

OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE CPM DI PROYEK LRT PULOMAS

OPTIMIZATION OF PROJECT SCHEDULING USING THE CPM METHOD IN THE PULOMAS LRT PROJECT

Budhi Setiawan^{1*}, Ridwan Usman²

^{1*,2} Program Studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI Jagakarsa, Jl. Nangka No. 58 C (TB. Simatupang), Kel. Tanjung Barat, Kec. Jagakarsa, Jakarta Selatan 12530

Email: *budisetpa123@gmail.com, ridwansmn@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK

Histori Artikel

- Artikel dikirim
13/10/2020
- Artikel diperbaiki
9/11/2020
- Artikel diterima
15/11/2020
- Artikel dipublish
30/11/2020

Salah satu tujuan proyek menyelesaikan proyek tanpa mengalami keterlambatan dengan biaya minimal, oleh karena itu tujuan penelitian adalah untuk mengoptimalkan waktu dan biaya pada proyek LRT Pulomas di PT. CBU. Dalam penelitian ini waktu normal pekerjaan yang dibutuhkan 90 hari dengan biaya Rp 3.566.685.480. Dari 90 hari tersebut dilakukan percepatan waktu menjadi 67 hari dan membutuhkan biaya percepatan sebesar Rp. 118.550.000 sehingga total biaya proyek naik menjadi Rp 3.685.235.480. Untuk mendapatkan percepatan menjadi 67 hari tersebut dilakukan proses perhitungan mulai dari membuat jaringan kerja (*network planning*), menentukan jalur kritis, melakukan *crash program* dengan melakukan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam tanpa menambah tenaga kerja.

Kata Kunci: Produktivitas, Diagram Jaringan, Metode Jalur Kritis, Kemiringan Biaya.

ABSTRACT

*One of the project goals is to complete the project without experiencing delays with minimal costs, therefore the aim of the research is to optimize the time and costs of the LRT Pulomas project at PT. CBU. In this study, the normal work time required is 90 days at a cost of Rp. 3,566,685,480. From the 90 days, the time is accelerated to 67 days and requires an acceleration fee of Rp. 118,550,000 so that the total project cost will increase to IDR 3,685,235,480. To get the acceleration to 67 days, the calculation process is carried out starting from creating a network (*network planning*), determining the critical path, carrying out a crash program by adding work hours (*overtime*) for 4 hours without increasing the workforce.*

Keywords: Productivity, Network Diagram, Critical Path Method,



*Cost Slope.***1. Pendahuluan.**

Seiring berkembangnya zaman maka meningkatkan perkembangan pembangunan di segala bidang, terutama di negara yang sedang berkembang ke negara maju, hal ini dilakukan dalam rangka meningkatkan taraf hidup rakyat dan kesejahteraan. Pembangunan tersebut berupa pembangunan fisik proyek, pembangunan gedung, jembatan, jalan tol, industri besar atau kecil, jaringan telekomunikasi, dan lain-lain sebagai penunjang.

Semakin berkembangnya peradaban manusia, pembangunan semakin kompleks dan dengan skala yang lebih besar yang melibatkan penggunaan bahan, tenaga kerja, dan teknologi yang semakin canggih. Proyek pada umumnya memiliki batas waktu, artinya proyek harus diselesaikan sesuai dengan jadwal yang ditentukan [1].

Proyek berjalan dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan kontrak dengan mengalokasikan berbagai sumber daya untuk menghasilkan produk sesuai permintaan dengan spesifikasi sesuai kontrak [2][3][4].

Berkaitan dengan masalah proyek ini maka penyelesaian sebuah proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor [1]. Untuk mengelola proyek dari awal sampai proyek selesai dibutuhkan manajemen proyek yang akan memperlancar jalannya kegiatan proyek [6][7]. Manajemen proyek mempunyai sifat, dimana waktu kerja manajemen dibatasi oleh jadwal yang telah ditentukan [8][7]. Selain manajemen proyek, proyek juga dibutuhkan pemimpin yang bisa mengkoordinasi antar kegiatan proyek untuk menghindari keterlambatan.

Keterlambatan penyelesaian proyek sendiri adalah kondisi yang tidak diinginkan dalam kontrak, karena hal ini dapat merugikan kedua belah pihak baik dari segi waktu maupun biaya, maka pemimpin harus bisa seefisien mungkin dalam penggunaan waktu di setiap kegiatan atau aktivitas [7], sehingga biaya dapat mencapai jadwal yang sudah ditentukan [10].

Dalam waktu ini PT. CBU memenangkan tender yang diselenggarakan oleh LRT Pulomas yang membuka stasiunnya nya di Pulomas Jakarta. Waktu pelaksanaan normal untuk pengerjaan proyek ini adalah selama 90 (Sembilan puluh) hari dengan anggaran biaya Rp. 5.200.000,-.

