

Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi dengan Metode *Critical Chain Project Management* dan *Root Cause Analysis* (Studi Kasus: Proyek Pengadaan Material dan Jasa Konstruksi GI 150 kV Arjasa)

Widiasatria Utama dan Bambang Syairudin

Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: bambangsyairudin@gmail.com

Abstrak—Dalam proses mencapai tujuan, proyek memiliki karakteristik yang disebut sebagai *triple constraint*, antara lain target waktu, biaya, dan persyaratan kinerja yang spesifik. Keterlambatan pengerjaan proyek merupakan permasalahan yang sedang dihadapi oleh PT. Hasta Karya Perdana sebagai kontraktor utama proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, secara umum hal ini disebabkan oleh permasalahan yang dialami oleh stakeholder internal dan eksternal proyek. *Root Cause Analysis* (RCA) berfungsi sebagai metode untuk mengetahui akar permasalahan dari kejadian-kejadian yang menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek dengan alat cause-and-effect diagram kerangka 5M dan 5Why's. *Critical Chain Project Management* (CCPM) adalah metode penjadwalan proyek yang menekankan pada konsep *theory of constraints* dengan *buffer* sebagai alat optimalisasi kinerja pengerjaan proyek untuk menggunakan sumber daya yang tersedia. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pada manajemen proyek dan tim proyek GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana didapat 3 penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek terdiri dari kategori method, material, dan man. Dari hasil dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek didapatkan 7 aspek yang menjadi keberhasilan dalam pengerjaan proyek, digolongkan dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, dan pemilik proyek. Sedangkan terdapat 14 aspek yang menghambat pengerjaan proyek, dapat digolongkan dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, pemilik proyek, dan faktor eksternal. Kemudian berdasarkan hasil pengolahan dengan Microsoft Project didapatkan durasi pengerjaan proyek dengan CCPM menjadi 601,05 hari kalender termasuk dengan *buffer* waktu dan pengurangan biaya tenaga kerja sebesar Rp495.389.930.

Kata Kunci—Manajemen Proyek, *Critical Chain Project Management*, *Root Cause Analysis*, Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek.

I. PENDAHULUAN

PROYEK merupakan serangkaian aktivitas untuk menghasilkan produk, layanan, atau hasil yang unik. Proyek bertujuan untuk memuaskan kebutuhan pelanggan. Dalam proses mencapai tujuan, proyek memiliki karakteristik yang disebut sebagai *triple constraint*, antara lain target waktu, biaya, dan persyaratan kinerja yang spesifik.

Manajemen proyek merupakan penerapan dari pengetahuan, kemampuan, peralatan, dan metode kerja dalam aktivitas proyek untuk memenuhi persyaratan proyek [1]. Manajemen proyek berperan penting dalam keberhasilan perusahaan untuk melaksanakan proyek dengan efektif dan

Waktu Pelaksanaan		Pencapaian (%)			
		Rencana	Realisasi	Deviasi	
2019	Nopember	Minggu 48	99,114	13,297	85,8164
		Minggu 49	99,118	13,765	85,3535
		Minggu 50	99,122	14,290	84,8323
		Minggu 51	99,127	14,563	84,5643
		Minggu 52	99,244	14,688	84,5564
	Desember	Minggu 53	99,362	15,419	83,9429
		Minggu 54	99,479	17,169	82,3101
		Minggu 55	99,596	17,223	82,3731
		Minggu 56	99,714	17,704	82,0100
		Minggu 57	99,831	21,482	78,3489
2020	Januari	Minggu 58	99,948	21,797	78,1513
		Minggu 59	99,974	22,023	77,9508
		Minggu 60	100,000	22,132	77,8678
	Februari	Minggu 61	22,1322	22,2532	-0,1210
		Minggu 62	23,4021	23,7246	-0,3225
		Minggu 63	25,0461	35,0783	-10,032
	Maret	Minggu 64	27,1576	35,2294	-8,0717
		Minggu 65	32,6603	35,8226	-3,1624

