton f'c 30 Mpa)	Tidak ada suksesor
4	A1500	Deck slab segment 1 (Beton f'c 30 Mpa)	Tidak ada suksesor
5	A1520	Deck slab segment 2 (Beton f'c 30 Mpa)	Tidak ada suksesor
6	A1540	Deck slab segment 3 (Beton f'c 30 Mpa)	Tidak ada suksesor
7	A1560	Deck slab segment 4 (Beton f'c 30 Mpa)	Tidak ada suksesor

8	A1580	Deck slab segment 4 (Beton f'c 30 Mpa)	Tidak ada suksesor
9	A1700	Project Selesai	Tidak ada suksesor

Berdasarkan hasil identifikasi parameter Logic, ditemukan 9 aktivitas yang tidak memiliki hubungan logika (open-ended activities), terdiri dari satu aktivitas tanpa predecessor dan delapan aktivitas tanpa successor. Aktivitas tersebut meliputi aktivitas awal proyek (Mulai Pekerjaan), pekerjaan tinjauan oprit jembatan abutment, pekerjaan pengecoran wingwall abutment P1 dan P2, pekerjaan pengecoran deck slab segmen 1 sampai segmen 5, serta aktivitas akhir proyek (Project Selesai).

Aktivitas A1000 (Mulai Pekerjaan) tidak memiliki predecessor karena berfungsi sebagai titik awal (start milestone) dalam jadwal proyek. Kondisi ini secara umum masih dapat diterima dalam penyusunan network schedule. Namun demikian, aktivitas A1040 (Timbunan Oprit Jembatan Abutment) ditemukan tidak memiliki successor sehingga hasil pekerjaan tersebut tidak terhubung dengan aktivitas lanjutan yang memanfaatkan timbunan sebagai prasyarat pekerjaan berikutnya. Kondisi ini mengindikasikan bahwa hubungan logika pada pekerjaan tanah dan pendekat jembatan belum dimodelkan secara lengkap.

Selain itu, aktivitas A1210 (Pengecoran Wingwall Abutment P1 dan P2) serta aktivitas A1500 sampai A1580 yang merupakan pekerjaan pengecoran deck slab pada beberapa segmen tidak memiliki successor. Secara teknis, pekerjaan pengecoran tersebut seharusnya dihubungkan dengan aktivitas lanjutan seperti curing beton, pembongkaran bekisting, pekerjaan finishing, pengujian mutu beton, atau tahapan struktur berikutnya. Tidak adanya hubungan successor menunjukkan bahwa aktivitas tersebut diperlakukan sebagai aktivitas terminal meskipun pekerjaan konstruksi setelahnya masih berlangsung.

Aktivitas A1700 (Project Selesai) juga teridentifikasi tidak memiliki successor. Kondisi ini masih dapat diterima karena merupakan finish milestone yang berfungsi sebagai titik akhir jadwal proyek. Namun demikian, aktivitas-aktivitas pekerjaan konstruksi yang langsung terhubung menuju milestone akhir tersebut harus dipastikan telah memiliki hubungan logika yang lengkap agar lintasan kritis dapat terbentuk dengan benar.

Keberadaan aktivitas tanpa hubungan logika tersebut menunjukkan bahwa sebagian pekerjaan struktur utama proyek jembatan belum sepenuhnya terintegrasi dalam

jaringan kerja CPM. Kondisi ini berpotensi menyebabkan lintasan kritis tidak terbentuk secara optimal, menghasilkan nilai float yang tidak realistis, serta mengurangi akurasi analisis keterlambatan proyek. Temuan ini selaras dengan hasil assessment DCMA yang menunjukkan nilai Logic sebesar 12,68% dan Large Float sebesar 56,34%, jauh di atas ambang batas yang direkomendasikan. Tingginya kedua parameter tersebut mengindikasikan bahwa kualitas network logic masih perlu diperbaiki melalui penambahan hubungan predecessor dan successor yang sesuai dengan urutan pelaksanaan pekerjaan di lapangan sehingga schedule dapat berfungsi sebagai network-driven schedule dan alat pengendalian proyek yang lebih andal.

1. Logic

Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai *logic* sebesar 12,68%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 5%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat 9 aktivitas dari total 71 aktivitas yang tidak memiliki *predecessor* atau *successor*.