Dalam kondisi pemilik proyek bisa saja menginginkan proyek selesai lebih awal dari jadwal yang ditentukan atau karena faktor eksternal yang tidak terduga [11][12], sehingga proyek memiliki perkembangan yang buruk, implementasi proyek tidak seperti yang direncanakan, atau dapat dikatakan kemajuan proyek lebih lambat [13], untuk mengatasi tingkat keterlambatan proyek dan mengembalikan kemajuan ke jadwal yang ditentukan diperlukan suatu upaya percepatan pekerjaan proyek walaupun akan diikuti meningkatnya biaya proyek, maka penulis melakukan Penelitian menggunakan metode CPM atau yang disebut metode jalur kritis dengan membuat diagram jaringan [14]. Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan waktu pengerjaan dan membandingkan dengan waktu normal dengan tambahan biaya yang masih diterima.

2. Metode.

Metode pengumpulan ini menggunakan data primer dan sekunder, dan primer dilakukan dengan wawancara pihak terkait untuk mendapatkan alternatif percepatan ataupun penyebab keterlambatan proyek, untuk sekunder dilakukan kepada instansi terkait untuk memperoleh jadwal proyek, rencana anggaran. Metodologi Penelitian yang digunakan pada proyek LRT

Pulomas di Jakarta oleh PT. CBU menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) dimana Sebelumnya dalam penjadwalan belum menggunakan metode CPM yang mengakibatkan banyak kegiatan yang mengalami perulangan sehingga mengalami keterlambatan dan pembengkakan biaya [14].

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1 Pengumpulan data.

3.1.1 Kegiatan proyek.

Proyek LRT Pulomas dilaksanakan di Jl. Kayu Putih, Kecamatan Pulo Gadung, Jakarta Timur dengan anggaran Rp. 5.200.000,00 dengan waktu pelaksanaan selama 90 hari (Sembilan puluh) dan jam kerja normal setiap hari jam 8 pagi sampai dengan jam 5 sore, berikut tabel jenis kegiatan dan waktu pelaksanaan proyek.

Tabel 1. Jenis kegiatan dan waktu pelaksanaan proyek

No	Aktivitas Proyek	Hari Pekerjaan		Durasi Waktu (dalam Hari)
		Mulai	Akhir	
1	Pekerjaan persiapan	1	7	7
2	Pekerjaan pipa AHU	8	17	10
3	Pekerjaan pipa FCU	8	20	13
4	Pekerjaan pipa chiller	8	37	30
5	Pekerjaan pipa condenser	8	26	19
6	Pekerjaan chiller water pump	21	28	8
7	Pekerjaan condenser water pump	21	28	8
8	Pekerjaan accessories chiller	29	42	14
9	Pekerjaan accessories pompa chiller	38	51	14
10	Pekerjaan accessories pompa condenser	43	56	14
11	Pekerjaan accessories cooling tower	57	65	9
12	Pekerjaan accessories AHU	66	74	9
13	Pekerjaan accessories FCU	75	83	9
14	Test & Commissioning	84	90	7

3.1.2 Perencanaan biaya proyek [10].

Biaya proyek dibagi 2 jenis yaitu biaya langsung (operasional) dan biaya tak langsung (non operasional), untuk biaya operasional dibagi lagi antara biaya kegiatan proyek (upah pemasangan) dan biaya pembelian material proyek [10].

Tabel 2. Anggaran biaya kegiatan proyek

No	Kode Kegiatan	Total	Harga	Total	Total
		Upah Pekerja	Peralatan (per hari)	Harga Peralatan	
1	Pekerjaan persiapan	4.200.000	150.000	1.050.000	5.250.000
2	Pekerjaan pipa AHU	12.000.000	350.000	3.500.000	15.500.000
3	Pekerjaan pipa FCU	11.700.000	350.000	4.550.000	16.250.000
4	Pekerjaan pipa chiller	36.000.000	350.000	10.500.000	46.500.000
5	Pekerjaan pipa condenser	22.800.000	350.000	6.650.000	29.450.000
6	Pekerjaan chiller water pump	8.000.000	400.000	3.200.000	11.200.000

7	Pekerjaan condenser water pump	8.000.000	400.000	3.200.000	11.200.000
8	Pekerjaan accessories chiller	11.200.000	250.000	3.500.000	14.700.000
9	Pekerjaan accessories pompa chiller	8.400.000	250.000	3.500.000	11.900.000
10	Pekerjaan accessories pompa condenser	8.400.000	250.000	3.500.000	11.900.000
11	Pekerjaan accessories cooling tower	10.800.000	250.000	2.250.000	13.050.000
12	Pekerjaan accessories AHU	9.000.000	250.000	2.250.000	11.250.000
13	Pekerjaan accessories FCU	9.000.000	250.000	2.250.000	11.250.000
14	Test & Commissioning	4.200.000	200.000	1.400.000	5.600.000
TOTAL					Rp 79.650.000

