

Pengaruh Penggunaan *Precedence Diagram Method* (Pdm) Terhadap Waktu Dan Biaya Pada Proyek Jalan

*Wahyu Sumarno¹, Ihsan Sanjaya², Atep Maskur³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Galuh Ciamis, Kabupaten Ciamis, 46274, INDONESIA

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA: 5 Desember 2022

DIREVISI: 5 Januari 2023

DISETUJUI: 8 Februari 2023

*KORESPONDENSI PENULIS :

wahyu180587@gmail.com

Abstract

Development in Indonesia is growing rapidly. Various large-scale projects are undertaken to meet the increasingly complex needs of the community. This has triggered the development of the construction industry in Indonesia. One of these developments is road improvement. A serious management is needed, given the increasing size of the project and the increasingly complex dependence between one part of the work and another in a project to achieve the desired results. In this Cibadak-Gardu road improvement project, the duration of the work is planned to be completed within 150 calendar days. Based on the project scheduling / time schedule, it is described into a network diagram to determine the acceleration of time / duration of implementation with the alternative of adding working hours (overtime) then calculating the resulting cost optimization, there is an additional 16 calendar days with a project value of Rp. 14,526. 778,000.00. The purpose of this study was to determine the time and cost control of the Cibadak – Gardu road improvement work, Jatinagara sub-district, Kawali sub-district, Ciamis district by using the *Precedence Diagram Method* (PDM), thus helping contractors in project scheduling so that the project can be completed on time.. The results of the research conducted by scheduling the *Precedence Diagram Method* (PDM) project and accelerating the duration with crashing obtained a project acceleration time of 18 calendar days and an optimization cost of implementation of Rp. 10,804,638. So that the time required after scheduling and acceleration is 148 calendar days or 2 days faster than the existing one with additional working hours (overtime).

Keywords: Cost, Scheduling, PDM, Project Acceleration

Abstrak

Pembangunan di Indonesia semakin pesat. Berbagai proyek berskala besar dikerjakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks. Hal tersebut memicu perkembangan industri konstruksi di Indonesia. Pembangunan tersebut salah satunya peningkatan jalan. Perlu suatu pengelolaan yang serius, mengingat semakin besarnya ukuran proyek dan semakin kompleksnya ketergantungan antara satu bagian pekerjaan dengan pekerjaan yang lain dalam satu proyek untuk mencapai hasil yang diinginkan. Pada proyek peningkatan jalan cibadak-gardu ini direncanakan durasi pengerjaan selesai dalam waktu 150 hari kalender. Berdasarkan dari penjadwalan proyek / *time schedule* diuraikan ke dalam diagram network untuk menentukan percepatan waktu / durasi pelaksanaan dengan alternatif menambah jam kerja (lembur) kemudian di hitung optimasi biaya yang di hasilkan, terjadi penambahan waktu 16 hari kalender dengan nilai proyek sebesar Rp.14.526.778.000,00. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengendalian waktu dan biaya pekerjaan Peningkatan Jalan Cibadak – Gardu Kecamatan Jatinagara-Kecamatan Kawali Kabupaten Ciamis dengan menggunakan Metode *Precedence Diagram Method* (PDM), sehingga membantu kontraktor dalam penjadwalan proyek supaya proyek dapat selesai tepat pada waktunya.. Hasil penelitian yang dilakukan dengan penjadwalan proyek *Precedence Diagram Method* (PDM) dan percepatan durasi dengan *crashing* didapatkan waktu percepatan proyek selama 18 hari kalender dan nilai optimasi biaya pelaksanaan sebesar Rp. 10.804.638. Sehingga waktu yang dibutuhkan setelah dilakukan penjadwalan dan percepatan menjadi 148 hari kalender atau 2 hari lebih cepat dari existing dengan penambahan jam kerja (lembur).

Kata Kunci: Biaya, Penjadwalan, PDM, Percepatan Proyek

I. PENDAHULUAN

Proyek dapat diartikan sebagai kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasikan sumber daya tertentu dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau deliverable yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (deadlin) artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Berkaitan dengan masalah proyek ini maka keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu adalah merupakan

kekurangan dari tingkat produktifitas dan sudah tentu kesemuanya ini akan mengakibatkan pemborosan dalam pembiayaan, baik berupa pembiayaan langsung yang dibelanjakan untuk proyek- proyek pemerintah, maupun berwujud pembengkakan investasi dan kerugian-kerugian pada proyek-proyek swasta. Masalah-masalah seperti itu dapat menjadi penyebab terhambatnya pekerjaan proyek sehingga proyek tersebut tidak dapat berlangsung sesuai dengan rencana yang telah ditentukan.

