

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2025 s/d April 2025 di kantor PT Elseweedy Electric Indonesia. Penelitian difokuskan pada proyek Gardu *Mobile* 132kV yang sedang berlangsung. Penelitian ini mencakup analisis jadwal waktu dan biaya pada tahap *design engineering* dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah penjadwalan waktu dan biaya pada tahapan *design engineering* proyek Gardu *Mobile* 132kV meliputi gambar-gambar dan dokumen, pada proyek-proyek yang sudah dikerjakan sebelumnya oleh PT Elseweedy Electric Indonesia, dan gambar-gambar dan dokumen pada proyek Pembangunan Gardu *Mobile* 132kV Venezuela, dimana proyek ini merupakan yang sedang berjalan dan sebagai objek utama dalam penelitian. Fokus utama adalah pada perhitungan durasi optimal proyek menggunakan metode CPM dan PERT, serta evaluasi efektivitas pengalokasian sumber daya.

Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan studi pustaka terhadap beberapa sumber yang berhubungan dengan penelitian yang sedang dilakukan yang redaksinya didapat dari buku-buku teks, artikel dari internet, jurnal dan lain sebagainya agar mendapat lebih banyak wawasan untuk mengenali permasalahan dengan lebih baik dan efektif.

Penulis juga melakukan studi lapangan di kantor PT Elseweedy Electric Indonesia. Dimana penulis berperan sebagai karyawan magang di perusahaan tersebut, dan penulis dapat memantau langsung seluruh aktivitas yang berhubungan dengan penelitian, sehingga diharapkan penulis lebih memahami dalam melakukan analisis permasalahan yang terjadi.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini penulis menggunakan beberapa metode dalam melakukan pengumpulan data, yaitu:

- a. Observasi langsung pada objek penelitian yaitu gambar-gambar dan dokumen proyek.
- b. Melakukan wawancara dengan pihak-pihak yang terkait dengan rencana dilakukannya analisis penjadwalan aktivitas engineering design, aktivitas mana saja yang bisa dilakukan evaluasi jadwal pengerjaannya dan mungkin akan dilakukan optimalisasi waktu pengerjaannya. Sehingga diperoleh waktu yang efisien dalam pengerjaan seluruh aktivitas pada proyek yang diteliti.
- c. Melakukan wawancara dengan pihak-pihak terkait dengan rencana anggaran yang disediakan untuk aktivitas-aktivitas yang akan dilakukan oleh divisi *design engineering* terkait proyek yang diteliti.

Data-data yang akan dikumpulkan untuk perhitungan antara lain:

- a. Gambaran umum perusahaan.
- b. Proyek-proyek yang dikerjakan oleh perusahaan tempat dilakukan penelitian.
- c. Divisi perusahaan tempat dilakukan penelitian.
- d. Data-data jadwal dan proses pengerjaan proyek yang akan diteliti.
- e. Jumlah sumber daya yang dipakai dalam aktivitas untuk kebutuhan perhitungan biaya.

3.3.2 Analisis Data

Kondisi yang dihadapi dalam hal ini adalah adanya perbedaan antara durasi pelaksanaan proyek dengan durasi yang direncanakan, serta biaya pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan. Biasanya, durasi rencana proyek lebih singkat dibandingkan dengan durasi pelaksanaan proyek, sedangkan biaya rencana proyek cenderung lebih tinggi dibandingkan biaya

pelaksanaan proyek. Upaya optimalisasi waktu dan biaya dilakukan dengan menganalisis semua aktivitas yang terlibat dalam proyek yang sedang diteliti. Dengan analisis tersebut, dapat diidentifikasi aktivitas-aktivitas kritis beserta jalur kritis yang mencakup aktivitas-aktivitas tersebut. Percepatan durasi dapat diterapkan pada kegiatan-kegiatan yang berada di lintasan kritis.

Percepatan durasi dapat dilakukan pada kegiatan-kegiatan yang berada di lintasan kritis dengan menambahkan *buffer time* pada jadwal yang direncanakan, serta melakukan *crash* terhadap waktu proyek melalui penambahan jam kerja agar proyek dapat selesai lebih cepat. Selain itu, perbandingan beberapa alternatif waktu penyelesaian proyek beserta biaya yang dikeluarkan juga dianalisis untuk menentukan pilihan terbaik. Dengan langkah-langkah tersebut, tingkat keberhasilan dalam mencapai jadwal yang ditetapkan dapat ditingkatkan.