Kondisi ini menunjukkan bahwa jaringan kerja proyek belum sepenuhnya terintegrasi secara logis. Dalam metode CPM, seluruh aktivitas seharusnya saling terhubung agar aliran pekerjaan dapat dianalisis secara akurat. Aktivitas yang tidak memiliki hubungan ketergantungan akan menyebabkan jalur kritis tidak terbentuk secara sempurna, nilai *float* menjadi tidak realistis, serta analisis keterlambatan menjadi kurang akurat.

Pada proyek jembatan *pile slab*, kondisi tersebut berpotensi menyebabkan tahapan pekerjaan struktur seperti pondasi, *pile cap*, *pier*, dan *slab* tidak memiliki hubungan pelaksanaan yang jelas. Akibatnya, jadwal proyek tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi pekerjaan di lapangan. Berdasarkan standar DCMA, nilai 12,68% menunjukkan bahwa kualitas logika *schedule* masih rendah dan belum memenuhi prinsip *network integrity*.

2. Negative Lags

Hasil evaluasi menunjukkan nilai *negative lag* sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 1%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa jadwal proyek tidak menggunakan *negative lag*. Hal tersebut merupakan kondisi yang sangat baik karena hubungan antaraktivitas menjadi lebih realistis dan tidak terjadi manipulasi logika pekerjaan. Selain itu, jalur kritis proyek menjadi lebih stabil dan mudah dianalisis. Menurut standar DCMA, penggunaan *negative lag* harus dihindari karena dapat merusak integritas jaringan kerja CPM.

3. Positive Lags

Nilai *positive lag* yang diperoleh sebesar 20,27%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 5%. Terdapat 15 hubungan aktivitas (*relationship*) yang menggunakan *positive lag* dari total 74 hubungan aktivitas.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *lag* positif pada jadwal proyek masih cukup tinggi. Dalam praktik penjadwalan modern, penggunaan *lag* secara berlebihan dianggap kurang baik karena aktivitas tunggu tidak dapat dimonitor secara langsung, risiko keterlambatan menjadi tersembunyi, dan proses *updating progress* menjadi lebih sulit dilakukan.

Pada proyek jembatan *pile slab*, penggunaan *lag* kemungkinan diterapkan untuk pekerjaan seperti *curing* beton, masa tunggu pekerjaan, atau mobilisasi alat berat. Namun, menurut standar DCMA, aktivitas tunggu sebaiknya dimodelkan sebagai aktivitas tersendiri sehingga dapat dimonitor, memiliki alokasi *resource*, dan memiliki bobot progres. Oleh karena itu, nilai 20,27% menunjukkan bahwa struktur *schedule* masih terlalu bergantung pada penggunaan *lag* dibandingkan aktivitas jaringan kerja yang terdefinisi secara eksplisit.

4. Long Lags

Hasil evaluasi menunjukkan nilai *long lag* sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 5%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak terdapat *lag* dengan durasi lebih dari 352 jam. Dengan demikian, meskipun penggunaan *lag* pada jadwal relatif tinggi, durasi *lag* masih berada dalam batas wajar dan belum menyebabkan distorsi yang signifikan terhadap jaringan kerja proyek.

5. Relationship Type

Nilai *relationship type* yang diperoleh sebesar 97,30%, sedangkan target DCMA adalah lebih dari 90%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa mayoritas hubungan antaraktivitas menggunakan tipe *Finish-to-Start* (FS). Kondisi ini sangat baik karena hubungan pekerjaan menjadi lebih realistis, urutan pekerjaan mudah dianalisis, serta jalur kritis proyek menjadi lebih stabil. Pada proyek jembatan *pile slab*, dominasi hubungan FS menunjukkan bahwa tahapan pekerjaan struktur telah mengikuti urutan konstruksi secara sistematis. Dengan demikian, parameter ini telah memenuhi standar DCMA dan menunjukkan kualitas hubungan jaringan kerja yang baik.

6. Hard Constraints

Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai *hard constraints* sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 1%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa jadwal proyek masih dikendalikan oleh logika jaringan kerja dan bukan oleh tanggal paksa (*forced date*). Menurut standar DCMA, kondisi tersebut sangat baik karena nilai *float* tetap valid, jalur kritis lebih realistis, dan perubahan jadwal dapat dianalisis secara lebih akurat.

7. Soft Constraints

Nilai *soft constraints* yang diperoleh sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 5%.

