

Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan Pada Tol Jakarta -
Cikampek II Selatan Paket III Dengan Metode PERT
(*Program Evaluation And Review Technique*)
(Studi Kasus PT.XYZ)

Optimization of bridge construction project scheduling on the Jakarta -
Cikampek II Selatan Package III Toll Road with the PERT
(*program evaluation and review technique*) method
(Case Study of PT. XYZ)

Imas Widowati¹, Aldi Kurniawan², Daisy Ade Riany Diem³, Asep Hermawan⁴

Manajemen Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana Purwakarta, Indonesia

¹imas@wastukencana.ic.id, ²adlikurniawan01@wastukencana.ac.id, ³daysird@wastukencana.ic.id

⁴asepherawan@wastukencana.ic.id

Abstrak. Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dan waktu yang sudah ditentukan. Dalam pengerjaannya suatu proyek dikerjakan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat oleh perencana proyek salah satu bentuk dari perencanaan suatu proyek adalah penjadwalan proyek sebagai Badan Usaha jalan tol ini sedang melaksanakan kegiatan rencana teknik akhir (*detailed engineering design*) dalam pelaksanaannya proyek mengalami keterlambatan. Penyelesaiannya proyek baru mencapai 85%, salah satu contohnya adalah pada pekerjaan Jembatan (Sta 54+600). Pada pelaksanaan pekerjaan Jembatan (Sta 54+600) direncanakan masa kerja 264 hari. Namun pelaksanaan pekerjaan jembatan (Sta 54+600) pekerjaan jembatan mengalami keterlambatan sebanyak 15 hari kerja, sehingga waktu rencana pekerjaan jembatan tidak optimal. pada Pembangunan Jembatan menggunakan metode *PERT (Project Evaluation and Review Technique)* terdapat jalur kritis pada Jalan Akses, Mobilisasi, Gali pile Cap, LC Pile Cap, Bekisting Pile Cap, Cor Kolom, Erektion Girder, Pembersihan Lahan, Cor Slab mendapatkan peluang probabilitas 0.6179 yang artinya ada peluang sebesar 61,79% proyek pembangunan Jembatan (Sta 54+600) memiliki peluang untuk diselesaikan dengan durasi optimal yaitu 252 hari.

Kata kunci: Penjadwalan, *PERT (Project Evaluation and Review Technique)*

*Abstract. A construction project is a temporary activity that takes place within a limited period of time and has been determined. In carrying out a project, it is carried out based on the plans that have been made by the project planner, one form of planning a project is the project scheduling of as a toll road business entity is currently carrying out detailed engineering design activities in which the implementation of the project has been delayed. Completion of new projects has reached 85%, one example is the Bridge work (Sta 54+600). In carrying out the bridge work (Sta 54+600) it is planned that the working period is 264 days. However, the implementation of the bridge work (Sta 54 + 600) was delayed by 15 working days, so the planned time for the bridge work was not optimal. in Bridge Construction using the *PERT (Project Evaluation and Review Technique)* method, there are critical paths on Access Roads, Mobilization, Digging Pile Caps, LC Pile Caps, Formwork Pile Caps, Cast Columns, Erektion Girders, Land Clearing, Cast Slabs get an opportunity probability of 0.6179 which meaning that there is a chance that 61.79% of bridge construction projects (Sta 54+600) have a chance to be completed with an optimal duration of 252 days.*

