

MANAJEMEN PENGENDALIAN WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK DAERAH IRIGASI SALURAN PRIMER KETONGGO DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERT

Rohmat Endra Supriono¹⁾, M Arif Bakhtiar Efendi²⁾

Teknik Sipil, Universitas Merdeka Madiun, Jl. Serayu No. 79 Madiun

E-mail: Rohmatendra1994@gmail.com¹⁾, arifbakhtiar@unmer-madiun.ac.id

Abstract— *This thesis presents the results of research about time and cost control management in Ketonggo Primary Canal Irrigation Area project. Time and cost in the best planning is needed in project implementation to ensure that project implementation can achieve maximum results by utilizing existing resources. This study uses the PERT (Program Evaluation and Review Technique) method. By implementing Network planning which is one of the management techniques to plan and control the implementation of a project. Optimization needs to shorten the duration of the project with minimal expenditure. Total of this contract is Rp. 4,706,045,953.00 with 90 days of completion. The results of this analysis showed that the most likely project completion time was 90 days, with the fastest being 75 days and the slowest being 105 days. Based on the critical path analysis, obtained 9 work items that are very influential in the smooth running of the project. The optimal project cost at normal time is Rp. 4,249,989,942.19 and the total cost required for project acceleration is Rp. 4,710,928,986. Additional costs are used for additional manpower, additional working hours and additional hours of heavy equipment.*

Keywords: *time management, cost management, optimization, PERT method.*

I. PENDAHULUAN

Proyek dapat diartikan sebagai kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasikan sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau deliverable yang kriteria mutunya telah ditentukan dengan jelas (Soeharto, 1999 dalam Kurniasari, 2016). Semakin pesatnya pembangunan di Indonesia, menjadi suatu tantangan bagi dunia jasa konstruksi. Pengerjaan suatu proyek selalu dituntut untuk profesional baik dari segi kualitas, biaya, tenaga kerja dan teknologi serta pengerjaan yang tepat waktu (Wiranata, 2018). Berkaitan dengan hal tersebut maka diperlukan manajemen atau perencanaan yang tepat dalam pengelolaan suatu proyek.

Manajemen merupakan proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumberdaya yang lain untuk mencapai suatu hal yang telah ditentukan. Yang dimaksud dengan proses yaitu mengerjakan sesuatu dengan pendekatan keahlian, tenaga, dana, peralatan, dan informasi (Soeharto, 1999 dalam Ardani, 2009).

Untuk mencapai pembangunan yang berbobot dan ideal maka diperlukan manajemen yang tersusun dengan baik agar proyek dapat selesai tepat waktu dan sesuai dengan jadwal. Manajemen waktu berfungsi untuk memastikan waktu penyelesaian sebuah proyek. Sistem manajemen waktu berpusat pada berjalan atau tidaknya perencanaan dan penjadwalan suatu proyek, dimana didalamnya telah disediakan pedoman yang spesifik untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien. Selain penjadwalan yang telah terorganisir, keberhasilan sebuah proyek konstruksi juga mengacu pada pengendalian. Pengendalian memegang peranan penting dalam meminimalisasi penyimpangan yang dapat terjadi selama proyek berlangsung seperti terjadinya keterlambatan proyek yang tidak sesuai dengan rencana awal (Soemantri, 2005). Untuk mempercepat tingkat kemajuan proyek diperlukan suatu upaya percepatan durasi proyek. Hal ini biasanya diiringi dengan meningkatnya biaya proyek.

Saluran Primer Ketonggo merupakan daerah irigasi dari Bendung Kedung Putri. Saluran Primer Ketonggo berlokasi di Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi, memiliki 6 saluran sekunder pada jaringan irigasinya. Adapun saluran sekunder tersebut meliputi Saluran Sekunder Semen, Saluran Sekunder Boro Utara, Saluran Sekunder Boro Selatan, Saluran Sekunder Beran, Saluran Sekunder Paron dan Saluran Suplesi Dawu. Pada Saluran ini telah dilakukan kegiatan rehabilitasi pada tahun 2019, namun hal tersebut terjadi keterlambatan sehingga membuat proyek tersebut gagal dan putus kontrak.

Dalam menyelesaikan sebuah proyek konstruksi, pengendalian waktu sangat diperlukan agar dapat menganalisis waktu yang paling efektif dan efisien, serta probabilitas penyelesaian sebuah proyek. Berkaitan dengan hal tersebut maka diperlukannya sebuah kajian untuk mengevaluasi manajemen waktu dan manajemen biaya agar proyek rehabilitasi di Daerah Irigasi Primer Ketonggo dapat terlaksana dengan lebih baik dari tahun sebelumnya serta pembangunan proyek tersebut berhasil.

II. LANDASAN TEORI

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digambarkan dengan jelas (Soeharto, 1995 dalam Wiranata, 2018). Manajemen adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengoordinasian dan pengendalian atau kontrol sumber daya dalam mencapai sasaran dengan efektif dan efisien. Sedangkan manajemen proyek merupakan penerapan dari pengetahuan, keahlian menggunakan peralatan serta teknik atau metode dalam memimpin suatu aktivitas proyek secara terstruktur dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan dan persyaratan yang dibutuhkan oleh proyek (Aryani, et al. 2016)

Aspek – Aspek Manajemen Waktu

Adapun aspek-aspek manajemen waktu yaitu menentukan penjadwalan proyek, mengukur dan membuat laporan dari kemajuan proyek, membandingkan penjadwalan dengan kemajuan realisasi proyek di lapangan, menentukan akibat yang ditimbulkan oleh perbandingan jadwal dengan kemajuan di lapangan, merencanakan penanganan untuk mengatasi akibat tersebut, dan yang terakhir memperbaharui kembali penjadwalan proyek. Sedangkan aspek - aspek manajemen waktu itu sendiri merupakan proses yang saling berurutan satu dengan yang lainnya (Mochtar, 2019).

Penjadwalan Proyek

Jadwal adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai sasaran. Pada jadwal telah dimasukan faktor waktu. Metode menyusun jadwal yang terkenal adalah analisis jaringan (network), yang menggambarkan dalam suatu grafik hubungan urutan pekerjaan proyek. Pekerjaan yang harus mendahului atau didahului oleh pekerjaan lain diidentifikasi dalam kaitannya dengan waktu. Jaringan kerja ini sangat berguna untuk perencanaan dan pengendalian proyek (Soeharto, 1997 dalam Kusnanto, 2010).

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 durasi proyek dan progres waktu untuk menyelesaikan proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih rinci. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek. Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek sehingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada (Husen, 2008).

Dalam kenyataannya, prosedur penjadwalan melalui proses estimasi yang mengandung unsur ketidakpastian. Hal ini sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi, yaitu tingkat risiko yang tinggi terhadap setiap perubahan yang terjadi, baik perubahan sistem, cuaca, ketergantungan buruh, kegagalan konstruksi, ketergantungan pihak lain, dan lain sebagainya. Menurut Ervianto (2002), jarang ditemui suatu keadaan dimana suatu jadwal rencana dapat tepat dengan pelaksanaan di lapangan. Untuk dapat mencapai kondisi demikian dibutuhkan suatu perencanaan yang cermat dan didukung faktor eksternal agar hal tersebut dapat tercapai. Penandaan prestasi pekerjaan dilaksanakan dalam pengendalian jadwal (schedule), dilanjutkan dengan penyesuaian urutan kegiatan yang biasa disebut dengan updating.

Kusnanto (2010) mengutarakan bahwa sebelum proyek dimulai sebaiknya seorang manager yang baik terlebih dahulu merencanakan jadwal proyek. Tujuan perencanaan jadwal adalah mempermudah perumusan masalah proyek, menentukan metode atau cara yang sesuai, kelancaran kegiatan lebih terorganisir, serta mendapatkan hasil yang optimum. Sedangkan manfaat perencanaan bagi proyek adalah untuk mengetahui keterkaitan antar kegiatan, mengetahui kegiatan yang perlu menjadi perhatian (kegiatan kritis), dan mengetahui dengan jelas kapan memulai kegiatan dan kapan harus menyelesaikannya.

Penyusunan Urutan Kegiatan

Penyusunan urutan kegiatan adalah bagaimana meletakkan kegiatan tersebut di tempat yang benar, apakah harus bersamaan, setelah pekerjaan yang lain selesai atau sebelum pekerjaan yang lain selesai. Pada penyusunan urutan kegiatan sendiri ada beberapa informasi yang harus diperhatikan, yaitu ketergantungan alami (Mandatory dependencies), ketergantungan yang ditetapkan oleh tim (Discretionary dependencies) dan ketergantungan yang melibatkan hubungan kegiatan proyek dengan yang bukan kegiatan proyek (External dependencies).

