

Evaluasi Penjadwalan *Proyek Waste Water Treatment Plan* Menggunakan Metode *Precedence Diagram Method* dan *Crashing*

Renata Alvita Loka Leonsi^{1*}, Renanda Nia Rachmadita², Aulia Nadia Rachmat³

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia^{1*}

Program Studi Manajemen Bisnis Maritim, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia²

Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia³
E-mail: renataalvital@gmail.com^{1*}

Abstract – Scheduling is needed to run the project optimally, efficiently and according to the planned schedule. There are several factors that make the project late. The causes are ineffective working hours, late arrival of materials, and high work productivity. Waste water treatment plan is one of the many projects undertaken by PT.Samudra Mas Nusantara. In this project there was a delay of 34 days from the planned duration of 75 days to 109 days. The scheduling method used is the Precedence Diagram Method. The duration of project completion is accelerated by analyzing the acceleration of each activity. The s-curve is used to see the progress of the project each week. The results of the research show that there is 1 critical path, namely the path with activities A-B1-B2-C1-C2-D111-D121-D131-D141-D21-D22-D23-D24-D25-E1-E4-F-G-H. The duration of the activity can be accelerated by 35 days from 109 days to 74 days with an increase in costs of 3.03% from Rp.1,822,201,012- up to Rp1,877,287,312,-.

Keyword: Crashing, Project Management, Precedence Diagram Method, S-Curve, Work Breakdown Structure

1. PENDAHULUAN

Proyek merupakan proses produksi dengan sumber daya dan jangka waktu yang terbatas untuk mencapai sasaran mutu yang ditetapkan. Dalam pelaksanaannya seorang *Project Engineer* bertanggung jawab untuk merencanakan jadwal pelaksanaan proyek, kebutuhan sumber daya, *monitoring*, mengawasi progres dari sebuah proyek, menginformasikan dan bernegosiasi apabila ada suatu permasalahan kepada *customer*.

Waste Water Treatment Plan merupakan salah satu proyek milik perusahaan PT. Interport yang berlokasi di Balikpapan yang dikerjakan oleh PT. Samudra Mas Nusantara. Proyek ini dimulai pada tanggal 7 Mei 2020 hingga tanggal 31 Agustus 2020. Namun pada kenyataannya proyek mengalami keterlambatan dari tenggat waktu yang ditentukan yaitu tanggal 17 Oktober 2020. Durasi rencana pengerjaan proyek adalah 75 hari sedangkan durasi aktualnya adalah 109 hari, lamanya waktu keterlambatan proyek ini selama 34 hari.

Alur pengerjaan proyek *Waste Water Treatment Plan* berjalan secara tumpang tindih. Berdasarkan permasalahan tersebut menurut Ervianto (dalam Suherman, 2016) akan lebih mudah menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan *Critical Path Method* (CPM) karena tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini

dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Mempercepat durasi proyek Menurut (Priyo & Sumanto, 2016) adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dengan adanya percepatan diharapkan dapat membuat proyek tersebut selesai tepat waktu bahkan lebih cepat daripada perencanaan awal. Upaya percepatan dilakukan menggunakan alternatif penambahan jam kerja dan tenaga kerja. Setelah itu dapat dibandingkan bobot pekerjaan tiap minggu antara sebelum dan sesudah dilakukan percepatan terhadap jadwal rencana menggunakan *S-curve*.

Pada penelitian ini mengasumsikan untuk keadaan peralatan, mesin serta para pekerja dalam kondisi normal dengan kegiatan pada proyek diasumsikan berjalan secara konstan. Pembuatan *S-Curve* berdasarkan biaya tenaga kerja langsung

2. METODOLOGI

2.1 *Work Breakdown Structure* (WBS)

Menurut Abrar Husen, (2008) dalam bukunya yang berjudul *Manajemen Proyek*, WBS biasanya merupakan diagram terstruktur dan hierki berupa diagram pohon. Penyusunan WBS dilakukan dengan cara *top down*, dengan tujuan agar komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek

2.2 Precedence Diagram Method (PDM)

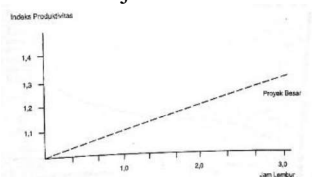
PDM atau *Precedence Diagram Method* merupakan jaringan kerja yang termasuk dalam kategori AON (*Activity On Node*). Kegiatan dituliskan di dalam *node* yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian, *dummy* yang dalam CPM dan PERT merupakan tanda yang penting untuk menunjukkan hubungan ketergantungan, di dalam PDM tidak diperlukan (Soeharto, 1999).

2.3 Crashing

Dalam manajemen sebuah proyek, tidak jarang seorang manajer proyek menghadapi permasalahan proyek yang terlambat dari tenggat waktu yang ditentukan atau tenggat waktu yang karena sebuah sebab dimajukan. Sehingga dalam mengatasi hal tersebut diperlukan percepatan pada kegiatan proyek agar dapat selesai tepat waktu. Proses untuk mempercepat durasi sebuah proyek dengan biaya minimal yang memungkinkan disebut dengan *crashing* (Heizer dkk., 2017).

Menurut (Mahapatni, 2019) untuk menghitung durasi percepatan jam kerja lembur sebagai berikut:

a. Produktivitas Kerja Lembur



Gambar 1. Indikasi Menurunnya Produktivitas Karena Lembur
 (sumber (Soeharto, 1997))

Menurut (Mahapatni, 2019) perhitungan untuk durasi percepatan sebagai berikut

$$\text{Produktivitas Harian/Normal} = \frac{\text{Volume Pengerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$

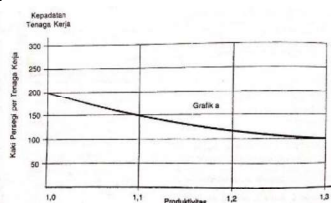
$$\text{Produktivitas perjam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ jam}}$$

Sehingga, produktivitas sesudah crash adalah:
 $= (8 \text{ jam} \times \text{produksi tiap jam}) + (a \times b \times \text{produksi tiap jam})$

$$\text{Produktivitas crash} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}}$$

b. Produktivitas Penambahan Tenaga Kerja

Untuk menghitung jumlah tenaga kerja ideal berdasarkan grafik kepadatan tenaga kerja yang terdapat pada gambar 2.13 sebagai berikut:



Gambar 2. Kepadatan Tenaga Kerja Versus Produktivitas
 (sumber (Soeharto, 1997))

$$\text{Jumlah tenaga kerja ideal} = \frac{\text{luas tempat kerja}}{\text{luas kerja ideal}}$$

Untuk menghitung durasi percepatan penambahan tenaga kerja menurut (Wibowo, 2020) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Crashing} = P_n \times \frac{\text{total pekerja normal} + \text{total penambahan tenaga kerja}}{\text{total pekerja normal}}$$

Sehingga *crash duration* (kurun waktu yang dipersingkat) dapat dihitung dengan:

$$\text{Crash Durasi} = \frac{\text{Volume Pengerjaan}}{\text{produktivitas crash}}$$

Terdapat beberapa langkah dalam melakukan percepatan pada proyek Menurut (Soeharto, 1999)

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan identifikasi *float*.
2. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
3. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
4. Menghitung *slope* biaya masing-masing komponen kegiatan. Dengan rumus berikut:

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *slope* biaya terendah.
6. Setiap kali selesai mempercepat kegiatan, teliti kemungkinan adanya *float* yang mungkin dapat dipakai untuk mengulur waktu kegiatan yang bersangkutan untuk memperkecil biaya.
7. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi *slope* biaya terencana.
8. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik TPD.
9. Buat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik *clan* hubungan titik normal (biaya dan waktu normal), titik-titik yang terbentuk setiap kali mempersingkat kegiatan, sampai dengan titik-titik TPD.
10. Hitung biaya tidak langsung proyek dan gambarkan pada kertas grafik di atas.
11. Jumlahkan biaya langsung dan tidak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.
12. Periksa pada grafik biaya total untuk mencapai waktu optimal, yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah.