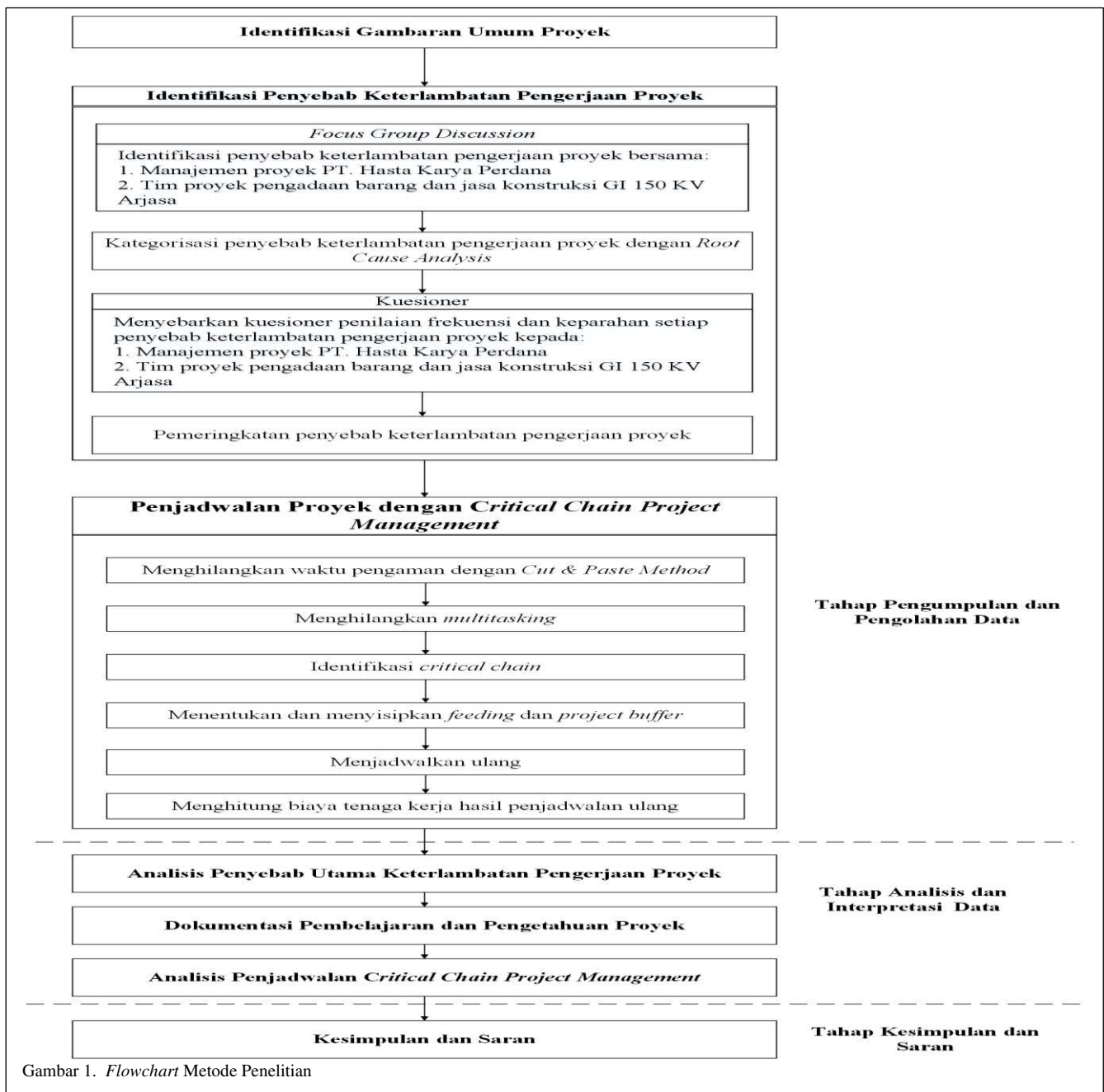
efisien, seiring dengan banyaknya proyek yang digarap oleh perusahaan.

PT. Hasta Karya Perdana merupakan perusahaan swasta yang bergerak pada bidang *Engineering*, *Procurement*, and *Construction* di Surabaya sejak tahun 1983. Berdasarkan data pada minggu ke-13 bulan Maret 2020 saat ini perusahaan sedang mengerjakan 9 proyek konstruksi yang tersebar pada 6 wilayah di Indonesia.

Pada penelitian ini, PT. Hasta Karya Perdana merupakan kontraktor utama (penyedia barang atau jasa) pada proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi Gardu Induk (GI) 150kV Arjasa di Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa dibagi menjadi enam tahapan, antara lain tahapan perencanaan, pengadaan material, pekerjaan konstruksi sipil, pekerjaan elektromekanikal, *testing and commissioning*, dan *energized*.