Perkiraan Kurun Waktu dan Deadline

Durasi suatu aktivitas adalah panjangnya waktu pekerjaan dari mulai sampai selesai. Setelah terbentuk jaringan kerja, masing-masing komponen kegiatan diberikan perkiraan kurun waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan, juga perkiraan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan tersebut.

Ada dua pendekatan dalam menentukan durasi aktivitas, yaitu Pendekatan Teknik dan Pendekatan praktek. Pendekatan teknik meliputi pemeriksaan persediaan sumber daya, mencatat produktivitas sumber daya, memeriksa kuantitas pekerjaan dan kemudian menentukan durasi. Sedangkan Pendekatan praktek, meliputi pengalaman dan penilaian ahli (expertjudgement).

Penyusunan Jadwal (Schedule)

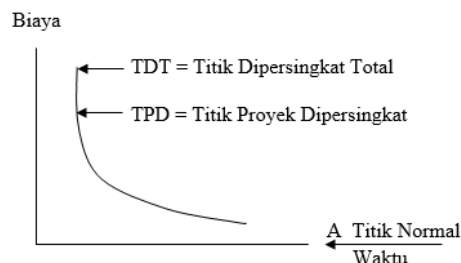
Penyusunan jadwal adalah menentukan waktu mulai sampai berakhirnya seluruh kegiatan pada suatu proyek. Apabila waktu mulai dan berakhirnya tidak realistis kemungkinan besar proyek tersebut tidak dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal. Untuk dapat menyusun jadwal yang akurat diperlukan berbagai macam pertimbangan antara lain diagram jaringan kerja, perkiraan durasi pekerjaan, kebutuhan sumber daya, ketersediaan sumberdaya, kalender, batasan (tenggat waktu), asumsi dan lain sebagainya.

Percepatan Proyek

Percepatan dalam konstruksi mempunyai nilai kompleksitas yang tinggi. Begitu banyaknya item pekerjaan yang ada pada proyek konstruksi tentu menuntut perencanaan yang detail terhadap time schedule pelaksanaan. Tujuan dari metode percepatan waktu yaitu memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang minimal. Untuk mempercepat suatu proyek diperlukan syarat – syarat sebagai berikut :

1. Telah ada diagram jaringan kerja yang tepat.
2. Lama kegiatan perkiraan masing – masing kegiatan telah ditentukan.
3. Berdasarkan ketentuan diatas, dihitung saat awal (Earliest Event Time) dan saat paling lambat (Latest Event Time).
4. Ditentukan pada umur rencana proyek (UREN)

Tujuan memperpendek waktu, dimulai dengan menentukan titik awal, yaitu titik yang menunjukkan waktu dan biaya normal proyek. Titik ini dihasilkan dari menjumlahkan biaya normal masing – masing kegiatan komponen proyek, sedangkan waktu penyelesaian proyek normal dihitung dengan metode PERT.



Gambar 2.1. Titik normal TPD dan TDT

Langkah untuk memperpendek waktu, akan dihasilkan dari titik – titik baru yang dihubungkan dalam bentuk garis putus – putus yang melengkung ke atas (cekung). Yang merupakan langkah tersebut sampai pada titik proyek dipersingkat (TPD) atau project crash-point. Titik ini merupakan batas maksimum waktu proyek dipersingkat. Pada TPD ini mungkin masih terdapat beberapa kegiatan komponen proyek

yang belum dipersingkat waktunya, dan bila ingin memperpendek waktu (berarti mempersingkat waktu kegiatan proyek yang secara teknis dapat dipersingkat), maka akan menaikkan total biaya pada proyek tanpa adanya pengurangan waktu. Titik tersebut dinamakan titik dipersingkat total (TDT) atau All crash-point.

Menurut Wulfram I. Ervianto (2004) untuk mereduksi durasi dari suatu proyek terdapat berbagai cara, yaitu :

- a. Dengan mengadakan sift pekerjaan.
- b. Dengan memperpanjang waktu kerja (lembur).
- c. Dengan menggunakan alat bantu yang lebih produktif.
- d. Menambah jumlah pekerja.
- e. Menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya.
- f. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat.

Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil kegiatan (output) dan masukan (input). Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi. Proyek konstruksi memerlukan tenaga kerja yang efisien, maka dari itu proyek konstruksi sangat bergantung pada kinerja dari para pekerjanya. Pengukuran produktivitas secara umum dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas kerja} = \text{Output atau Workhours} = (\text{m}^3/\text{jam})$$

Produktivitas tenaga kerja akan naik jika tenaga kerja tersebut mampu menguasai tugas atau pekerjaan yang telah diterimanya. Apabila seseorang/kelompok orang yang terorganisir melakukan pekerjaan yang identic berulang-ulang, maka akan terjadi suatu penurunan produktivitas. Dengan dipercepatnya durasi suatu proyek maka pasti akan terjadi perubahan biaya dan waktu. Menurut Ervianto (2004), terdapat dua nilai waktu yang akan ditunjukkan tiap aktifitas dalam suatu jaringan kerja saat terjadi percepatan yaitu:

1. Normal Duration (Nd)

Normal Duration adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktifitas atau kegiatan dengan sumberdaya normal yang ada tanpa adanya biaya tambahan lain dalam sebuah proyek.

2. Crash Duration (Cd)

Crash Duration adalah waktu yang dibutuhkan suatu proyek dalam usahanya mempersingkat waktu yang durasinya lebih pendek dari normal duration.

Dalam Proses percepatan juga berpengaruh pada perubahan elemen biaya yaitu :

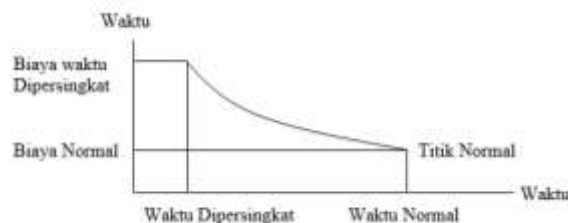
1. Normal Cost (Nc)

Normal Cost adalah biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal. Perkiraan biaya ini adalah pada saat perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan penentuan waktu normal.

2. Crash Cost (Cc)

Crash Cost adalah biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam jangka waktu sebesar durasi crash-nya. Biaya setelah crashing akan menjadi lebih besar dari biaya normal.

Adapun hubungan antara biaya proyek dengan waktu yang diperlukan dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



Gambar 2.2 Grafik Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat

Dengan menggunakan variable waktu dan biaya pada saat normal maupun dipercepat, maka didapatkan pertambahan biaya untuk mempercepat suatu aktifitas per satuan waktu yang disebut dengan cost slope. Cara yang digunakan adalah dengan meninjau slope (kemiringan) dari masing-masing

segmen garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek. Cost slope adalah perbandingan antara pertambahan biaya dengan percepatan waktu penyelesaian proyek. Rumus cost slope adalah sebagai berikut :

$$\rho = (\text{ia dipersingkat}) / (\text{waktu normal}) \times (\text{waktu dipersingkat})$$

Dalam proses penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan (kompresi) diusahakan agar penambahan biaya yang terjadi seminimum mungkin. Kompresi dilakukan pada jalur lintasan kritis dimulai dengan aktifitas yang memiliki cost slope terendah.

Metode PERT

PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk (semaksimal mungkin) mengurangi adanya penundaan kegiatan (proyek, produksi, dan teknik) maupun kendala yang akan terjadi, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan, dan mempercepat selesainya suatu proyek (Nurhayati, 2010).

Analisis PERT digunakan untuk mendapatkan biaya termurah dengan percepatan kegiatan sebanyak mungkin pada jalur kritis. PERT adalah model yang dirancang untuk menganalisa dan tugas yang terlibat dalam menyelesaikan proyek tertentu. Hal ini berguna dalam analisis kegiatan yang terlibat dalam menyelesaikan proyek tertentu, terutama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan, dan mengidentifikasi waktu minimum untuk menyelesaikan total proyek (Adebowale dan Oluboyede, 2011).

$$t_e = (t_o + 4t_m + t_p) / 6 \dots\dots\dots(3.1)$$

$$s_e = (t_p - t_o) / 6 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$v_e = \{(t_p - t_o) / 6\}^2 \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- te : Expected time
- tp : pesimistis time
- to : optimistis time
- se : Standard deviasi
- tm : most likely time
- ve : Variansi

Nilai z diperoleh dari tabel distribusi normal dengan probabilitas yang telah ditentukan. Nilai tm merupakan nilai yang dicari kemudian dikorelasikan terhadap te dengan kata lain te diketahui lebih dulu daripada tm. Persamaan probabilitas normal adalah :

$$z = (t_d - t_e) / s_e \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : z : nilai dari table distribusi normal

- td: durasi rata-rata
- se: standard deviasi
- te: Expected time

Perbedaan antara waktu optimis (to) dan waktu pesimis (tp) menggambarkan jarak dari ujung ekstrim sebelah kiri ke ujung ekstrim sebelah kanan pada distribusi kemungkinan waktu kegiatan jaraknya ± 3 deviasi standar. Dapat dirumuskan menjadi :

$$S_e = \frac{t_p - t_o}{6} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

- Se = deviasi waktu standar kegiatan
- to = waktu optimis
- tp = waktu pesimis

PERT (Program Evaluation and Review Technique) dikembangkan untuk mengatasi ketidakpastian waktu pengerjaan aktivitas. Dalam metode ini, digunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan. Penentuan waktu dapat menggunakan satuan unit waktu seperti jam, hari, minggu, bulan dan tahun. Penjelasan 3 (tiga) waktu estimasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Waktu optimis (*optimistic time*) [to]

Waktu optimis yaitu waktu terpendek kejadian yang mungkin terjadi. Waktu yang dibutuhkan oleh sebuah kegiatan jika semua hal berlangsung sesuai rencana. Atau juga dapat di sebut waktu

minimum dari suatu kegiatan, dimana segala sesuatu akan berjalan baik, sangat kecil kemungkinan kegiatan selesai sebelum waktu ini (Nurhayati, 2010).