Tabel 3. Anggaran biaya pembelian material proyek

No	Kode Kegiatan	QTY	SAT	TOTAL HARGA
1	Pekerjaan pipa chiller	1	Lot	Rp 295.096.960
2	Pekerjaan pipa condenser	1	Lot	Rp 268.406.300
3	Pekerjaan accessories chiller	1	Lot	Rp 431.579.920
4	Pekerjaan accessories pompa chiller	1	Lot	Rp 272.136.000
5	Pekerjaan accessories pompa Condenser	1	Lot	Rp 426.418.500
6	Pekerjaan accessories cooling tower	1	Lot	Rp 854.737.000
7	Pekerjaan pipa AHU	1	Lot	Rp 84.439.500
8	Pekerjaan accessories AHU	1	Lot	Rp 402.635.467
9	Pekerjaan pipa FCU	1	Lot	Rp 46.205.300
10	Pekerjaan accessories FCU	1	Lot	Rp 184.630.533
Jumlah :				Rp 3.266.285.480

Tabel 4. Anggaran biaya pembelian material proyek

No	Jabatan	Qty	Sat	Jumlah Hari Kerja
1	Gaji proyek koordinator	1	lot	Rp 20.000.000
2	Gaji staff kantor	1	lot	Rp 30.000.000
3	Alat tulis kantor	1	lot	Rp 1.000.000
4	Biaya telpon kantor	1	lot	Rp 2.500.000
5	Listrik kantor	1	lot	Rp 3.000.000
Jumlah:				Rp 56.500.000

3.1.3 Total anggaran proyek.

Total anggaran proyek pada instalasi ruang *Chiller* dan ruang AHU di LRT Pulomas Jakarta adalah Rp. 3.566.685.480,-.

3.2 Pengolahan data.

Penyusunan jaringan disesuaikan urutan-urutan kegiatan proyek yang telah disusun berdasarkan hari terbitnya Surat kerja (SPK) yang dibuat oleh pemberi tugas.

Pembagian urutan perhitungan dibagi ke dalam tujuh urutan pengerjaan. Mengidentifikasi proyek dalam kegiatan-kegiatan, menyusun hubungan antara kegiatan proyek, menyusun *Network* diagram yang menghubungkan semua kegiatan, Menentukan saat tercepat dimulainya kegiatan (ES) dan saat paling lambat dimulai kegiatan (LS), (perhitungan kelonggaran waktu total *Float*) dan jalur kritis, perhitungan percepatan dan penambahan biaya (*Cost Slope*), mempercepat waktu berlangsungnya proyek.

3.2.1 Mengidentifikasi proyek dalam kegiatan-kegiatan.

Melakukan pengkodean pada setiap aktivitas kegiatan sesuai daftar urutan kegiatan, yang dijelaskan pada tabel 5.

Table 5. Daftar urutan kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Kode Kegiatan
1	Pekerjaan persiapan	A
2	Pekerjaan pipa AHU	B
3	Pekerjaan pipa FCU	C
4	Pekerjaan pipa chiller	D
5	Pekerjaan pipa condenser	E
6	Pekerjaan chiller water pump	F
7	Pekerjaan condenser water pump	G
8	Pekerjaan accessories chiller	H
9	Pekerjaan accessories pompa chiller	I
10	Pekerjaan accessories pompa condenser	J
11	Pekerjaan accessories cooling tower	K
12	Pekerjaan accessories AHU	L
13	Pekerjaan accessories FCU	M
14	Test & Commissioning	N

3.2.2 Menyusun hubungan antar kegiatan proyek.

Setelah dilakukan penyusunan urutan kegiatan dengan membuat kode pada setiap kegiatan selanjutnya adalah menyusun hubungan antar kegiatan proyek dengan menyusun kegiatan yang mendahului, urutan sesuai dengan jadwal kegiatan yang sudah dibuat oleh instansi dengan logika ketergantungan dalam *network planning*, selanjutnya urutan kegiatan yang sesuai dengan logika ketergantungan merupakan dasar pembangunan *network planning*, sehingga diketahui urutan kegiatan dari awal dimulainya proyek sampai dengan berakhirnya proyek secara keseluruhan.