Peningkatan jalan Cibadak-Gardu Kecamatan Jatinagara-Kecamatan Kawali Kabupaten Ciamis merupakan suatu proyek yang dilaksanakan dengan tujuan menunjang fasilitas

infrastruktur transportasi yang lebih baik dan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar karena jalan ini menghubungkan dua kecamatan, yaitu Kecamatan Kawali dan Kecamatan Jatinagara. Pada pelaksanaan peningkatan jalan cibadak-gardu ini memiliki beberapa pekerjaan yakni: jalan, drainase, tpt, dan sekung. Namun dalam pelaksanaannya terdapat keterlambatan dalam pekerjaan sekung yang menghambat pada pekerjaan lainnya termasuk pekerjaan gorong-gorong. Hal ini menyebabkan penambahan waktu selama 16 hari dari yang direncanakan 150 hari kalender dengan nilai proyek sebesar 14.526.778.000,00. Sehingga untuk memperbaiki kegiatan proyek yang tidak sesuai jadwal yang direncanakan, maka dilakukan penjadwalan dan pengendalian pada proyek tersebut dengan menggunakan Precedence Diagram Method (PDM).

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Menurut Husen (2011) secara umum penjadwalan memiliki manfaat sebagai berikut:

- Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan kegiatan mengenai batas batas waktu untuk mulasi dan akhir dari masing masing tugas.
- Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
- Memberikan sarana untuk menilai kemajuan proyek.
- Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu ditetapkan.
- Memberikan kepastian waktu pelaksanaan proyek.

2. Pengendalian Proyek

Pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai. Unsur pengendalian proyek merupakan sasaran proyek adalah lingkup, biaya, jadwal, dan mutu. Berikut penjelasan unsur dari segi biaya dan jadwal.

a. Pengendalian Biaya

Pengendalian biaya terpusat pada faktor kuantitas dan harga satuan komponen biaya. Demikian pula mengenai pemilihan waktu (timing) suatu ikatan pembelian (commitment), karena faktor-faktor tersebut sering menjadi sumber terjadinya varians biaya.

b. Pengendalian Jadwal

Pengendalian jadwal atau waktu terpusat pada faktor berikut.

- Bagi pemilik proyek tercapainya sasaran seperti tercantum pada jadwal induk
- Bagi kontraktor, tercapainya sasaran seperti pada kontrak EPK (engineering, pengadaan, konstruksi)
- Penyediaan sumber daya seperti material, peralatan, tenaga kerja.

3. Precedence Diagram Method

PDM merupakan konsep network planning yang berbentuk *Activity On Node* (AON) dimana tanda panah menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan-kegiatan tersebut ditulis dalam node yang berbentuk kotak segiempat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian dummy tidak diperlukan (Soeharto, 1999).

Ruang dalam node dibagi menjadi kompartmen-kompartmen berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Pengaturan denah (layout) kompartmen dan macam serta jumlah atribut yang hendak dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu kegiatan (D), identitas kegiatan (nomor dan nama kegiatan), serta waktu mulai dan selesainya kegiatan (ES, LS, EF, dan LF). Contoh bentuk node pada PDM dapat dilihat pada Gambar 1.

Nomor Urut				Nomor dan Nama Kegiatan	
ES	Nama Kegiatan	Kurun Waktu (D)	EF	Tgl. Mulai: ES/LS	Kurun Waktu : D
-	(tanggal)	(tanggal)	-	Tgl. Selesai: EF/LF	Float Total : F
LS			LF	Progres Penyelesaian (%)	

Gambar 1. Node PDM

Adapun penjelasan beberapa istilah yang terdapat pada node PDM adalah:

1. *Early Start* (ES): waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.
2. *Late Start* (LS): waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian jadwal proyek.
3. *Early Finish* (EF): waktu paling awal sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awalnya dan diselesaikan sesuai dengan durasinya. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
4. *Late Finish* (LF): waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek (Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

4. Uji Konstrains, Lead, dan Lag

Soeharto (1999) menjelaskan karena setiap node memiliki dua ujung, yaitu ujung awal atau mulai (S) dan ujung akhir atau selesai (F), maka ada empat macam konstrain, yaitu awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke akhir (FF), dan akhir ke

awal (FS). Pada garis konstrain dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (lead) atau terlambat tertunda (lag).