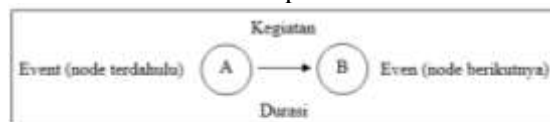
b. Waktu pesimis (*pessimistic time*) [tp]

Waktu pesimis yaitu waktu terpanjang kejadian yang dibutuhkan. Waktu yang dibutuhkan suatu kegiatan dengan asumsi kondisi yang ada sangat tidak diharapkan. Atau juga dapat disebut dengan waktu maksimal yang diperlukan suatu kegiatan. Hal ini berkaitan dengan kendala dan hambatan (kekurangan bahan, kerusakan alat, mesin, dan sebagainya) sehingga kegiatan tersebut selesai pada waktu yang cukup lama (Nurhayati, 2010).

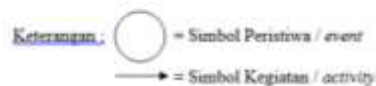
c. Waktu realistis (*most likely time*) [tm]

Waktu realistis yaitu waktu yang paling tepat untuk penyelesaian aktivitas dalam jaringan PERT, atau juga dapat disebut adalah waktu normal untuk menyelesaikan kegiatan. Waktu realistis ini didapatkan pada pelaksanaan berdasarkan pengalaman-pengalaman masa lampau (untuk kegiatan yang sudah pernah dilakukan) (Nurhayati, 2010).

Dalam jaringan kerja jenis ini, kegiatan dalam pengerjaan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa (event), yaitu peristiwa A dan B. Nama dan durasi kegiatan ditulis diatas dan dibawah anak panah.



Gambar 2.3 Simbol Jaringan Kerja



Jalur Kritis

Lintasan kritis adalah lintasan yang dilalui dalam proyek untuk percepatan. Menurut Tim Penyusun KBBI (1996), lintasan kritis adalah keadaan yang paling menentukan berhasil atau gagalnya suatu usaha. Lintasan kritis yaitu alur atau jalan yang dilintasi atau dilalui yang paling menentukan berhasil atau gagalnya suatu pekerjaan.

Jalur kritis didapatkan dengan menambah waktu suatu aktivitas pada tiap urutan pekerjaan dan menetapkan jalur terpanjang pada tiap proyek. Biasanya sebuah jalur kritis terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang tidak bisa ditunda waktu pengerjaannya. Jangka waktu untuk menyelesaikan rangkaian atau path kegiatan (yang terpanjang) menurut Armstrong merupakan waktu kritis (*Critical*) oleh karena itu disebut juga dengan *Critical path*. Secara defenisi *Critical path* adalah rangkaian kegiatan yang menentukan jangka waktu pembangunan proyek. Apabila *Critical Path* tersebut diperpendek maka jangka waktu pembangunan proyek dapat di perpendek, hal itu akan menguntungkan pemilik proyek karena biaya overhead pembangunan proyek dapat di hemat. Model aktivitas (kegiatan) Metoda Jalur Kritis ditampilkan seperti diagram dibawah ini :

A = suatu kejadian (*activity*)

dA = durasi kegiatan A

Es = *Earliest Start* yaitu waktu kejadian paling awal suatu kegiatan bisa dimulai

Ls = *Latest Start* yaitu waktu kejadian paling lambat suatu kegiatan harus di laksanakan

EF = *Earliest Finish* yaitu waktu kejadian paling awal suatu kejadian dapat di selesaikan

LF = *Latest Finish* yaitu waktu kejadian paling lambat suatu kejadian harus selesai.

i = *nomer event*

Model Event Metoda Jalur Kritis dibagi atas 2 jenis yaitu :

EET = *Earliest Event Time*

yaitu waktu suatu kejadian paling cepat dapat terjadi

LET = *Latest Event Time*

yaitu waktu suatu kejadian paling lambat harus terjadi supaya waktu penyelesaian proyek tidak terlambat

Pada diagram diatas EET (*Earliest Event Time*) kegiatan i adalah ES.

LET (*Latest Event Time*) pada kegiatan i adalah LF.

Kendala dalam Pelaksanaan Manajemen Waktu

Menurut Mochtar (2019), dalam kenyataan di lapangannya, pelaksanaan manajemen waktu proyek konstruksi banyak menemui kendala-kendala yang menyebabkan pelaksanaannya tidak optimal. Dari penelitian yang telah dilakukan beberapa ahli pada perusahaan kontraktor di Indonesia sebelumnya, disebutkan bahwa kendala-kendala yang sering dihadapi meliputi :

1. Kesulitan untuk mendapatkan supliyer dan subkontraktor yang berkomitmen dengan jadwal (schedule) yang sudah dibuat bersama.
2. Desain yang sebelum selesai dan perubahan desain.
3. Kurangnya koordinasi dan komunikasi dengan pelaksana di lapangan.
4. Ketelambatan pembayaran dari owner kepada kontraktor.
5. Kekurangan material dan peralatan.
6. Perubahan cuaca yang tidak bisa diduga.
7. Kurangnya koordinasi atau pengawasan antara pengawas dengan pekerja.
8. Ketidakakuratan informasi yang di dapat dari monitoring.
9. Kurangnya sumber daya (tenaga ahli) yang mampu menganalisis keadaan proyek.
10. Program komputer yang kurang baik.

III. METODOLOGI

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berfikir dan memecahkan masalah yang dimulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung di lapangan. Pada tahapan metode penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data yang ada di studi kasus, selanjutnya dilakukan persiapan untuk mendapatkan tahapan informasi dengan mengumpulkan data sekunder.

Pada bab ini membahas tentang lokasi penelitian, metode pengambilan data dan analisa data. Setelah data-data terkumpul maka dilakukan pengolahan data, setiap data yang telah dihitung kembali maka dilanjutkan dengan menganalisa studi kasus yang ada. Setelah analisa selesai, maka dilakukan perhitungan hasil yang menggunakan beberapa alternatif, sehingga biaya dan waktu yang didapat lebih efektif dan efisien.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Rehabilitasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi di wilayah Kerja UPT. Pengelolaan Sumber Daya Air di Madiun untuk meningkatkan sumber daya air dengan menyediakan sarana fasilitas untuk kebutuhan Irigasi. Waktu penelitian dan penyusunan skripsi ini dimulai pada bulan Maret 2021.

Proyek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi dengan :

Waktu Pelaksanaan : 90 Hari Kalender

Nilai Kontrak : Rp. 4.706.045.953,00.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan analisis dan evaluasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan durasi waktu kerja dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk mendukung hasil analisis, Penulis mengambil bahan sebagai studi kasus yaitu Proyek Rehabilitasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi. Untuk mempermudah analisis, diperlukan data sekunder yang berkaitan dan menunjang penelitian. Data sekunder diambil dari literatur – literatur kepustakaan, hasil penulisan terdahulu, dan lain sebagainya. Tujuan dari pengumpulan data sekunder ini adalah untuk mendapatkan data instansional. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Pengairan UPT. Pengelolaan Sumber Daya Air Di Madiun perihal proyek Rehabilitasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi Tahun Anggaran 2019. Adapun data tersebut antara lain:

- a. Daftar Rencana Anggaran Biaya (RAB)
- b. Time schedule dan gambar rencana pelaksanaan proyek
- c. Daftar analisa harga upah dan bahan.

- d. Dokumentasi (gambar – gambar pelaksanaan proyek rehabilitasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi).