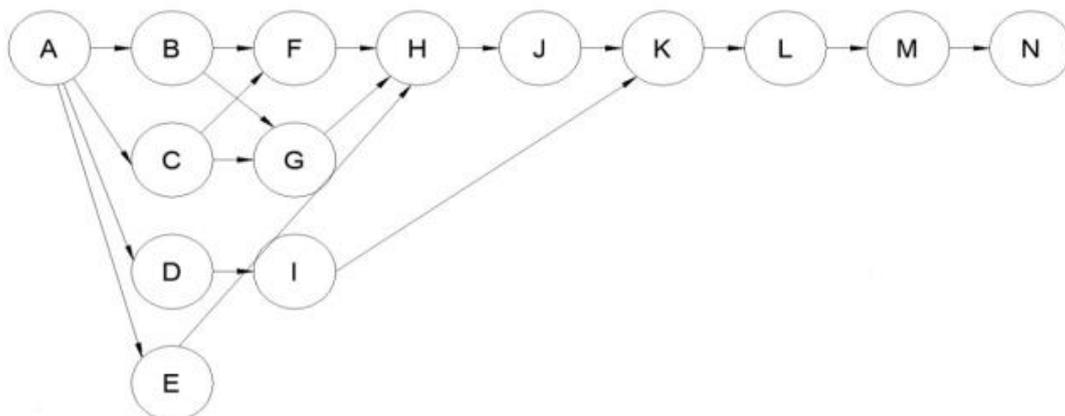
Pada tabel 6 dijelaskan daftar hubungan antara kegiatan yang dilaksanakan diproyek untuk menentukan rencana kegiatan, supaya hasil yang dilakukan sesuai dengan target yang telah ditentukan.

Tabel 6. Daftar hubungan antar kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Kode Kegiatan	Kegiatan yang Mendahului	Durasi (hari)
1	Pekerjaan persiapan	A	-	7
2	Pekerjaan pipa AHU	B	A	10
3	Pekerjaan pipa FCU	C	A	13
4	Pekerjaan pipa chiller	D	A	30
5	Pekerjaan pipa condenser	E	A	19
6	Pekerjaan chiller water pump Pekerjaan condenser water	F	B,C	8
7	pump	G	B,C	8
8	Pekerjaan accessories chiller Pekerjaan accessories pompa	H	E,F,G	14
9	Chiller Pekerjaan accessories pompa	I	D	14
10	Condenser Pekerjaan accessories cooling	J	H	14
11	tower	K	I,J	9
12	Pekerjaan accessories AHU	L	K	9
13	Pekerjaan accessories FCU	M	L	9
14	Test & Commissioning	N	M	7

3.2.3 Menyusun *network* diagram yang menghubungkan semua kegiatan.

Pembuatan diagram *network* ini digambar berdasarkan tabel 5 dan tabel 6 yang telah di buat di atas. Pada diagram dibawah dapat dilihat adanya saling ketergantungan antar kegiatan yang dapat dilihat dengan jalur kegiatan, misalnya kegiatan H tidak dapat dikerjakan sebelum kegiatan F, G dan E belum selesai dikerjakan. Diagram *network* ini dapat dilihat pada gambar 1

Gambar 1. *Network planning* proyek

3.2.4 Menentukan saat tercepat dimulainya kegiatan (es) dan saat paling lambat dimulai kegiatan (LS).

A. Perhitungan maju.

Menentukan saat tercepat dimulainya kegiatan dilakukan untuk menentukan saat-saat dimana masing-masing kegiatan mulai dikerjakan.

Tabel 7. Daftar waktu saat paling cepat dimulainya kegiatan (perhitungan maju)

No	Kode Kegiatan	Durasi (hari)	Perhitungan Maju	
			ES (Earliest Start)	EF (Earliest Finish)
1	A	7	0	7
2	B	10	7	17
3	C	13	7	20
4	D	30	7	37
5	E	19	7	26
6	F	8	20	28
7	G	8	20	28
8	H	14	28	42
9	I	14	37	51
10	J	14	42	56
11	K	9	56	65
12	L	9	65	74
13	M	9	74	83
14	N	7	83	90

B. Perhitungan mundur.

Menentukan saat terlambat dimulainya kegiatan dilakukan untuk menentukan saat-saat dimana masing-masing kegiatan mulai.