a. Konstrain Finish to Start (FS)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.

b. Konstrain Start to Start (SS)

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau $SS(i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 persen, maka kegiatan (j) boleh mulai. Atau kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu, karena per definisi b adalah sebagian dari kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi, di sini terjadi kegiatan tumpang tindih.

c. Konstrain Finish to Finish (FF)

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau $FF(i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100%, sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian (= c) hari selesai. Besar angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j). Dari Gambar 2.5 sebagai contoh terlihat bahwa kegiatan (j) boleh mulai sembarang waktu, tetapi pada waktu kegiatan (i) selesai, harus masih ada porsi kegiatan (j) yang belum selesai. Jadi, misalkan selesainya kegiatan (i) terlambat, maka selesainya kegiatan (j) ikut terlambat.

d. Konstrain Start to Finish (SF)

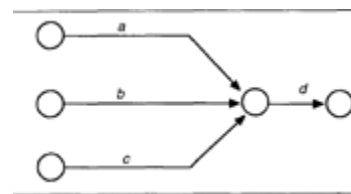
Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan $SF(i-j) = d$, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi, dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.

5. Hitung Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju dengan aturan-aturan yang berlaku sebagai berikut.

- Kecuali kegiatan awal maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (predecessor) telah selesai.
- Waktu paling awal suatu kegiatan adalah = 0
- Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. Rumus sebagai berikut:

$EF = ES + \text{Durasi Kegiatan}$ Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulunya, maka ES-nya adalah EF terbesar dari kegiatan-kegiatan tersebut.



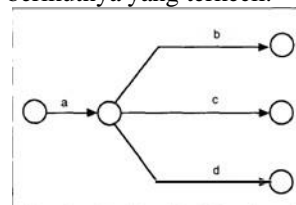
Gambar 2. Kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan pendahulu

Sumber: Soeharto (1999)

6. Hitung Mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita masih dapat memulai dan mengakiri tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Aturan yang berlaku dalam perhitungan mundur adalah:

- Hitungan mundur dimulai dari ujung kanna yaitu dari hari terakhir penyelesaian proyek suatu jaringan kerja.
- Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu kegiatan yang bersangkutan. Rumus sebagai berikut: $LS = LF - \text{Durasi Kegiatan}$ Sumber: Soeharto (1999)
- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya, maka waktu paling kecil akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.



Gambar 3. Kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya Sumber: Soeharto (1999)

7. Total Float dan Free Float

Pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek, dikenal suatu istilah yang disebut float yaitu suatu perhitungan yang menunjukkan fleksibilitas suatu kegiatan untuk dapat mulai dan selesai lebih lambat walaupun tetap dalam waktu yang diizinkan tanpa mengubah durasi atau kurun waktu proyek.

Float terdiri dari Total Float (TF) dan Free Float (FF). Berikut adalah penjelasan keduanya.

1. Total Float (TF)

Total Float adalah jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedangkan kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin (Soeharto, 1999).

Rumus dalam menghitung Total Float adalah sebagai berikut:

- Total Float suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi waktu selesai paling awal, atau waktu mulai paling akhir, dikurangi waktu mulai paling awal kegiatan.

b. Rumus: $TF = LF - EF = LS - ES$ Salah satu syarat yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan kritis atau berada di jalur kritis adalah jika kegiatan

tersebut memiliki $TF = 0$.

2. Free Float (FF)

Free Float terjadi bila semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan mulai seawal mungkin. Besarnya FF suatu kegiatan sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya (Soeharto, 1999). Perhitungan Free Float sebagai berikut:

a. Free Float suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatanyang dimaksud.

Rumus: $FF (ij) = ES (j) - EF (i)(2.9)$

8. Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)

Berikut beberapa metode yang dapat dilakukan (Gray & Larson, 2007).

1. Menambah Sumber Daya

Metode yang paling umum yaitu dengan menugaskan staf tambahan dan peralatan pada aktivitas. Hubungan penambahan pekerja dengan pengurangan waktu penyelesaian benar ketika tugas dapat dibagi-bagi sehingga komunikasi di antara pekerja menjadi sangat minimal. Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tertentu tanpa menambahkan jam kerja. Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang menurunkan produktivitas pekerja.

