

ANALISA PENGENDALIAN WAKTU DAN BIAYA PROYEK KONTRUKSI DENGAN METODE PERT (*PROJECCT EVALUTION AND REVIEW TECHNIQUE*)

STUDI KASUS : JEMBATAN RUAS JELU-GAYAM NO.85 KECAMATAN GAYAM

Nova Nevila Rodhi¹, Danissa Pujidya Aryani², Andy Yanuar Putra Riadi³

Universitas Bojonegoro¹

Universitas Bojonegoro²

Universitas Bojonegoro²

Jalan Lettu Suyitno No.2 Glendeng, Kalirejo, Kecamatan Bojonegoro, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur,
62119

E-mail: nova.nevila@gmail.com

ABSTRAK

Proyek konstruksi semakin berkembang dengan pesat baik dari segi fisik maupun biaya. Demikian perusahaan jasa konstruksi dituntut untuk meningkatkan efektifitas dalam kerja dalam semua tahapan konstruksi yang mana hal tersebut termasuk dalam manajemen suatu proyek. Proyek penggantian jembatan Jelu-Gayam Ruas No.85 Kecamatan Gayam yang terletak jalan Rajekwesi di Dusun Kapol Desa Gayam Kecamatan Gayam Kabupaten Bojonegoro terdapat keterlambatan waktu. Dilakukan analisis menggunakan metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) untuk melakukan penjadwalan dengan tujuan mengetahui waktu, probabilitas keberhasilan waktu penyelesaian proyek, dan besar anggaran biaya dengan Metode PERT. Durasi optimis (a), Durasi paling mungkin (m), dan Durasi pesimis (b). Setelah adanya perhitungan waktu yang dipercepat maka perhitungan biaya crash cost Berdasarkan hasil perhitungan PERT, kemudian digambarkan dalam bentuk diagram Network Planning yang telah disesuaikan dengan hasil yang diperoleh. Kemudian diperoleh suatu aktivitas yang tidak mempunyai kelonggaran (float) disebut aktivitas kritis. Pada normal proyek didapatkan waktu penyelesaian selama 130 hari. Dengan metode PERT waktu penyelesaian proyek sesuai dengan durasi hitungan (t_e) didapatkan waktu penyelesaian proyek 97 hari, dengan percepatan waktu terhadap Time Schedule sebesar 33 hari. Dengan rincian biaya upah tenaga percepatan Rp 18.629.417,82, dengan biaya normal upah pekerja Rp 10.002.655,76 sehingga selisih biaya percepatan 33 hari adalah sebesar Rp 8.689.762,02, dan Crash Cost yang didapatkan per hari adalah Rp. 45.490,71.

Kata kunci: *Time Schedule, crash cost, PERT*

ABSTRACT

Construction projects are growing rapidly both in terms of physical and cost aspects. Thus, construction service companies are required to increase work effectiveness in all stages of construction, which is included in the management of a project. The Jelu-Gayam bridge replacement project for Section No. 85, Gayam District, which is located on Jalan Rajekwesi in Kapol Hamlet, Gayam Village, Gayam District, Bojonegoro Regency, is experiencing time delays. An analysis was carried out using the PERT (Program Evaluation and Review Technique) method to carry out scheduling with the aim of knowing the time, probability of success in project completion time, and the amount of the budget using the PERT method. Optimistic duration (a), most likely duration (m), and pessimistic duration (b). After the accelerated time calculation, the crash cost calculation is based on the PERT calculation results, then depicted in the form of a Network Planning diagram which has been adjusted to the results obtained. Then we obtain an activity that has no slack (float) which is called critical activity. In a normal project, the completion time is 130 days. Using the PERT method, the project completion time is in accordance with the calculated duration (t_e), the project completion time is 97 days, with an accelerated time to the Time Schedule of 33 days. With detailed costs for accelerated labor wages of Rp. 18,629,417.82, with normal labor costs of Rp. 10,002,655.76 so the difference in acceleration costs for 33 days is IDR 8,689,762.02, and the Crash Cost obtained per day is IDR. 45,490.71.

Keywords: *Time Schedule, crash cost, PERT*

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi semakin berkembang pesat belakangan ini baik dari segi fisik maupun biaya dan dalam jumlah yang tidak bisa diprediksi. Pada prakteknya suatu proyek mempunyai keterbatasan akan sumber daya, seperti manusia, material, biaya maupun alat. Hal ini membutuhkan suatu manajemen proyek mulai fase awal hingga fase akhir proyek. Dengan meningkatnya tingkat kompleksitas proyek dan semakin langkanya sumber daya maka dibutuhkan juga peningkatan sistem pengelolaan proyek yang baik dan terintegrasi. Dengan demikian perusahaan jasa konstruksi dituntut untuk meningkatkan efektifitas dalam kerja dalam semua tahapan konstruksi yang mana hal tersebut termasuk dalam manajemen suatu proyek.

Manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang tersedia untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan. Sedangkan pengertian manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai tujuan jangka pendek yang telah ditentukan, serta menggunakan pendekatan sistem dan hirarki (arus kegiatan) vertikal dan horizontal, Rushendi (2017).

Manajemen proyek dapat diartikan pula sebagai suatu proses dari perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengendalian dari suatu proyek oleh para anggota yang terlibat didalamnya dengan cara memanfaatkan sumber daya seoptimal mungkin untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Fungsi dasar manajemen proyek selain trias konstruksi yaitu kerja, waktu, biaya, dan mutu, juga terdapat pengelolaan lingkungan kerja. Pengelolaan proyek sangat dibutuhkan dalam sebuah pembangunan proyek konstruksi. Pengelolaan aspek-aspek tersebut dengan benar dalam penyelenggaraan suatu proyek dapat mencapai keberhasilan.

Keberhasilan ataupun kegagalan dari pelaksanaan proyek sering kali disebabkan kurang terencanaanya kegiatan proyek serta pengendalian yang kurang efektif, sehingga kegiatan proyek tidak efisien, hal ini akan mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan, dan membengkaknya biaya pelaksanaan (Ekanugraha, 2016).

Dalam melakukan pembangunan, tahapan perencanaan dan penjadwalan adalah tahap yang paling menentukan berhasil atau tidaknya suatu proyek. Karena metode penjadwalan proyek direncanakan agar pelaksanaan proyek berjalan efektif dan efisien. Dalam pelaksanaan proyek, sering terjadi kurang termanfaatkannya waktu pengerjaan proyek dengan efektif dikarenakan

metode yang digunakan kurang cocok untuk jenis proyek itu sendiri. Sehingga menyebabkan terbuangnya waktu yang tidak perlu (Halimi, 2018).

Proyek pergantian jembatan Jelu Gayam Ruas No.85 Kecamatan Gayam yang terletak jalan Rajekwesi di Dusun Kapol Desa Gayam Kecamatan Gayam Kabupaten Bojonegoro. Proyek pembangunan ini yang nantinya akan menjadi jembatan penghubung jalan antara kecamatan Ngasem dan kecamatan Gayam yang dapat mempermudah masyarakat.

Dalam pelaksanaan proyek, sering kali terjadi keterlambatan pekerjaan, sehingga menyebabkan proyek tidak berjalan sesuai dengan rencana awal. Keterlambatan dalam menyelesaikan satu pekerjaan akan berakibat tertundanya pekerjaan selanjutnya. Semakin banyak pekerjaan yang mengalami penundaan waktu penyelesaian, semakin banyak waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan. Dalam memperkirakan estimasi durasi penyelesaian proyek sebaiknya perlu dipertimbangkan faktor atau kemungkinan-kemungkinan yang bisa terjadi selama pengerjaan proyek.

Hal tersebut yang mendasari peneliti untuk menganalisis waktu pelaksanaan proyek yang menyebabkan proyek tersebut mengalami keterlambatan, dengan menggunakan metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) untuk melakukan penjadwalan. Penentuan durasi kegiatan suatu proyek pada metode ini diperkirakan dengan menggunakan tiga estimasi waktu, yaitu waktu tercepat (optimistic duration time), waktu terlama (pessimistic duration time) dan waktu yang paling mungkin terjadi (most likely time). Metode ini yang mempertimbangkan aspek probabilitas sehingga dapat mengetahui tingkat ketepatan dalam melakukan penjadwalan dan waktu penyelesaian yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek serta mampu mengatasi kemungkinan yang terjadi di dalam proyek. Selain ketepatan waktu penyelesaian proyek, berkaitan dengan biaya total proyek. Biaya total proyek sangat tergantung terhadap waktu penyelesaian proyek, semakin lama proyek selesai maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar.

METODE

METODE PERT (Program Evaluation and Review Technique)

PENYAJIAN

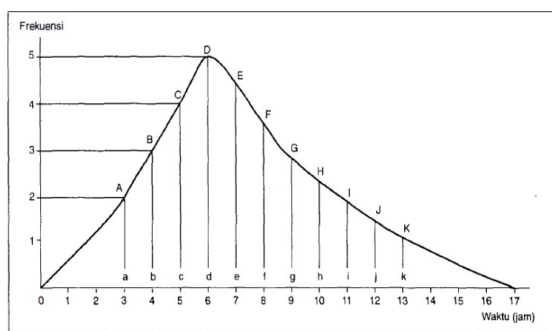
Bahwa dalam visualisasi penyajiannya PERT, yaitu menggunakan *Microsoft Project* untuk menghitung aktivitas pekerjaan proyek, dan menggunakan diagram AON untuk

menggambarkan kegiatan proyek. Demikian pula pengertian dan perhitungan mengenai kegiatan kritis, jalur kritis dan *FLOAT* yang dalam PERT disebut *SLACK*. Salah satu perbedaan yang substansial adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan, dimana PERT menggunakan tiga angka estimasi, yaitu *a*, *b*, dan *m* yang mempunyai arti sebagai berikut:

- a* = kurun waktu optimistik (optimistic duration time). Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus,
- m* = kurun waktu paling mungkin (most likely time). Kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama,
- b* = kurun waktu pesimistik (pessimistic duration time). Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik.