Tabel 8. Daftar waktu saat paling lambat dimulainya kegiatan (perhitungan mundur)

No	Kode Kegiatan	Durasi (hari)	Perhitungan Mundur	
			LS (latest start)	LF (Latest Finish)
1	A	7	0	7
2	B	10	10	20
3	C	13	7	20
4	D	30	12	42
5	E	19	9	28
6	F	8	20	28
7	G	8	20	28
8	H	14	28	42
9	I	14	42	56
10	J	14	42	56
11	K	9	56	65
12	L	9	65	74
13	M	9	74	83
14	N	7	83	90

3.2.5 Perhitungan kelonggaran waktu total float dan jalur kritis.

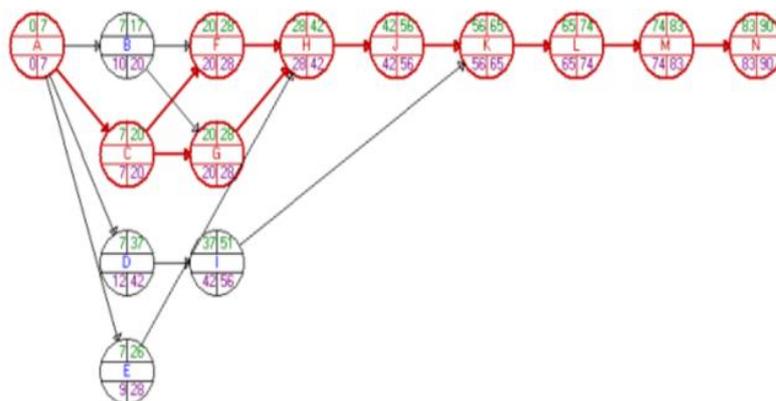
Yang dimaksud dengan jalur kritis adalah jalur yang dapat mempengaruhi kegiatan secara keseluruhan jika terjadi keterlambatan, jumlah float dari setiap kegiatan yang termasuk jalur kritis bisa dijelaskan pada tabel 9.

Tabel 9. Daftar *float* dan kegiatan kritis

No	Kode Kegiatan	Durasi (hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float (TF)	<i>On Critical Path</i>
			ES	EF	LS	LF		
1	A	7	0	7	0	7	0	Ya
2	B	10	7	17	10	20	3	Tidak
3	C	13	7	20	7	20	0	Ya
4	D	30	7	37	12	42	5	Tidak
5	E	19	7	26	9	28	2	Tidak
6	F	8	20	28	20	28	0	Ya
7	G	8	20	28	20	28	0	Ya
8	H	14	28	42	28	42	0	Ya
9	I	14	37	51	42	56	5	Tidak
10	J	14	42	56	42	56	0	Ya
11	K	9	56	65	56	65	0	Ya
12	L	9	65	74	65	74	0	Ya
13	M	9	74	83	74	83	0	Ya
14	N	7	83	90	83	90	0	Ya

Berdasarkan tabel 9 dapat dilihat bahwa jumlah total float dari kegiatan mana saja yang termasuk dalam kegiatan kritis.

Dari data diatas diperoleh lintasan jalur kritis dan kegiatan yang mengalami percepatan waktu pelaksanaannya ialah A, C, F, H, J, K, L, M dan N. Kegiatan yang memiliki float 3,5,2,5 memiliki waktu kegiatan yang senggang, menentukan bahwa kegiatan tersebut bukan termasuk ke dalam lintasan jalur kritis, yaitu pada kegiatan B, D, E, dan I. Untuk lebih jelas dapat dilihat dalam bentuk gambar diagram network yang menjadi lintasan jalur kritis adalah A, C, F, H, J, K, L, M, N dan A, C, G, H, J, K, L, M, N yang ditandai dengan warna merah untuk lintasan jalur kritis pada Gambar 2.



Gambar 2. Jalur kritis

3.2.6 Perhitungan percepatan dan penambahan biaya (*Cost Slope*).

Tahap selanjutnya adalah mempersingkat waktu penyelesaian proyek dan menghitung penambahan biaya pada setiap kegiatan baik yang kritis maupun yang non kritis untuk mengantisipasi terjadinya jalur kritis baru. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek ini disebut sebagai *Crash Program* dan penambahan biaya (*Cost Slope*) akibat percepatan tersebut. Metode dalam mempersingkat waktu penyelesaian kegiatan dilakukan dengan perhitungan produktivitas kerja dan perhitungan *cost slope* dengan rumus sebagai berikut.

$$Produktivitas = \frac{\text{Jumlah Unit dihasilkan}}{\text{Jam Kerja yang dibutuhkan}}$$

$$Cost\ Slope = \frac{\text{Biaya Cepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu Cepat}}$$

Dengan perhitungan sesuai rumus diatas maka dihasilkan daftar hasil perhitungan *Cost Slope* jalur kritis di tabel 10.

Table 10. Daftar hasil perhitungan *cost slope* jalur kritis.