2. Penjadwalan Lembur

Cara yang paling mudah untuk menambahkan banyak tenaga kerja pada sebuah proyek bukanlah dengan menambahkan lebih banyak orang, akan tetapi dengan menjadwalkan lembur. Kerja lembur (working time) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari, tanpa menambah perkerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas pekerjaan lebih cepat. Yang perlu diperhatikan di dalam penambahan jam kerja adalah lamanya waktu bekerja seseorang dalam satu hari. Jika seseorang terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas orang tersebut menurun karena terlalu lelah. Konsep cost slope bisa digunakan untuk menentukan waktu paling efisien untuk menyelesaikan proyek, dihubungkan dengan biayanya. Akan ada titik dalam durasi proyek di mana di titik itu dicapai biaya total optimum atau minimum. Langkah-langkah untuk melakukan minimasi biaya (pada umur paling efisien) bisa ditentukan setelah jaringan kerja dan perkiraan waktu didapat

9. Menentukan *Crash Duration* dan *Cost Slope*

Crash duration merupakan waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin, sedangkan cost slope merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas. Bila semua sumber daya yang dimiliki perusahaan dikerahkan sehingga suatu kegiatan bisa diselesaikan secepat mungkin, kegiatan tersebut dikatakan Crashed. Kondisi crashed tidak hanya berhubungan dengan waktu tercepat tetapi juga dengan biaya terbesar. Waktu terpendek yang mungkin dari aktivitas yang realistis dapat diselesaikan disebut Crash Time (T_c). Biaya langsung untuk menyelesaikan sebuah aktivitas dalam 2.9 *crash time*-nya disebut *crash cost* (C_c). Dalam kondisi *crashed* waktu pelaksanaan kegiatannya adalah T_c , biayanya C_c .

III. METODE PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi yaitu dengan melakukan pengamatan langsung untuk mendapatkan data sebagai bahan acuan perhitungan untuk melakukan evaluasi. Dengan data tersebut nantinya akan dianalisis untuk mendapatkan durasi setelah dilakukan penjadwalan dan pengendalian dengan menggunakan metode Precedence Diagram Method (PDM).

2. Analisis Data

Pengumpulan data atau informasi dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi yang sangat bermanfaat untuk evaluasi waktu dan biaya secara keseluruhan. Data yang diperlukan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti kontraktor, konsultan pengawas, dan lain-lain. Variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimalan waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

a. Variabel Waktu

Data yang mempengaruhi variabel waktu diperoleh dari kontraktor objek pengamatan. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah :

- 1) Data cumulative progress (kurva-S), meliputi :
 - a) Jenis Kegiatan
 - b) Prosentase Kegiatan
 - c) Durasi Kegiatan
- 2) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.
- b. Variabel Biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor objek pengamatan. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain :

- 1) Daftar rencana anggaran biaya (RAB)
- 2) Daftar-daftar harga bahan dan upah.
- 3) Analisis harga satuan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengendalian PDM

Tabel 1. Urutan Kegiatan Sesuai Schedule

No	NOTASI	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	PREDECESOR
Divisi 1. Umum				
1	A	Mulai		
2	B	Mobilisasi	4	A
3	C	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	160	B
4	D	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	160	C
DIVISI 2. DRAINASE				
1	E	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	7	J
2	F	Gorong-gorong Kotak Beton Bertulang, ukuran dalam 60 cm x 60 cm	28	U
3	G	Saluran berbentuk U Uk. 40x50	21	H
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH				
1	H	Galian Biasa	42	B
2	I	Galian Batu	3	AC
3	J	Galian Perkerasan berbutir	35	B
4	K	Galian perkerasan beton	3	I
5	L	Timbunan Biasa dari galian	15	F
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR				
1	M	Lapis Pondasi Agregat kls. B	60	B
2	N	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)	21	L
3	O	Perkerasan Beton Semen fc'20 MPa (K.250) Ready Mix	1	AA
4	P	Lapis Fondasi Agregat Semen Kelas A (Cement Treated Base = CTB)	21	M
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL				
1	Q	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	21	P
2	R	Laston Lapis Aus (AC-WC) (L)	21	Q
DIVISI 7. STRUKTUR				
1	S	Beton struktur fc 20 Mpa	1	T
2	T	Baja Tulangan Polos BjTP 280	6	Y
3	U	Pasangan Batu	80	B
4	V	Sandaran (Railing)	2	O
5	W	Pembongkaran Pas Batu	1	K
6	X	Pembongkaran Beton	4	W
7	Y	Multi Plate Arch (MPA) 5000X2510X7	1	X
8	Z	Perancah / stoot werk	1	V

