

MENGOPTIMALKAN PELAKSANAAN PROYEK INSTALASI GAS MEDIS DENGAN CPM DAN PERT DI RS HASTIEN RENGASDENGKLOK

Fachrul Hidayanto¹, Japinal Sagala², Syarif Hadiwijaya^{3*}

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Kampus Unkris Jatiwaringin Bekasi PO.Box 7774

*Email Koresponden: syarifhadiwijaya@unkris.ac.id

ABSTRACT

Project scheduling is one element of the results of planning, planning in terms of resource performance, in the form of project duration planning from time to time to complete the required project, including costs, labor, equipment, and materials. One of the methods used in project scheduling and time and cost efficiency is CPM and PERT. The purpose of this research is to schedule the implementation and control of resources for the medical gas installation project at Hastien Rengasdengklok Hospital so that it is optimal. This research consists of 19 activities where the total time needed to work on this project is 31 weeks. By applying the CPM and PERT methods, the total time required is 28 weeks, so the processing time is 3 weeks more efficient. This can also reduce the costs needed in project work, where the total initial project cost required is Rp 1.796.486.993 to Rp 1.610.132.145 so that the work on this project will save Rp 186.354.848. So it can be concluded that using the CPM and PERT methods can optimize costs by 10.37% of the total required costs and can optimize time by 9.68% of the time that has been determined previously.

Keywords: *Project Scheduling; Time and Cost Optimization; Program Evaluation and Review Technique and Critical Path Method;*

ABSTRAK

Penjadwalan proyek adalah salah satu elemen dari hasil perencanaan, perencanaan dalam hal kinerja sumber daya, berupa perencanaan durasi proyek dari waktu ke waktu untuk menyelesaikan proyek yang diperlukan, termasuk biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material. Salah satu metode yang digunakan dalam penjadwalan proyek dan efisiensi waktu dan biaya adalah CPM dan PERT. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat jadwal pelaksanaan dan pengendalian sumber daya proyek instalasi gas medis di RS Hastien Rengasdengklok agar optimal. Pada penelitian ini terdiri dari 19 kegiatan dimana total waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan proyek ini adalah 31 minggu. Dengan menerapkan metode CPM dan PERT maka total waktu yang dibutuhkan menjadi 28 minggu, sehingga waktu pengerjaan lebih efisien 3 minggu. Hal ini juga dapat mengurangi biaya yang diperlukan dalam pengerjaan proyek, dimana total biaya awal proyek yang dibutuhkan adalah Rp 1.796.486.993 menjadi Rp 1.610.132.145 sehingga untuk pengerjaan proyek ini menjadi lebih hemat Rp 186.354.848. Maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode CPM dan PERT dapat mengoptimalkan biaya sebesar 10,37 % dari total biaya yang

diperlukan serta dapat mengoptimalkan waktu sebesar 9,68 % dari waktu yang sudah ditentukan sebelumnya.

Kata Kunci: *Penjadwalan Proyek; Optimalisasi Waktu dan Biaya; Teknik Evaluasi & Peninjauan Program dan Metode Jalur Kritis;*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada saat ini, Khususnya pada kebutuhan gas medis pada rumah sakit diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pasien dengan cepat dan mampu melakukan restoke gas medis dengan cepat juga, sehingga diperlukannya Instalasi gas medis pada suatu rumah sakit untuk dapat memudahkan aliran gas medis tersebut kepada pasien. Instalasi Gas medis adalah salah satu kebutuhan yang paling penting pada Rumah Sakit, karna gas medis salah satu yang paling dibutuhkan pasien dalam kondisi darurat, kebutuhan udara dalam skala besar diperlukan. Oleh sebab itu PT. Sandana yang bergerak dalam bisnis instalasi gas medis diharapkan mampu melakukan instalasi dengan cepat sesuai dengan perjanjian awal proyek dan mampu menjawab banyak requestan dari berbagai rumah sakit, Sehingga proses instalasi dapat berjalan dengan efektif sesuai dengan penjadwalan awal.

Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing – masing pekerjaan dalam menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan – keterbatasan yang ada. Kampung Cikangkung, Kecamatan Rengasdengklok kabupaten Bekasi sedang dibangun rumah sakit untuk menyediakan fasilitas kesehatan bagi masyarakat sekitar. PT Sandana mendapat kepercayaan untuk melakukan Instalasi Gas Medis pada rumah sakit tersebut, metode yang digunakan dalam proyek tersebut adalah Barr Chart. Pada metode tersebut durasi waktu yang digunakan sudah diketahui dengan pasti, namun kelemahannya adalah tidak diketahuinya kegiatan kritis pada proyek tersebut sehingga penjadwalan pelaksanaan proyek belum optimal dan informasi mengenai dampak keterlambatan tidak diketahui secara spesifik. Perusahaan ini juga memiliki masalah dalam penerapan kinerja untuk mengoptimalkan waktu dan biaya yang digunakan untuk pelaksanaan proyek.

Dengan adanya permasalahan tersebut penulis akan melakukan analisa jadwal waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode jalur kritis (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique). Metode ini dapat digunakan pada manajemen proyek sebagai alat untuk menganalisa waktu pelaksanaan suatu proyek dan aliran sumber daya sehingga lebih optimal, dalam metode ini durasi waktu yang digunakan didapatkan dari jadwal waktu pelaksanaan proyek (Time Schedule) yang telah ditentukan. Sehingga kita dapat mengetahui jalur kritis pada penjadwalan proyek instalasi gas medis dan dapat melakukan alokasi sumber daya secara optimal.

METODE

1. Sumber Data

Penelitian ini dilakukan pada periode Oktober 2021 – November 2021 pada RS Hastien Rengasdengklok yang terdapat 4 lantai. Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan umur pelaksanaan proyek dan mengoptimalkan pemakaian sumber daya proyek.

2. Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data:

a. Observasi

Dalam metode observasi ini, penulis langsung menuju tempat proyek yang sedang dikerjakan. Melihat kegiatan instalasi gas medis langsung di RS. Hastien Rengasdengklok dan mengumpulkan data Data perusahaan, Data Time Schedule dan RAB Proyek, Data waktu kegiatan proyek dan Data sumber daya pada pelaksanaan proyek.

b. Wawancara

Setelah melakukan observasi, penulis melakukan wawancara dengan engineer proyek tersebut. Dari wawancara yang dilakukan penulis mendapatkan data sekunder berupa tahapan – tahapan apa saja yang akan dilakukan dalam pengerjaan proyek dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek.

c. Literatur

Setelah melakukan observasi dan wawancara, penulis melakukan kajian literatur sesuai topik yang diambil penulis dalam penelitian. Pada tahap ini penulis mempelajari materi tersebut dari buku – buku, jurnal, serta contoh laporan kerja praktek terdahulu sebagai acuan penulis dalam melakukan penelitian.

3. Pengolahan data

Untuk pengolahan data sendiri peneliti akan menerapkan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation And Review Technique* (PERT), dengan membuat network diagram, menghitung umur proyek, menganalisa lintasan kritis, menghitung probabilitas umur proyek, membuat penjadwalan proyek dengan bentuk gantt chart dan menghitung kebutuhan sumber daya proyek.

4. Analisa Data

Tahap analisa meliputi analisis data yang diperoleh dari penelitian, dalam tahap ini akan dianalisis jadwal perencanaan awal dan setelah memakai metode CPM dan menganalisa sumber daya pada jadwal.

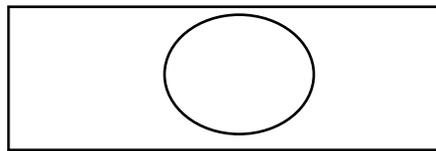
Manajemen proyek menurut H. Kerzner dalam (W. Taylor III, 2005) adalah Merencanakan, mengatur, mengarahkan, dan mengelola sumber daya perusahaan untuk mencapai tujuan jangka pendek yang telah direncanakan.. Selain itu, manajemen proyek menggunakan sistem vertikal dan horizontal serta pendekatan hierarkis (alur kerja).