2.4 Kurva-S

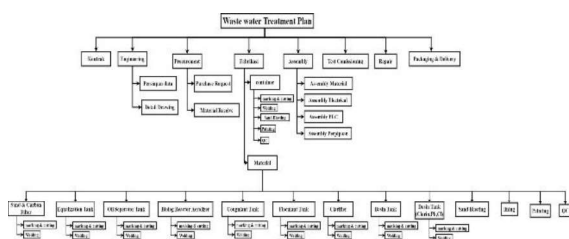
S-Curve atau Kurva-S merupakan sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanum atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek.

Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentasi kumulatif dari seluruh kegiatan proyek (Husen, 2008).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Work Breakdown Structure (WBS)

Membuat *work breakdown structure* atau pengelompokan pekerjaan utama dan rincian pekerjaan dari suatu proyek merupakan pekerjaan pertama yang harus dilakukan apabila akan membuat jadwal dari suatu proyek untuk memudahkan proses pembuatan jadwal proyek. Berikut ini adalah WBS (*Work Breakdown Structure*) dari seluruh kegiatan proyek *Waste Water Treatment Plan* yang di tunjukkan pada gambar 1



Gambar 3. Work Breakdown Structure untuk Proyek Waste Water Treatment Plan

3.2 Precedence Diagram Method (PDM)

Precedence Diagram Method (PDM) merupakan salah satu metode yang terkenal dalam perencanaan dan penjadwalan pada proses produksi dengan jenis proyek. Berikut lintasan kritis pada proyek *waste water treatment plan* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Pengelompokan Kegiatan dan Durasi Jadwal Aktual

kode	Nama Kegiatan	Durasi Normal (hari)
D	Fabrikasi	
D.1	Fabrikasi Material	
D.1.1	Equalization Tank	
D.1.1.1	Marking & Cutting	4
D.1.2	Biolog reactor	
D.1.2.1	Aerolizer	5
D.1.3	Marking & Cutting	
D.1.3.1	Basin Tank	5
D.1.4	Marking & Cutting	
D.1.4.1	Sludge Tank	3
D	Marking & Cutting	
2	Fabrikasi Container	
D.2.1	Marking & Cutting	10
D.2.2	Welding	16
D.2.3	Sand Blasting	8
D.2.4	Painting	12
E	Assembling	
E.1	Assembly Material	10
E.4	Assembly Perpipaian	17
F	Test Commissioning	5
G	Repair Test Commissioning	6
H	Packaging & Delivery	5

3.3 Mempersingkat Kurun Waktu (*crashing*)

Dalam proses mempersingkat kurun waktu perlu dihitung *crash duration* dari setiap kegiatan yang akan di *crash* berdasarkan produktivitas pekerjaan tersebut. Berikut perhitungan *crash productivity* dan *duration crash* setiap kegiatan pada penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja

a. Penambahan jam kerja

Contoh perhitungan kegiatan *Marking/Cutting Equalization Tank* (D1.1.1.) dengan durasi normal 4 hari.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian} &= \frac{\text{Volume Pengerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \\ &= \frac{10,2 \text{ m}^3}{8 \text{ jam}} \\ &= 2,55 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian} &= \frac{\text{Produktivitas Harian}}{8 \text{ Jam}} \\ &= \frac{2,55 \text{ m}^3/\text{jam}}{8 \text{ Jam}} \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

Untuk mencari produktivitas sesudah *crash*

$$= (8 \text{ jam} \times \text{produksi tiap jam}) + (a \times b \times \text{produksi tiap jam})$$

$$= (8 \text{ jam} \times 0,32) + (3 \times 0,7 \times 0,32) = 3,22 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Persamaan 2.17.