TEORI PROBABILITAS

Teori probabilitas dengan kurva distribusinya akan menjelaskan arti tiga angka tersebut khususnya dan latar belakang dasar pemikiran metode PERT pada umumnya. Pada dasarnya teori probabilitas bermaksud mengkaji dan mengukur ketidakpastian (uncertainly) serta mencoba menjelaskan secara kuantitatif. Diumpamakan satu kegiatan dikerjakan secara berulang-ulang dengan kondisi yang dianggap sama seperti pada gambar 1. dibawah ini :

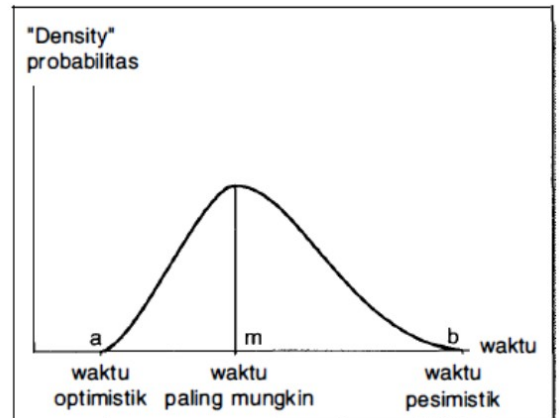


Gambar 1. Kurva Distribusi Frekuensi

KURVA DISTRIBUSI DAN VARIABEL A,B, DAN M

Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti dari *a*, *b*, dan *m*. Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah *m*, yaitu kurun waktu yang paling banyak terjadi atau juga disebut the most likely time. Adapun angka *a* dan *b* terletak (hampir) di ujung kiri dan kanan dari kurva distribusi, yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan. Kurva distribusi kegiatan seperti

pada Gambar 2. di bawah ini pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut Kurva Beta.



Gambar 2. Kurva Distribusi Asimetris (Beta) Dengan *a*, *m*, dan *b*

KURVA DISTRIBUSI DAN KURUN WAKTU YANG DIHARAPKAN (TE)

Setelah menentukan estimasi angka-angka *a*, *m* dan *b*, maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut *te* atau kurun waktu yang diharapkan. Angka *te* adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Seperti telah dijelaskan di muka, bila kurun waktu sesungguhnya bagi setiap pengulangan dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva "beta distribusi". Lebih lanjut, dalam menentukan *te* dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (*a*) dan pesimistik (*b*) adalah sama. Sedangkan jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (*m*) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa di atas. Sehingga bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut:

Kurun waktu kegiatan yang diharapkan:

$$TE = (a + 4m + b) / 6 \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

Te = waktu yang diharapkan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

c = waktu yang paling mungkin

ESTIMASI ANGKA-ANGKA A, B DAN M

Mengingat besarnya pengaruh angka-angka *a*, *b* dan *m* dalam metode PERT, maka beberapa hal perlu diperhatikan dalam estimasi besarnya angka-angka tersebut. Di antaranya:

- Estimator perlu mengetahui fungsi dari *a*, *b* dan *m* dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT secara keseluruhan.

- b) Di dalam proses estimasi angka-angka a, b dan m bagi masing-masing kegiatan, jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
- c) Bila tersedia data-data pengalaman masa lalu, maka data demikian akan berguna untuk bahan pembandingan dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan. Dengan syarat data-data tersebut cukup banyak secara kuantitatif.

IDENTIFIKASI JALUR KRITIS DAN SLACK

Dengan menggunakan konsep te dan angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi (the earliest time of occurrence – TE), dan waktu paling akhir peristiwa terjadi (the latest time of occurrence – TL).

DEVIASI STANDAR KEGIATAN DAN VARIANS KEGIATAN

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Pada PERT parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai Deviasi Standar dan Varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah sebesar 1/6 dari rentang distribusi (b-a) atau bila ditulis sebagai rumus menjadi sebagai berikut:

Deviasi Standar Kegiatan

$$S = (1/6) (b-a) \dots\dots\dots(2)$$

Varians Kegiatan

$$V(te) = S^2 = ((1/6) (b-a))^2$$

dimana :

S = Deviasi standar kegiatan,

V(te) = Varians kegiatan,

a = Kurun waktu optimistik, dan

b = Kurun waktu pesimistik.

