

Evaluasi dan Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode PDM dan *Crashing* untuk Mempercepat Durasi Pengerjaan Proyek (Studi Kasus Proyek Steel Structure - Primary Crushing)

Muhammad Febri Ariyanto ^{1*}, Renanda Nia Rachmadita ², Aditya Maharani ³

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

Program Studi Teknik Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²
Program Studi Teknik Manajemen Bisnis, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: febriariyanto.m@gmail.com¹

Abstract – Project is a production process that is unique, and is carried out within a certain period of time with limited resources to achieve the targets set. Steel Structure - Primary Crushing is one of mining company's projects in East Java and is carried out by PT. Lintech Duta Pratama. But this project is past the specified deadline These lateness have consequences like fines or decreased client's trust toward company's performance and affect completion for other projects. Optimization is needed to avoid delays. The scheduling method used is a Precedence Diagram Method (PDM) that simpler for overlapping activities. To get a shorter duration of project completion, acceleration (*crashing*) analysis must be done. The results of the study obtained the duration of acceleration from 143 days to 125 days. The acceleration has two alternative, with overwork that increased the costs by 8,97% from the normal costs. While the other alternative is to add more worker that increased the costs by 0,65%. The cost of increasing the worker is lower so that alternative has the optimal cost and time.

Keyword: *Crashing, Network Planning, Precedence Diagram Method, Project, S-Curve.*

1. PENDAHULUAN

Proyek merupakan suatu proses produksi yang memiliki keunikan dan dilaksanakan dalam jangka waktu tertentu dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai sasaran mutu yang telah ditetapkan. Sehingga, agar dapat memenuhi target tertentu, sebuah proyek memerlukan manajemen dan pengelolaan yang baik serta mempertimbangkan segala risiko yang ada. Dalam pelaksanaannya seorang *Project Engineer* bertanggung jawab untuk merencanakan jadwal pelaksanaan proyek, merencanakan kebutuhan sumber daya, memonitoring serta mengawasi progres dari sebuah proyek, serta menginformasikan dan menegosiasikan apabila ada suatu permasalahan kepada klien.

Steel Structure - Primary Crushing merupakan salah satu dari sekian proyek milik perusahaan tambang yang ada di Jawa Timur yang dikerjakan oleh PT. Lintech Duta Pratama. Proyek ini dimulai pada tanggal 5 Juni 2018 hingga pengiriman terakhir pada tanggal 20 Desember 2018. Namun proyek mengalami keterlambatan dari tenggat waktu yang ditentukan yaitu pada tanggal 9 Oktober 2018. Keterlambatan tersebut memiliki konsekuensi terkena denda atau turunnya kepercayaan klien terhadap kinerja perusahaan. Dikarenakan perusahaan menjalankan beberapa proyek dalam satu waktu, keterlambatan proyek ini dapat mempengaruhi proyek yang lain.

Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan penjadwalan menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*) lalu dilanjutkan dengan melakukan percepatan durasi proyek untuk mencapai waktu dan biaya yang optimal. Setelah itu dapat dibandingkan waktu dan biaya antara sebelum dan sesudah dilakukan percepatan 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. Juga tidak membahas permasalahan perekrutan atau penambahan mesin untuk proses percepatan dengan menambah pekerja. Dan untuk pembuatan *S-Curve* berdasarkan biaya tenaga kerja langsung.

2. METODOLOGI .

2.1 *Work Breakdown Structure* (WBS)

Heizer (2017) berpendapat langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan tujuan dari proyek lalu memecah proyek tersebut ke dalam bentuk yang lebih rinci berupa sub-komponen atau kegiatan/aktivitas yang lebih kecil agar lebih mudah untuk dikelola. *Work Breakdown Structure* (WBS) merupakan suatu bagan yang secara hirarki mendeskripsikan suatu proyek ke dalam komponen yang lebih dan lebih kecil. WBS membagi proyek ke dalam menjadi beberapa komponen lalu membaginya lagi kedalam komponen (atau kegiatan) yang lebih rinci lagi.

2.2 Precedence Diagram Method (PDM)

Soeharto (1999) menjelaskan bahwa PDM atau *Precedence Diagram Method* merupakan jaringan kerja yang termasuk dalam kategori AON (*Activity On Node*). Dalam pembuatan jaringan kerja, PDM lebih sederhana dibandingkan dengan metode CPM (*Critical Path Method*) atau PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) yang termasuk dalam kategori AOA (*Activity On Arrow*). Hal tersebut disebabkan karena pada AON tidak memerlukan garis *dummy* pada kegiatan yang saling tumpang tindih dan pengulangan.