DIVISI 8. REHABILITASI JEMBATAN				
1.	AA	Pengecatan/perlindungan sandaran dan guide blok	9	N
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN & PEKERJAAN LAIN-LAIN				
1.	AB	Marka Jalan Termoplastik	6	R
DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN KINERJA				
1.	AC	Pengendalian Tanaman	14	B

Tabel 2. Urutan Kegiatan Aktual

No	NOTASI	URAIAN PEKERJAAN	DURASI	PREDECESOR
Divisi 1. Umum				
1.	A	Mulai		
2.	B	Mobilisasi	3	A
3.	C	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	165	B
4.	D	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	165	C
DIVISI 2. DRAINASE				
1.	E	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	9	J
2.	F	Gorong-gorong Kotak Beton Bertulang, ukuran dalam 60 cm x 60 cm	20	U
3.	G	Saluran berbentuk U Uk. 40x50	21	H
DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH				
1.	H	Galian Biasa	50	B
2.	I	Galian Batu	5	L
3.	J	Galian Perkerasan berbutir	60	AA
4.	K	Galian perkerasan beton	2	M
5.	L	Timbunan Biasa dari galian	17	B
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR				
1.	M	Lapis Pondasi Agregat kls. B	68	J
2.	N	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)	25	E
3.	O	Perkerasan Beton Semen fc'20 MPa (K.250) Ready Mix	1	S
4.	P	Lapis Fondasi Agregat Semen Kelas A (Cement Treated Base = CTB)	28	AD
DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL				
1.	Q	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair/Emulsi	15	P
2.	R	Laston Lapis Aus (AC-WC) (L)	15	Q
DIVISI 7. STRUKTUR				
1.	S	Beton struktur fc 20 Mpa	1	T
2	T	Baja Tulangan Polos BjTP 280	6	Y
3.	U	Pasangan Batu	89	B
4.	V	Sandaran (Railing)	1	O
5.	W	Pembongkaran Pas Batu	1	K
6.	X	Pembongkaran Beton	4	W
7.	Y	Multi Plate Arch (MPA) 5000X2510X7	1	X
8.	Z	Perancah / stoot werk	1	V

DIVISI 8. REHABILITASI JEMBATAN				
1.	AA	Pengecatan/perlindungan sandaran dan guide blok	9	N
DIVISI 9. PEKERJAAN HARIAN & PEKERJAAN LAIN-LAIN				
1.	AB	Marka Jalan Termoplastik	6	R
DIVISI 10. PEKERJAAN PEMELIHARAAN KINERJA				
1.	AC	Pengendalian Tanaman	14	B

2. Perhitungan Maju dan Mundur

Tabel 3. Kegiatan Float Jalan Cibadak Gardu

KODE	DURASI HARI	PALING AWAL		PALING AKHIR		TOTAL FLOAT	KETERANGAN
		ES	LS	EF	LF		
A							
B	3	0	0	3	21	18	NON JALUR KRITIS
C	165	0	0	165	165	0	JALUR KRITIS
D	165	0	0	165	165	0	JALUR KRITIS
E	9	63	83	72	92	20	NON JALUR KRITIS
F	20	92	92	112	112	0	JALUR KRITIS
G	21	53	71	74	92	18	NON JALUR KRITIS
H	50	3	21	53	71	18	NON JALUR KRITIS
I	5	17	134	22	139	117	NON JALUR KRITIS
J	60	3	23	63	83	20	NON JALUR KRITIS
K	2	22	139	24	141	117	NON JALUR KRITIS
L	17	112	112	129	129	0	JALUR KRITIS
M	68	3	22	71	90	19	NON JALUR KRITIS
N	25	129	129	154	154	0	JALUR KRITIS
O	1	162	163	163	164	1	NON JALUR KRITIS
P	28	71	90	99	118	19	NON JALUR KRITIS
Q	15	99	118	114	133	19	NON JALUR KRITIS
R	15	114	133	129	148	19	NON JALUR KRITIS
S	1	36	153	37	154	117	NON JALUR KRITIS
T	6	30	147	36	153	117	NON JALUR KRITIS
U	89	3	3	92	92	0	JALUR KRITIS
V	1	163	164	164	165	1	NON JALUR KRITIS
W	1	24	141	25	142	117	NON JALUR KRITIS
X	4	25	142	29	146	117	NON JALUR KRITIS
Y	1	29	146	30	147	117	NON JALUR KRITIS
Z	1	160	166	160	166	60	NON JALUR KRITIS
AA	9	154	154	163	163	0	JALUR KRITIS
AB	6	129	148	135	154	19	NON JALUR KRITIS
AC	14	3	120	17	134	117	NON JALUR KRITIS