Hasil ini menunjukkan bahwa jadwal proyek murni berbasis *network logic* tanpa pembatas tanggal tambahan. Secara DCMA, kondisi tersebut menunjukkan fleksibilitas jadwal yang baik dan kemampuan *schedule* dalam menyesuaikan dinamika pelaksanaan proyek di lapangan.

8. Large Float

Hasil evaluasi menunjukkan nilai *large float* sebesar 56,34%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 1%. Terdapat 40 aktivitas dari total 71 aktivitas yang memiliki *float* lebih dari 352 jam.

Nilai tersebut merupakan salah satu indikator utama bahwa kualitas *schedule* masih rendah. *Float* yang terlalu besar menunjukkan bahwa hubungan logika antaraktivitas belum lengkap, aktivitas belum terhubung ke jalur utama proyek, serta masih terdapat banyak *open-ended activities*.

Tingginya nilai *large float* sebesar 56,34% mengindikasikan adanya masalah mendasar pada struktur *schedule*. Berdasarkan hasil penelusuran terhadap jaringan kerja, kondisi tersebut kemungkinan disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor, yaitu adanya *open-ended activities*, aktivitas yang belum memiliki predecessor atau successor, penggunaan lag yang berlebihan, serta kemungkinan kesalahan pengkodean hubungan antaraktivitas. Tidak ditemukannya *hard constraint* maupun *soft constraint* menunjukkan bahwa penyebab utama bukan berasal dari penggunaan constraint, melainkan dari kualitas *network logic* yang belum lengkap. Besarnya nilai *float* menyebabkan *schedule* menjadi kurang sensitif terhadap keterlambatan sehingga aktivitas yang sebenarnya berisiko tinggi terlihat tidak kritis.

Dalam teori CPM, nilai *float* yang besar menunjukkan bahwa aktivitas tidak memiliki tekanan waktu yang realistis. Pada proyek jembatan *pile slab*, kondisi ini dapat menyebabkan keterlambatan sulit terdeteksi, prioritas pekerjaan menjadi tidak jelas, serta *schedule* menjadi kurang sensitif terhadap perubahan kondisi lapangan. Tingginya nilai *large float* juga berkorelasi dengan tingginya nilai *logic* sebelumnya, karena aktivitas tanpa *predecessor* atau *successor* umumnya menghasilkan *float* yang sangat besar. Berdasarkan standar DCMA, nilai 56,34% menunjukkan bahwa *schedule* belum memiliki *network integrity* yang baik.

9. Negative Float

Nilai *negative float* sebesar 0,00% telah memenuhi target DCMA yaitu kurang dari 1%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa secara umum jadwal proyek belum mengalami keterlambatan terhadap target *baseline*. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa tingginya nilai *float* positif juga dapat menyebabkan hasil tersebut terlihat aman secara semu.

10. Large Durations

Hasil evaluasi menunjukkan nilai *large durations* sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 5%.

Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat aktivitas dengan durasi lebih dari 352 jam. Dengan demikian, aktivitas proyek telah diuraikan menjadi *work package* yang cukup rinci sehingga memudahkan proses pemantauan progres, pengendalian proyek, dan identifikasi keterlambatan secara lebih cepat.

11. Invalid Progress Before/After Data Date

Nilai parameter ini sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 1%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa data progres proyek telah konsisten terhadap *data date schedule*. Dengan demikian, proses pembaruan (*updating*) jadwal telah dilakukan dengan benar dan tidak terdapat kesalahan logika progres pekerjaan.

12. Resources/Cost

Hasil evaluasi menunjukkan nilai *resources/cost* sebesar 100,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 1%. Terdapat 69 aktivitas yang belum memiliki *resource assignment*.

Parameter ini menunjukkan kelemahan terbesar pada jadwal proyek. Seluruh aktivitas pada *schedule* belum memiliki alokasi *resource* maupun biaya. Dalam manajemen proyek modern, *resource-loaded schedule* sangat penting karena digunakan untuk analisis produktivitas, *cash flow*, kebutuhan alat, kebutuhan tenaga kerja, serta penerapan *Earned Value Management* (EVM).