Network Diagram

Menurut Ali (1997, hal. 8) Diagram Jaringan adalah visualisasi proyek berdasarkan perencanaan jaringan, diagram jaringan berupa jaringan kerja yang berisi riwayat aktivitas dan urutan kejadian yang terjadi selama pelaksanaan proyek.. Dengan network diagram dapat dilihat kaitan suatu kegiatan dengan kegiatan-kegiatan lainnya, sehingga bila suatu kegiatan terlambat maka dengan segera dapat dilihat kegiatan-kegiatan mana saja yang dipengaruhi oleh keterlambatan tersebut dan berapa besar pengaruhnya. Juga dengan network diagram dapat dilihat kegiatan atau lintasan mana yang kritis sehingga mengetahui tingkat kekritisannya dapat digunakan untuk menetapkan skala prioritas dalam mengatasi permasalahan yang muncul selama pelaksanaan proyek.

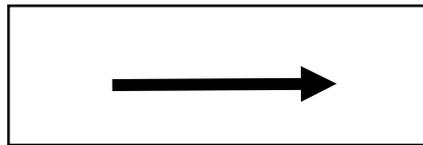
Notasi yang digunakan dalam network diagram:

1. Simbol kejadian / event/ peristiwa



Gambar 1 Simbol kejadian

2. Simbol kegiatan nyata (activity)



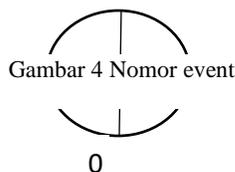
Gambar 2 Simbol kegiatan nyata

3. Simbol kegiatan semu (dummy)

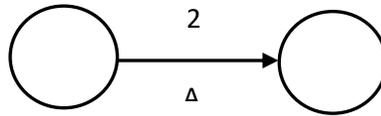


Gambar 3 dummy

4. Nomer event yang paling awal adalah 0. Semakin kekanan, semakin besar.
5. Kode Huruf kegiatan (misalnya huruf A) dan kode durasi (misalnya angka 2)



Gambar 4 Nomor event



Gambar 5 Kode huruf kegiatan

CPM

Metode jalur kritis yaitu metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek dengan cara menganalisa jalur kritis sehingga dapat mengoptimalkan biaya total proyek dengan cara mempercepat waktu pelaksanaan proyek.

Rumus:

$$LPER = \frac{1 \times LO + 4 \times LM + 1 \times LP}{6}$$

Keterangan:

LPER = Lama kegiatan perkiraan

LO = Lama kegiatan optimis

LM = Lama kegiatan most likely (yang paling sering terjadi)

LP = Lama kegiatan pesimis

PERT

PERT dalam pengantar teknik industri merupakan suatu metode analitik yang digunakan untuk penjadwalan penyelesaian pekerjaan dan menganggarkan sumber-sumber daya untuk menyelesaikan pekerjaan pada jadwal tertentu (Santoso, 2009).

Probabilitas Umur Proyek:

$$dn = \frac{UREN - UPER}{dp}$$

Keterangan:

dn = deviasi normal

UREN = umur proyek yang direncanakan

UPER = umur proyek yang diperkirakan kemungkinan berhasilnya 50%

dp = deviasi standar proyek

Perbedaan CPM dan PERT

Kedua metode secara tujuan sama yaitu mencari jalur kritis pada setiap kegiatan pada proyek. Tetapi pada dasarnya memiliki beberapa perbedaan, diantaranya:

1. PERT adalah salah satu metode dalam manajemen proyek yang memiliki tiga perkiraan waktu untuk masing – masing kegiatan, yaitu tercepat, terlama, dan paling layak. CPM hanya memiliki satu jenis informasi waktu pengerjaan yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.
2. PERT menekankan sumber daya, sedangkan CPM menekankan biaya waktu.
3. Pada PERT anak panah dapat diartikan sebagai tata urutan, sedangkan pada CPM tanda panah mengartikan kegiatan. Meskipun demikian, CPM dan PERT memiliki tujuan sama, sedangkan analisa waktu dan sumber daya yang digunakan sama, yaitu dengan menggubakan network diagram.
4. PERT digunakan pada proyek-proyek di mana perkiraan waktu kegiatan tidak dapat dipastikan, jika kegiatan tersebut belum pernah dilakukan atau memiliki penyimpangan waktu yang besar. CPM digunakan ketika perkiraan waktu penyelesaian untuk setiap aktivitas diketahui dengan baik, di mana variansnya relatif kecil atau dapat diabaikan.
5. PERT mencurahkan perhatiannya pada bidang penelitian dan pengembangan program. CPM terutama digunakan untuk program desain.
6. PERT mengasumsikan distribusi probabilitas untuk waktu dalam setiap aktivitas, sehingga perkiraan waktu penuh diperlukan untuk semua aktivitas. (Abdurrasyid et al., 2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu masing – masing kegiatan

Hasil Perhitungan Lama Perkiraan setiap kegiatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

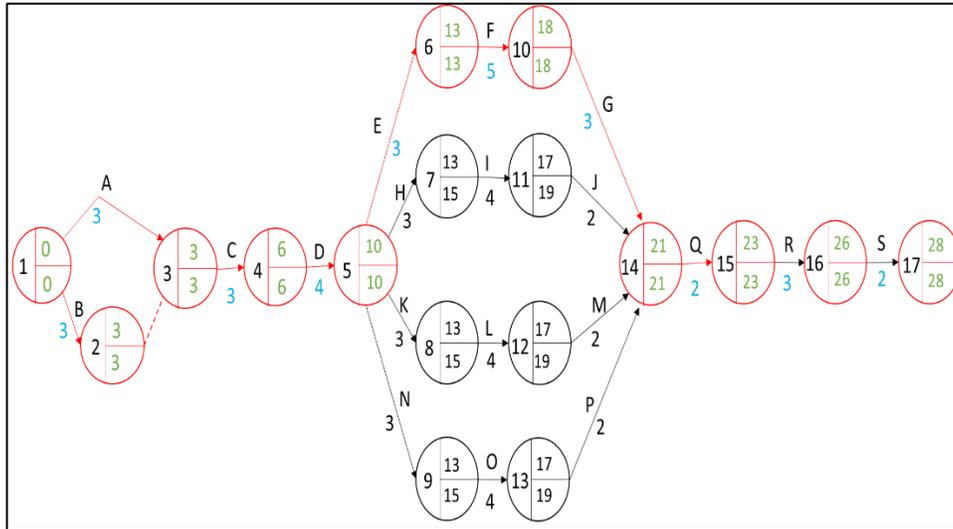
Tabel 1 lama perkiraan kegiatan

No	URAIAN PEKERJAAN	Kode Kegiatan	Kegiatan Terdahulu	LPER
I	PEKERJAAN PERSIAPAN			
1	Pengajuan Shop Drawing	A	-	3
2	Approval Material	B	-	3
3	Pengadaan Material	C	A, B	3
II	Pemasangan Pipa Mainline			

4	Pemasangan Pipa Mainline lantai 1,2,3,4	D	C	4
III	Pekerjaan Lantai 1			
5	Pemasangan Support	E	D	3
6	Instalasi Pipa	F	E	5
7	Pemasangan Box valve, Alarm dan Outlet	G	F	3
IV	Pekerjaan Lantai 2			
8	Pemasangan Support	H	D	3
9	Instalasi Pipa	I	H	4
10	Pemasangan Box valve, Alarm, dan outlet	J	I	2
V	Pekerjaan Lantai 3			
11	Pemasangan Support	K	D	3
12	Instalasi Pipa	L	K	4
13	Pemasangan Box valve, Alarm, dan outlet	M	L	2
VI	Pekerjaan Lanantai 4			
14	Pemasangan Support	N	D	3
15	Instalasi Pipa	O	N	4
16	Pemasangan Box valve, Alarm, dan outlet	P	O	2
VII	Pekerjaan Sentral Gas			
17	Pemasangan Support	Q	G, J, M, P	2
18	Instalasi Sentral Gas medis	R	Q	3
VIII	Pekerjaan Finishing			
19	Test and Comissioning	S	R	2