Dalam pelaksanaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa, PT. Hasta Karya Perdana sebagai kontraktor utama menghadapi adanya keterlambatan dalam pengerjaan proyek. Sebagai contoh, Tabel 1 menampilkan data rencana pencapaian dan realisasi pencapaian pengerjaan proyek periode Nopember 2019 sampai dengan Maret 2020.

Dari Tabel 1 diketahui pada akhir minggu ke-60 terdapat selisih antara kumulatif bobot rencana dengan realisasi



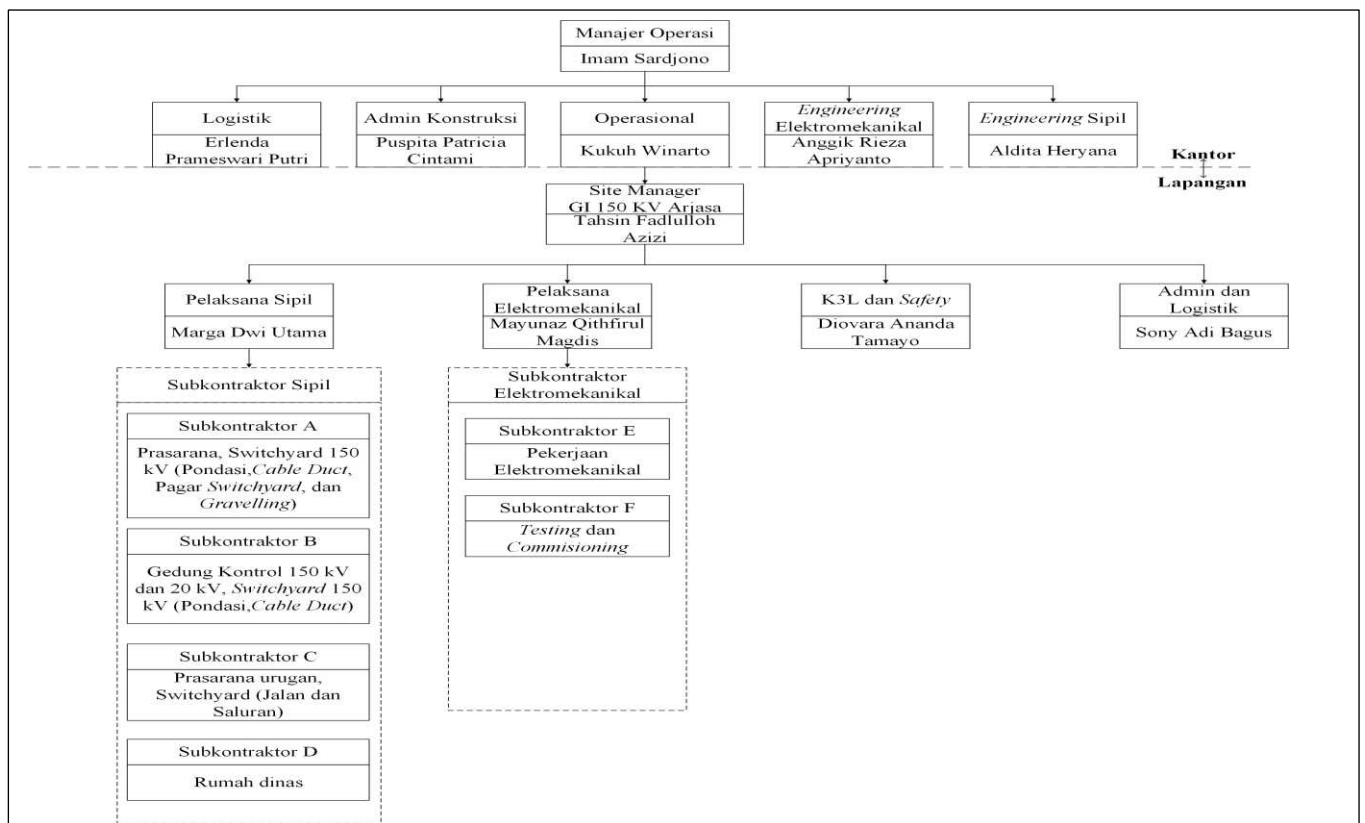
sebesar 77,868%. Sehingga kontraktor utama mengajukan perpanjangan waktu pengerjaan proyek melalui amendemen kontrak I kepada pemilik proyek untuk dapat menyelesaikan pengerjaan proyek terhitung mulai minggu ke-61.