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) yaitu teknik manajemen proyek yang menggunakan tiga perkiraan waktu untuk tiap kegiatan (Prasetya & Lukiastuti, 2009). Menurut Nurhayati (2010) PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk (semaksimal mungkin) mengurangi adanya penundaan kegiatan (proyek, produksi, dan teknik) maupun rintangan dan perbedaan-perbedaan, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan, dan mempercepat selesainya suatu proyek

Metode PERT digunakan untuk perencanaan, penjadwalan dan pengawasan proyek-proyek, dimana waktu penyelesaiannya tidak diketahui secara pasti. Asumsi yang digunakan dalam metode PERT adalah bahwa lama waktu semua kegiatan tidak tergantung satu sama lain. PERT merupakan suatu metode analitik yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengawasan kompleks yang memerlukan kegiatan tertentu yang harus dijalankan dalam urutan tertentu.

PERT adalah metode yang secara visual mewakili proyek. PERT memiliki dua komponen utama panah dan node. Kegiatan yang disebut node dihubungkan dengan anak panah pada kegiatan sebelumnya dan berikutnya. Setelah kegiatan diplot dan terhubung, manajer proyek kemudian dapat menentukan jalur kritis (Subrahmanyam dan Babu, 2012). PERT sangat bermanfaat untuk mengelola dimana beberapa tugas secara bersamaan akan mengurangi redundansi. Teknik yang digunakan untuk penjadwalan proyek akan bervariasi tergantung pada ukuran proyek, kompleksitas, durasi, personel, dan kebutuhan pemilik (Aziz et.al, 2013).

Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan analisis menggunakan metode PERT, perlu diketahui beberapa hal antara lain (Kusnanto, 2010) :

- Penentuan aktivitas beserta durasinya. PERT menggunakan tiga asumsi durasi aktivitas, yakni t_o (*optimistic time*), t_p (*pessimistic time*), dan t_m (*most likely time*).
- Korelasi waktu dengan continuous distribution, serta menentukan *expected time* (t_e), standar deviasi (se), dan varian (ve).
- Expected time* (t_e) ditentukan sebagai durasi aktivitas, kemudian dicari jalur kritis.
- Menentukan durasi proyek dari lintasan kritis tersebut.

Penentuan t_o , t_p , dan t_m merupakan langkah awal dari PERT, karena ketiga asumsi waktu ini menentukan t_e . Tiga durasi tersebut diasumsikan sebagai fungsi atau generalisasi dari distribusi beta dengan variable durasi aktivitas yang berarti durasi PERT merupakan *statistical data* tidak keluar dari daerah distribusinya. Fungsi distribusi beta digunakan sebagai dasar untuk menentukan durasi (t_e), standar deviasi (se), dan varian (ve).

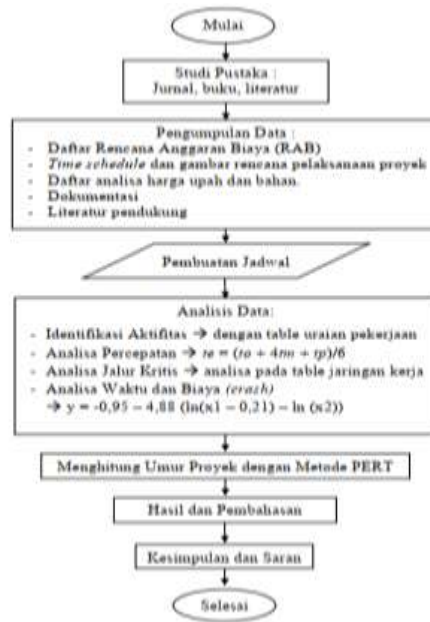
Durasi aktivitas diasumsikan sebagai continuous probability distribution yaitu distribusi beta. Arti se dan ve adalah sebagai indikator tingkat *variabilitas* t_e yang kita peroleh. t_e adalah durasi proyek yang diinginkan merupakan jumlah dari t_e jalur kritis. ve merupakan jumlah ve jalur kritis, demikian juga halnya se yang keduanya adalah gambaran variabilitas dari t_e . Perhitungan dimungkinkan adanya dua atau lebih jalur kritis, sehingga sebagai t_e dipilih jalur kritis dengan ve paling besar.

Pengolahan Metode PERT

Dalam Metode PERT diawali dengan menentukan durasi t_o , t_p , dan t_m . Nilai t_o dan t_p berdasarkan teori PERT terletak disekitar waktu rata-rata (t_e). Probabilitas t_o dan t_p dalam hal ini diasumsikan antara 90% sampai 95% dengan persamaan (Kusnanto, 2010). Jalur kritis didapatkan dengan menambah waktu suatu aktivitas pada tiap urutan pekerjaan dan menetapkan jalur terpanjang

pada tiap proyek. Biasanya sebuah jalur kritis terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang tidak bisa ditunda waktu pengerjaannya.

Diagram Alur Penelitian



IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis 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 durasi proyek dan progres waktu untuk menyelesaikan proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih rinci. Setiap proyek yang ada, tentu ada yang berhasil dan ada juga yang mengalami kegagalan. Namun setiap proyek pasti akan sangat diusahakan untuk bisa berhasil. Keberhasilan sebuah proyek tersebut, tentunya tidak bisa luput dari yang namanya manajemen waktu dan biaya. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan, karena dengan penataan yang sesuai maka hasil yang diperoleh pun juga akan sesuai dengan ekspektasi.

Analisis Identifikasi Aktivitas

Proses penjadwalan diawali dengan mengidentifikasi aktivitas proyek. Agar sebuah proyek mudah dikendalikan, maka perlu untuk diuraikan dalam bentuk komponen-komponen aktivitas pengerjaan suatu proyek.

NO	URAIAN KEGIATAN
I	PEKERJAAN PERSIAPAN
1	Uitset trase saluran
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)
II	PEKERJAAN TANAH
1	Galian tanah biasa sedalam < 1 m
2	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator
3	Pembuangan galian tanah dengan dump truck
4	Timbunan pasir
III	PEKERJAAN PASANGAN
1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)
2	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP

3	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)
4	Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)
5	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)
IV	PEKERJAAN BETON
1	Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)
2	Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)
3	Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)
4	Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)
5	Beton mutu f'c = 14.5 Mpa (K175), slump (12±2) cm, w/c = 0,66
6	Pembesian untuk plat
7	Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, JAT ≤ 1,0 m
8	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)

(Sumber : Hasil Penelitian)

Menginventarisasi kegiatan, yaitu dengan cara melakukan pengkajian dan mengidentifikasi lingkup proyek, serta menguraikan kegiatan proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Saluran Primer Ketonggo. Kegiatan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

No	Uraian Kegiatan	Kode
1	Uitset trase saluran	A
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi	B
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	C
4	Galian tanah biasa sedalam < 1 m	D
5	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	E
6	Pembuangan galian tanah dengan dump truck	F
7	Timbunan pasir	G
8	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	H
9	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP	I
10	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)	J
11	Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)	K
12	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)	L
13	Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	M
14	Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	N
15	Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	O
16	Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	P
17	Pembesian untuk plat	Q

18	Beton mutu $f_c = 14.5$ Mpa (K175), <i>slump</i> (12±2) cm, $w/c = 0,66$	R
19	Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, JAT $\leq 1,0$ m	S
20	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)	T

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Analisis Penyusunan Urutan Kegiatan

Penyusunan urutan kegiatan adalah bagaimana meletakkan kegiatan tersebut di tempat yang benar, apakah harus bersamaan, setelah pekerjaan yang lain selesai atau sebelum pekerjaan yang lain selesai. Pada penyusunan urutan kegiatan sendiri ada beberapa informasi yang harus diperhatikan, yaitu ketergantungan alami (Mandatory dependencies), ketergantungan yang ditetapkan oleh tim (Discretionary dependencies) dan ketergantungan yang melibatkan hubungan kegiatan proyek dengan yang bukan kegiatan proyek (External dependencies).