Pada metode PDM memiliki konstrain yang terbagi menjadi 4 macam, yaitu:

1. FS (*Finish-Start*) yaitu sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan terdahulu selesai,
2. SS (*Start-Start*) yaitu sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan terdahulu dimulai,
3. FF (*Finish-Finish*), yaitu sebuah kegiatan dapat selesai setelah kegiatan terdahulu selesai,
4. SF (*Start-Finish*), yaitu sebuah kegiatan dapat diselesaikan setelah kegiatan terdahulu dimulai.

Terdapat 2 jenis perhitungan untuk PDM, yaitu perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*). Perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan nilai ES (*Earliest Start*), EF (*Earliest Finish*), LS (*Latest Start*), LF (*Latest Finish*).

Santosa (dalam Putri dkk., 2019) menjelaskan jalur kritis merupakan jalur yang memiliki kegiatan yang tidak dapat ditunda, apabila kegiatan tersebut ditunda maka akan berpengaruh pada waktu penyelesaian keseluruhan dari proyek. Sehingga jalur kritis merupakan jalur dengan nilai *slack/float* sama dengan nol. Pernyataan tersebut dapat dirumuskan menggunakan Persamaan 1.

$$LF - EF = LS - ES = 0 \quad (1)$$

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).

Salah satu cara untuk mempercepat durasi sebuah proyek adalah dengan menambah jam lembur. Selain melakukan percepatan dengan menambah jam lembur, juga dapat dilakukan percepatan dengan menambah pekerja.

Menurut Dipohusodo (dalam Nurdiana, 2015) keseluruhan biaya proyek biasanya meliputi analisis terhadap unsur utama:

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*) merupakan biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumber daya yang akan digunakan dalam menyelesaikan proyek.
2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*) merupakan biaya untuk pengeluaran untuk manajemen, supervisi dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek.

Biaya proyek yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung memiliki hubungan terhadap waktu dan cenderung bertolak belakang. Apabila waktu pelaksanaan pada suatu proyek dipercepat, maka hal tersebut dapat mengakibatkan peningkatan pada biaya langsung tetapi pada biaya tidak langsung akan terjadi penurunan (Sudarsana, 2008).

Crashing dilakukan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang memungkinkan untuk dilakukan percepatan. Dalam melakukan *crashing*, agar biaya untuk melakukan percepatan seminimal mungkin maka percepatan dapat dilakukan mulai pada kegiatan dengan nilai *cost slope* yang paling kecil. Soeharto (1999) menjelaskan bahwa *cost slope* merupakan penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Nilai dari *cost slope* dapat dicari menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \quad (2)$$

2.4 Kurva-S

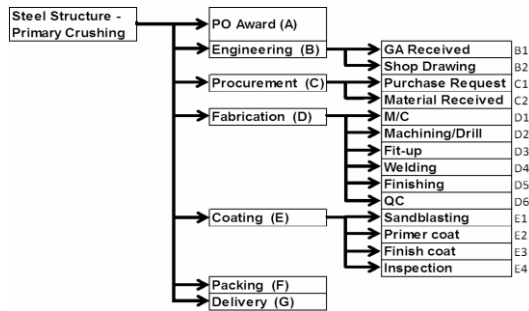
Sugiasturi dkk. (2019) menjelaskan bahwa kurva-S atau *S-curve* merupakan sebuah alat yang berbentuk bagan yang menunjukkan kurva perbandingan antara perkembangan proyek yang direncanakan dan kemajuan proyek secara aktual terhadap waktu dengan mempertimbangkan bobot tiap kegiatan. Kurva-S berfungsi untuk menganalisis kemajuan proyek secara keseluruhan serta untuk mengontrol penyimpangan pada kemajuan proyek dengan membandingkannya dengan kurva rencana.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Work Breakdown Structure (WBS)