No	Kode Kegiatan	Kode Kegiatan	Total Upah Pekerja Keseluruhan Normal	Total Upah Pekerja Keseluruhan Dipercepat	Total Peralatan Keseluruhan Normal	Total Peralatan Keseluruhan Dipercepat	Biaya Normal	Biaya dipercepat	<i>Cost Slope</i>
1	A	Pekerjaan Persiapan	4.200.000	4.200.000	1.050.000	1.050.000	5.250.000	5.250.000	-
2	B	Pekerjaan Chiller Water Pump	12.000.000	21.000.000	3.500.000	3.675.000	15.500.000	24.675.000	3.058.333
3	C	Pekerjaan Condenser Water Pump	11.700.000	20.475.000	4.550.000	4.725.000	16.250.000	25.200.000	2.237.500
4	D	Pekerjaan Pipa Chiller	36.000.000	63.000.000	10.500.000	10.500.000	46.500.000	73.500.000	2.700.000
5	E	Pekerjaan Pipa Condenser	22.800.000	39.900.000	6.650.000	6.825.000	29.450.000	46.725.000	2.879.167
6	F	Pekerjaan Acc Chiller	8.000.000	14.000.000	3.200.000	3.600.000	11.200.000	17.600.000	3.200.000
7	G	Pekerjaan Acc Pompa Chiller	8.000.000	14.000.000	3.200.000	3.600.000	11.200.000	17.600.000	3.200.000
8	H	Pekerjaan Acc Pompa Condenser	11.200.000	19.600.000	3.500.000	3.750.000	14.700.000	23.350.000	2.162.500
9	I	Pekerjaan Acc Cooling Tower	8.400.000	14.700.000	3.500.000	3.750.000	11.900.000	18.450.000	1.637.500
10	J	Pekerjaan Pipa AHU	8.400.000	14.700.000	3.500.000	3.750.000	11.900.000	18.450.000	1.637.500
11	K	Pekerjaan Accessories AHU	10.800.000	18.900.000	2.250.000	2.250.000	13.050.000	21.150.000	2.700.000
12	L	Pekerjaan Pipa FCU	9.000.000	15.750.000	2.250.000	2.250.000	11.250.000	18.000.000	2.250.000
13	M	Pekerjaan Accessories FCU	9.000.000	15.750.000	2.250.000	2.250.000	11.250.000	18.000.000	2.250.000
14	N	Test & Commissioning	4.200.000	4.200.000	1.400.000	1.400.000	5.600.000	5.600.000	-

3.2.7 Mempercepat waktu berlangsungnya proyek.

Setelah kegiatan kritis dan *Cost Slope* setiap kegiatan kritis diketahui didapatkan durasi percepatan proyek yang telah disesuaikan dengan hasil lintasan kritis. Hasil perhitungan biaya langsung setelah dipercepat pada kegiatan kritis bisa dilihat pada tabel 11.

Table 11. *Cost Slope* pada lintasan kritis.

No	Kode Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi		<i>Cost Slope</i>
			Normal	Percepatan	
1	A	Pekerjaan persiapan	7	7	-
2	C	Pekerjaan condenser water pump	13	9	2.237.500
3	F	Pekerjaan accessories chiller	8	6	3.200.000

OPTIMALISASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE CPM DI PROYEK LRT PULOMAS

4	H	Pekerjaan accessories pompa condenser	14	10	2.162.500
5	J	Pekerjaan Pipa AHU	14	10	1.637.500
6	K	Pekerjaan accessories AHU	9	6	2.700.000
7	L	Pekerjaan pipa FCU	9	6	2.250.000
8	M	Pekerjaan accessories FCU	9	6	2.250.000
9	N	Test & Commissioning	7	7	-

Yang kemudian diurutkan sesuai *Cost Slope* terkecil ke yang terbesar yang dapat dilihat di tabel 12.

Table 12. *Cost Slope* pada lintasan kritis

No	Kode Kegiatan	Kode Kegiatan	Durasi		<i>Cost Slope</i>
			Normal	Percepatan	
1	A	Pekerjaan persiapan	7	7	-
2	N	<i>Test & Commissioning</i>	7	7	-
3	J	Pekerjaan pipa AHU	14	10	1.637.500
4	H	Pekerjaan accessories Pompa condenser	14	10	2.162.500
6	C	Pekerjaan <i>condenser water pump</i>	13	9	2.237.500
7	L	Pekerjaan pipa FCU	9	6	2.250.000
8	M	Pekerjaan accessories FCU	8	6	2.250.000
9	K	Pekerjaan accessories AHU	9	6	2.700.000
5	F	Pekerjaan accessories Chiller	9	6	3.200.000

Setelah kegiatan-kegiatan diurutkan maka dilakukan perhitungan biaya langsung (operasional) dan tidak langsung (non operasional) setelah percepatan. Hasil keseluruhan dari percepatan atau penambahan waktu dapat dilihat pada tabel 13 pada halaman berikut.