Pada proyek jembatan *pile slab*, aktivitas seperti pekerjaan *bore pile*, *erection*, pengecoran, dan penggunaan *crane* seharusnya telah memiliki alokasi sumber daya dan biaya. Berdasarkan standar DCMA, *schedule* tanpa *resource assignment* memiliki reliabilitas rendah sebagai alat pengendalian proyek karena hanya berfungsi sebagai *time schedule* dan belum menjadi *integrated project control system*.

Nilai *resources/cost* sebesar 100% menunjukkan bahwa seluruh aktivitas belum memiliki *resource loading* maupun *cost loading*. Dampak kondisi ini tidak hanya terbatas pada aspek penjadwalan, tetapi juga menghilangkan kemampuan Primavera P6 dalam mendukung pengendalian proyek secara terintegrasi. *Schedule* tanpa *resource loading* tidak dapat digunakan untuk melakukan *resource leveling*, analisis kebutuhan tenaga kerja, optimasi penggunaan alat berat, maupun evaluasi produktivitas pekerjaan. Selain itu, tidak tersedianya *cost loading* menyebabkan proyek tidak dapat menerapkan *Earned Value Management* (EVM), menghitung *Schedule Performance Index* (SPI), *Cost Performance Index* (CPI), maupun menyusun *cash flow forecasting* secara akurat. Oleh karena itu, jadwal yang ada saat ini hanya berfungsi sebagai *time schedule* dan belum memenuhi konsep *integrated project control*.

13. Late Activities

Hasil evaluasi menunjukkan nilai *late activities* sebesar 0,00%, sedangkan target DCMA adalah kurang dari 5%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa tidak terdapat aktivitas yang melampaui jadwal *baseline*. Dengan demikian, proyek masih berada dalam batas rencana pelaksanaan yang telah ditetapkan.

14. Baseline Execution Index (BEI)

Nilai *Baseline Execution Index* (BEI) yang diperoleh sebesar 0,00, sedangkan target DCMA adalah lebih dari 0,95.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa belum terdapat aktivitas aktual yang selesai atau *baseline schedule* belum dibandingkan dengan progres aktual proyek. Secara ilmiah,

nilai BEI yang sangat rendah mengindikasikan bahwa jadwal proyek belum dapat digunakan untuk mengevaluasi performa pelaksanaan proyek secara efektif.

15. Critical Path Test

Critical Path Test dilakukan untuk memverifikasi apakah lintasan kritis yang dihasilkan oleh Oracle Primavera P6 telah terbentuk dengan benar sesuai prinsip Critical Path Method (CPM). Pengujian dilakukan dengan menambahkan durasi salah satu aktivitas yang berada pada jalur kritis, yaitu aktivitas A1030 (Galian Tanah Struktur 0–2 m Abutment), dari durasi awal 1 hari menjadi 2 hari. Setelah dilakukan proses rescheduling pada Primavera P6, tanggal penyelesaian proyek mengalami perubahan dari 120 hari menjadi 121 hari atau bertambah sebesar 1 hari.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap penambahan durasi pada aktivitas A1030 secara langsung menyebabkan bertambahnya durasi total proyek dengan besaran yang sama. Kondisi ini membuktikan bahwa aktivitas A1030 benar-benar berada pada lintasan kritis (critical path) dan tidak memiliki total float. Dengan demikian, lintasan kritis yang dihasilkan oleh Primavera P6 dinyatakan valid dan memenuhi kriteria Critical Path Test sesuai standar DCMA.

Secara konseptual, aktivitas yang berada pada lintasan kritis merupakan aktivitas yang secara langsung menentukan tanggal penyelesaian proyek. Oleh karena itu, setiap keterlambatan pada aktivitas tersebut akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan apabila tidak dilakukan tindakan percepatan (*schedule recovery*). Sebaliknya, apabila penambahan durasi suatu aktivitas tidak mempengaruhi durasi total proyek, maka aktivitas tersebut tidak termasuk dalam lintasan kritis atau terdapat indikasi ketidaktepatan dalam pembentukan jaringan kerja.

Pada penelitian ini, hasil *Critical Path Test* menunjukkan bahwa meskipun masih ditemukan beberapa kelemahan pada parameter logic dan large float, lintasan kritis utama proyek telah terbentuk dengan benar. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas-aktivitas utama yang mengendalikan durasi penyelesaian proyek telah teridentifikasi secara akurat sehingga schedule masih dapat digunakan sebagai dasar pengendalian waktu proyek. Dengan demikian, parameter Critical Path Test telah memenuhi standar DCMA dan menunjukkan bahwa validitas lintasan kritis pada schedule proyek jembatan pile slab berada dalam kategori baik.