Pada penelitian, proyek Peningkatan Jalan Cibadak-Gardu Kecamatan Kawali Kabupaten Ciamis. Pihak Kontraktor hanya

memiliki Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Kurva-S, maka dilakukan pembuatan jaringan kerja dengan menggunakan durasi normal sehingga didapatkan waktu normal penyelesaian proyek.

Berdasarkan tabel 4 dapat dikumpulkan pekerjaan yang masuk pada daftar Lintasan Kritis yang membentuk Lintasan Kritis yang dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 4. Pekerjaan yang ada pada Lintasan Kritis

No	Kode	URAIAN PEKERJAAN	HARI
1	F	Gorong-gorong Kotak Beton Bertulang, ukuran dalam 60 cm x 60 cm	20
2	L	Timbunan Biasa dari galian	17
3	N	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)	25
4	U	Pasangan Batu	89
5	AA	Pengecatan/perlindungan sandaran dan guide blok	9

3. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Tabel 5. Upah Pekerja

No	Uraian	Upah Perhari	Upah Lembur /jam
1	Mandor	Rp 105.000	22.500
2	Tukang	Rp 90.000	19.285
3	Pekerja	Rp 85.000	18.214

Analisa crashing adalah pekerjaan yang masuk dalam lintasan kritis yang dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja, dari percepatan crashing akan diperoleh hasil durasi waktu dan biaya proyek yang seefektif dan seefisien mungkin.

Contoh perhitungan crash duration pada pekerjaan Pasangan Batu :

$$\text{Prod Harian} = \text{Volume} : \text{Durasi Normal}$$

$$= 1930 : 89$$

$$= 21,68 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Prod / jam} = \text{Produktivitas Harian} : \text{jam kerja normal}$$

$$= 21,68 : 8$$

$$= 2,71 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Prod sesudah crashing} = (\text{Prod/jam} \times \text{jam kerja}) + (\text{jam kerja lembur} \times \text{koef index produktivitas} \times \text{Produktivitas/jam})$$

$$= (2,71 \times 8) + (1 \times 1,1 \times 2,71)$$

$$= 24,66 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Crash Duration} = \text{Volume} : \text{Produktivitas sesudah Crash}$$

$$= 1930 : 24,66$$

$$= 78,26 \approx 79 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan crash duration pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan crash duration dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. *Crash Duration*

No	Kode	URAIAN PEKERJAAN	DURASI NORMAL	CASH DURATION
1	F	Gorong-gorong Kotak Beton Bertulang, ukuran dalam 60 cm x 60 cm	20	18
2	L	Timbunan Biasa dari galian	17	15
3	N	Lapis Pondasi Agregat Kelas B (Bahu Jalan)	25	22
4	U	Pasangan Batu	89	79
5	AA	Pengecatan/perlindungan sandaran dan guide blok	9	8

1. Perhitungan Total Upah lembur yang harus di bayar

Upah lembur /hari :

Pekerja = (15x Rp. 18.214) = Rp. 273.210

Tukang = (3x Rp. 19.285) = Rp. 57.855

Mandor = (1x Rp. 22.500) = Rp. 22.500

Total upah lembur dalam 1 hari = Rp 353.565

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jumlah maksimal percepatan yang dapat dilakukan serta total upah lembur yang dibutuhkan dalam satu hari. Berikut hasil perhitungan upah lembur perhari dan jumlah maksimal percepatan tiap masing – masing pekerjaan.