Pengolahan data dilakukan untuk menentukan jadwal yang optimal, sehingga kemungkinan terjadinya keterlambatan selama pelaksanaan proyek menjadi sangat kecil. Selain itu, pengolahan data bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas dan jalur kritis yang terdapat dalam proyek yang diteliti. Dengan mengetahui aktivitas dan jalur kritis tersebut, durasi terpanjang dalam pengerjaan proyek dapat ditentukan. Hal ini dapat dicapai melalui beberapa metode, yaitu sebagai berikut:

a. Menentukan *Plan Schedule Management*

Pada proses ini dilakukan *kick of meeting* dimana ini merupakan prosedur perusahaan. Proses ini berlangsung sebagai tahap awal ketika proyek sudah diserahkan oleh pihak tendering terhadap devisi *engineering design*. *Kick of meeting* dilakukan guna mempermudah pembuatan jadwal dan menjadikan langkah ini sebagai media dalam memperoleh data yang dibutuhkan dalam membuat jadwal proyek. Pada tahap ini dilakukan juga pembahasan mengenai strategi apa saja yang akan ditawarkan dalam penanganan proyek tersebut. Proses ini juga akan membahas hingga tahap jadwal dan durasi yang dimiliki oleh devisi *engineering design* untuk menyelesaikan proyek tersebut. Pihak manajemen akan memberikan semua data terhadap *team engineering design* yang berhubungan dengan proyek.

b. *Define Activities* dan *Sequence Activities*

Pada tahap *define activities* dilakukan untuk memecah paket pekerjaan dalam kegiatan yang memberikan dasar untuk mengestimasi, penjadwalan, pelaksanaan, pemantauan, dan pengendalian pekerjaan proyek. Pembuatan struktur rincian kerja (WBS) dilakukan pada tahap ini, berdasarkan proyek yang dibahas pada *plan schedule management*. *Sequence Activities* dilakukan untuk mendefinisikan urutan logis dari pekerjaan untuk memperoleh efisiensi terbesar mengingat semua kendala proyek. Pada tahap ini hubungan antar aktivitas dapat ditentukan setelah diketahui aktivitas-aktivitas yang ada pada paket proyek tersebut. Penentuan antar hubungan aktivitas ini merupakan hasil diskusi dengan team yang terlibat dalam pengerjaan proyek *Mobile Venezuela*. Didalam hubungan antar aktivitas ini nantinya akan dilakukan pembuatan diagram jaringan. Maka *output* yang di dapatkan setelah mengidentifikasi hubungan aktivitas yaitu diketahuinya aktivitas yang paling pertama harus dikerjakan, aktivitas pendahulu dari masing-masing aktivitas hingga aktivitas mana yang paling terakhir dikerjakan.

c. *Estimate Activity Resources* dan *Estimate Activity Durations*

Pada tahap *Estimate Activity Resources*, data tentang kebutuhan sumber daya manusia dan perlengkapan yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan dikumpulkan. Ditahap ini pihak manajer *design engineering* akan menentukan kebutuhan tersebut sesuai dengan proyek *Mobile Venezuela* dengan mengacu pada data proyek serupa sebelumnya. Sedangkan pada tahap *Estimate Activity Durations*, data tentang estimasi waktu penyelesaian untuk setiap aktivitas diambil. Perhitungan durasi pengerjaan Proyek Pembangunan Gardu *Mobile 132kV Venezuela* akan dihitung berdasarkan jam kerja normal (8jam/hari), dan akan menggunakan perhitungan dengan pendekatan PERT. Dimana perhitungan PERT menggunakan unsur *probabilistic*, dalam pendekatan PERT, *triple duration estimates* merupakan dasar perhitungannya, yaitu, waktu *optimistic*, *pessimistic*, dan *realistic (most likely duration)*. Maka nanti 4 proyek serupa akan diolah menggunakan pendekatan PERT sehingga setelah mendapatkan nilai waktu *optimistic*, *pessimistic*, dan *realistic (most likely duration)*, selanjutnya dilakukan perhitungan durasi

rata-rata yang disebut *expected duration (te)*. Perhitungan nilai *expected duration (te)* dengan menggunakan rumus berikut:

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (3.1)$$

Dimana :

te = *expected activities duration*

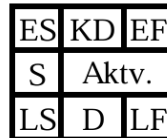
a = waktu optimis (*optimistic duration*)

m = waktu realistis (*most like duration*)

b = waktu pesimis (*pessimistic duration*)

d. *Develop Schedule*

Dalam tahap ini, penulis menyusun urutan pekerjaan dalam bentuk diagram jaringan menggunakan metode CPM sesuai dengan urutan aktivitas atau kegiatan yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya, sehingga menghasilkan jadwal waktu penyelesaian seluruh aktivitas proyek. Berikut merupakan contoh diagram jaringan pada pendekatan CPM yang bisa dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Simbol CPM dari Node 1 ke Node lainnya

Sumber : Dewi *et al.* (2023)

Pada Gambar 3.1 merupakan simbol CPM dari node 1 ke node lainnya. Keterangan dalam diagram jaringan proyek (*network diagram*):

- Persegi Panjang atau Node: Menunjukkan titik awal dan akhir dari suatu kegiatan.
- Panah (*Arrow*): Menunjukkan aktivitas proyek, sedangkan arah panah menunjukkan urutan pelaksanaan kegiatan.
- ES (*Earliest Start*): Waktu paling awal kegiatan dapat dimulai.
- EF (*Earliest Finish*): Waktu paling awal kegiatan dapat diselesaikan.

- e. LS (*Latest Start*): Waktu paling akhir kegiatan dapat dimulai tanpa menyebabkan keterlambatan proyek.
- f. LF (*Latest Finish*): Waktu paling akhir kegiatan dapat diselesaikan tanpa mengganggu jadwal proyek.
- g. D: Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- h. S: Nilai *slack*
- i. A: Angka yang menunjukkan identitas (kode aktivitas) atau urutan node dalam jaringan.

Hasilnya juga mencakup identifikasi aktivitas-aktivitas kritis yang nantinya akan dioptimalkan melalui percepatan. Penentuan jalur kritis dapat dilakukan melalui perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*) dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

- a) Rumus perhitungan maju, yaitu:

$$EF = LF + (\text{Durasi aktivitas}) \quad (3.2)$$

- b) Rumus perhitungan mundur, yaitu:

$$LS = LF - (\text{Durasi aktivitas}) \quad (3.3)$$

- c) Rumus perhitungan total *float*, yaitu:

$$TF = LF - ES - (\text{Durasi aktivitas}) \quad (3.4)$$

Keterangan:

EF = Waktu selesai yang terdahulu

LF = Waktu selesai yang terakhir

LS = Waktu mulai yang terakhir

ES = Waktu mulai yang terdahulu

Selanjutnya menentukan perhitungan waktu *slack* atau *float*, yaitu waktu toleransi yang dimiliki oleh suatu aktivitas untuk mengalami penundaan tanpa memengaruhi jadwal akhir proyek. *Slack* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Slack = LETb - EETb \text{ atau } Slack = LETa - EETa \quad (3.5)$$

Jika nilai *slack* = 0, maka kegiatan tersebut termasuk dalam jalur kritis (*critical path*). Selanjutnya menggunakan metode PERT untuk mendapatkan probabilitas penyelesaian proyek, dimana aktivitas kritis dianalisis terlebih dahulu lalu dicari varian aktivitas/kegiatan. Adapun perhitungan varian kegiatan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Varian kegiatan} = \left(\frac{(b - a)}{6} \right)^2 = v(te) \quad (3.6)$$

Setelah seluruh varian aktivitas diketahui dan dijumlahkan semuanya lalu dicari standar deviasinya agar bisa menentukan probabilitas penyelesaian proyek. Proses perhitungan standar deviasi dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Varian proyek} = V(Te) = \Sigma \text{varians aktivitas kritis} \quad (3.7)$$

$$s = \sqrt{V(Te)} \quad (3.8)$$

s = deviasi standar kegiatan

Setelah seluruh perhitungan selesai dilakukan, maka dapat dihitung tingkat keberhasilan tercapainya jadwal tersebut. Dimana pada dasarnya dalam membuat jadwal, tingkat keberhasilan jadwal itu adalah 50% kemungkinan tercapai dan 50% kemungkinan tidak tercapai. Maka untuk menaikkan tingkat keberhasilan jadwal tersebut perlu diberikan *Buffer time* pada durasi, dimana perusahaan mengharapkan tingkat keberhasilan jadwal sebesar 95%. Maka cara untuk menghitung *buffer time* yang harus diberikan pada durasi jadwal ialah dengan mencari angka probabilitiknya terlebih dahulu. Persentasenya dapat dihitung melalui rumus probabilitas jadwal, dengan mencari nilai Z pada tabel distribusi normal terlebih dahulu. Setelah itu baru dapat diketahui *Buffer time* proyek nya, sehingga tingkat keberhasilan jadwal bisa mencapai 95%. Adapun perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$z = \frac{T(d) - Te}{V(Te)} \quad (3.9)$$