Proyek *Steel Structure - Primary Crushing* merupakan sebuah proyek milik perusahaan tambang yang terletak di Jawa Timur. Proyek ini berbentuk struktur baja yang berfungsi sebagai struktur penyokong untuk alat *crushing* yang mengubah bongkahan bijih tambang menjadi ukuran yang lebih kecil. Proyek dengan berat total sebesar 80.645 Kg tersebut memiliki WBS (*Work*

Breakdown Structure) seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Work Breakdown Structure untuk Proyek Steel Structure - Primary Crushing

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. Setelah WBS telah dibuat, selanjutnya adalah mengelompokkan dan mengidentifikasi durasi dan hubungan ketergantungan antar aktivitas/ kegiatan. Identifikasi akan dilakukan pada jadwal rencana plan (rencana) seperti pada Tabel 1 dan jadwal aktual lapangan pada Tabel 2.

Tabel 1: Pengelompokan Kegiatan dan Durasi Jadwal Rencana

Kode Kegiatan	Kegiatan	Durasi (Hari)	Predecessor/ Kegiatan terdahulu
A	PO Award	1	
B	Engineering		
	1. GA Received 2. Shop Drawing	3 10	A B1
C	Procurement		
	1. Purchase Request 2. Material Received	3 20	B1 C1
D	Fabrication		
	1. M/C	55	B2 FS -3; C2 FS -19
	2. Machining/Drill	57	D1 FS -54
	3. Fit-up	58	D2 FS -55
	4. Welding	55	D3 FS -55
	5. Finishing 6. QC	54 63	D4 FS -52 D1 SS +1
E	Coating		
	1. Sandblasting	52	D6 FS -50; D5 FS -49
	2. Primer coat	55	E1 FS -52
	3. Finish coat 4. Inspection	55 51	E2 FS -50 E3 FS -50
F	Packing	35	E4 FS -32
G	Delivery	25	F FS -23

Tabel 2: Pengelompokan Kegiatan dan Durasi Jadwal Aktual

Kode Kegiatan	Kegiatan	Durasi (Hari)	Predecessor/ Kegiatan terdahulu
A	PO Award	1	
B	Engineering		
	1. GA Received 2. Shop Drawing	3 110	A B1
C	Procurement		
	1. Purchase Request 2. Material Received	5 106	B1 C1
D	Fabrication		

E	1. M/C	92	B2 FS -70; C2 FS -74
	2. Machining/Drill	93	D1 FS -92
	3. Fit-up	92	D2 FS -91
	4. Welding	92	D3 FS -92
	5. Finishing	90	D4 FS -90
	6. QC	94	D1 SS +1
E	Coating		
	1. Sandblasting	91	D6 FS -90; D5 FS -89
	2. Primer coat	91	E1 FS -91
	3. Finish coat 4. Inspection	89 88	E2 FS -88 E3 FS -88
F	Packing	89	E4 FS -88
G	Delivery	89	F FS -88

Tahap selanjutnya adalah perhitungan maju (forward pass) dan perhitungan mundur (backward pass). Perhitungan maju digunakan untuk mengetahui nilai ES/Earliest Start (waktu paling cepat dimulainya sebuah kegiatan) dan EF/Earliest Finish (waktu paling cepat selesainya sebuah kegiatan). Sedangkan untuk perhitungan mundur untuk mengetahui nilai LS/Latest Start (waktu paling akhir dimulainya sebuah kegiatan) dan LF/Latest Finish (waktu paling akhir selesainya sebuah kegiatan).

Setelah nilai ES, EF, LS, dan LF diperoleh, maka dapat ditentukan jalur kritis dari sebuah proyek menggunakan Persamaan 1. Perhitungan maju dan mundur untuk kegiatan dengan durasi jadwal rencana dan aktual berurutan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3: Perhitungan Maju dan Mundur Pada Jadwal Rencana

Kode Kegiatan	Paling Awal		Paling Akhir		Total Slack	Keterangan
	ES	EF	LS	LF		
A	0	1	0	1	0	Kritis
B1	1	4	1	4	0	Kritis
B2	4	14	4	14	0	Kritis
C1	4	7	7	10	3	Tidak Kritis
C2	7	27	10	30	3	Tidak Kritis
D1	11	66	11	66	0	Kritis
D2	12	69	12	69	0	Kritis
D3	14	72	14	72	0	Kritis
D4	17	72	17	72	0	Kritis
D5	20	74	20	74	0	Kritis
D6	12	75	12	75	0	Kritis
E1	25	77	25	77	0	Kritis
E2	25	80	25	80	0	Kritis
E3	30	85	30	85	0	Kritis
E4	35	86	35	86	0	Kritis
F	54	89	54	89	0	Kritis
G	66	91	66	91	0	Kritis