Dalam pembuatan network planning ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi dari hubungan antar kegiatan yang disusun menjadi mata rantai urutan kegiatan yang sesuai dengan logika ketergantungan, yaitu :

Urutan kegiatan – kegiatan sebelumnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Uraian Kegiatan	Kode	Kode Sebelumnya
Uitset trase saluran	A	-
Mobilisasi Dan Demobilisasi	B	A
Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	C	B
Galian tanah biasa sedalam < 1 m	D	C
Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	E	C
Pembuangan galian tanah dengan dump truck	F	D
Timbunan pasir	G	E
Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	H	E
Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP	I	H
Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)	J	I
Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)	K	F
Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)	L	J,K
Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	M	C
Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	N	M
Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	O	C
Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	P	G,O

Pembesian untuk plat	Q	P
Beton mutu $f_c = 14.5$ Mpa (K175), <i>slump</i> (12±2) cm, $w/c = 0,66$	R	Q
Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, $JAT \leq 1,0$ m	S	I,R
Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)	T	S,L

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Analisis Perkiraan Kurun Waktu dan *Deadline*

Setelah mendapatkan susunan hubungan antar kegiatan yang saling berkaitan dari masing-masing kegiatan, kemudian menentukan optimistis time dan pesimistis time. Data optimistis time (t_o), most likely (t_m) dan pessimistic time (t_p) disajikan pada tabel berikut:

No	Uraian Kegiatan	To hari	Tm hari	Tp hari
1	Uitset trase saluran	2	2	3
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi	1	1	4
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	1	1	1
4	Galian tanah biasa sedalam < 1 m	8	12	15
5	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	20	22	25
6	Pembuangan galian tanah dengan dump truck	21	32	35
7	Timbunan pasir	5	5	6
8	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	7	8	12
9	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP	15	22	23
10	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)	19	20	21
11	Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)	7	11	12
12	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)	7	8	9
13	Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	5	6	10
14	Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	23	23	25
15	Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	5	6	10
16	Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	23	23	25
17	Pembesian untuk plat	7	8	9
18	Beton mutu $f_c = 14.5$ Mpa (K175), <i>slump</i> (12±2) cm, $w/c = 0,66$	5	11	12

19	Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, JAT ≤ 1,0 m	10	11	13
20	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)	2	5	7

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Selanjutnya diperlukan analisis waktu estimasi/expected time (te) yang diperoleh dari rata-rata ketiga durasi aktivitas, hal inilah yang nanti akan digunakan dalam penyusunan jaringan kerja. Formula yang digunakan dalam menghitung rata-rata durasi aktivitas tersebut adalah:

$$\text{Rata-rata durasi (te)} = (\text{to} + 4\text{tm} + \text{tp})/6$$

Dimana: to : optimistis time (hari)

tm : Most likely / durasi yang paling mungkin terjadi (hari)

tp : Pesimistis time (hari)

Data perhitungan rata-rata durasi aktivitas *Expected time (te)* disajikan pada tabel berikut :

No	Uraian Kegiatan	Te hari
1	Uitset trase saluran	2
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi	2
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	1
4	Galian tanah biasa sedalam < 1 m	12
5	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	22
6	Pembuangan galian tanah dengan dump truck	31
7	Timbunan pasir	5
8	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	9
9	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP	21
10	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)	20
11	Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)	11
12	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)	8
13	Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60mm)	7
14	Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60mm)	23
15	Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100mm)	7
16	Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100mm)	23
17	Pembesian untuk plat	8
18	Beton mutu f'c = 14.5 Mpa (K175), slump (12±2) cm, w/c = 0,66	10
19	Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, JAT ≤ 1,0 m	11
20	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)	5

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Analisis Komponen Biaya dalam Pelaksanaan Proyek

Dalam mengevaluasi percepatan manajemen waktu dan biaya pertama - tama kita harus menentukan biaya langsung dan tidak langsung dalam pekerjaan proyek, biaya langsung didapatkan dari biaya setiap item pekerjaan di dalam dokumen kontrak, berikut daftar biaya langsung tercantum pada tabel di bawah ini :

No	Uraian Kegiatan	Biaya Langsung
1	Uitset trase saluran	11,536,200.00
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi	12,188,800.00
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	56,686,200.00
4	Galian tanah biasa sedalam < 1 m	720,153.00
5	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	148,399,450.00
6	Pembuangan galian tanah dengan dump truck	31,785,000.00
7	Timbunan pasir	44,338,504.00
8	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	27,718,263.00
9	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP	17,682,329.00
10	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC: 4 PP)	36,033,130.00
11	Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)	4,048,000.00
12	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S(setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)	2,514,848.00
13	Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60mm)	8,264,000.00
14	Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60mm)	310,787,200.00
15	Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100m)	2,271,300,000.00
16	Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100mm)	445,672,000.00
17	Pembesian untuk plat	85,630,832.00
18	Beton mutu $f_c = 14.5$ Mpa (K175), <i>slump</i> (12±2) cm, $w/c = 0,66$	164,579,744.00
19	Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, JAT ≤ 1,0 m	102,493,125.00
20	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkanpuing)	3,668,175.00
	JUMLAH	4,706,045,953.00

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Sedangkan biaya tidak langsung yang dimaksud meliputi biaya-biaya yang dikeluarkan tanpa bergantung pada volume pekerjaan yang dilaksanakan, akan tetapi bergantung lamanya waktu pelaksanaan pekerjaan. Pada pekerjaan ini biaya tidak langsung yang muncul meliputi :

1. Gaji pegawai.
2. Biaya dokumentasi.

3. Biaya sewa mess pekerja
4. Biaya telpon
5. Biaya asuransi
6. Biaya keamanan

Dalam manajemen proyek terdapat biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung dan tidak langsung adalah biaya awal proyek yang harus diperhitungkan sebelum proyek dimulai. Penentuan biaya tidak langsung didapat dengan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 y &= -0,95 - 4,88 (\ln(x1-0,21) - \ln (x2)) \\
 &= -0,95 - 4,88 (\ln(4.706.045.953,00 - \ln (90)) \\
 &= 1,10 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan diatas pada pembangunan proyek dengan nilai total proyek Rp. 4.706.045.953,00 didapat presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 1,10 % dari nilai total proyek tersebut.

Biaya tidak langsung :

$$\begin{aligned}
 &= y * x1 \\
 &= 1,10\% \times \text{Rp. } 4.706.045.953,00 \\
 &= \text{Rp. } 51.766.505,48.
 \end{aligned}$$

Analisis Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil kegiatan (output) dan masukan (input). Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi. Proyek konstruksi memerlukan tenaga kerja yang efisien, maka dari itu proyek konstruksi sangat bergantung pada kinerja dari para pekerjanya. Dalam proses penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan (kompresi) diusahakan agar penambahan biaya yang terjadi seminimum mungkin. Kompresi dilakukan pada jalur lintasan kritis dimulai dengan aktifitas yang memiliki cost slope terendah.

Analisis Metode PERT

PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk (semaksimal mungkin) mengurangi adanya penundaan kegiatan (proyek, produksi, dan teknik) maupun kendala yang akan terjadi, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan, dan mempercepat selesainya suatu proyek (Nurhayati, 2010).

Untuk menyusun jaringan kerja dibutuhkan durasi dari masing-masing kegiatan tersebut. Untuk mendapatkan angka produktivitas tenaga kerja dibutuhkan data harga borongan pekerjaan dan upah harian tenaga kerja. Harga borongan tenaga kerja dan upah harian tenaga kerja didapat dari Analisa harga satuan pekerjaan.

Setelah menghitung rata-rata durasi aktivitas, dilanjutkan dengan perhitungan standart deviasi (se) dan variance (ve). Formula yang digunakan dalam perhitungan standart deviasi dan variance adalah sebagai berikut :

$$\text{Standart deviasi (se)} = (tp - to)/6$$

$$\text{Variance (ve)} = (se)^2$$

Perhitungan standart deviasi (se) dan variance (ve) dapat dilihat pada tabel berikut:

NO	Uraian Kegiatan	Se	Ve
I	PEKERJAAN PERSIAPAN		
1	Uitset trase saluran	0.17	0.03
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi	0.17	0.03
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	0.00	0.00
II	PEKERJAAN TANAH		
1	Galian tanah biasa sedalam < 1 m	1.17	1.36
2	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	0.83	0.69
3	Pembuangan galian tanah dengan dump truck	2.33	5.44
4	Timbunan pasir	0.17	0.03
III	PEKERJAAN PASANGAN		
1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	0.83	0.69
2	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP	1.33	1.78

3	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)	0.33	0.11
4	Siaran dengan mortar jenis PC-PP tipe M (setara dgn camp. 1 PC : 2 PP)	0.83	0.69
5	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgn camp. 1 PC : 3 PP)	0.33	0.11
IV	PEKERJAAN BETON		
1	Pengadaan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	0.83	0.69
2	Pemasangan Beton Pabrikasi L- Guther (L 1000 x 300 x 60 mm)	0.33	0.11
3	Pengadaan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	0.83	0.69
4	Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)	0.33	0.11
5	Beton mutu $f_c = 14.5$ Mpa (K175), slump (12±2) cm, w/c = 0,66	1.17	1.36
6	Pembesian untuk plat	0.33	0.11
7	Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, JAT ≤ 1,0 m	0.50	0.25
8	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)	0.83	0.69

Sumber : Hasil Penelitian

Analisis Jalur Kritis

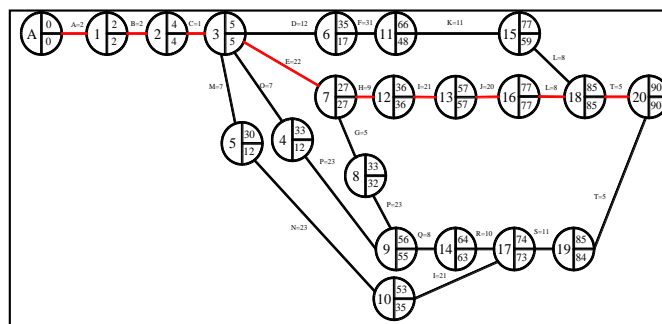
Melalui diagram jaringan dapat diketahui lintasan kerja mana yang termasuk dalam jalur kritis. Diagram jaringan pada metode jalur kritis digambarkan dengan menggunakan anak panah symbol dari kegiatan yang dilakukan. Setelah diurutkan sesuai dengan urutan kerja sehingga didapatkan perhitungan maju dengan perhitungan mundur..