Tabel 7. Durasi Crash dengan penambahan jam kerja

Kode	Volume	Durasi Normal (hari)	Prod/hari	Prod/jam	Prod sesudah crashing	Crash Duration	Total upah lembur / hari (Rp)
F	119	20	5,95	0,74	6,73	18	353.565
L	723	17	42,52	5,31	48,3	15	95.356
N	1052,28	25	42,9	5,26	47,86	22	295.710
U	1930	89	21,68	2,71	24,66	79	353.565

2. Perhitungan biaya akibat percepatan

Jika pada pekerjaan dengan kode F dilakukan percepatan sebanyak 18 hari, maka:

Biaya percepatan = (Biaya lembur/hari x durasi percepatan) + Biaya Normal

$$= (Rp\ 353.565 \times 18) + 182.524.937$$

$$= 188.889.107$$

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}}$$

$$= \frac{Rp.188.889.107 - 182.524.937}{20 - 18}$$

$$= Rp. 3.182.085$$

Jadi untuk melakukan percepatan pada aktivitas F selama 18 hari maka biaya langsung proyek yaitu Rp. 485.991 akibat penambahan jam lembur aktivitas F. Setelah menghitung biaya slope dari semua kegiatan pengerjaan proyek, crashing dilakukan pada kegiatan kritis dengan biaya slope terendah. Sehingga akan didapat biaya crash cost seperti dibawah.

Tabel 8. Perhitungan Biaya *Crash Cost*

Kode	Biaya Normal (Rp)	Durasi Normal (Hari)	Durasi percepatan	Max Jml Hari Percepatan	Cost Slope (Rp)
F	182.524.937	20	18	2	3.182.085
L	158.640.398	17	15	2	715.170
N	332.658.221	25	22	3	2.168.540
U	1.457.135.521,75	89	79	10	2.793.163
AA	6.186.089,15	9	8	1	1.945.680
			Total	18	10.804.638

4. Pembahasan

Dalam merencanakan durasi pengerjaan proyek untuk mengoptimalkan biaya dan waktu dengan Precedence Diagram Method didapatkan perencanaan penjadwalan proyek Jalan Cibadak – Gardu selama 150 hari. Percepatan durasi dengan menggunakan metode crashing dengan mempertimbangkan lost time waktu kerja, produktivitas, dan pekerjaan yang dilakukan. Crashing dilakukan pada kegiatan box, timbunan, bahu jalan, pasangan batu, dan pengecatan yang merupakan jalur kritis dari proyek Jalan Cibadak – Gardu dengan biaya cost slope. Biaya saat durasi proyek 166 hari memiliki total biaya Rp 14.526.778.000,00 . Dari perhitungan crashing didapatkan waktu percepatan proyek selama 18 hari dengan biaya proyek sebesar Rp. 10.804.638. Sehingga pada saat durasi proyek 148 hari dengan penambahan jam kerja (lembur).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian untuk pengendalian waktu dan biaya pada proyek peningkatan jalan Cibadak – Gardu Kecamatan Kawali Kabupaten Ciamis lebih cepat 2 hari dari rencana karena dilakukan percepatan pada jalur kritis. Sehingga pelaksanaan yang tadinya berdurasi 166 menjadi 148 hari. Percepatan proyek 18 hari diperoleh dari hasil penambahan jam kerja (lembur) dengan bantuan metode Time cost dan Crashing dan adanya pengurangan biaya sebesar Rp. 10.804.638.

SARAN

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Direkomendasikan evaluasi kinerja proyek harus dilakukan secara intensif setiap minggu agar dapat melakukan pencegahan dini keterlambatan
2. Untuk kedepannya direkomendasikan menerapkan metode penjadwalan proyek PDM (Precedence Diagram Method) sebagai salah satu bentuk metode untuk mendapatkan estimasi waktu dalam pengerjaan suatu proyek.

REFERENSI

- [1] Brantiarno, Wahyu., 2014, Evaluasi Jadwal Proyek dengan Precedence Diagram Method (PDM) dan Time Cost Trade Off (TCTO), UPN "VETERAN Yogyakarta
- [2] Laporan Kegiatan Harian Mingguan dan Bulanan, Kurva S, Rencana Anggaran Biaya Peningkatan Jalan Cibadak- Gardu
- [3] Mela Indriani., 2017, Analisa Penjadwalan Proyek dengan Menggunakan Metode Precedance Diagram Method (PDM) dan Ranked Positional Weight Method (RPWM), Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.
- [4] Novitasari, Vien. 2014. Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time cost trade off . Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Priyo, Mandiyo & Sumanto Adi. 2016. Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [6] Sanjaya, Ihsan, 2022, Evaluasi Waktu dan Biaya dengan Precedence Diagram Method (PDM) Pada Peningkatan Jalan Cibadak-Gardu
- [7] Suherman, Amarina Ilma., 2016, Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan Pert Serta Crash Project, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.