Keywords: Scheduling, *PERT (Project Evaluation and Review Technique)*

1. Pendahuluan

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dan waktu yang sudah ditentukan. Dalam pengerjaannya suatu proyek dikerjakan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat oleh perencana proyek. Pembuatan rencana suatu proyek konstruksi selalu mengacu pada perkiraan yang ada pada saat rencana pembangunan tersebut, karena itu masalah bisa timbul apabila ada ketidaksesuaian antara rencana yang telah dibuat dengan kenyataan yang sebenarnya di lapangan. Sehingga dampak yang sering terjadi adalah keterlambatan waktu penyelesaian proyek yang dapat juga disertai dengan biaya yang meningkat, salah satu bentuk dari perencanaan suatu proyek adalah penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi kemajuan proyek dan rencana durasi proyek dengan progress waktu untuk penyelesaian proyek Sebagai bagian dari upaya mengatasi permasalahan kepadatan lalu lintas pada koridor yang menghubungkan Jakarta – Cikampek, salah satu program pemerintah saat ini telah direncanakan pembangunan jalan tol Jakarta – Cikampek II Selatan sepanjang ±62 KM. Bagian awal rencana jalan tol ini dimulai dari bagian JORR di Jatiasih, dan akan paralel dengan jalan tol yang ada dan terhubung ke Jalan Tol Purbaleunyi di Sadang.

Proyek pembangunan jalan tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket III direncanakan akan rampung pada tahun 2022 namun dalam pelaksanaannya proyek mengalami keterlambatan. Penyelesaiannya proyek baru mencapai 85%, dimana ada beberapa pekerjaan yang dilakukan tidak tepat pada jadwal yang telah ditentukan, salah satu contohnya adalah pada pekerjaan Jembatan (Sta 54+600).

Pada pelaksanaan pekerjaan Jembatan (Sta 54+600) Tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket III direncanakan mulai pada tanggal 09 Oktober 2019 dan selesai pada tanggal 28 Juni 2020 dengan masa kerja 264 hari kalender. Namun pelaksanaan pekerjaan jembatan (Sta 54+600) selesai pada tanggal 12 Juli 2020 artinya pekerjaan jembatan mengalami keterlambatan sebanyak 15 hari kerja, sehingga waktu rencana pekerjaan jembatan tidak optimal. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode *PERT (Project Evaluation and Review Technique)*.

2. Kajian Pustaka

2.1 Definisi Proyek

Menurut Heizer dan Render (2016) proyek adalah sederetan tugas yang diarahkan kepada suatu hasil utama. Proyek adalah upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.

2.2 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan sekumpulan aktivitas yang saling berkaitan dan berlangsung dalam kurun waktu tertentu dengan alokasi sumber daya yang terbatas untuk mencapai hasil yang direncanakan. Pada proses penyelesaian suatu proyek harus berpegang pada tiga kendala (triple constrain), yaitu : tepat biaya, tepat waktu, dan tepat mutu (Ervianto, 2005).

Penjadwalan kegiatan-kegiatan suatu proyek juga dapat digunakan untuk mengetahui banyaknya sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam proses konstruksi. Perencanaan dan pengendalian memerlukan beberapa jenis kemampuan antara lain (Santoso, 1996).

1. Kemampuan dalam melihat ke depan akan berbagai jenis pekerjaan yang harus diselesaikan.
2. Kemampuan dalam menyusun metode pelaksanaan konstruksi.
3. Konsistensi dalam memonitor perkembangan proyek.
4. Kemampuan dalam melakukan langkah perbaikan.

2.3 Siklus Hidup Proyek

Menurut Dimiyati dan Nurjaman (2014) tahapan kegiatan utama yang dilakukan dalam siklus hidup proyek yaitu:

1. Tahap inisiasi proyek merupakan tahap awal kegiatan proyek sejak sebuah proyek disepakati untuk dikerjakan. Pada tahap ini, permasalahan yang ingin diselesaikan akan diidentifikasi.
2. Tahap Perencanaan, Adapun aktivitas yang akan dilakukan pada tahap ini adalah membuat dokumentasi *project plan*, *resource plan*, *financial plan*, *risk plan*, *acceptance plan*, *communication plan*, *procurement plan*, *contract supplier* dan *perform phase review*.
3. Tahap Eksekusi (Pelaksanaan proyek) dengan definisi proyek yang jelas dan terperinci, maka aktivitas proyek siap untuk memasuki tahap eksekusi atau pelaksanaan proyek
4. Tahap Penutupan, Pada tahap ini, hasil akhir proyek (*deliverables project*) beserta dokumentasinya diserahkan kepada pelanggan, kontak dengan *supplier* diakhiri, tim proyek dibubarkan dan memberikan laporan kepada semua *stakeholder* yang menyatakan bahwa kegiatan proyek telah selesai dilaksanakan.
5. Organisasi proyek, tahap ini merupakan tahapan sebuah proyek sebelum kemudian ditutup (penyelesaian).