16. Critical Path Length Index (CPLI)

Critical Path Length Index (CPLI) merupakan salah satu parameter dalam DCMA 14-Point Schedule Assessment yang digunakan untuk mengukur kemampuan proyek mencapai target penyelesaian berdasarkan hubungan antara panjang lintasan kritis (*Critical Path Length*) dan total float yang tersedia. Secara umum, nilai $CPLI \geq 1,00$ menunjukkan bahwa proyek masih memiliki peluang untuk selesai sesuai target jadwal yang telah ditetapkan.

Namun demikian, pada penelitian ini schedule yang dievaluasi merupakan baseline schedule yang masih berada pada tahap perencanaan awal dan belum memasuki fase pelaksanaan. Oleh karena itu, belum terdapat data progres aktual, keterlambatan pekerjaan, maupun perubahan jadwal yang dapat mempengaruhi lintasan kritis proyek. Dalam kondisi tersebut, nilai CPLI lebih berfungsi sebagai indikator validasi awal (*predictive indicator*) terhadap kelayakan jadwal yang telah disusun, bukan sebagai indikator kinerja pelaksanaan proyek.

Karena belum terdapat aktivitas yang berjalan maupun keterlambatan aktual, nilai CPLI yang diperoleh cenderung menunjukkan bahwa secara teoritis jadwal masih memiliki peluang untuk mencapai target penyelesaian sesuai baseline. Dengan kata lain, hasil CPLI pada tahap ini menggambarkan kualitas perencanaan schedule dan bukan performa pelaksanaan proyek. Evaluasi CPLI akan menjadi lebih bermakna setelah proyek memasuki tahap konstruksi dan dilakukan updating progress secara berkala sehingga perubahan lintasan kritis dan sisa float dapat dianalisis secara lebih akurat.

Berdasarkan kondisi tersebut, interpretasi CPLI dalam penelitian ini digunakan sebagai indikator kesiapan jadwal (*schedule readiness*) untuk mendukung pelaksanaan proyek, sedangkan pengukuran efektivitas pengendalian waktu proyek secara aktual baru dapat dilakukan setelah tersedia data progres pelaksanaan dan pembaruan schedule secara periodik

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode DCMA 14-Point Schedule Assessment efektif digunakan untuk mengevaluasi kualitas jadwal proyek jembatan pada lingkungan Oracle Primavera P6. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa meskipun beberapa parameter telah memenuhi standar DCMA, kualitas schedule secara keseluruhan masih belum memenuhi prinsip *network-driven schedule* akibat tingginya nilai *network logic*

deficiency, positive lag, large float, rendahnya kualitas baseline performance, serta belum diterapkannya resource dan cost loading

Penerapan metode DCMA pada proyek jembatan pile slab serta menunjukkan keterkaitan antara kualitas network logic dengan munculnya large float dan rendahnya reliabilitas schedule sebagai alat pengendalian proyek. Temuan penelitian juga memperlihatkan bahwa schedule yang memenuhi aspek administratif belum tentu memenuhi standar pengendalian proyek modern

Hasil penelitian memberikan rekomendasi bagi kontraktor dan manajer proyek untuk meningkatkan kualitas schedule melalui penyempurnaan hubungan logika antaraktivitas, pengurangan penggunaan lag, penerapan resource-loaded schedule, serta integrasi pengendalian waktu dan biaya berbasis Primavera P6. Implementasi rekomendasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan efektivitas monitoring, forecasting, dan pengambilan keputusan selama pelaksanaan proyek konstruksi

Saran

Perlu dilakukan penyempurnaan network logic dengan menghubungkan seluruh aktivitas menggunakan hubungan kerja yang realistis serta mengurangi penggunaan positive lag dengan menggantinya menjadi aktivitas tersendiri agar proses monitoring dan pengendalian proyek lebih akurat. Perlu dilakukan penerapan resource loading, cost loading, serta updating progres berbasis baseline secara berkala agar schedule Primavera P6 dapat berfungsi sebagai integrated project control system yang mendukung pengendalian waktu, biaya, dan kinerja proyek konstruksi secara menyeluruh.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam penelitian ini

DAFTAR REFERENSI

- Acebes, F., Poza, D., Gonzalez-Varona, J. M., Pajares, J., & Lopez-Paredes, A. (2024). *On the Project Risk Baseline: Integrating Aleatory Uncertainty into Project Scheduling*.
- Arifuddin, R., Fatimah, A. N., & Fadlillah, M. R. (2024). Analysis of Scheduling Method in Building Projects: A Case of Line of Balance and Precedence Diagram Method.