$$\text{Buffer time} = T(d) - T_e \quad (3.10)$$

Dimana :

Z = nilai z (table distribusi normal)

$T(d)$ = durasi setelah diberikan nilai tingkat keberhasilan / diinginkan

T_e = durasi kegiatan kritis / durasi yang direncanakan

Buffer time = waktu tambah / waktu cadangan.

e. *Crashing Project*

Aktivitas-aktivitas kritis yang telah diidentifikasi pada tahap *Develop Schedule* akan menjadi fokus utama untuk dilakukan percepatan atau *crashing* waktu penyelesaian. Hasil aktivitas-aktivitas kritis tersebut bisa dilakukan percepatan proyek dengan cara menambah waktu jam kerja, akan tetapi ada beberapa parameter yang harus dicari terlebih dahulu seperti, produktivitas harian, produktivitas tiap jam, produktivitas harian sesudah cost dan terakhir *crash duration*. Setelah semua parameter diketahui maka selanjutnya diambil aktivitas proyek pada jalur kritis dengan selisih durasi *crash* dan durasi normal lebih dari 1 hari agar proses *crashing* dapat berjalan efektif dan efisien. Produktivitas dari alternatif percepatan dihitung dengan rumus-rumus berikut:

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Progress 100\%}}{\text{Durasi Aktivitas}} \quad (3.11)$$

$$\text{Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam}} \quad (3.12)$$

$$PL = \text{Produktivitas Normal} \times \frac{80}{100} \times \text{waktu lembur} \quad (3.13)$$

$$\text{Carsh duration} = \frac{\text{Progres 100\%}}{\text{Produktivitas Crash}} \quad (3.14)$$

Dimana :

PL = Produktivitas lembur

f. *Crash Cost*

Percepatan proyek melalui penambahan waktu kerja akan berdampak pada peningkatan biaya tenaga kerja, yang dihitung sebagai biaya tambahan dari

biaya normal tenaga kerja. Dimana data yang didapat pada tahap *crashing project* (jalur kritis dengan selisih durasi *crash* dan durasi normal lebih dari 1 hari) dilakukan perhitungan *crash cost*. Setelah nilai durasi *crash* dan *crash cost* diperoleh, maka nilai derajat kemiringan dari *cost slope* dapat dihitung. Setelah hasil dari nilai *slope* diketahui, maka nilai *slope* terkecil yang dipilih karena itu yang paling efektif dan efisien. Adapun perhitungannya menggunakan rumus-rumus berikut:

$$UJN = \text{Produktivitas jam normal} \times \text{Biaya manpower} \quad (3.15)$$

$$UHN = \text{Upah jam normal} \times \text{Jam kerja efektif} \quad (3.16)$$

$$\text{Upah lembur} = (1,5 + 3) \times \text{Upah jam normal} \quad (3.17)$$

$$\text{Upah percepatan} = UHN + \text{upah lembur} \quad (3.18)$$

$$\text{Crash cost} = \text{Upah percepatan} \times \text{Durasi crash} \quad (3.19)$$