Yang di maksud dengan jalur kritis pada langkah ini adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang apabila terlambat jakan mengakibatkan keterlambatan proyek. Kegiatan pertama yang harus dilakukan dalam pengolahan data penelitian ini yaitu membuat diagram jaringan kerja. Diagram jaringan kerja mempresentasikan kegiatan, nama kegiatan pendahulu, pekerja dapat dilihat di bawah ini:

Diagram jaringan merupakan jaringan kerja yang berisi lintasan kegiatan dan urutan kegiatan yang akan dilakukan selama penyelenggaraan proyek. Melalui diagram jaringan dapat diketahui lintasan kerja mana yang termasuk dalam jalur kritis. Dari perhitungan float, maka dapat ditentukan lintasan kritis dimana lintasan kritis memiliki total float = 0.

Pada diagram jaringan kerja terdapat beberapa jalur kritis dengan kurun waktu penyelesaian awal 90 hari. Pada analisis proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedungputri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi, peneliti menggunakan metode jalur kritis. Penggunaan jalur kritis dinilai dapat mengetahui hal-hal yang menghambat kelancaran pekerjaan rehabilitasi baik waktu penyelesaian, maupun biaya total proyek. Meskipun rencana waktu penyelesaian suatu proyek telah dibuat secara seksama dengan memperhitungkan faktor- faktor yang menjadi kendala, namun dalam pelaksanaanya kadangkala tidak sesuai dikarenakan kendala- kendala yang timbul diluar dugaan

Berikut gambar diagram jaringan kerja:



(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Hasil analisa penjadwalan menggunakan metode PERT dengan nilai te sebagai durasi yang digunakan dalam perhitungan, maka diketahui penyelesaian waktu proyek adalah 90 hari. Selanjutnya diperoleh jalur kritis diagram jaringan kerja pada kegiatan A-B-C-E-H-I-J-L-T = 2 + 2 + 1 + 22 + 9 + 21 + 20 + 8 + 5 = 90. Berdasarkan lintasan kritis yang telah didapat pada perhitungan, kemudian tentukan nilai standar deviasi dan varians pada item pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Formula yang digunakan dalam perhitungan standart deviasi dan variance adalah sebagai berikut :

$$\text{Standart deviasi (se)} = (tp - to)/6$$

$$\text{Variance (ve)} = (se)^2$$

No	Kegiatan Kritis	Se	Ve
1	Uitset trase saluran	0.17	0.03
2	Mobilisasi Dan Demobilisasi	0.17	0.03
3	Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)	0.00	0.00
4	Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator	0.83	0.69
5	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)	0.83	0.69
6	Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC: 4 PP	1.33	1.78
7	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)	0.33	0.11
8	Plesteran Tebal 1,5 cm, dengan mortar jenis PC-PP Tipe S (setara dgncamp. 1 PC : 3 PP)	0.33	0.11
9	Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing*)	0.83	0.69
JUMLAH Σ Se		4.833	
JUMLAH Σ Ve		4.139	

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai total varians (ΣVe) = 4,139 dan deviasi standar (Se) = 4,833. Dari sifat kurva distribusi normal dimana area berada dalam interval (Ve - 3Se) dan (Ve + 3Se) maka besar rentang 3Se adalah 3 x 4,833 = 14,499. Maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah 14,499 hari dibulatkan menjadi 15 hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah 90 - 15 = 75 hari. Dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah 90 + 15 = 105 hari. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka nilai T(d) = 75 hari.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengerjaan proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Saluran Primer Ketonggo dalam waktu normal adalah 90 hari dan mampu dipercepat hingga 75 hari.

Analisis Percepatan Proyek

Melalui Proses percepatan kurun waktu disebut cras program. Di dalam menganalisa proses- proses digunakan sebagai berikut :

- Jumlah sumber daya yang tersedia tidak merupakan kendala
- Bila diinginkan waktu penyelesaian kegiatan lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka sumber daya akan bertambah baik berupa tenaga kerja, material peralatan, atau bentuk lain yang dapat dinyatakan dalam jumlah yang sama.

Sehingga yang menjadi tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya minimal.

Untuk percepatan waktu penyelesaian kegiatan untuk mendapatkan jadwal yang ekonomis didasarkan pada biaya langsung, yang dalam hal ini adalah tenaga kerja langsung. Dengan mempersingkat waktu

ini terlihat adanya kenaikan tariff tenaga kerja langsung akibat bertambahnya waktu kerja yang berupa waktu lembur. Alasan mengapa perlu diadakan percepatan adalah terjadinya keterlambatan dan atau proyek tersebut harus segera diselesaikan sesuai kontrak yang telah disepakati. Berikut cara-cara untuk mempercepat proyek:

- a. Menambah kerja (lembur)
- b. Menambah jumlah pekerja
- c. Menggunakan shift
- d. Menggunakan peralatan yang lebih produktif
- e. Menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya
- f. Menggunakan metode konstruksi lain yang lebih cepat

Penambahan tenaga kerja akan mempengaruhi efisiensi proyek jika direncanakan dengan realistis dan memperhatikan beberapa faktor, yaitu daya tampung lokasi pekerjaan, kemudahan dan kelulusan untuk melakukan pekerjaan, pengawasan terhadap tenaga kerja. Produktivitas penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus berikut :

Prod Crasing = (Prod. harian normal x Jml pekerja percepatan):(Jumlah pekerja normal)

Penelitian ini menggunakan asumsi penambahan kerja sebesar 25% dari jumlah tenaga kerja normal dengan pertimbangan luas lokasi proyek yang dikerjakan. Dalam melakukan percepatan proyek untuk waktu kerja normal adalah dari pukul 07.00 – 12.00 dan dilanjutkann kembali dari 13.00 – 16.00 waktu istirahat tidak diperhitungkan, sehingga waktu kerja normal adalah 8 jam.

Jenis kegiatan yang dipercepat dalam proyek proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedungputri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi ini adalah pekerjaan yang berada di jalur kritis yang waktunya relatif lama.

Perhitungan biaya normal dan biaya dipercepat :

1. Pekerjaan Uitset trase saluran

• Durasi pekerjaan normal = 2 Hari

• Volume pekerjaan = 3.393,00 m²

- a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Pekerja	10	3	13
Mandor	2	1	3
Total	12	4	16

(Sumber : Hasil Analisa, 2021)

- b. Produktivitas

Produktivitas normal (Pn) = Volume / durasi

$$= 3.393,00 / 2$$

$$= 1.696,5$$

Produktivitas crashing = Pn x (total pekerja + total penambahan 25%) / (total pekerja normal)

$$= 1.696,5 \times (16+4)/12$$

$$= 2,827.50$$

Crash Duration (Cd) = Volume/(produktivitas crashing)

$$= 3.393,0 / 2,827.50 = 1.20$$

Keterangan : Produktivitas crashing percepatan

- c. Crash Cast

Pekerja = Rp. 68.000 x 13

$$= \text{Rp. } 850,000.00$$

Mandor = Rp. 117.000 x 3

$$= \text{Rp. } 292,500.00$$

Total = Rp. 1,142,500.00

Crash Cast = normal + (total upah x Cd)

$$= \text{Rp } 10,586,160.00 + (\text{Rp. } 1,142,500.00 \times 1.20)$$

$$= \text{Rp. } 11,957,160.00$$

Keterangan : Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal Rp. 10,586,160.00 menjadi Rp. 11,957,160.00.

2. Pekerjaan Mobilisasi Dan Demobilisasi

- Durasi pekerjaan normal = 5 Hari
- Durasi Pekerjaan = 2 Hari
- Volume pekerjaan = 4 Ls
- Produktivitas Jam Normal
 - Volume = 4 = 0,80
 - Durasi Normal 5
 - Diambil Asumsi Crashing = 0,80 hari
 - Durasi Percepatan $0,80 \times 4 = 3,20$ Jam
- Produktivitas dipercepat
 - Volume = 4 = 1,25
 - Durasi Normal 3,20
- Waktu Lembur perhari = 1,25
- Untuk tambahan waktu lembur dilakukan 2 hari pada pekerjaan Mobilisasi Dan Demobilisasi.
- Tambahan waktu lembur 3 jam
- Biaya lembur perjam
 - Biaya Sopir = $12.000 \times 1,5 \text{ jam} = 18.000$
 - Biaya Kernet = $10.000 \times 1,5 \text{ jam} = 15.000$
- Upah Lembur Perjam
 - Sopir = $2 \times 5 \times 18.000 = 180.000$
 - Kernet = $2 \times 5 \times 15.000 = 150.000$
- Total Upah Lembur = 330.000
- Biaya Normal = 11,080,800.00
- Biaya Percepatan = 11,410,800.00

Keterangan: Dengan Penambahan jam lembur yang harusnya Biaya Normal Rp. 11,080,800.00 menjadi Rp. 11,410,800.00.