Terjadinya keterlambatan disebabkan oleh permasalahan yang timbul pada saat pengerjaan proyek, secara umum penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pada negara berkembang didominasi oleh hubungan antara pemlik proyek dengan kontraktor sebagai *stakeholder* proyek. Hal ini diperkuat dengan fakta bahwa terjadinya deviasi antara perencanaan dan pelaksanaan serta kontraktor yang tidak memiliki cukup pengalaman [2].

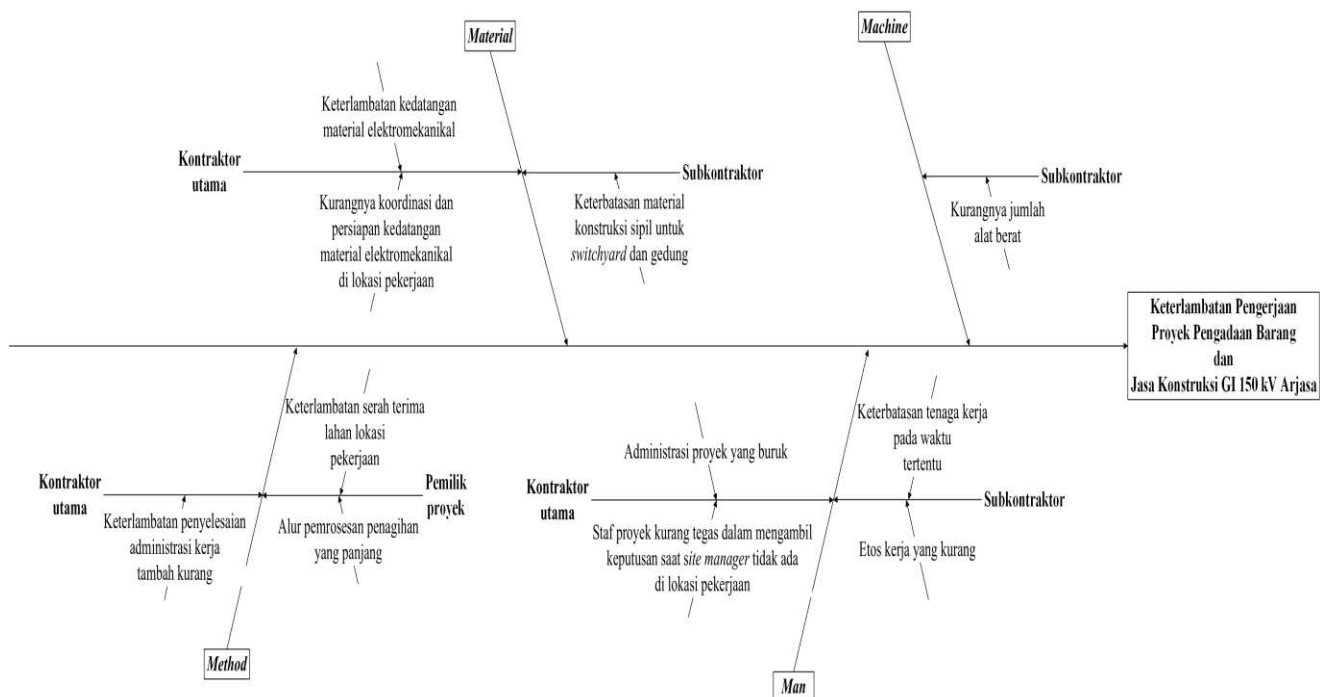
Keterlambatan dalam pengerjaan proyek dapat menjadi suatu masalah jika tidak dapat dikelola dan dikendalikan dengan baik. Salah satu metode untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dan pengendalian proyek adalah metode *Root Cause Analysis* (RCA) dengan alat *cause-and-effect diagram* untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek

berdasarkan model 5M (*machine, method, material, man power* atau *man*, dan *measurement*) dan 5Why's untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari penyebab keterlambatan pengerjaan proyek. Penerapan RCA diharapkan dapat membantu perusahaan untuk mampu mengetahui akar permasalahan dari kejadian-kejadian yang menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek.