Crash duration

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \\ &= \frac{10,2 \text{ m}^3}{3,22 \text{ m}^3/\text{hari}} = 3 \text{ hari} = 3 \end{aligned}$$

Berikut *crash* durasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2: *Crash Productivity* dan *Crash Duration* Penambahan Jam Kerja

Kode	Produktivitas Harian (m ³)	Durasi Normal (hari)	<i>Crash Productivity</i> (m ³)	<i>Crash Duration</i> (hari)
D.1.1.1	2,55	4	3,22	3
D.1.2.1	2,47	5	3,12	4
D.1.3.1	2,72	5	3,43	4
D.1.4.1	0,96	3	1,21	2
D.2.1	12,70	10	16,03	8
D.2.2	7,94	16	10,02	13
D.2.3	15,87	8	20,04	6
D.2.4	10,58	12	13,36	10
E.1	12,70	10	16,03	8
E.4	7,47	17	9,43	13
F	25,39	5	32,06	4
G	21,16	6	26,71	5
H	25,39	5	32,06	4

b. Penambahan tenaga kerja

Berikut perhitungan jumlah tenaga kerja ideal dalam satu hari pada *workshop*

$$\text{Luasan workshop} = 50 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan kerja ideal} = (100+200)/2$$

$$= 150 \text{ feet}^2/\text{tenaga kerja}$$

$$= 150 \times 0,0929 \text{ feet}^2$$

$$= 13,953 \text{ m}^2/\text{tenaga kerja}$$

$$\text{Jumlah tenaga kerja ideal} = \frac{\text{luasan tempat kerja}}{\text{luasan kerja ideal}}$$

$$= \frac{500}{13,953} = 36 \text{ orang/hari}$$

Berikut perhitungan jumlah penambahan tenaga kerja asumsi penambahan 25%, 50%, 75% dan 100%. Dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3: Total Crash Manpower

Kode	Tenaker Normal (orang)	Total penambahan tenaker (orang)			
		25%	50%	75%	100%
D.1.1.1	2	3	3	4	4
D.1.2.1	2	3	3	4	4
D.1.3.1	2	3	3	4	4
D.1.4.1	2	3	3	4	4
D.2.1	4	5	6	7	8
D.2.2	7	9	11	12	14
D.2.3	8	10	10	14	16
D.2.4	8	10	12	14	16
E.1	12	15	18	21	24
E.4	7	9	11	12	14
F	5	6	8	9	10
G	4	5	6	7	8
H	6	8	9	11	12

Contoh perhitungan *crash productivity* dan *crash duration* pada kegiatan *Marking/Cutting Equalization Tank* (D1.1.1.) dengan durasi normal 4 hari.

$$\text{Produktivitas Normal} = \frac{\text{Volume Pengerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$= \frac{10,2 \text{ m}^3}{8 \text{ jam}} = 2.55 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Produktivitas *Crashing*

$$= P_n \times \frac{(\text{total pekerja normal} + \text{total penambahan 25\%})}{\text{total pekerja normal}}$$

$$= 2.55 \times \frac{2+1}{2} = 3.2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Crash Durasi

$$= \frac{\text{Volume Pengerjaan}}{\text{produktivitas crash}} = \frac{10,2 \text{ m}^3}{3,2 \text{ m}^3/\text{hari}} = 3 \text{ hari}$$

Pada tabel 4 ditunjukkan *crash duration* dari setiap penambahan tenaga kerja.

Tabel 4: Crash Duration Penambahan Tenaga Kerja

Kode	Durasi (hari)	crash duration(hari)			
		25%	50%	75%	100%
D.1.1.1	4	3	3	2	2
D.1.2.1	5	3	3	3	3
D.1.3.1	5	3	3	3	3
D.1.4.1	3	2	2	2	2
D.2.1	10	8	7	6	5
D.2.2	16	12	10	9	8
D.2.3	8	6	6	5	4
D.2.4	12	10	8	7	6
E.1	10	8	7	6	5
E.4	17	13	11	10	9
F	5	4	3	3	3
G	6	5	4	3	3
H	5	4	3	3	3