Lintasan Kritis

Setelah diketahui lama perkiraan masing – masing kegiatan maka dapat dibuat network diagram, selanjutnya dari network diagram tersebut dihitung saat paling awal (spa) dan saat paling lambat (SPL) dari masing – masing peristiwa sehingga dapat ditentukan umur proyek dan lintasan kritisnya. Network diagram dan lintasan kritis ada dibawah ini :



Gambar 6 Network diagram

Tenggang Waktu Kegiatan

Setelah mengetahui umur proyek dan lintasan kritisnya selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui tenggang waktu dari kegiatan – kegiatan tersebut.

Tabel 2 Perhitungan tenggang waktu kegiatan

Kegiatan		Paling Awal		L	Paling Akhir		TF	IF	FF
I	J	SPA _i	SPA _j		SPL _i	SPL _j			
1	A	0	3	3	0	3	0	0	0
2	B	0	3	3	0	3	0	0	0
3	C	3	6	3	3	6	0	0	0
4	D	6	10	4	6	10	0	0	0
5	E	10	13	3	10	13	0	0	0
6	F	13	18	5	13	18	0	0	0
7	G	18	21	3	18	21	0	0	0

8	H	10	13	3	10	15	2	0	0
9	I	13	17	4	15	19	2	-2	0
10	J	17	21	2	19	21	2	0	2
11	K	10	13	3	10	15	2	0	0
12	L	13	17	4	15	19	2	-2	0
13	M	17	21	2	19	21	2	0	2
14	N	10	13	3	10	15	2	0	0
15	O	13	17	4	15	19	2	-2	0
16	P	17	21	2	19	21	2	0	2
17	Q	21	23	2	21	23	0	0	0
18	R	23	26	3	23	26	0	0	0
19	S	26	28	2	26	28	0	0	0

Probabilitas Umur Proyek

$$ds^2 = 1 \frac{2}{3} , dp = \sqrt{1 \frac{2}{3}} = 1,29$$

Umur perkiraan proyek, UPPER = 28

dn = 0,845 (lihat tabel distribusi normal baku)

$$dn = \frac{UREN - UPER}{dp}$$

$$0,845 = \frac{UREN - 28}{1,29}, Ts = 0,85 \times 1,29 + 28 = 29 \text{ Minggu.}$$

Gantt Chart

Setelah diketahui umur proyek yaitu 28 minggu dan telah diketahui hasil dari tenggang waktu kegiatan, selanjutnya yang dilakukan adalah membuat penjadwalan baru sesuai dengan umur proyek yang diketahui pada lintasan kritis. Penjadwalan ini dibuat menjadi 3 bagian yaitu saat paling awal kegiatan, saat paling akhir kegiatan dan saat menghabiskan free float. Dari Gantt Chart (Bar Graph) atau penjadwalan baru ini, kita dapat mempermudah dalam menghitung penggunaan sumberdaya yang akan digunakan dalam pelaksanaan proyek ini.