2.4 Manajemen Proyek

Menurut Husen, manajemen proyek terdiri dari dua kata yaitu "Manajemen" dan "Proyek". Manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien. Sedangkan proyek adalah upaya yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu .

2.5 Metode Jalur Kritis Atau Critical Path Method (CPM)

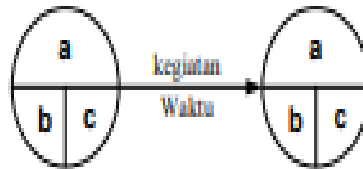
CPM adalah singkatan dari Critical Path Method (metode jalur kritis) . T.Hani Handoko mengemukakan bahwa CPM adalah suatu metode yang dirancang untuk mengoptimalkan biaya proyek dimana dapat ditentukan kapan pertukaran biaya dan waktu harus dilakukan untuk memenuhi jadwal penyelesaian proyek dengan biaya seminimal mungkin. CPM adalah suatu metode perencanaan dan pengendalian proyek-proyek yang merupakan sistem yang paling banyak digunakan diantara semua sistem yang memakai prinsip pembentukan jaringan.

Dalam perhitungan waktu juga digunakan tiga asumsi dasar yaitu: Pertama, proyek hanya memiliki satu initial event (start) dan satu terminal event (finish). Kedua, saat tercepat terjadinya initial event adalah hari ke-nol. Ketiga, saat paling lambat terjadinya terminal event adalah $LS = ES$. Adapun cara perhitungan dalam menentukan waktu penyelesaian terdiri dari dua tahap, yaitu perhitungan maju (forward computation) dan perhitungan mundur (backward computation).

1. Hitungan Maju
Dimulai dari Start (initial event) menuju Finish (terminal event) untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu kegiatan (EF), waktu tercepat terjadinya kegiatan (ES) dan saat paling cepat dimulainya suatu peristiwa (E)

2. Hitungan Mundur

Dimulai dari Finish menuju Start untuk mengidentifikasi saat paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LF), waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LS) dan saat paling lambat suatu peristiwa terjadi (L). Untuk melakukan perhitungan maju dan mundur maka lingkaran atau event dibagi menjadi tiga bagian.



Keterangan:

- a. = ruang untuk nomor event
- b. = ruang untuk menunjukkan waktu paling cepat terjadinya event (E) dan kegiatan (ES) yang merupakan hasil perhitungan maju
- c. = ruang untuk menunjukkan waktu paling lambat terjadinya event (L) dan kegiatan yang merupakan hasil perhitungan mundur

2.6 PERT (Program Evaluation Review Technique)

T. Hari Handoko mengemukakan bahwa PERT adalah suatu metode analisis yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek-proyek yang kompleks, yang menuntut bahwa masalah utama yang dibahas yaitu masalah teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu dan biaya.

Metodologi PERT divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (nodes) yang merepresentasikan kejadian (event) atau suatu titik tempuh (milestone). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang merepresentasikan suatu pekerjaan (task) dalam sebuah proyek. Arah dari vektor atau garis menunjukkan suatu urutan pekerjaan.