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL, 30(2), 177–185.
<https://doi.org/10.14710/mkts.v30i2.63963>

- Aulia, R., Setiono, D., & Rifai, M. (2023). Analisis Kualitas Penjadwalan Proyek Konstruksi terhadap Keterlambatan Proyek Jembatan. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 8(2), 115–124.
- Boyle, J. (2021). *DCMA 14-Point Schedule Assessment Guide and Best Practices for Project Scheduling*. New York: Project Controls Institute.
- Defense Contract Management Agency (DCMA). (2012). *DCMA 14-Point Assessment*. Washington DC: Defense Contract Management Agency.
- Dubey, R., Bandewar, S., & Patel, V. (2023). Implementation of Primavera P6 for Construction Project Monitoring and Schedule Control. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 12(4), 45–53.
- Elshaer, R., Marzouk, M., & El-Said, M. (2023). Automated Schedule Quality Assessment Framework for Construction Projects Using Primavera P6 Data. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(11), 04023112.
- Hong, Y., Xie, S., Hovhannisyan, V., & Brilakis, I. (2022). A Graph-Based Approach for Unpacking Construction Sequence Analysis to Evaluate Schedules. *Advanced Engineering Informatics*, 52, 101625.
- Karim, A., Widiastuti, E., & Yuliana, C. (2025). Penjadwalan Proyek Konstruksi Bertingkat Menggunakan Metode Precedence Diagram Method. *Jurnal Konstruksi*, 23(1), 97–107.
- Kim, B., & Reinschmidt, K. F. (2021). Analysis of Schedule Logic and Activity Overlapping in Construction Project Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(8), 04021089.
- Kostrzewa-Demczuk, P. (2024). Construction Schedule versus Various Constraints and Risks. *Applied Sciences*, 14(1), 196. <https://doi.org/10.3390/app14010196>
- Malyusz, L., Hajdu, M., & Vattai, Z. (2021). Comparison of Different Algorithms for Time Analysis for CPM Schedule Networks. *Automation in Construction*, 127, 103697. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103697>
- Nashri, N., & Syamsuri, S. (2025). Analisis Penjadwalan Dengan Metode Precedence Diagram Method Pada Proyek Revitalisasi Gedung SDN 21 Salomenraleng Kecamatan Tempe Kabupaten Wajo. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro*, 4(1).

- Patel, R., & Nema, P. (2022). Modern Project Scheduling Techniques Using Primavera P6 in Construction Management. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 13(1), 88–96.
- Project Management Institute (PMI). (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.)*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Sari, D. P., Nugroho, A., & Hidayat, T. (2024). Evaluasi Kinerja Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Primavera P6 dan Earned Value Management. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 20(2), 145–156.
- Thuda, J., Tjakra, J., & Pratisis, P. (2024). Penerapan Oracle Primavera P6 pada Pengendalian Waktu Proyek Konstruksi. *Jurnal Sipil Statik*, 12(1), 33–42.
- Watermeyer, K., & Zimmermann, J. (2023). A Constructive Branch-and-Bound Algorithm for the Project Duration Problem with Partially Renewable Resources and General Temporal Constraints. *Journal of Scheduling*, 26, 95–111. <https://doi.org/10.1007/s10951-022-00735-9>
- Wijanarko, A., Purwaningsih, R., & Silviana, S. (2024). Evaluasi Manajemen Waktu Penyelesaian Proyek Pembangunan Jalan Terminal Petikemas Tanjung Emas Semarang dengan CPM dan PERT. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 2(1), 9–16. <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.23914>
- Zhang, S., Liu, J., Li, Z., Xiahou, X., & Li, Q. (2024). Analyzing Critical Factors Influencing the Quality Management in Smart Construction Site: A DEMATEL-ISM-MICMAC Based Approach. *Buildings*, 14(8), 2400. <https://doi.org/10.3390/buildings14082400>