3. Alat Pelindung Diri (APD) + (K3)

- Rompi (Safety vesti) = 163,255.00 x 176 = 28,732,880.00
- Helm Safety Helm) = 36,550.00 x 176 = 6,432,800.00
- Sepatu (Safety Boots) = 73,099.00 x 176 = 12,865,424.00
- Sarung tangan = 17,056.00 x 176 = 3,001,856.00
- Rambu - rambu = 500,000.00 x 1 = 500,000.00
- Total = Rp. 51,532,960.00

4. Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator

- Durasi pekerjaan normal = 12 Hari
- Volume pekerjaan = 6,452.15 m³

a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Ast Operator	8	2	10
Operator	2	1	3
Total	17	5	16

b. Produktivitas

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (Pn)} &= \text{Volume} / \text{durasi} \\ &= 6,452.15 / 12 \\ &= 537.67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas crashing} &= \text{Pn} \times (\text{total pekerja} + \text{total penambahan } 25\%) \\ &/ (\text{total pekerja normal}) \\ &= 537.67 \times (16 + 4) / 10 \\ &= 1,075.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration (Cd)} &= \text{Volume} / (\text{produktivitas crashing}) \\ &= 6,452.15 / 1,075.36 = 6.00 \end{aligned}$$

c. Crash Cast

$$\begin{aligned} \text{Ast Operator} &= \text{Rp. } 77,000.00 \times 10 \\ &= \text{Rp. } 770,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Operator} &= \text{Rp. } 200,000.00 \times 3 \\ &= \text{Rp. } 600,000.00 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp. } 1,370,000.00$$

$$\text{Sewa 3 Alat} = \text{Rp. } 147,364,648.70$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Cast} &= \text{normal} + (\text{total upah} \times \text{Cd}) \\ &= \text{Rp } 135,131,248.74 + (\text{Rp. } 1,370,000.00 \times 6.00) \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 143,351,248.74 + 147,364,648.70$$

$$= \text{Rp. } 290,715,897.44$$

Keterangan: Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal Rp. 135,131,248.74 menjadi Rp. 290,715,897.44

5. Pekerjaan Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual)

- Durasi pekerjaan normal = 9 Hari

- Volume pekerjaan = 228.51 m³

a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Pekerja	35	9	44
Mandor	5	1	6
Juru Ukur	5	1	6
Tukang	10	3	13
	55	14	69

b. Produktivitas

$$\text{Produktivitas normal (Pn)} = \text{Volume} / \text{durasi}$$

$$= 228, 51 / 9$$

$$= 25.39$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas crashing} &= \text{Pn} \times (\text{total pekerja} + \text{total penambahan } 25\%) \\ &/ (\text{total pekerja normal}) \end{aligned}$$

$$= 25.39 \times (69 + 44) / 55$$

$$= 38.32$$

$$\text{Crash Duration (Cd)} = \text{Volume} / (\text{produktivitas crashing})$$

$$= 228, 51 / 38.316 = 5.96$$

c. Crash Cast

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= \text{Rp. } 68.000 \times 44 \\ &= \text{Rp. } 2,992,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= \text{Rp. } 101.100 \times 6 \\ &= \text{Rp. } 606,600.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Juru Ukur} &= \text{Rp. } 101.100 \times 6 \\ &= \text{Rp. } 702,000.00 \end{aligned}$$

$$\text{Tukang} = \text{Rp. } 86,000.00 \times 13$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 1,118,000.00 \\
 \text{Total} &= \text{Rp. } 5,418,600.00 \\
 \text{Untuk Ketua HIPPA} &= \text{Rp. } 58,029,145.19 \\
 \text{Sewa Molen} &= \text{Rp. } 1,500,000.00 \\
 \text{Crash Cast} &= \text{normal} + (\text{total upah} \times \text{Cd}) \\
 &= \text{Rp } 25,216,992.54 + (\text{Rp. } 5,418,600.00 \times 5.59) \\
 &= 57,532,739.53 + 58,029,145.19 + 1,500,000.00 \\
 &= \text{Rp } 117,061,884.72
 \end{aligned}$$

Keterangan: Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal Rp. 5,216,992.54 menjadi Rp. 117,061,884.72

6. Pekerjaan Pasangan batu bekas bongkaran 1 PC : 4 PP

•Durasi pekerjaan normal = 21 Hari

•Volume pekerjaan = 23.63 m³

a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Pekerja	30	8	38
Tukang Batu	5	1	6
Kepala Tukang	5	1	3
Mandor	2	1	3
	42	11	50

b. Produktivitas

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas normal (Pn)} &= \text{Volume} / \text{durasi} \\
 &= 23.63 / 21 \\
 &= 1.12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas crashing} &= \text{Pn} \times (\text{total pekerja} + \text{total penambahan 25\%}) \\
 &/ (\text{total pekerja normal}) \\
 &= 1.12 \times (50 + 11) / 42 = 1.63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Crash Duration (Cd)} &= \text{Volume} / (\text{produktivitas crashing}) \\
 &= 23.63 / 1.634 = 14.46
 \end{aligned}$$

c. Crash Cast

$$\begin{aligned}
 \text{Pekerja} &= \text{Rp. } 68.000 \times 38 \\
 &= \text{Rp. } 2,584,000.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tukang Batu} &= \text{Rp. } 86.000 \times 6 \\
 &= \text{Rp. } 516,000.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tukang} &= \text{Rp. } 86.000 \times 3 \\
 &= \text{Rp. } 258,000.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mandor} &= \text{Rp. } 101.100 \times 3 \\
 &= \text{Rp. } 303,300.00
 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp. } 3,661,300.00$$

$$\text{Sewa Exca Mini} = \text{Rp. } 37,613,995.45$$

$$\text{Sewa Molen} = \text{Rp. } 1,500,000.00$$

$$\begin{aligned}
 \text{Crash Cast} &= \text{normal} + (\text{total upah} \times \text{Cd}) \\
 &= \text{Rp } 16,076,935.16 + (\text{Rp. } 3,661,300.00 \times 14.46) \\
 &= \text{Rp.} 69,015,731.88 + 37,613,995.45 + \\
 &1,500,000.00 \\
 &= \text{Rp. } 108,129,727.33
 \end{aligned}$$

Keterangan: Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal Rp. 16,076,935.16 menjadi Rp. 108,129,727.33

7. Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara dgn camp. 1 PC : 4 PP)

- Durasi pekerjaan normal = 20 Hari
- Volume pekerjaan = 34.09m³

a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Pekerja	35	9	44
Tukang Batu	5	1	6
Kepala Tukang	5	1	3
Mandor	2	1	3
	47	11	56

b. Produktivitas

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (Pn)} &= \text{Volume} / \text{durasi} \\ &= 34.09 / 20 \\ &= 1.7045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas crashing} &= \text{Pn} \times (\text{total pekerja} + \text{total penambahan 25\%}) \\ &/ (\text{total pekerja normal}) \\ &= 1.7045 \times (56 + 11) / 47 = 2.43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration (Cd)} &= \text{Volume} / (\text{produktivitas crashing}) \\ &= 34.09 / 2.43 = 14.03 \end{aligned}$$

c. Crash Cast

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= \text{Rp. } 68.000 \times 44 \\ &= \text{Rp. } 2,992,000.00 \\ \text{Tukang Batu} &= \text{Rp. } 86.000 \times 6 \\ &= \text{Rp. } 516,000.00 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp. } 86.000 \times 3 \\ &= \text{Rp. } 258,000.00 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp. } 101.100 \times 3 \\ &= \text{Rp. } 303,300.00 \\ \text{Total} &= \text{Rp. } 4,069,300.00 \end{aligned}$$

$$\text{Sewa Exca Mini} = \text{Rp. } 33,519,120.53$$

$$\text{Sewa Molen} = \text{Rp. } 1,500,000.00$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Cast} &= \text{normal} + (\text{total upah} \times \text{Cd}) \\ &= \text{Rp } 32,757,803.71 + (\text{Rp. } 4,069,300.00 \times 14.03) \\ &= \text{Rp. } 89,849,475.35 + 33,519,120.53 + 1,500,000.00 \\ &= \text{Rp. } 124,868,595.88 \end{aligned}$$

Keterangan: Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal Rp. 32,757,803.71 menjadi Rp. 124,868,595.88