Table 13. Perhitungan total biaya proyek setelah percepatan

No	Kode Kegiatan	Kode Kegiatan	<i>Cost Slope</i>	Durasi Setelah Dipercepat	Biaya Pembelanjaan Material	Biaya Kegiatan Langsung Dipercepat	Biaya Kegiatan Tak Langsung Dipercepat	Total Biaya Keseluruhan
						4	5	
1	A	Pekerjaan Persiapan	-	90	3.266.285.480	79.650.000	220.750.000	3.566.685.480
2	N	Test & Commissioning	-	90	3.266.285.480	79.650.000	220.750.000	3.566.685.480
3	H	Pekerjaan Acc Pompa Condenser	2.162.500	86	3.266.285.480	88.300.000	220.750.000	3.575.335.480
4	J	Pekerjaan Pipa AHU	1.637.500	82	3.266.285.480	94.850.000	220.750.000	3.581.885.480
5	C	Pekerjaan Condenser Water Pump	2.237.500	78	3.266.285.480	103.800.000	220.750.000	3.590.835.480
6	F	Pekerjaan Acc Chiller	3.200.000	76	3.266.285.480	110.200.000	220.750.000	3.597.235.480

7	K	Pekerjaan Accessories AHU	2.700.000	73	3.266.285.480	118.300.000	220.750.000	3.605.335.480
8	L	Pekerjaan Pipa FCU	2.250.000	70	3.266.285.480	125.050.000	220.750.000	3.612.085.480
9	M	Pekerjaan Accessories FCU	2.250.000	67	3.266.285.480	131.800.000	220.750.000	3.618.835.480
10	B	Pekerjaan Chiller Water Pump	3.058.333	67	3.266.285.480	140.975.000	220.750.000	3.628.010.480
11	D	Pekerjaan Pipa Chiller	2.700.000	67	3.266.285.480	167.975.000	220.750.000	3.655.010.480
12	E	Pekerjaan Pipa Condenser	2.879.167	67	3.266.285.480	185.250.000	220.750.000	3.672.285.480
13	G	Pekerjaan Acc Pompa Chiller	3.200.000	67	3.266.285.480	191.650.000	220.750.000	3.678.685.480
14	I	Pekerjaan Acc Cooling Tower	1.637.500	67	3.266.285.480	198.200.000	220.750.000	3.685.235.480

3.3 Melakukan analisis

Sesuai dengan penjadwalan yang dilakukan oleh PT. CBU dalam menyelesaikan proyek LRT Pulomas ini menghabiskan waktu normal 90 hari, sedangkan perhitungan yang dilakukan menggunakan metode CPM [14] dengan cara menambah waktu jam kerja lembur tanpa menambah tenaga kerja, maka kurun waktu penyelesaian proyek LRT Pulomas adalah selama 67 Hari [10].

Jika dibandingkan antara perencanaan dan penjadwalan yang dilakukan oleh PT. CBU, dengan melakukan penambahan waktu jam kerja lembur. Perencanaan waktu dan biaya yang dilakukan pada proyek LRT Pulomas ini dengan durasi normal 90 hari.

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tak Langsung} \\ &= (\text{Rp. } 3.266.285.480 + \text{Rp. } 79.650.000) + \\ &\quad (\text{Rp. } 164.250.000 + \text{Rp. } 56.500.000) \\ &= \text{Rp. } 3.566.685.480 \end{aligned}$$

Namun setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode CPM dapatkan durasi menjadi 67 hari dengan perhitungan total anggaran [14][4].

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tak Langsung} \\ &= (\text{Rp. } 3.266.285.480 + \text{Rp. } 198.200.000) + \\ &\quad (\text{Rp. } 164.250.000 + \text{Rp. } 56.500.000) \\ &= \text{Rp. } 3.685.235.480 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan total biaya proyek percepatan maka terjadi penambahan biaya proyek sebesar Rp. 118.550.000 dari Rp. 3.566.685.480 menjadi Rp. 3.685.235.480 untuk mempercepat waktu proyek sebanyak 23 hari dari 90 hari menjadi 67 hari dengan mempercepat waktu penyelesaian proyek diharapkan tidak ada lagi terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek seperti proyek yang Sebelumnya dan meningkatkan kredibilitas perusahaan terhadap owner walaupun menambah biaya proyek.