Tabel 4: Perhitungan Maju dan Mundur Pada Jadwal Aktual

Kode Kegiatan	Paling Awal		Paling Akhir		Total Slack	Keterangan
	ES	EF	LS	LF		
A	0	1	0	1	0	Kritis
B1	1	4	1	4	0	Kritis
B2	4	114	4	114	0	Kritis
C1	4	9	7	12	3	Tidak Kritis
C2	9	115	12	118	3	Tidak Kritis
D1	44	136	44	136	0	Kritis

D2	44	137	44	137	0	Kritis
D3	46	138	46	138	0	Kritis
D4	46	138	46	138	0	Kritis
D5	48	138	48	138	0	Kritis
D6	45	139	45	139	0	Kritis
E1	49	140	49	140	0	Kritis
E2	49	140	49	140	0	Kritis
E3	52	141	52	141	0	Kritis
E4	53	141	53	141	0	Kritis
F	53	142	53	142	0	Kritis
G	54	143	54	143	0	Kritis

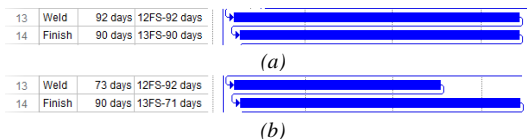
Dapat diketahui total waktu penyelesaian proyek *Steel Structure – Primary Crushing* pada jadwal rencana adalah selama 91 hari dan total waktu yang digunakan untuk merealisasikan jadwal aktual di lapangan mencapai 143 hari. Terdapat 2 jalur kritis yaitu pada jalur dengan kegiatan: A-B1-B2-D1-D2-D3-D4-D5-E1-E2-E3-E4-F-G dan A-B1-B2-D6-E1-E2-E3-E4-F-G.

3.3 Mempersingkat Kurun Waktu (*crashing*)

Setelah diketahui kegiatan-kegiatan kritis pada proyek, selanjutnya adalah menghitung durasi baru untuk percepatan masing-masing kegiatan. Tidak semua kegiatan dapat dipercepat. Kegiatan yang dipercepat terbatas pada kegiatan langsung pada jalur kritis yang memungkinkan untuk dilakukan percepatan. Yaitu pada jalur kritis A-B1-B2-D1-D2-D3-D4-D5-E1-E2-E3-E4-F-G.

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, memiliki total biaya lebih rendah dibanding dengan menggunakan urutan acak.

Namun, pada proyek *Steel Structure - Primary Crushing* pada penelitian ini memiliki kegiatan yang tumpang tindih (*overlapping*). Sehingga jika hanya mempercepat satu atau beberapa kegiatan tidak akan merubah durasi secara keseluruhan. Terlebih lagi kegiatan *predecessor* yang dipercepat akan menyebabkan tumpukan pekerjaan pada kegiatan setelahnya. Ilustrasi percepatan pada kegiatan tumpang tindih dapat dilihat pada Gambar 2. Oleh karena itu percepatan pada proyek *Steel Structure - Primary Crushing* dilakukan dengan mempercepat semua kegiatan dengan tenaga kerja langsung selama 18 hari.



Gambar 2. (a) Perbandingan Jadwal Sebelum dan (b) Setelah Percepatan hanya pada 1 Kegiatan “Weld”

Durasi pengerjaan proyek dapat dipersingkat dengan mempercepat durasi pada kegiatan kritis proyek tersebut. Agar dapat mempercepat durasi kegiatan adalah dengan cara menambah jam kerja (lembur) atau dengan penambahan pekerja. Dengan penambahan nilai pada parameter tersebut, sudah sepantasnya biaya yang diperlukan akan bertambah. Penambahan biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Perbandingan Biaya Tenaga Kerja Langsung

Rincian	Biaya (Rp)	% kenaikan biaya
Durasi normal	783.070.345	-
Durasi dipercepat dengan penambahan jam kerja	1.052.495.964	34,41%
Durasi dipercepat dengan penambahan tenaga kerja	837.549.832	6,96%

Berbeda dengan pengeluaran biaya untuk tenaga kerja langsung, jumlah biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja tidak langsung pada durasi dipercepat lebih kecil (Rp. 253.914.618) daripada durasi normal (Rp. 291.532.000). Hal tersebut sesuai dengan pendapat Sudarsana (2008) yang menjelaskan bahwa biaya proyek yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung memiliki hubungan terhadap waktu dan cenderung bertolak belakang. Apabila waktu pelaksanaan pada suatu proyek dipercepat, maka hal tersebut dapat mengakibatkan peningkatan pada biaya langsung tetapi pada biaya tidak langsung akan terjadi penurunan.