Tujuan dari PERT adalah pencapaian suatu taraf tertentu dimana waktu merupakan dasar penting dari PERT dalam penyelesaian kegiatan-kegiatan bagi suatu proyek. Dalam metode PERT dan CPM masalah utama yaitu teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya dengan maksud pekerjaan-pekerjaan yang telah dijadwalkan itu dapat diselesaikan secara tepat waktu serta tepat biaya. Dalam melakukan perencanaan dengan PERT dibutuhkan beberapa langkah, yaitu :

1. Mengidentifikasi aktivitas (activity) dan titik tempuhnya (milestone)
2. Menetapkan urutan pengerjaan dari aktivitas-aktivitas yang telah direncanakan
3. Membuat suatu diagram jaringan (*network diagram*)
4. Memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas
5. Menetapkan suatu jalur kritis (*critical path*)
6. Melakukan pembaharuan diagram PERT sesuai dengan kemajuan proyek

2.7 Keterlambatan Proyek

Keterlambatan Konstruksi Menurut Suyatno (2010) keterlambatan konstruksi merupakan suatu aktivitas atau kegiatan pada proyek pelaksanaan konstruksi yang mengalami perpanjangan jangka waktudan tidak sesuai dengan perencanaan yang telah disepakati. Keterlambatan pada suatu proyek dapat dilihat melalui jadwal (*schedule*) yang telah ditetapkan. Dibuatnya *schedule* bertujuan agar dapat mengetahui serta mengantisipasi adanya kegiatan – kegiatan yang mengalami keterlambatan pada suatu pelaksanaan konstruksi.

3 Metode

3.1 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini akan menggunakan metode *PERT*. Metode *PERT* Menurut Hayan (2005), *triple duration estimate* merupakan dasar perhitungan untuk *PERT* yang mempunyai asumsi dasar bahwa suatu kegiatan dilakukan berkali-kali, maka *actual time* akan membentuk distribusi beta dimana *optimistic* (waktu optimis) dan *pessimistic duration* (waktu pesimis) merupakan buntut (*tail*), sedangkan *most likely duration* (waktu realistis) adalah mode dari *distribusi beta* tersebut. Kemudian diasumsikan pendekatan dari durasi rata-rata yang disebut *expected return* (*te*) dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{waktu yang diharapkan (te)} = \frac{a+4m+b}{6}$$

te = *Expected duration*

a = *Waktu Optimis*

m = *Waktu realistis*

b = *waktu pesimis*

Dengan menggunakan konsep *te*, maka jalur kritis dapat diidentifikasi. Pada jalur kritis berlaku slack = 0 (Soeharto, 1999). Besarnya ketidakpastian tergantung pada besarnya angka *a* dan *b*, dirumuskan sebagai berikut: Deviasi standar kegiatan:

Deviasi standard kegiatan :

$$s = \frac{1}{6} b - a$$

Untuk variasi kegiatan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Varians kegiatan : } Vte = S^2 = \left[\frac{1}{6} (b - a) \right]^2$$

V(te) = *Varians kegiatan*

S = *Deviasi standard kegiatan*

a = *Waktu optimis*

b = *Waktu pesimis*

Untuk mengetahui kemungkinan tercapainya target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan (*TE*) dengan target *T(d)* yang dinyatakan dengan rumus :

$$Z = \frac{Td - TE}{s}$$

Z = Angka kemungkinan mencapai target

T(d) = Target jadwal

TE = Jumlah waktu kegiatan kritis

S = Deviasi standard kegiatan

Angka *z* merupakan angka *probabilitas* yang presentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi normal *kumulatif Z*.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Metode PERT (Program Evaluation Review Technique)

Menyusun *network planning* adalah cara awal untuk menguraikan kegiatan- kegiatan pada proyek pembangunan Jembatan tol dengan langkah-langkah sebagai berikut:

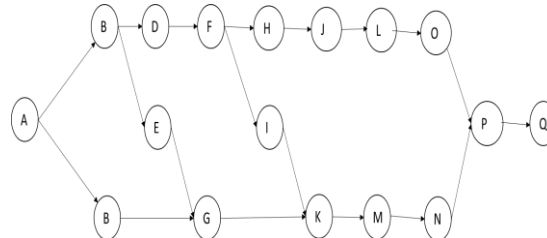
1. memberikan kode pada setiap pekerjaan dengan bertujuan untuk memudahkan penyusunan *network planning*
2. Kemudian memasukan durasi pada setiap pekerjaan.
3. Selanjutnya menyusun pekerjaan sesuai dengan urutan ketergantungan setiap pekerjaan dari awal sampai dengan selesai. Penyusunan sesuai langkah-langkah sebagai beriku :