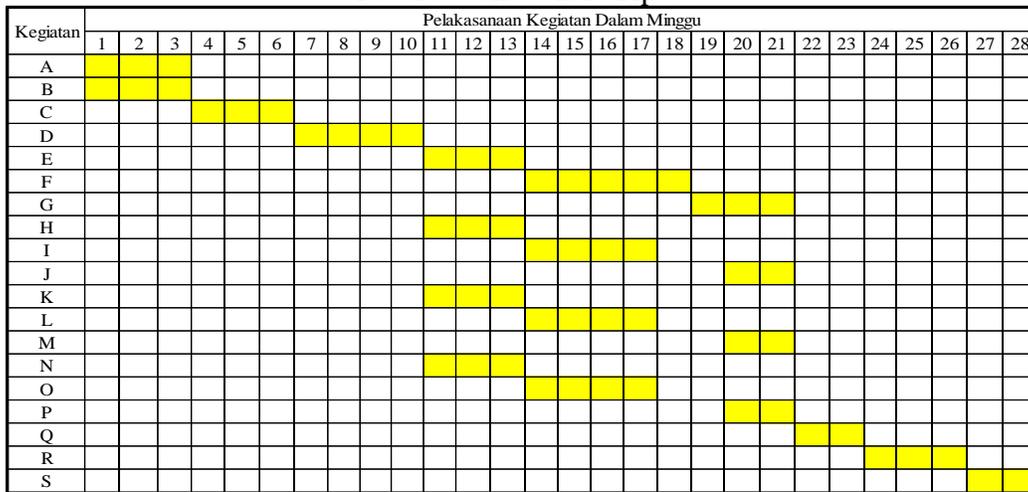
Tabel 3 Gantt Chart Tipe 1

Kegiatan	Pelaksanaan Kegiatan Dalam Minggu																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
A	■	■	■																										
B	■	■	■																										
C				■	■	■	■																						
D							■	■	■	■	■																		
E											■	■	■	■															
F														■	■	■	■	■	■										
G																				■	■	■	■						
H											■	■	■	■															
I														■	■	■	■												
J																				■	■								
K											■	■	■	■															
L														■	■	■	■												
M																				■	■								
N											■	■	■	■															
O														■	■	■	■												
P																				■	■								
Q																						■	■						
R																							■	■					
S																								■	■				

Tabel 4 Gantt Chart Tipe 2

Kegiatan	Pelaksanaan Kegiatan Dalam Minggu																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
A	■	■	■																										
B	■	■	■																										
C				■	■	■	■																						
D							■	■	■	■	■																		
E											■	■	■	■															
F														■	■	■	■	■	■										
G																				■	■	■	■						
H														■	■	■	■												
I																				■	■	■	■						
J																					■	■							
K														■	■	■	■												
L																				■	■	■	■						
M																					■	■							
N														■	■	■	■												
O																				■	■	■	■						
P																					■	■							
Q																						■	■						
R																							■	■					
S																								■	■				

Tabel 5 Gantt Chart Tipe 3



Dari Ganttchart diatas selanjutnya dilakukan perhitungan sumber daya material dan tenaga kerja dengan membaginya kemasing – masing kegiatan.

Analisa Hasil Pengolahan Data

Analisa Jalur kritis

Berdasarkan perhitungan SPA dan SPL diketahui jalur kritisnya adalah

A – C – D - N – O – P – Q – R – S atau B - Dummy - C – D – N – O – P – Q – R - S dimana nilai SPA dan SPL tidak mempunyai tenggang waktu. Dalam hal ini dapat dijelaskan bahwa pengajuan shop drawing, aproval material, pengadaan material, pemasangan pipa mainline lantai 1,2,3 dan 4, pekerjaan pemasangan support lantai 4, Instalasi pipa, pemasangan Box Valve, alarm dan outlet, pemasangan support sentral gas medis, tes and comissioning merupakan pekerjaan – pekerjaan yang berada dijalur kritis, sehingga perlu dilakukan pengawasan dan pengaturan pekerjaan yang lebih optimal untuk mencegah keterlambatan pada pekerjaan – pekerjaan yang lain dan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Analisa Tenggang Waktu