Total biaya langsung dan tidak langsung untuk durasi normal dapat dilihat pada Tabel 6; durasi dipercepat dengan penambahan jam kerja pada Tabel 7; dan dengan penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 6: Total Biaya Durasi Normal

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
Biaya Langsung		
1.	Biaya tenaga kerja langsung	783.070.345
2.	Biaya material	1.150.926.650
3.	Biaya <i>consumable</i>	130.298.400

Tabel 6: Total Biaya Durasi Normal (Lanjutan)

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
Biaya Tidak Langsung		
4.	Biaya tenaga kerja tidak langsung	291.532.000
5.	Biaya operasional mesin	215.156.250
6.	Biaya tambahan lain	12.096.818
Total		2.583.080.463

Tabel 7: Total Biaya Durasi Dipercepat dengan Penambahan Jam Kerja

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
Biaya Langsung		
1.	Biaya tenaga kerja langsung	1.052.495.964

2.	Biaya material	1.150.926.650
3.	Biaya <i>consumable</i>	130.298.400
	Biaya Tidak Langsung	
4.	Biaya tenaga kerja tidak langsung	253.914.618
5.	Biaya operasional mesin	215.156.250
6.	Biaya tambahan lain	12.096.818
Total		2.814.888.700

Tabel 8: Total Biaya Durasi Dipercepat dengan Penambahan Tenaga Kerja

No.	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
	Biaya Langsung	
1.	Biaya tenaga kerja langsung	837.549.832
2.	Biaya material	1.150.926.650
3.	Biaya <i>consumable</i>	130.298.400
	Biaya Tidak Langsung	
4.	Biaya tenaga kerja tidak langsung	253.914.618
5.	Biaya operasional mesin	215.156.250
6.	Biaya tambahan lain	12.096.818
Total		2.599.942.568

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapat waktu optimal pada saat umur proyek 125 hari menggunakan opsi penambahan tenaga kerja dengan biaya yang lebih murah yaitu dengan total biaya Rp.2.599.942.568,- yang terdiri dari biaya langsung sebesar Rp.2.118.774.882,- dan biaya tidak langsung sebesar Rp.481.167.686,-. Sedangkan pada durasi aktual selama 143 hari menghabiskan total biaya sebesar Rp.2.583.080.463,- dengan total biaya langsung sebesar Rp.2.064.295.395 dan biaya tidak langsung sebesar Rp.518.785.068,- yang lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 9. Sehingga percepatan yang dilakukan dari durasi awal selama 143 hari menjadi 125 hari terjadi penambahan biaya sebesar Rp.16.862.105,- atau 0,65% dari biaya normal. Percepatan dilakukan dengan menambah tenaga kerja pada kegiatan langsung yang berada pada jalur kritis yaitu *Marking/Cutting, Machining/Drill, Fit-up, Welding, Finishing, Sandblasting, Primer coat, Finish coat, dan Packing.*

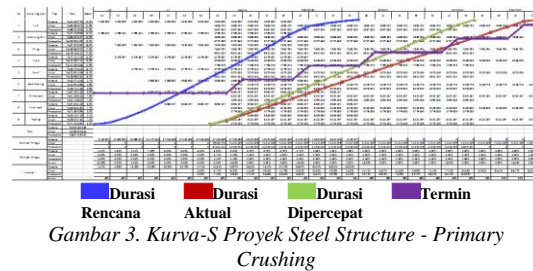
Tabel 8: Total Biaya Durasi Dipercepat dengan Penambahan Tenaga Kerja

Umur Proyek (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
143	2.064.295.395	518.785.068	2.583.080.463
125	2.118.774.882	481.167.686	2.599.942.568

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 (2019) menjelaskan bahwa Kurva-S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu *horizontal*. Pada penelitian ini melainkan penggambaran kemajuan kerja,

digunakan pengeluaran biaya untuk tenaga kerja langsung.