Tabel 4. 1 Network Planning

No	Aktivitas Utama	Kode	Durasi (hari)	Pendahulu	Lanjutan
1	Jalan Akses	A	21	A	B,C
2	Mobilisasi	B	14	B	D,E
3	Borepile	C	42	C	G
4	Gali Pile Cap	D	28	D	F
5	Bobok Borepile (2 titik/hari)	E	28	E	G
6	LC Pile Cap	F	21	F	H,I
7	Pembesian Pile Cap	G	28	G	K
8	Bekisting Pile Cap	H	28	H	J
9	Bekisting Kolom	I	28	I	K
10	Cor Kolom	J	14	J	L
11	Instal Shoring	K	28	K	N
12	Pembesian Pier Head	L	28	L	O
13	Bekisting Pier Head	M	28	M	N
14	Cor Pier Head	N	14	N	P
15	Erection Girder	O	21	O	P
16	Pembesian Slab	P	21	P	Q
17	Cor Slab	Q	21	Q	-

Sumber Data : Data Primer yang diolah, 2023

Kemudian hubungan antar kegiatan dibuat gambar diagram jaringan yang berfungsi untuk memudahkan kita dalam membaca pekerjaan awal dan pekerjaan selanjutnya. Gambar diagram jaringan dapat dilihat seperti pada gambar 4.2



Gambar 4. 1 Diagram Jaringan

Sumber Data : Data Primer yang diolah, 2023

4.2 Menentukan Waktu Optimis, Relistis dan Pesimis

Memperkirakan waktu pekerjaan dan membandingkan dari data-data pengalaman masa lalu (*historical record*) maka data demikian akan berguna untuk bahan perbandingan Adapun estimasi waktu optimis, realistis dan pesimis dapat dilihat pada tabel.43

Tabel 4. 2 Estimasi waktu Optimis, Realistis dan Pesimis

No	Kode	Durasi optimis (<i>a</i>)	Durasi Realistis (<i>m</i>)	Durasi Pesimis (<i>b</i>)
1	A	17	21	24
2	B	11	14	17
3	C	38	42	45
4	D	25	28	31
5	E	25	28	31
6	F	19	21	24
7	G	24	28	31
8	H	24	28	31
9	I	24	28	32
10	J	11	14	18
11	K	25	28	30
12	L	25	28	32
13	M	25	28	31
14	N	12	14	17
15	O	18	21	24
16	P	18	21	24
17	Q	17	21	25

Keterangan : *a*, *m* dan *b* = hasil konsultasi dengan estimator pihak perusahaan

4.3 Perhitungan Rata-Rata Durasi (*te*)

Setelah mengetahui estimasi durasi pekerjaan optimis, realistis dan pesimis maka dicari nilai *te* (durasi yang diharapkan) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata durasi } (te) = \frac{a+4m+b}{6}$$

Dimana :

a : optimis time (hari)

m : realistis time (hari)

b : pesimistis time (hari)

Contoh perhitungan durasi pekerjaan (*te*) adalah sebagai berikut:

Jalan Akses

a = 17 hari

m = 21 hari

b = 24 hari

maka:

$$\begin{aligned} (te) &= \frac{a+4m+b}{6} \\ (te) &= \frac{17+(4 \times 21)+24}{6} \\ (te) &= 20,83 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan durasi pekerjaan yang diharapkan (*te*) selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Durasi Rata-rata (*te*)