4. Simpulan

Dalam penelitian ini kami menemukan 2 jalur kritis yaitu dengan waktu penyelesaian yang. Jalur kritis yang dipilih untuk percepatan penjadwalan proyek adalah jalur A – C – F – H – J – K – L – M – N dengan waktu penyelesaian proyek selama 67 hari. Kegiatan yang dikerjakan sesuai waktu penjadwalan di proyek pembangunan LRT Pulomas adalah 90 hari, namun dengan menggunakan metode CPM menghitung ES, EF, LS, LF dan menambah jam lembur 4 jam dan tanpa menambah tenaga kerja dapat diselesaikan lebih 23 hari lebih awal. Setelah dilakukan perhitungan biaya percepatan proyek (*Crash Program*) dengan menambah waktu kerja (lembur). Hasilnya proyek dapat diselesaikan lebih cepat dengan waktu crash 23 hari dan ada

penambahan biaya proyek sebesar Rp. 118.550.000. Yang semula Rp. 3.566.685.480 menjadi Rp. 3.685.235.480.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih penulis ucapkan kepada rekan-rekan jajaran manajemen PT. CBU, teman-teman dan dosen unindra yang telah mengizinkan pengambilan data, bimbingan dan telah membantu saya dalam menyelesaikan penulisan ini. Semoga meningkatkan artikel yang berkelanjutan.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. I. Mas'ud and E. Wijayanti, "Analisis Evaluasi Biaya Dan Penjadwalan Waktu Proyek Pengolahan Limbah Pt. Ki Dengan Pendekatan Pert," *J-Ensitem*, vol. 3, no. 2, pp. 111–117, 2017.
- [2] F. Hidayatul, H. Wahyono, E. B. Gusminto, and J. Kalimantan, "Evaluasi Penjadwalan Waktu Pada Proyek Pembangunan Rumah Tipe 30 Di Istana Tegal Besar Kabupaten Jember Dengan Metode CPM (Evaluation Of Time Schedule Of Type 30 Housing Development Projects In Istana Tegal Besar Of Jember With CPM Method)," *I Ekon. Bisnis dan Akunt.*, vol. V, no. 7, pp. 153–157, 2018.
- [3] N. Umami, "Pembangunan Transmisi Pipa Gas Menggunakan Metode Cpm (Critical Path Method)," vol. 5, no. 1, pp. 74–80, 2019.
- [4] I. Sudipta, "Studi Manajemen Proyek Terhadap Sumber Daya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Pembangunan Villa Bali Air)," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 1, pp. 73–83, 2013.
- [5] R. Arifudin, "Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi Cpm Dan Algoritma Genetika," *J. Masy. Inform.*, vol. 2, no. 4, 2012.
- [6] "180313108-MANAJEMEN-Proyek-docx."
- [7] G. P. Arianie and N. B. Puspitasari, "PERENCANAAN MANAJEMEN PROYEK DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN EFEKTIFITAS SUMBER DAYA PERUSAHAAN (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd)," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 3, p. 189, 2017.
- [8] D. M. Walean, R. J. M. Mandagi, J. Tjakra, and G. Y. Malingkas, "PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN JADWAL DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM MICROSOFT PROJECT 2010 (Studi Kasus: Proyek PT. Trakindo Utama)," *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 1, pp. 22–26, 2012.
- [9] A. C. Siregar and I. Iffiginia, "Penggunaan critical path method (CPM) untuk evaluasi waktu dan biaya pelaksanaan proyek," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 2, p. 102, 2019.
- [10] A. H. A, "Perencanaan dan Pengendalian Proyek dengan Metode Pert - CPM Studi Kasus : Fly Over Ahmad Yani – Karawang," *The Winners*, vol. 6, no. 2, p. 155, 2005.
- [11] P. O. Akanni, A. E. Oke, and O. A. Akpomemie, "Impact of environmental factors on building project performance in Delta State, Nigeria," *HBRC J.*, vol. 11, no. 1, pp. 91–97, 2015.
- [12] T.-C. Toh, C. Ting, K.-N. Ali, G.-U. Aliagha, and O. Munir, "Critical Cost Factors of Building Construction Projects in Malaysia," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 57, pp. 360–367, 2012.
- [13] A. Abdurrasyid, L. Luqman, A. Haris, and I. Indrianto, "Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal," *Khazanah Inform. J. Ilmu Komput. dan Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 28–36, 2019.
- [14] J. Oka and D. Kartikasari, "Evaluasi Manajemen Waktu Proyek Menggunakan Metode Pert

- Dan Cpm Pada Pengerjaan ‘Proyek Reparasi Crane Lampson’ Di Pt Mcdermott Indonesia,” *J. Appl. Bus. Adm.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–36, 2019.
- [15] I. Raharja, “Analisa Penjadwalan Proyek Dengan Metode Pert Di Pt. Hasana Damai Putra Yogyakarta Pada Proyek Perumahan Tirta Sani,” *Bentang*, vol. 2, no. 1, p. 262530, 2014.
- [16] Dylan Trotsek, “~~濟無~~No Title No Title,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 110, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.