Berikut merupakan contoh perhitungan *cost slope* untuk kegiatan *Marking/Cutting Equalization Tank* (D1.1.1.) penambahan jam kerja. dengan rincian sebagai berikut.

$$\text{Crash cost (Biaya setelah percepatan)} = \text{Rp } 1255500$$

$$\text{Normal cost (Biaya pada durasi normal/aktual)} = \text{Rp } 992000$$

$$\text{Normal duration (Durasi normal/aktual)} = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Crash duration (Durasi setelah percepatan)} = 3 \text{ hari}$$

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$= \frac{1255500 - 992000}{4 - 3} = 263500$$

Cost slope pada setiap kegiatan dengan penambahan jam kerja dapat di lihat pada tabel 6 dan untuk penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 6 : Cost Slope Penambahan Jam Kerja

Kode	Cost Slope (Rp)
D.1.1.1	263500
D.1.2.1	434000
D.1.3.1	434000
D.1.4.1	93000
D.2.1	868000
D.2.2	829833
D.2.3	1003000
D.2.4	2301000
E.1	2632000
E.4	1086250
F	886000
G	1228500
H	1176000

Tabel 7 : Cost Slope Penambahan Tenaga Kerja

Kode	Cost Slope (Rp)			
	25%	50%	75%	100%
D.1.1.1	519.500	1.287.000	1.199.000	1.199.000
D.1.2.1	519.500	519.500	1.119.000	1.323.000
D.1.3.1	1.175.000	519.500	1.119.000	1.323.000
D.1.4.1	551.500	1.175.000	2.374.000	2.646.000
D.2.1	259.338	426.333	643.500	479.600
D.2.2	3.127.000	527.117	707.436	918.675
D.2.3	2.475.000	3.871.000	4.748.000	3.591.000
D.2.4	854.675	1.149.500	1.869.600	1.724.667
E.1	307.338	1.475.567	1.374.013	1.469.880
E.4	1.701.350	553.783	707.436	920.675
F	1.893.350	1.793.350	2.916.025	3.630.700
G	2.061.350	1.781.350	1.669.350	2.169.800
H	519.500	1.669.350	2.924.025	3.506.700

Dalam mempercepat kegiatan-kegiatan pada proyek, urutan prioritas kegiatan yang dipercepat dimulai dari kegiatan dengan *cost slope* terendah. Hal tersebut dikarenakan kegiatan dengan angka *cost slope* rendah memiliki biaya untuk mempercepat durasi kegiatan per satuan waktu lebih sedikit dibanding kegiatan dengan angka *cost slope* yang lebih tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan percepatan durasi dengan urutan mulai dari kegiatan dengan *cost slope* terendah sehingga durasi keseluruhan proyek yang diinginkan tercapai yaitu sebelum jadwal rencana. Durasi pengerjaan proyek dapat dipersingkat dengan mempercepat durasi pada kegiatan kritis proyek tersebut. Agar dapat mempercepat durasi kegiatan adalah dengan cara menambah jam kerja dan penambahan tenaga kerja. Total *crash duration* dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8 : Crash Duration

Alternatif penyelesaian	Total Durasi (Hari)
Penambahan Jam Lembur	89
Penambahan Tenaga Kerja 25%	86
Penambahan Tenaga Kerja 50%	76

Penambahan Tenaga Kerja 75%	74
Penambahan Tenaga Kerja 100%	74

Alternative Crash duration yang memenuhi waktu optimum adalah penambahan tenaga kerja 75% dan 100%. Sedangkan alternatif yang lainnya tidak memenuhi waktu optimum. Waktu optimum adalah waktu sebelum jadwal rencana yaitu kurang dari 75 hari.