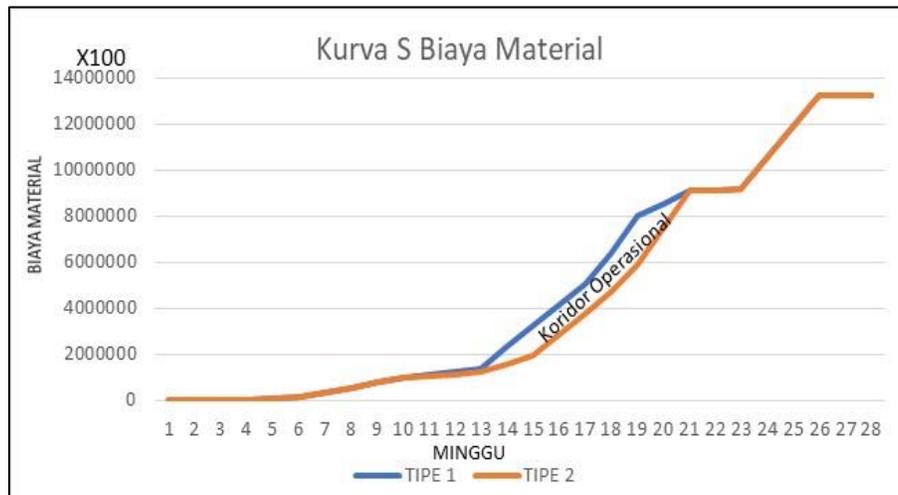
Berdasarkan Tabel 3.7 Perhitungan tenggang waktu kegiatan (*Total Float, Free Float dan Independent Float*) dapat dilakukan analisa:

1. Jika kegiatan H, I, J, K, L, M, N, O, P terlambat pengerjaannya lebih dari 2 minggu atau lebih dari total float maka umur pengerjaan proyek akan bertambah dan akan merubah pola kebutuhan sumber daya.
2. Jika kegiatan H, I, J, K, L, M, N, O, P terlambat 2 minggu atau sama dengan total float maka kegiatan tersebut akan menjadi kegiatan kritis.
3. Jika kegiatan H, I, J, K, L, M, N, O, P terlambat kurang dari total float maka tidak akan mempengaruhi lintasan kritis maupun umur proyek.

Analisa probabilitas umur proyek

Setelah dilakukan perhitungan probabilitas umur proyek didapatkan hasil jika proyek Instalasi Gas Medis di RS Hastein Rengasdengklok ingin mendapatkan peluang keberhasilan proyek 80% diperlukan waktu lebih panjang yaitu 29 minggu dibandingkan dengan peluangnya hanya 50% yaitu 28 minggu.

Analisa kebutuhan material dan tenaga kerja dengan kurva s



Gambar 7 Kurva s biaya material

Daerah yang dibatasi oleh kurva s tipe 1 dan tipe 2 adalah daerah dimana pelaksanaan pemakaian material dimungkinkan. Pelaksanaan sebelum koridor operasional dianggap tidak mungkin dan pelaksanaan sesudah koridor operasional tidak diperbolehkan, karena akan memperlambat pelaksanaan proyek.



Gambar 8 kurva s kebutuhan tenaga kerja

Daerah yang dibatasi oleh kurva s tipe 1 dan tipe 2 adalah daerah dimana pelaksanaan kebutuhan pekerja dimungkinkan. Pelaksanaan sebelum koridor operasional dianggap tidak mungkin dan pelaksanaan sesudah koridor operasional tidak diperbolehkan, karena akan memperlambat pelaksanaan proyek.

Analisa Optimalisasi Biaya

Total biaya yang diperlukan untuk proyek instalasi gas medis di RS Hastien Rengasdengklok meliputi biaya material dan biaya pekerja include peralatan. Adapun total biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

Tabel 6 Total biaya kebutuhan proyek sebelum perbaikan

KEBUTUHAN	JUMLAH
BIAYAB MATERIAL	Rp 1.478.456.750
BIAYA PEKERJA	Rp140.000.000
SUB TOTAL	Rp1.618.456.750
PPM 11%	Rp178.030.243
TOTAL KESELURUHAN	Rp1.796.486.993