No	Kode	Durasi optimis (a)	Durasi Realistis (m)	Durasi Pesimis (b)	Durasi <i>te</i> = (a + 4m+ b)/6
1	A	17	21	24	20.83
2	B	11	14	17	14.00
3	C	38	42	45	41.83
4	D	25	28	31	28.00
5	E	25	28	31	28.00
6	F	19	21	24	21.17
7	G	24	28	31	27.83
8	H	24	28	31	27.83
9	I	24	28	32	28.00
10	J	11	14	18	14.17
11	K	25	28	30	27.83
12	L	25	28	32	28.17
13	M	25	28	31	28.00
14	N	12	14	17	14.17
15	O	18	21	24	21.00
16	P	18	21	24	21.00
17	Q	17	21	25	21.00
Total		358	413	467	412.83

Sumber Data : Data Primer yang Diolah, 2023

Dengan menggunakan nilai *te* (durasi yang diharapkan), dibuatlah sebuah diagram jaringan. Diagram jaringan bertujuan mencari jalur kritis. Untuk membuat digram jaringan tersebut melakukan perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*).

4.4 Diagram Jaringan PERT

1 Perhitungan maju (*Forwod Pass*)

Aturan hitungan maju (*Forward Pass*) yaitu:

1. Kecuali pekerjaan awal maka suatu pekerjaan baru dapat dimulai bila pekerjaan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai
2. Waktu selesai paling awal suatu pekerjaan sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah dengan kurun waktu pekerjaan yang mendahuluinya. $EF(i - j) = ES(i - j) + t(i - j)$.
3. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabungkan maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

Tabel 4. 4 Perhitungan Maju (*Forward Pass*)

No kegiatan	Kode	Early Start (EETi)	Durasi (hari)	Early Finish (EETj)	Keterangan
2	A	0.00	28.83	28.83	
3	B	28.83	14.00	42.83	
4	D	42.83	41.83	84.66	
5	F	84.66	28.00	112.66	
6	C	28.83	28.00	56.83	diambil yang terbesar
	E	42.83	21.17	64.00	
7	H	112.66	27.83	140.49	
8	J	140.49	27.83	168.32	
9	G	64.00	28.00	92.00	diambil yang terbesar
	I	112.66	14.17	126.83	
10	K	126.83	27.83	154.66	
11	L	168.32	28.17	196.49	
12	M	154.66	28.00	182.66	
13	N	182.66	14.17	196.83	diambil yang terbesar
	O	196.49	21.00	217.49	
14	P	217.49	21.00	238.49	
15	Q	238.49	21.00	259.49	

Keterangan : Angka berwarna merah merupakan hasil yang terpilih

Pada tabel 4.5 perhitungan maju *PERT* terdapat ada beberapa pekerjaan yang pekerjaan pendahulunya sama, contohnya seperti pekerja G dimana pendahulunya pekerjaan G adalah

pekerjaan C dan E maka untuk menghitung pekerjaan selanjutnya diambil waktu terbesar dari hasil penjumlahan waktu pekerjaan C dan E.

2 Perhitungan mundur (Backward Pass)

Aturan hitungan mundur (*Backward Pass*) yaitu:

1. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan. $LS (i - j) = LF (i - j) - t$
2. Apabila suatu kegiatan terpecah menjadi 2 kegiatan atau lebih maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.

Berikut adalah Perhitungan Mundur (*Backward Pass*) pada tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Mundur (Backward pass)