Dengan percepatan durasi, biaya penambahan tenaga kerja akan bertambah. Penambahan biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9: Biaya Tenaga Kerja

Rincian	Biaya (Rp)
Durasi normal	117.984.000
Durasi dipercepat dengan Penambahan Tenaga Kerja 75%	118.168.000
Durasi dipercepat dengan Penambahan Tenaga Kerja 100%	118.576.000

Total biaya langsung dan tidak langsung untuk durasi normal dapat dilihat pada Tabel 10 durasi dipercepat dengan penambahan jam kerja pada Tabel 11 dan dengan penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 10: Total Biaya Durasi Normal

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
	Biaya Langsung	
1.	Biaya tenaga kerja	117,984,000
2.	Biaya material	1,584,662,012
	Biaya Tidak Langsung	
3.	Biaya operasional mesin	20,100,000
4.	Biaya <i>consumable</i>	14,574,000
5.	Biaya tambahan lain	85,625,000
Total		1.822.201.012

Tabel 11: Total Biaya Durasi Dipercepat dengan Penambahan tenaga kerja 75%

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
	Biaya Langsung	
1.	Biaya tenaga kerja	159,992,000
2.	Biaya material	1,584,662,012
	Biaya Tidak Langsung	
3.	Biaya operasional mesin	20,100,000
4.	Biaya <i>consumable</i>	14,574,000
5.	Biaya tambahan lain	85,625,000
6.	penambahan mesin 75%	54.258.300
Total		1.877.287.312

Tabel 12: Total Biaya Durasi Dipercepat dengan Penambahan Tenaga Kerja 100%

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
	Biaya Langsung	
1.	Biaya tenaga kerja	171,816,000
2.	Biaya material	1,584,662,012
	Biaya Tidak Langsung	
3.	Biaya operasional mesin	20,100,000
4.	Biaya <i>consumable</i>	14,574,000
5.	Biaya tambahan lain	85,625,000
6.	Penambahan Mesin 100%	65.282.400
Total		1.888.819.412

Penambahan tenaga kerja 75% merupakan alternatif biaya dan waktu optimum dikarenakan pengurangan biaya

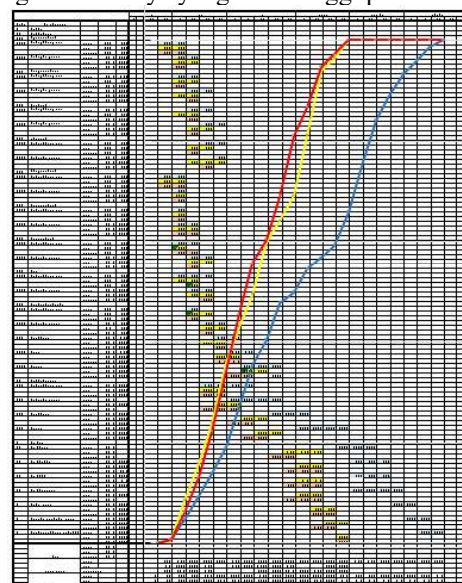
pada alternatif ini lebih besar daripada penambahan tenaga kerja 100%. Perbandingan pengurangan biaya dapat dilihat pada tabel 13

Tabel 13: Perbandingan Biaya *Crash Duration*

No	Uraian	Biaya (Rp)	Selisih Biaya Normal	
			Rp	%
1	Penambahan Tenaga Kerja 75%	1.877.287.312	55.186.300	3,03%
2	Penambahan Tenaga Kerja 100%	1.888.819.412	66.618.400	3,66%

3.4 S-Curve

S-Curve atau juga disebut dengan kurva-S merupakan sebuah grafik yang memiliki fungsi menunjukkan sumber daya tertentu selama pelaksanaan sebuah proyek. (Sugiasturi, N., 2019) menjelaskan bahwa Kurva-S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horisontal. Dapat dilihat pada gambar 2. Garis kurva berwarna biru mewakili jadwal plan/rencana, warna kuning mewakili jadwal aktual, warna merah mewakili jadwal setelah dilakukan percepatan. Dapat dilihat pada garis kurva durasi aktual lebih landai mendekati sumbu x dan kemiringan garis kurva berada dibawah garis kurva rencana menunjukkan perkembangan tiap minggu lebih lambat dan tidak sesuai dengan jadwal rencana. Pada kurva untuk jadwal percepatan (kurva merah) selesai lebih cepat daripada durasi aktual. Garis kurva durasi percepatan lebih miring mendekati sumbu y menandakan perkembangan tiap minggu lebih besar dan garis kurva durasi percepatan tidak jauh berbeda dengan garis kurva rencana menunjukkan kemajuan tiap minggu lebih besar dan tidak jauh berbeda dengan jadwal rencana. Perkembangan tiap minggu yang lebih besar diimbangi dengan pengeluaran biaya yang lebih tinggi pula