DEVIASI STANDAR PERISTIWA DAN VARIANS PERISTIWA V(TE)

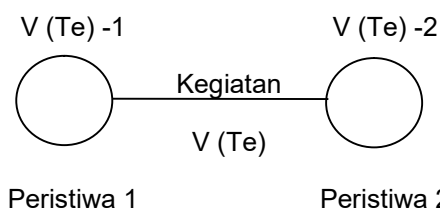
Varians peristiwa V(TE) baik untuk milestone maupun untuk proyek secara keseluruhan, yang terdiri dari serangkaian kegiatan-kegiatan dengan rumus berikut:

$$a) (Te)_4 = (Te)_{-1} + te_{(1-2)} + te_{(2-3)}.$$

$$b) V(TE) \text{ pada saat proyek mulai} = 0$$

- c) V(TE) peristiwa yang terjadi setelah suatu kegiatan berlangsung, adalah sama besar dengan V(TE) peristiwa sebelumnya ditambah V(te) kegiatan tersebut, bila dalam rangkaian kegiatan tersebut tidak ada penggabungan. $V(TE)_2 = V(TE)_{-1} + V(te)_{1-2}$
- d) Bila terjadi penggabungan kegiatan-kegiatan, total V(TE) diperoleh dari perhitungan pada jalur dengan kurun waktu terpanjang, atau varians terbesar.

Sekarang ditinjau bagaimana mengidentifikasi jalur kritis dan peristiwa proyek selesai, dengan memasukkan faktor deviasi standar dan varians.



Gambar 3. Identifikasi Jalur dan Peristiwa Proyek

TARGET JADWAL PENYELESAIAN (Td)

Penyelenggaraan proyek, sering dijumpai sejumlah tonggak kemajuan (milestone) dengan masing-masing target jadwal atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan. Hubungan antara waktu yang diharapkan (Te) dengan target T(d) pada metode PERT dinyatakan dengan z dan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi } z = (T(D) - Te)/S \dots\dots\dots(3)$$

RINGKASAN MENGHITUNG TE (MILESTONE/PROYEK SELESAI) DAN KEMUNGKINAN (%) MENCAPAI TD (TARGET YANG DIINGINKAN)

Garis besar urutan menghitung kemungkinan mencapai target dalam metode PERT adalah sebagai berikut:

- a) Memberikan kepada masing-masing komponen kegiatan angka estimasi a, b, dan m.
- b) Menghitung te untuk masing-masing komponen kegiatan.
- c) Identifikasi kegiatan kritis. Hitung kurun waktu penyelesaian proyek atau milestone, yaitu $Te = \text{jumlah te kegiatan-kegiatan kritis}$.
- d) Tentukan varians untuk masing-masing kegiatan kritis pada jalur kritis terpanjang menuju titik peristiwa Te yang dimaksud. Dipakai

- rumus = dengan rumus $V(Te) =$
Jumlah $V(te)$ kegiatan kritis.
- e) Sebagai langkah terakhir untuk menganalisis kemungkinan mencapai target $T(d)$ dipakai rumus : $Z = (T(D)-Te)/S$ dimana $S = V(Te)$
 - f) Dengan menggunakan tabel cumulative normal distribution function akan dapat ditentukan kemungkinan (%) proyek selesai pada target $T(d)$. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, TE kecuali sebagai peristiwa akhir proyek juga dapat berupa milestone atau peristiwa penting lain yang terjadi selama proyek berlangsung.

BIAYA PERCEPATAN(Crash Cost)

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan yang akan diadakan crash program. Durasi crashing maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan. Pada penelitian ini digunakan metode percepatan dengan penambahan penambahan jam kerja lembur.

Jam kerja lembur Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan dari jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada dilapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 8 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 17.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas.

Tabel 1. Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja %
1 Jam	0.1	90
2 Jam	0.2	80
3 Jam	0.3	70
4 Jam	0.4	60

Perhitungan untuk biaya dan waktu lembur tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. Waktu Normal = Time Schedule
2. Waktu Percepatan = (asumsi)
3. Waktu Lembur = Waktu Normal – Waktu Percepatan.....(3)
4. Produktivitas Harian = Volume/Waktu Normal.....(4)
5. Produktivitas Harian = Produktivitas Harian/Jam Kerja Perhari.....(5)
6. Produktivitas setelah Percepatan = (Jam kerja perhari produktivitas tiap jam)+(produktivitas tiap jam).....(6)
7. Upah Lembur Tenaga Kerja
Lembur 1 jam = $1,5 \times$ upah normal pekerja.....(7)
Lembur 2 jam = $2 \times$ upah normal pekerja
8. Biaya Normal Perhari.....(8)
 $Normal\ Cost =$ Produktivitas Perhari $\times$ Harga Upah Pekerja.....(9)
9. Biaya Pekerja
 $Normal\ Cost =$ Produktivitas Perjam $\times$ Harga Upah Pekerja.....(10)
10. Biaya Lembur = $(1,5 \text{ upah } 1 \text{ jam lembur pertama}) + (2 \times n \times \text{upah } 1 \text{ jam normal untuk jam lembur berikutnya})$(11)
11. $Crash\ cost$ pekerja perhari
 $Crash\ cost =$ (Jam kerja perhari $\times$ produktivitas harian) + $(n \times \text{biaya lembur perjam})$(12)
 $n =$ Jumlah penambahan jam kerja (lembur)
12. $Crash\ cost = Crash\ Durasi \times Crash\ Cost\ Perhari$(13)
13. $Crash\ Slope = (Crash\ Cost - Normal\ Cost) / (Normal\ Duration - Crash\ Duration)$(14)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan dan Pengendalian Dengan Metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*)