Pada Gambar 3 Garis kurva berwarna biru mewakili jadwal *plan*/rencana, warna merah mewakili jadwal aktual, warna hijau mewakili jadwal setelah dilakukan percepatan, dan warna ungu mewakili kurva termin. Dapat dilihat pada kurva termin dengan nilai DP (*Down Payment*) atau termin pertama sebesar 35% dan berangsur penambahan sebesar 13% per bulan mulai dari Bulan Agustus hingga Desember untuk progres tiap bulan. Untuk sisa pembayaran termin 5% akan dibayarkan setelah proyek selesai dan ditambah dengan jangka waktu tertentu sesuai kontrak untuk jaminan kualitas.

Pada kurva untuk jadwal percepatan (kurva hijau) dapat selesai lebih cepat daripada durasi aktual dikarenakan garis yang lebih miring dan jika kurva-S tersebut berada di atas kurva-S lain, maka volume penyelesaian pekerjaan lebih besar daripada hingga akhir proyek, hal ini dapat mempercepat durasi penyelesaian proyek. Pekerjaan tiap minggu yang lebih besar diimbangi dengan pengeluaran biaya yang lebih tinggi pula. Biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja langsung pada jadwal percepatan lebih besar 7,71% dari biaya kerja langsung normal.

4. KESIMPULAN

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

1. Penjadwalan pada proyek *Steel Structure - Primary Crushing* menggunakan metode PDM menunjukkan durasi penyelesaian proyek untuk jadwal rencana atau plan selama 91 hari dan untuk jadwal aktual selama 143 hari dengan jalur kritis pada jalur kegiatan A-B1-B2-D1-D2-D3-D4-D5-E1-E2-E3-E4-F-G dan A-B1-B2-D6-E1-E2-E3-E4-F-G.

2. Percepatan durasi proyek *Steel Structure - Primary Crushing* menjadi 125 hari dari 143 hari dilakukan dengan dua alternatif, yaitu dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Alternatif penambahan jam kerja memiliki penambahan biaya menjadi Rp.2.814.888.700,- atau peningkatan sebesar 8,97% dari biaya durasi normal yang sebesar Rp.2.583.080.463,-. Sedangkan pada alternatif penambahan tenaga kerja menghasilkan

peningkatan biaya menjadi Rp.2.599.942.568,- atau peningkatan sebesar 0,65%. Biaya yang dikeluarkan untuk percepatan menjadi durasi 125 hari dengan alternatif penambahan tenaga kerja lebih rendah sehingga alternatif tersebut memiliki biaya dan waktu yang optimal.

3. Perbandingan waktu dan biaya proyek *Steel Structure – Primary Crushing* menggunakan kurva-S didapatkan bahwa pada jadwal dengan durasi dipercepat dapat selesai lebih cepat daripada durasi aktual dikarenakan garis kurva yang lebih miring menandakan perkembangan tiap minggu lebih besar. Namun perkembangan tiap minggu yang lebih besar harus diimbangi dengan pengeluaran biaya yang lebih tinggi pula. Biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja langsung pada jadwal percepatan lebih besar 7,71% dari biaya kerja langsung normal.

5. PUSTAKA

- [1] Heizer, J., B. Render, C. Munson (2017). **Operation Management: Sustainability and Supply Chain Management, 12th Edition.** Pearson, New York.
- [2] Nurdiana, A. (2015). *Analisis Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Pembangunan Best Western Star Hotel & Star Apartement Semarang.* **Teknik**, Vol. 36, No. 2, pp.105-9.
- [3] Putri, A., R. N. Rachmadita dan M.C. Rizal (2019). *Evaluasi Penjadwalan Proyek Sebagai Upaya Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Precedence Diagram Method (Studi Kasus Proyek Conveyor CO-7).* **Tugas Akhir**, Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [4] Soeharto, I. (1999). **Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1.** Erlangga, Jakarta.
- [5] Sudarsana, D.K. (2008). *Pengendalian Biaya Dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi.* **Jurnal Ilmiah Teknik Sipil**, Vol. 12, No. 2, pp.117-25.
- [6] Sugiasturi, N., R. Sandora dan A. Maharani (2019). *Optimasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* **Tugas Akhir**, Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.