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \quad (3.20)$$

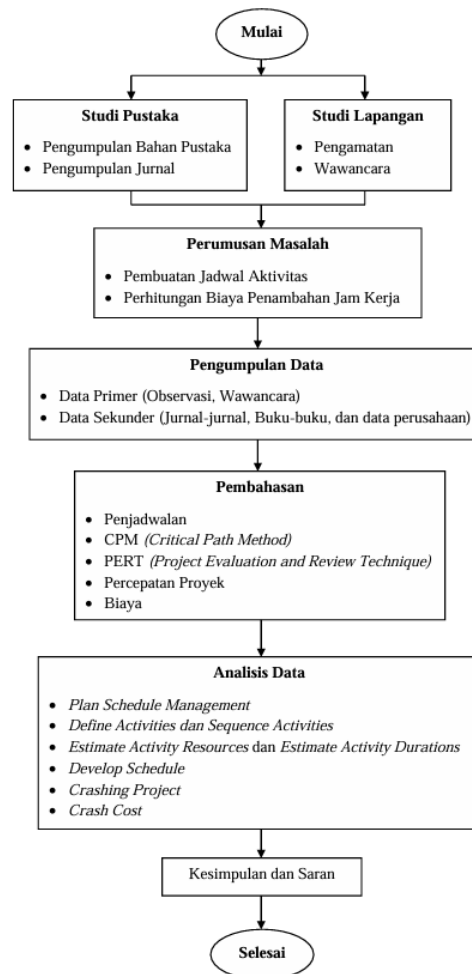
Dimana:

UJN = Upah jam normal

UHN = Upah harian normal

3.3.3 Diagram Alir Penelitian

Pada tahap ini penulis membuat prosedur tahapan pelaksanaan yang disusun secara sistematis, berurutan dan terperinci dengan. Berikut merupakan langkah-langkah penelitian yang disajikan dalam bentuk diagram alir penelitian.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.2 merupakan aliran proses dalam penelitian ini, berikut merupakan penjelasan dari setiap tahapan proses tersebut:

1. Mulai
Tahap awal dimulainya penelitian.
2. Studi Pustaka
Peneliti mengumpulkan teori-teori dan konsep dari berbagai sumber literatur seperti jurnal, buku, dan referensi ilmiah lainnya yang relevan dengan manajemen proyek, metode CPM (*Critical Path Method*), dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).
3. Studi Lapangan
Pengumpulan data langsung dari lapangan dilakukan melalui:
 - a. Observasi kegiatan proyek di PT Elseweedy Electric Indonesia.

- b. Wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek *design engineering* gardu *Mobile*.

4. Perumusan Masalah

Dari hasil studi dan pengamatan, peneliti merumuskan dua permasalahan utama:

- a. Menyusun jadwal aktivitas proyek dengan metode yang tepat.
- b. Menghitung biaya penambahan jam kerja jika dilakukan percepatan proyek.

5. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari:

- a. Data Primer: Hasil wawancara, observasi kegiatan proyek secara langsung.
- b. Data Sekunder: Dokumen perusahaan, laporan proyek, jurnal-jurnal, dan referensi tertulis lainnya.

6. Pembahasan

Dalam tahap ini, peneliti menganalisis dan membahas:

- a. Penjadwalan proyek berdasarkan urutan dan ketergantungan aktivitas.
- b. Penerapan CPM dan PERT untuk menentukan jalur kritis dan durasi kegiatan.
- c. Percepatan proyek (*crashing*) untuk mengurangi durasi kegiatan tertentu.
- d. Estimasi biaya tambahan akibat percepatan jadwal (*crash cost*).

7. Analisis Data

Dilakukan analisis lebih mendalam dengan langkah-langkah manajemen proyek sebagai berikut:

- a. *Plan Schedule Management*: Perencanaan pengelolaan jadwal proyek.
- b. *Define & Sequence Activities*: Penentuan dan pengurutan aktivitas berdasarkan dependensi.
- c. *Estimate Activity Resources & Durations*: Estimasi sumber daya dan waktu pelaksanaan tiap aktivitas.
- d. *Develop Schedule*: Penyusunan jadwal proyek secara keseluruhan.

- e. *Crashing Project & Crash cost*: Evaluasi alternatif percepatan jadwal dan biaya tambahan yang timbul.
8. Kesimpulan dan Saran
Menarik kesimpulan dari hasil analisis mengenai jadwal optimal dan biaya efisien yang dibutuhkan, serta memberikan saran untuk perbaikan atau penerapan pada proyek sejenis di masa mendatang.
9. Selesai
Akhir dari seluruh rangkaian proses penelitian.

3.4 Jadwal Kegiatan

Berikut merupakan jadwal kegiatan penelitian yang telah dilakukan dan dilampirkan dalam bentuk tabel dibawah ini:

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan	Bulan Ke-					
	1	2	3	4	5	6
Studi Literatur						
Penulisan Proposal						
Seminar Proposal						
Pelaksanaan Penelitian						
Pengelolaan dan Analisis Data						
Penulisan Tugas Akhir						
Sidang Tugas Akhir						