Berdasarkan data yang diperoleh dari pihak kontraktor, dan konsultan maka hasil Analisa didapatkan waktu optimis, waktu yang paling mungkin dan waktu pesimis sebagai berikut:

Tabel 2. Estimasi Waktu Dengan Metode PERT

ID	Pekerjaan	Durasi Optimis (a)/(Hari)	Durasi Yang Paling Mungkin (m)/(Hari)	Durasi Pesimis (b)/(Hari)
1	Mobilisasi	36	36	36
2	Pemasangan ruji (dowel)	10	10	10

3	Pemasangan ruji (Tie Bar)	10	10	10
4	Pemasangan sealant	6	6	6
5	Perkerasan Beton Semen dengan Anyaman Tulangan Rangkap	10	14	16
6	Lapis Pondasi Bawah Beton Kuras	10	14	18
7	Kayu Perancah Untuk Plat Lantai Kendaraan	5	6	7
8	Penyediaan Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa)	28	30	32
9	Pemasangan Baja Struktur	12	14	14
10	Plesteran tebal 1,5 cm (1Pc : 4 PP) termasuk acian	5	6	7
11	Sambungan Siat Muai Expansion Joint Tipe Siku 90x90x9	3	5	5
12	Landasan Elastomerik Karet Alam Berlapis Baja Ukuran 300 mm x 300 mm x 50 mm	4	5	6
13	Sandaran (Railing)	3	5	5
14	Papan Nama Jembatan	2	3	4
15	Pembongkaran Beton	5	6	7
16	Pengecatan Dekoratif pada elemen struktur beton dengan Cat	3	5	5

	Tembok			
17	Pengecatan struktur baja Dengan Cat Zinc Chromate	2	5	5
18	Pengecatan pada elemen sandaran dan/atau pagar pengaman (guard rail) dengan Cat Minyak	2	3	4
19	Patok Pengarah	3	3	3

Dari Tabel 2 selanjutnya dihitung nilai T_e (waktu yang diharapkan) :

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

T_e = waktu yang diharapkan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

c = waktu yang paling mungkin

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil dalam table berikut :

Tabel 3. Nilai Waktu Yang Diharapkan (T_e)

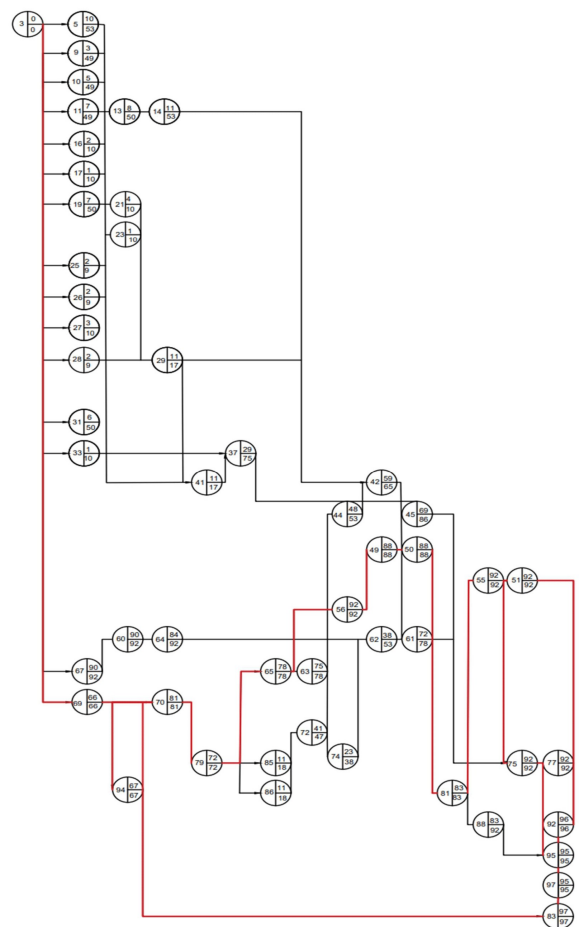
ID	Pekerjaan	T_e
1	Mobilisasi	36
2	Pemasangan ruji (dowel)	10
3	Pemasangan ruji (Tie Bar)	10
4	Pemasangan sealant	6
5	Perkerasan Beton Semen dengan Anyaman Tulangan Rangkap	14
6	Lapis Pondasi Bawah Beton Kuras	14
7	Kayu Perancah Untuk Plat Lantai Kendaraan	6
8	Penyediaan Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa)	30
9	Pemasangan Baja Struktur	14
10	Plesteran tebal 1,5 cm (1Pc : 4 PP) termasuk acian	6
11	Sambungan Siat Muai Expansion Joint Tipe Siku 90x90x9	5