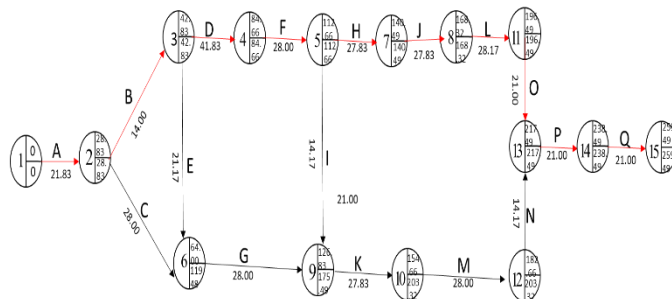
No Kegiatan	Kode	Late Finish	Durasi (hari)	Late start	Keterangan
14	Q	259.49	21.00	238.49	
13	P	238.49	21.00	217.49	
12	N	217.49	14.17	203.32	
11	O	217.49	21.00	196.49	
10	M	203.32	28.00	175.32	
9	K	203.32	27.83	175.49	
8	L	196.49	28.17	168.32	
7	J	168.32	27.83	140.49	
6	G	147.48	28.00	119.48	
5	H	140.49	27.83	112.66	diambil yang terkecil
	I	147.48	14.17	133.31	
4	F	112.66	28.00	84.66	
3	E	199.48	21.17	178.31	diambil yang terkecil
	D	84.66	41.83	42.83	
2	C	119.48	28.00	91.48	diambil yang terkecil
	B	42.83	14.00	28.83	
1	A	28.83	28.83	0	

Sumber Data : Data Primer yang Diolah, 2022

Keterangan : Angka berwarna merah merupakan hasil yang terpilih

Sama seperti perhitungan maju pada tabel 4.5, perhitungan mundur *PERT* juga terdapat pekerjaan pendahulunya yang sama tetapi untuk perhitungan mundur dihitung dari pekerjaan selesai menuju pekerjaan awal dan untuk setiap pekerjaan waktunya dikurang dengan waktu pekerjaan selanjutnya. Contohnya seperti pada pekerjaan B dimana pekerjaan sebelumnya adalah pekerjaan D dan E maka untuk menghitung pekerjaan selanjutnya diambil yang terkecil dari pengurangan waktu pekerjaan D dan E.

Setelah menghitung waktu perhitungan maju (*Forward Pass*) dengan mengambil waktu terbesar dan waktu perhitungan mundur (*Backward Pass*) mengambil waktu terkecil kemudian digambarkan dalam bentuk diagram jaringan yang dapat dilihat seperti pada gambar 4.3



Gambar 4. 2 Diagram Jaringan *PERT*

Keterangan : Tanda panah berwarna merah adalah Jalur kritis dari *PERT*

Pada gambar 4, diagram jaringan PERT, pelaksanaan proyek pembangunan Jembatan STA 54+600 terdapat jalur kritis yaitu A, B, D, F, H, J, L, O, P, Q (panah merah) dengan waktu penyelesaian proyek. Setelah menghitung waktu rata-rata pekerjaan kemudian melakukan perhitungan standar deviasi dan varians sebagai berikut:

3 Perhitungan standar deviasi (se) dan standar varians (ve)

Berikut ini merupakan umus standar deviasi :

$$(se) = \frac{b - a}{6}$$

Dimana :

- a* : optimis time (hari)
- b* : pesimis time (hari)
- 6 : standar deviasi

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Rumus Deviasi (se) dan Varians (ve)

No	Kode	Durasi optimis (a)	Durasi Realistis (m)	Durasi Pesimis (b)	Deviasi S=1/6(b-a)	Varians V=S ²
1	A	17	21	24	1.17	1.36
2	B	11	14	17	1.00	1.00
3	C	38	42	45	1.17	1.36
4	D	25	28	31	1.00	1.00
5	E	25	28	31	1.00	1.00
6	F	19	21	24	0.83	0.69
7	G	24	28	31	1.17	1.36
8	H	24	28	31	1.17	1.36
9	I	24	28	32	1.33	1.78
10	J	11	14	18	1.17	1.36
11	K	25	28	30	0.83	0.69
12	L	25	28	32	1.17	1.36
13	M	25	28	31	1.00	1.00
14	N	12	14	17	0.83	0.69
15	O	18	21	24	1.00	1.00
16	P	18	21	24	1.00	1.00
17	Q	17	21	25	1.33	1.78
Total		358	413	467	18.17	19.81