Setiap pengalaman dan pengetahuan akan berguna dalam melakukan aktivitas proyek selanjutnya jika terdokumentasikan dengan baik oleh perusahaan. Dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek mencakup kategori dan deskripsi suatu kejadian dari segi keberhasilan, hambatan, dan tindakan yang dilakukan terkait dengan kejadian tersebut. Dengan mendokumentasikan informasi pembelajaran dan pengetahuan dari pengerjaan setiap proyek, diharapkan perusahaan mampu untuk meningkatkan hasil proyek dan mendukung operasional perusahaan demi mencapai keberhasilan proyek yang



Gambar 2. Struktur Organisasi Proyek.



Gambar 3. Cause-and-effect Diagram Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek.

berkelanjutan. Penjadwalan proyek harus dilakukan dengan layak karena karakteristik *triple constraint* yang melekat pada setiap proyek, salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Critical Chain Project Management (CCPM)*. Metode ini didasarkan pada konsep *theory of constraints* dengan *buffer* sebagai alat optimalisasi kinerja pengerjaan proyek untuk menggunakan sumber daya yang tersedia. Bila dibandingkan dengan metode penjadwalan *Critical Path Method (CPM)*, metode CCPM lebih memprioritaskan kesuksesan proyek secara keseluruhan dengan menghilangkan waktu cadangan

untuk setiap aktivitas dan memfokuskan pada penyelesaian *critical chain* proyek sehingga dapat mengatasi kekurangan CPM dari segi *safety time* yang berlebih pada setiap aktivitas. Penerapan CCPM dengan baik dan benar dapat mempersingkat durasi dan meningkatkan kinerja pengerjaan proyek, namun harus diiringi oleh usaha kontraktor dalam melakukan sosialisasi, pelatihan, dan kontrol intensif dalam penerapannya [3].

Berdasarkan pada permasalahan yang dihadapi oleh PT. Hasta Karya Perdana dalam pengerjaan proyek pengadaan

Tabel 2.
Pemeringkatan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	FI	SI	IMPI	Peringkat
10	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	85	82,5	70,13	1
9	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	77,5	82,5	63,94	2
7	Etos kerja yang rendah	80	77,5	62	3
6	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	70	75	52,5	4
4	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	70	70	49	6
2	Administrasi proyek yang buruk	70	62,5	43,75	7
8	Kurangnya jumlah alat berat	60	67,5	40,5	8
1	Keterlambatan penyelesaian administrasi pekerjaan tambah atau kurang	65	60	39	9
5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	67,5	57,5	38,81	10
3	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	62,5	60	37,5	11

barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, maka diberikan usulan untuk menggunakan metode CCPM dan RCA serta mendokumentasikan pembelajaran dan pengetahuan proyek sebagai panduan untuk mencapai keberhasilan dalam proyek melalui peningkatan kinerja pengerjaan proyek sehingga perusahaan dapat menyelesaikan proyek sesuai dengan kontrak kerja yang telah disepakati dengan pemilik proyek.

II. METODE PENELITIAN

Terdapat tiga tahapan dalam penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.

A. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

1) Identifikasi Gambaran Umum Proyek

Meliputi pendefinisian cakupan proyek, pendefinisian struktur organisasi proyek, pendefinisian *Work Breakdown Structure* (WBS), penentuan matriks tanggung jawab dengan metode RACI (*Responsible, Accountable, Consulted, dan Informed*). Selanjutnya penjadwalan proyek, pengalokasian tenaga kerja, dan penetapan biaya tenaga kerja dengan metode *Critical Path Method*.

2) Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Pengumpulan data penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dilakukan dengan *Focus Group Discussion* bersama manajemen proyek dan tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana. Kegiatan FGD dilakukan secara terpisah pada saat proses pengerjaan proyek berlangsung. Digunakan teknik triangulasi data untuk memperkuat validitas data. Seluruh penyebab keterlambatan yang telah teridentifikasi akan dikategorikan dalam *cause-and-effect diagram* model 5M [4]. Dilanjutkan dengan penyebaran kuesioner secara sensus kepada peserta

Tabel 3.
Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek oleh Pemilik Proyek

No.	Penyebab Utama Keterlambatan	Kategori	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
1	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	Method	Kebijakan pemilik proyek mengenai prosedur penagihan	-	-	-	-