12	Landasan Elastomerik Karet Alam Berlapis Baja Ukuran 300 mm x 300 mm x 50 mm	5
13	Sandaran (Railing)	5
14	Papan Nama Jembatan	3
15	Pembongkaran Beton	6
16	Pengecatan Dekoratif pada elemen struktur beton dengan Cat Tembok	5
17	Pengecatan struktur baja Dengan Cat Zinc Chromate	5
18	Pengecatan pada elemen sandaran dan/atau pagar pengaman (guard rail) dengan Cat Minyak	3
19	Patok Pengarah	3

Sumber : Hasil Analisis

Pembuatan Network Planning Metode PERT

Dengan tersusunnya aktivitas item pekerjaan sesuai prosedur kerja secara teknis dan duasi (Te) maka rekayasa ulang Network Planning sesuai metode PERT.



Gambar 4. Diagram Network Planning Pergantian Jembatan Ruas Jelu-Gayam No.85 Kecamatan Gayam dengan PERT. (Hasil Analisis, 2022)

Berdasarkan perhitungan PERT didapatkan hasil lintasan kritis sebagai berikut :

Tabel 4. Nama Aktivitas Kritis Dengan Metode PERT

No	Pekerjaan	Duratio n	Start	Finish
1	Mobilisasi	36 days	Mon 22/08/2 2	Sat 01/10/2 2
2	Pemasangan ruji (dowel)	10 days	Mon 21/11/2 2	Thu 01/12/2 2
3	Pemasangan ruji (Tie Bar)	10 days	Mon 21/11/2 2	Thu 01/12/2 2
4	Pemasangan sealant	6 days	Wed 30/11/2 2	Tue 06/12/2 2
5	Perkerasan Beton Semen dengan Anyaman Tulangan Rangkap	14 days	Mon 21/11/2 2	Tue 06/12/2 2
6	Lapis Pondasi Bawah Beton Kuras	14 days	Mon 21/11/2 2	Tue 06/12/2 2

7	Kayu Perancah Untuk Plat Lantai Kendaraan	6 days	Mon 14/11/22	Sat 19/11/22
8	Penyediaan Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa)	30 days	Mon 03/10/22	Mon 07/11/22
9	Pemasangan Baja Struktur	14 days	Tue 08/11/22	Wed 23/11/22
10	Plesteran tebal 1,5 cm (1Pc : 4 PP) termasuk acian	6 days	Wed 30/11/22	Tue 06/12/22
11	Sambungan Siar Muai Expansion Joint Tipe Siku 90x90x9	5 days	Thu 01/12/22	Tue 06/12/22
12	Landasan Elastomerik Karet Alam Berlapis Baja Ukuran 300 mm x 300 mm x 50 mm	5 days	Tue 08/11/22	Sat 12/11/22
13	Sandaran (Railing)	5 days	Mon 21/11/22	Fri 25/11/22
14	Papan Nama Jembatan	3 days	Sat 10/12/22	Tue 13/12/22
15	Pembongkaran Beton	6 days	Fri 26/08/22	Thu 01/09/22
16	Pengecatan Dekoratif pada elemen struktur beton dengan Cat Tembok	5 days	Wed 07/12/22	Mon 12/12/22
17	Pengecatan struktur baja Dengan Cat Zinc Chromate	5 days	Wed 02/11/22	Mon 07/11/22
18	Pengecatan pada elemen sandaran dan/atau pagar pengaman (guard rail) dengan Cat Minyak	3 days	Wed 07/12/22	Fri 09/12/22
19	Patok Pengarah	3 days	Wed 07/12/22	Fri 09/12/22

Berdasarkan hitungan metode PERT, dengan durasi waktu penyelesaian proyek didapatkan lintasan kritis pada diagram Network Planning adalah lintasan dengan nilai Free Float/Slack = 0 ditunjukkan pada table 3. Kemudian

dihitung nilai Standart Deviasi dan nilai Varians kegiatan masing-masing lintasan kritis tersebut:

Maka diperoleh contoh perhitungan pekerjaan Pemasangan Ruji (dowel) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S \text{ Pemasangan Ruji Dowel} &= 1/6 (14-6) \\
 &= 1,33 \\
 V \text{ Pemasangan Ruji Dowel} &= ((14-6)/6)^2 \\
 &= 1,78
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan dua variabel rumus diatas, maka diperoleh hasil perhitung seperti pada contoh, serta dapat dilihat perhitungan standart deviasi dan varians kegiatan kritis dalam bentuk table sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Nilai Standart Deviasi dan Varians Kegiatan Aktivitas Kritis