8. Plesteran Tebal 1,5 cm dengan mortar jenis PC-PP Tipe S

- Durasi pekerjaan normal = 8 Hari
- Volume pekerjaan = 32,96 m²

a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Pekerja	35	3	13
Tukang Batu	5	1	6
Kepala Tukang	2	1	3
Mandor	2	1	3
	19	5	24

b. Produktivitas

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (Pn)} &= \text{Volume} / \text{durasi} \\ &= 32,96 / 8 \\ &= 4,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas crashing} &= \text{Pn} \times (\text{total pekerja} + \text{total penambahan 25\%}) \\ &/ (\text{total pekerja normal}) \\ &= 4,12 \times (56 + 11) / 47 = 5,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration (Cd)} &= \text{Volume} / (\text{produktivitas crashing}) \\ &= 32,96 / 5,87 = 5,61 \end{aligned}$$

c. Crash Cast

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= \text{Rp. } 68.000 \times 44 \\ &= \text{Rp. } 2,992,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang Batu} &= \text{Rp. } 86.000 \times 6 \\ &= \text{Rp. } 516,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang} &= \text{Rp. } 93.000 \times 3 \\ &= \text{Rp. } 258,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= \text{Rp. } 101.100 \times 3 \\ &= \text{Rp. } 303,300.00 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp. } 4,069,300.00$$

$$\text{Sewa Molen} = \text{Rp. } 1.500.000,00$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Cast} &= \text{normal} + (\text{total upah} \times \text{Cd}) \\ &= \text{Rp } 2,287,429.27 + \\ &\quad (\text{Rp. } 4,069,300.00 \times 5,61) \\ &= \text{Rp. } 26,624,097.93 \end{aligned}$$

Keterangan: Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal Rp. 2,287,429.27 menjadi Rp. 26,624,097.93

9. Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing)

- Durasi pekerjaan normal = 30 Hari

- Volume pekerjaan = 66,92 m²

a. Penambahan Tenaga Kerja

Tenaga Kerja	Normal (Orang)	Penambahan 25%	Total Orang
Pekerja	10	3	13
Mandor	2	1	3
	12	4	16

b. Produktivitas

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal (Pn)} &= \text{Volume} / \text{durasi} \\ &= 719,25 / 5 = 143,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas crashing} &= \text{Pn} \times (\text{total pekerja} + \text{total penambahan 25\%}) \\ &/ (\text{total pekerja normal}) \\ &= 143,85 \times (16+4) / 12 \\ &= 239,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration (Cd)} &= \text{Volume} / (\text{produktivitas crashing}) \\ &= 719,25 / 239,75 = 3,00 \end{aligned}$$

c. Crash Cast

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= \text{Rp. } 68.000 \times 13 \\ &= \text{Rp. } 850,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= \text{Rp. } 101.100 \times 3 \\ &= \text{Rp. } 252,750.00 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \text{Rp. } 1,102,750.00$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Cast} &= \text{normal} + (\text{total upah} \times \text{Cd}) \\ &= \text{Rp } 3,370,837.05 + (\text{Rp. } 1,102,750.00 \times 3,00) \end{aligned}$$

= Rp. 6,679,087.05

Keterangan: Dengan Penambahan tenaga yang harusnya Biaya Normal
Rp. 3,370,837.05 menjadi Rp. 6,679,087.05

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian optimasi waktu dan biaya dengan menggunakan metode PERT pada Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Saluran Primer Ketonggo Desa Kedung Putri Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa kegiatan jalur kritis dapat disimpulkan, pelaksanaan manajemen waktu yang sangat berpengaruh dalam ketepatan proyek meliputi item yaitu : Pekerjaan Uitset trase saluran, Mobilisasi dan Demobilisasi, Alat Pelindung Diri (APD) + (K3), Pekerjaan Galian Tanah dengan Excavator, Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (Manual), Pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter (1500 x 500 x 100 mm)STA 1+200 - STA 3+000) , Pembesian, Beton mutu $f'c = 14.5$ Mpa (K175), Bekisting balok expose menggunakan multiflex 12 mm atau 18 mm, Bongkar bekisting secara hati-hati (dan membersihkan puing). Agar tercapainya sebuah manajemen waktu yang bagus dan tertata sebaiknya pengadaan dan pemasangan Beton Pabrikasi L-Gutter dapat di pecah menjadi beberapa bagian per STA supaya tidak terjadi tumpang tindih di beberapa aktivitas.
2. Pengerjaan proyek waktu normal adalah 90 hari, mampu dipercepat hingga 75 hari, dan pengerjaan paling lambat hingga 105 hari. Biaya optimal proyek pada waktu normal sebesar Rp. 4,249,989,942.19. Percepatan proyek memerlukan tambahan biaya, dari hasil analisis, total biaya optimal yang dibutuhkan untuk percepatan proyek sebesar Rp. 4.710.928.986,06 Dari hasil penelitian didapatkan total keuntungan sebesar Rp. 456.056.010,81 atau setara dengan 9,69 % dari total kontrak proyek senilai Rp. 4.706.045.953,00 dalam waktu penyelesaian pekerjaan selama 90 hari.
3. Dari penelitian yang telah dilakukan, disebutkan bahwa kendala-kendala yang terjadi meliputi :
 - Pada 7 hari awal pihak kontraktor masih mengerjakan pembersihan padahal menurut schedule harus ada mendatangkan L - GUTTER dan material lainnya
 - Kurangnya koordinasi dan komunikasi dengan pelaksana di lapangan.
 - Kekurangan material dan peralatan yang memadai.
 - Perubahan cuaca yang tidak bisa diduga.
 - Kurangnya sumber daya (tenaga ahli) yang mampu menganalisis keadaan proyek.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan saran-saran sebagai berikut :

1. Kegiatan kegiatan yang masuk jalur kritis perlu diperhatikan dan dilakukan pengawasan khusus untuk mengurangi resiko keterlambatan pada suatu proyek.
2. Untuk penelitian selanjutnya dalam penentuan alternatif percepatan yang paling efektif dapat dikombinasikan dengan faktor tambahan lain selain waktu dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K.O., Afolabi, T.A., dan Lawal, O.S. 2011. *Management of Construction*. 78:305-311.
- Ardani. (2009) *Analisa Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi Jalan (Studi Kasus : PT. Sabaritha Perkasa Abadi, PT. Sinar Kasih Reinhard, PT. Dian Perkasa)*. Tugas Akhir Departemen Teknik Sipil Sub Jurusan Transportasi Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Aryani, Fiki. Rafie dan Syahrudin. 2016. *Analisa Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi Jalan Lingkungan Lokasi Kalimantan Barat*. Kalimantan Barat.
- Aziz, Remon Fayek. Hafez and Sherif Mohamed. (2013) *Alexandria Engineering Journal. Applying Lean Thinking in Construction and Performance Improvement*. Volume 52 (1110-0168). 679-695

- Anonim. (2013) *Standard Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identification (ASTM D7611/D7611M)*. United States: Association of Standard Testing Materials.
- Clough, G.A, Richard H. dan Sears. (1991) *Construction Project Management*. Edisi 5. Canada: John Willey & Sons Inc.
- Dipohusodo, Istimawan.1996. *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius. Jogjakarta.
- Ervianto, W.I. (2002) *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Husen, Abrar. (2008) *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kurniasari, Frista. (2016) *Evaluasi Pengendalian Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode PERT (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Ruang Kuliah IAIN Pontianak)*. Surakarta.
- Maddepungeng, Andi, Irma Suryani, Awaludin Mawardani. (2016) *Estimasi Biaya Pada Proyek Perumahan (Studi Kasus Proyek Pembangunan Citra Serang Residence)*. Cilegon.
- Mochtar, Benny. 2019. *Analisa Penerapan Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi Jalan Lingkungan (Studi Kasus : Perumahan Komplek Teratai Putih Kalimantan Selatan)*. Jurnal Kelautan Teknik Sipil. Samarinda.
- Kusnanto. (2010). *Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode Pert (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung R.Kuliah dan Perpustakaan PGSD Kleco FKIP UNS Tahap I)*. Surakarta.
- Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Graha Ilmu : Jogjakarta.
- Prasetya, Hery dan Fitri Lukiastruti.2009. *Manajemen Operasi*. Yogyakarta :Media Pressindo.
- Smith. *Project Management and TeamWork*. Minnesota: Mc Graw-Hill. 2000.
- Soeharto, Iman. (1995) *Manajemen proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Edisi 1, Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, Iman. (1997). *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, Iman. (1999) *Manajemen proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Edisi 2, Jakarta : Erlangga.
- Soemantri. (2005). *Manajemen Proyek Pembangunan Jalan*. Yogyakarta.
- Tawakal, M. Iqbal. (2015) *Analisis Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi Jalan Studi Kasus PT. Sarana Andalan Semesta di Kabupaten Rokan Hulu*. Rokan Hulu.
- Wirananta, Anak Agung. 2018. *Analisis Penerapan Manajemen Waktu Pada PT. Pembangunan Perumahan (PERSERO) Tbk*. Laporan Penelitian Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana. Bali.