Sumber Data : Data Primer yang Diolah, 2023

Untuk mengetahui peluang probabilitas pada proyek pembangunan Jembatan (Sta 54+600) Tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket III dengan menggunakan rumus seperti dibawah :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Varians proyek} &= \Sigma (\text{variens kegiatan pada kegiatan kritis}) \\
 &= \text{variens A} + \text{variens B} + \text{variens D} + \text{variens F} + \text{variens H} + \text{variens J} + \text{variens L} + \text{variens O} + \text{variens P} + \text{variens Q} \\
 &= 1.36 + 1.00 + 1.00 + 0.69 + 1.36 + 1.36 + 1.00 + 1.00 + 1.78 \\
 &= 10.55
 \end{aligned}$$

Standar varians proyek (ve)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\text{Varians proyek}} \\
 &= \sqrt{10.55} \\
 &= 3.24
 \end{aligned}$$

Kemudian berapa peluang untuk menyelesaikan Jembatan (Sta 54+600) dengan durasi realistis (m) 413 hari maka.

Nilai deviasi normal (z) :

$$= [m- te]/ s$$

$$= (413 - 412)/3.24$$

$$= 0.30$$

Tabel 4. 7 Tabel Distribusi z normal

z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441

Sumber Data : Jurnal Ilmiah

Dengan hasil nilai deviasi normal sebesar 0.30 kemudian merujuk pada tabel distribusi z normal, mendapatkan peluang probabilitas 0.6179 yang artinya ada peluang sebesar 61,79% untuk dapat menyelesaikan proyek pembangunan Jembatan (Sta 54+600) Tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket III.

4.5 Hasil Analisa dan Pembahasan PERT

Dari hasil pengolahan data di atas pada metode *PERT* pembangunan Jembatan (Sta 54+600) Tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket III terdapat jalur kritis :

A = Jalan Akses

B = Mobilisasi

D = Gali pile Cap

F = LC Pile Cap

H = Bekisting Pile Cap

J = Cor Kolom

O = Erection Girder

P = Pembersihan Lahan

Q = Cor Slab

Dimana durasi waktu optimal penyelesaian proyek pembangunan Jembatan (Sta 54+600) Tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket II, dengan metode *PERT* selama 252.49 hari kemudian dibulatkan menjadi 252 hari. Hasil tersebut didapatkan dari Gambar4.3 Diagram *PERT*

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap proyek pembangunan Jembatan (Sta 54+600) Tol Jakarta – Cikampek II Selatan Paket III. Pelaksanaan Jembatan (Sta (Sta 54+600) mengalami keterlambatan

yang dijadwalkan selama 264 hari sedangkan realisasinya membutuhkan waktu selama 279 hari kerja. Setelah melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *PERT (Program Evaluation and Review Technique)* didapatkan hasil peluang pencapaian target durasi penyelesaian proyek yang diharapkan yaitu 252 hari dengan probabilitas 61.79% terhadap tabel distribusi z. Artinya proyek pembangunan Jembatan (Sta 54+600) memiliki peluang untuk diselesaikan dengan durasi optimal yaitu 252 hari.

Referensi

- Ali, M, L., Endang, S., dan Puji, S. 2021. Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jalan Tol Becakayu Seksi 1BC dengan Menggunakan Metode *CPM* dan *PERT* *Jurnal SEOI Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*.
- Atica, A., dan Silvi, A. 2018. Analisa Penjadwalan Proyek New Produk Development Menggunakan Metode *PERT* dan *CPM*. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Universitas Mercu Buana*.
- D, C, Setiawan., A, Ridwan., dan Suwarno., 2021 Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Badas dengan Menggunakan *CPM (Critical Path Method)* Dan *PERT (Critical Path Method)*. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil Universitas Kadiri*.
- Gede, A, D. 2021. Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode *RSM (Repetitive Scheduling Method)*. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Udayana*.
- Virginia, H, B. 2016. Analisa Perbandingan Waktu Penjadwalan Proyek Dengan Metode *CPM (Critical Path Method)* Dan *PERT (Critical Path Method)* . *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri Mercubuana*