ID	Pekerjaan	S	V(Te)
1	Mobilisasi	0.00	0.00
2	Pemasangan ruji (dowel)	0.00	0.00
3	Pemasangan ruji (Tie Bar)	0.00	0.00
4	Pemasangan sealant	0.00	0.00
5	Perkerasan Beton Semen dengan Anyaman Tulangan Rangkap	1.00	1.00
6	Lapis Pondasi Bawah Beton Kuras	1.33	1.78
7	Kayu Perancah Untuk Plat Lantai Kendaraan	0.67	0.44
8	Penyediaan Baja Struktur Grade 250 (Kuat Leleh 250 MPa)	0.67	0.44
9	Pemasangan Baja Struktur	1.00	1.00
10	Plesteran tebal 1,5 cm (1Pc : 4 PP) termasuk acian	0.67	0.44
11	Sambungan Siar Muai Expansion Joint Tipe Siku 90x90x9	0.67	0.44
12	Landasan Elastomerik Karet Alam Berlapis Baja Ukuran 300 mm x 300 mm x 50 mm	0.67	0.44

13	Sandaran (Railing)	0.67	0.44
14	Papan Nama Jembatan	0.67	0.44
15	Pembongkaran Beton	0.67	0.44
16	Pengecatan Dekoratif pada elemen struktur beton dengan Cat Tembok	0.67	0.44
17	Pengecatan struktur baja Dengan Cat Zinc Chromate	1.00	1.00
18	Pengecatan pada elemen sandaran dan/atau pagar pengaman (guard rail) dengan Cat Minyak	0.67	0.44
19	Patok Pengarah	0.00	0.00

Sumber : Hasil Analisis

Kemungkinan/ketidakpastian mencapai target jadwal pada metode PERT dinyatakan dengan z :

$$\begin{aligned} \text{Deviasi } z &= (T(d) - T(e)) / S \\ &= (64 - 97) / 11,00 \\ &= -3,00 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui detail analisis selengkapnya dapat diketahui sebagai berikut:

Tabel 6. Target dan Kemungkinan Penyelesaian Proyek

N o	Target Penyelesaian(Hari)	Deviasi Z	Distribusi Normal Kumulatif	Probabilitas/Kemungkinan Proyek dapat Selesai 100%
1	64	- 3.00	0.0013	0.13%
2	65	- 2.91	0.0018	0.18%
3	66	- 2.82	0.0024	0.24%
4	67	- 2.73	0.0032	0.32%
5	68	- 2.64	0.0041	0.41%
6	69	- 2.55	0.0054	0.54%

7	70	- 2.45	0.0071	0.71%
8	71	- 2.36	0.0091	0.91%
9	72	- 2.27	0.0116	1.16%
10	73	- 2.18	0.0146	1.46%
11	74	- 2.09	0.0183	1.83%
12	75	- 2.00	0.0228	2.28%
13	76	- 1.91	0.0281	2.81%
14	77	- 1.82	0.0344	3.44%
15	78	- 1.73	0.0418	4.18%
16	79	- 1.64	0.0505	5.05%
17	80	- 1.55	0.0606	6.06%
18	81	- 1.45	0.0735	7.35%
19	82	- 1.36	0.0869	8.69%
20	83	- 1.27	0.1020	10.20%
21	84	- 1.18	0.1190	11.90%
22	85	- 1.09	0.1379	13.79%
23	86	- 1.00	0.1587	15.87%
24	87	- 0.91	0.1814	18.14%
25	88	- 0.82	0.2061	20.61%
26	89	- 0.73	0.2327	23.27%
27	90	- 0.64	0.2611	26.11%
28	91	- 0.55	0.2912	29.12%

29	92	-0.45	0.3264	32.64%
30	93	-0.36	0.3594	35.94%
31	94	-0.27	0.3936	39.36%
32	95	-0.18	0.4286	42.86%
33	96	-0.09	0.5359	53.59%
34	97	0.00	0.5000	50.00%
35	98	0.09	0.5359	53.59%
36	99	0.18	0.5714	57.14%
37	100	0.27	0.6064	60.64%
38	101	0.36	0.6406	64.06%
39	102	0.45	0.6736	67.36%
40	103	0.55	0.7088	70.88%
41	104	0.64	0.7389	73.89%
42	105	0.73	0.7673	76.73%
43	106	0.82	0.7939	79.39%
44	107	0.91	0.8186	81.86%
45	108	1.00	0.8413	84.13%
46	109	1.09	0.8621	86.21%
47	110	1.18	0.8810	88.10%
48	111	1.27	0.8980	89.80%
49	112	1.36	0.9131	91.31%
50	113	1.45	0.9265	92.65%

51	114	1.55	0.9394	93.94%
52	115	1.64	0.9495	94.95%
53	116	1.73	0.9582	95.82%
54	117	1.82	0.9656	96.56%
55	118	1.91	0.9719	97.19%
56	119	2.00	0.9772	97.72%
57	120	2.09	0.9817	98.17%
58	121	2.18	0.9854	98.54%
59	122	2.27	0.9884	98.84%
60	123	2.36	0.9909	99.09%
61	124	2.45	0.9929	99.29%
62	125	2.55	0.9946	99.46%
63	126	2.64	0.9959	99.59%
64	127	2.73	0.9968	99.68%
65	128	2.82	0.9976	99.76%
66	129	2.91	0.9982	99.82%
67	130	3.00	0.9987	99.87%

Sumber : Hasil Analisis Tabel Distribusi Normal Kumulatif

Dari hasil analisis diatas dapat diketahui bahwa :

- g) Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 64 hari adalah 0.13%.
- h) Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 97 adalah 50%.
- i) Kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 130 hari adalah 99.87%.