■ Durasi Aktual ■ Durasi Percepatan ■ Durasi Rencana

Gambar 4. Kurva-S Proyek waste water treatment plan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Percepatan pada proyek *Waste Water Treatment Plan* meliputi 13 kegiatan. Kegiatan yang dipercepat merupakan kegiatan yang berhubungan dengan tenaga kerja langsung yang ada pada jalur kritis yaitu kegiatan fabrikasi yang terdiri dari *marking & cutting* pada tanki *Equalization Tank*, *Biolog reactor Aerolizer*, *Basin Tank*, dan *Sludge Tank*. Kegiatan fabrikasi *Container* terdiri dari *marking & cutting*, *welding*, *sand blasting*, dan *painting*. Kegiatan *assembly* terdiri dari *assembly* material dan *assembly* perpipaan, serta kegiatan lainnya seperti *Test Commisioning*, *Repair Test Commisioning*, dan kegiatan *Packaging & Delivery*.
2. Percepatan proyek *Waste Water Treatment Plan* yaitu 74 hari dengan biaya optimum sebesar Rp. 1.877.287.312.-
3. Percepatan proyek *Waste Water Treatment Plan* dapat dilakukan dengan penambahan tenaga kerja sebanyak 75% dengan kenaikan biaya sebesar 3,03% dari Rp.1.822.201.012,- menjadi Rp1.877.287.312.-
4. Penelitian yang dilakukan telah optimal, hal tersebut dibuktikan dengan garis pada kurva-S percepatan proyek *Waste Water Treatment Plan* dan garis kurva-S pada proyek actual dibandingkan dengan garis kurva rencana. Garis kurva-S durasi aktual lebih landai mendekati sumbu-x dan kemiringan garis kurva berada dibawah garis kurva rencana menunjukkan perkembangan tiap minggu tidak sesuai dengan jadwal rencana. Garis kurva pada jadwal dengan durasi dipercepat lebih miring mendekati sumbu-y menandakan perkembangan tiap minggu lebih besar dan kemiringan garis kurva durasi percepatan tidak jauh berbeda dengan garis kurva rencana menunjukkan kemajuan

progress pengerjaan tiap minggu mendekati dengan jadwal rencana.

5. PUSTAKA

- [1] Husen, A. (2008). *Manajemen Proyek perancangan, penjadwalan & pengendalian proyek* (Andi (ed.)).
- [2] Mahapatni, I. A. P. S. (2019). *Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi*. In *UNHI Press*.
- [3] Priyo, M., & Sumanto, A. (2016). Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir. *Semesta Teknika*, 19(1), 1–15.
- [4] Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional* (Y. Sumiharti (ed.); 3rd ed.). Erlangga.
- [5] Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1*. In *Erlangga, Jakarta*. <https://doi.org/10.3938/jkps.60.674>
- [6] Sugiasturi, N., R. S. dan A. M. (2019). Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Rol Gilingan Pg . Kreet Baru I Di Pt . Barata Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus Rol Gilingan PG . Kreet Baru I di PT . Barata. *Tugas Akhir*.
- [7] Suherman, S. (2016). Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan Pert Serta Crash Project (Studi kasus: Pembangunan Gedung Main Power House PT. Adhi Karya). ` *Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 2(1), 31–43.
- [8] Wibowo, F. K. (2020). *Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crashing Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah*. Universitas Islam Indonesia.