Tabel 7 Total Biaya Kebutuhan proyek setelah perbaikan

KEBUTUHAN	JUMLAH
BIAYAB MATERIAL	Rp1.322.569.500
BIAYA PEKERJA	Rp128.000.000
SUB TOTAL	Rp1.450.569.500
PPM 11%	Rp159.562.645
TOTAL KESELURUHAN	Rp1.610.132.145

$$\text{Optimalisasi Waktu} = \frac{3}{31} \times 100 = 9,68 \%$$

$$\text{Optimalisasi Sumber daya} = \frac{Rp186.354.848}{Rp1.796.486.993} \times 100 = 10,37 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui optimalisasi waktu sebesar 9,68 % dan optimalisasi biaya sebesar 10,37 %

KESIMPULAN

Untuk mengoptimalkan jadwal pelaksanaan proyek menggunakan metode CPM yaitu dengan membuat Gantt Chart dan network diagram untuk penjadwalan pelaksanaan proyek. Adapun pengoptimalan waktu yang berhasil dilakukan adalah 3 minggu. Dimana total waktu sebelum menggunakan CPM adalah selama 31 minggu sedangkan dengan menggunakan CPM menjadi selama 28 minggu dan hasil perhitungan probabilitas umur proyek dengan kemungkinan berhasil 80 % adalah 29 minggu dan Dengan menggunakan metode CPM dan PERT memungkinkan proyek dapat diselesaikan dengan durasi 28 minggu dengan biaya Rp 1.610.132.145 dengan memiliki waktu 3 minggu dipercepat dan biaya dapat dioptimalkan sebanyak Rp 186.354.848. Berdasarkan perhitungan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode CPM dan PERT dapat mengoptimalkan biaya sebesar 10,37 % dari total biaya yang diperlukan serta dapat mengoptimalkan waktu sebesar 9,68 % dari waktu yang sudah ditentukan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrasyid, A., Luqman, L., Haris, A., & Indrianto, I. (2019). Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 5(1), 28–36. <https://doi.org/10.23917/khif.v5i1.7066>
- Agustiar, I., & Handrianto, R. (2018). Evaluasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode CPM Dan Kurva S (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Perpustakaan SMK N 1 “XX”, Gresik). *Wahana Teknik*, 07(02), 99–105. <http://journal.unigres.ac.id/index.php/WahanaTeknik/article/view/788>
- Ali, T. H. (1997). *Prinsip - Prinsip Network Planning* (edisi keen). PT Gramedia Pustaka Utama.
- Faradilla. (2018). Optimasi Waktu dan Biaya Proyek Dengan Menggunakan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Gedung Kampus Aknela Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknik Sipil UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945*.
- Hawari, R. A., Oktaviani, C. Z., & Nurisra, N. (2021). Komposisi Biaya Sumber Daya Material dan Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Sederhana. *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(2), 148–154. <https://doi.org/10.24815/journalces.v3i2.14448>
- Perdana, S., & Rahman, A. (2019). Penerapan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method) Pada Proyek Pembangunan Spbe. *Amaliah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 242–250. <https://doi.org/10.32696/ajpkm.v3i1.235>
- Perwitasari, D., Fahreza, A., & Ririh, K. R. (2021). Analisis Percepatan Waktu Proyek Perumahan Menggunakan Metode PERT dan Fast Track. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v7i1.226>
- Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri* (edisi kedua). Graha Ilmu.
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi* (Edisi Pert). Grup Penerbitan CV Budi Utama. https://www.researchgate.net/publication/316081639_Manajemen_Proyek_Konstruksi
- Santoso, B. (2009). *Manajemen Proyek : Konsep & Implementasi* (Edisi Pert). Graha Ilmu.
- Setiawan, S., Syahrizal, & Dewi, R. A. (2017). Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi. Departement Teknik Sipil, Universitas Sumatra Utara (USU).
- Siahaan, S. M. (2021). Analisis Penjadwalan Proyek Dengan Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method) Dan PERT (Program Evaluation Review Technique). *Teknik Sipil Universitas HKBP NOMMENSEN*, 2504, 1–9.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)* (Edisi Kedua). Penerbit Erlangga. <https://doi.org/10.3938/jkps.60.674>
- W. Taylor III, B. (2005). *Introduce to Management Science* (edisi kede). Penerbit Salemba Empat.