Analisis Biaya Percepatan

Dalam percepatan proyek untuk alternative penambahan jam kerja ini hanya berlaku pada kegiatankegiatan yang berada pada lintasan kritis karena kegiatan pada lintasan kritis adalah kegiatan yang tidak boleh tertunda. Maka akan diambil salah satu lintasan kritis yang didapat dari pembuatan penjadwalan proyek dengan 2 metode sebelumnya. Adapun lintasan kritis (kegiatan yang memiliki nilai slack sama dengan 0) yang didapat ditujukan pada Tabel 5 Beberapa pekerjaan tersebut akan di olah dengan crashing project.

Maka dilakukan perhitungan crashing dengan contoh pekerjaan Perkerasan Beton Semen dengan Anyaman Tulangan Rangkap, sebagai berikut:

Produktivitas Harian

=Volume/Durasi Normal

=26,40/16

=1,65

Produktivitas tiap jam

=Produktivitas Harian/Jam kerja per Hari

=1,65/8

=0,21

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat diselesaikan sebagai berikut :

Normal Cost Pekerja per Hari

=1,65 × Rp. 55.121,06

= Rp. 90.949,75

Normal Cost Pekerja Perjam

=0,21 × Rp. 55.121,06

=Rp. 11.368,72

Biaya Lembur Perjam

=(1,5 × Rp. 11.368,72)

= Rp. 22.737,44

Crash Cost Pekerja Perjam

= (8 × 1,98) + (2 × Rp. 22.737,44)

= Rp. 45.490,71

Cost Slope

= (*Crash Cost* – *Normal Cost*)/(*Normal Duration* – *Crash Duration*)

= (Rp. 1.500.686,70 – Rp. 1.455.195,98)/(16-12)

= Rp. 45.490,71

Tabel 7. Hasil Analisis Perhitungan Biaya

Keterangan	Waktu Penyelesaian	Jumlah Waktu Yang di Percepat	Total Biaya Upah Pekerjaan yang Dipercepat (Rp)	Profit (Rp)
Waktu Normal	130	0	10.002.655,76	1.000.265,58
Waktu Dipercepat	97	33	18.692.762,	-

			00	
--	--	--	----	--

Dari hasil analisis diatas dapat diketahui bahwa biaya profit upah tenaga kerja tidak dapat menutupi kelebihan biaya upah tenaga kerja yang dipercepat.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa waktu penyelesaian proyek yang awalnya 130 hari dengan cara merekayasa ulang Network Planning dengan metode PERT dimana durasi hasil hitungan (te) yang digunakan didapatkan waktu penyelesaian proyek 97 hari, dengan percepatan waktu terhadap Time Schedule original sebesar 33 hari. Dan Hasil rekayasa ulang terhadap Network Planning dengan metode PERT dihasilkan durasi optimal berdasarkan durasi (te) 97 hari, dengan rincian biaya upah tenaga percepatan Rp 8.689.762,06, selama waktu lembur dalam 33 hari. Dan besar biaya total seluruh pekerja selama pekerjaan berlangsung adalah Rp.10.910.216,54 yang dapat menutupi pembengkakan biaya percepatan yang terjadi dengan total biaya crash out per hari adalah Rp. 45.490,71.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqila, Ega Pangestika. (2021). Analisis Biaya dan Waktu pada Proyek pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Negri Pontianak Dengan Metode PDM dan PERT. Jurnal Ilmiah, Pontianak.
- Ervianto, W. I. 2003. Manajemen Proyek Konstruksi. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Husen, A. 2008. Manajemen Proyek. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Komang, I Alit Astrawan Putra. (2020). Pengaruh Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Terhadap Biaya Pelaksanaan. Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Lt. III SDN 7 Sesetan. Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai.
- Lokajaya, I Nyoman. (2018). Analisis Pengendalian Waktu Dan Biaya Pada Proyek Peningkatan Jalan Demgan Metode CPM PERT, Jurnal Ilmiah Saintek, Surabaya.
- Perwitasari, Dian. (2021). Analisis Percepatan Waktu Proyek Perumahan Menggunakan Metode PERT dan Fast Track. Jurnal Teknik Sipil Universitas Pancasila Jakarta.
- Rushendi. (2017). Identifikasi Faktor- Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek menggunakan Metode PERT. Studi kasus Proyek Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia. Jurnal Ilmiah, Yogyakarta.
- Soeharto, Imam. (1997). Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Imam. (2001). Manajemen Proyek, Jilid 2. Erlangga, Semarang.