FGD. Setelah terkumpul hasil kuesioner, maka dapat dilakukan perhitungan pemeringkatan penyebab keterlambatan dengan rumus perhitungan [5].

$$\text{Frequency Index (FI)} = \sum \left[f \times \left(\frac{n}{N} \right) \times \frac{100}{4} \right], \quad (1)$$

dimana:

f = konstanta dari pembobotan frekuensi yang diharapkan dari masing-masing responden (1 = sangat jarang terjadi, 2 = jarang terjadi, 3 = mungkin terjadi, 4 = sangat mungkin terjadi),

n = frekuensi responden yang memberikan nilai f tertentu,

N = jumlah keseluruhan responden.

$$\text{Severity Index (SI)} = \sum \left[s \times \left(\frac{n}{N} \right) \times \frac{100}{4} \right], \quad (2)$$

dimana:

s = konstanta dari pembobotan keparahan yang diberikan dari masing-masing responden (1 = tidak berpengaruh, 2 = sedikit berpengaruh, 3 = berpengaruh, 4 = sangat berpengaruh),

n = frekuensi responden yang memberikan nilai s tertentu,

N = jumlah keseluruhan responden.

$$\text{Importance Index (IMP.I)} = \frac{FI \times SI}{100}, \quad (3)$$

dimana:

FI = nilai *frequency index*,

SI = nilai *severity index*.

Selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek dengan prinsip pareto.

3) Penjadwalan Proyek dengan Critical Chain Project Management

Penjadwalan proyek dilakukan dengan *software* Microsoft Project berdasarkan *Work Breakdown Structure* (WBS) yang terdiri dari enam tahap: menghilangkan waktu pengaman dengan metode *Cut and Paste Method* (C&PM) dengan persentase waktu pengaman setiap aktivitas berdasarkan *expert judgment* dari manajer operasional PT. Hasta Karya Perdana yaitu sebesar 20%, identifikasi konflik tenaga kerja pada aktivitas proyek dan hilangkan dengan menambahkan *resource constraint*, identifikasi *critical chain* dengan *forward pass* dan *backward pass*, menentukan durasi *project* dan *feeding buffer* dengan metode *Square Root of the Sum of the Squares* (SSQ) dan menyisipkan *buffer* dalam penjadwalan, *feeding buffer* yang disisipkan dalam penjadwalan adalah yang memiliki nilai terbesar atau rantai terpanjang [6]. Kemudian melakukan penjadwalan ulang apabila terdapat konflik tenaga kerja, dan menghitung biaya tenaga kerja hasil penjadwalan.

Tabel 4.
Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek oleh Subkontraktor

No.	Penyebab Utama Keterlambatan	Kategori	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
1	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	Material	Subkontraktor tidak mampu untuk melakukan pengadaan material konstruksi sipil sesuai dengan persyaratan	Keterbatasan dana subkontraktor	Manajemen subkontraktor buruk	-	-
2	Etos kerja yang rendah	Man	Subkontraktor hanya bergantung pada pendanaan dari kontraktor utama	Keterbatasan dana subkontraktor	Manajemen subkontraktor buruk	-	-

Tabel 5.
Perbandingan Penjadwalan CPM dan CCPM

Metode Penjadwalan	Durasi	Alokasi Jumlah Tenaga Kerja	Biaya Tenaga Kerja
CPM	633 hari kalender	146 orang	Rp2.210.182.350
CCPM	601,05 hari kalender	146 orang	Rp1.714.792.420

B. Tahap Analisis dan Interpretasi Data

1) Analisis Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Mengetahui akar permasalahan dari setiap penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek dengan metode 5 Why's.

2) Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek

Memuat kategori dan deskripsi dari setiap keberhasilan dan hambatan pengerjaan proyek serta tindakan yang telah dilakukan

3) Analisis Penjadwalan Critical Chain Project Management

Membandingkan penjadwalan awal dengan CPM dan penjadwalan ulang dengan CCPM dari segi durasi pengerjaan, jumlah dan biaya tenaga kerja yang dialokasikan. Kemudian dilakukan analisis *buffer management* untuk memudahkan pengendalian proyek berdasarkan banyaknya *buffer waktu (project dan feeding buffer)* yang digunakan.

C. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian. Sedangkan saran diberikan kepada PT. Hasta Karya Perdana dan penelitian sejenis selanjutnya.

III. PENGUMPULAN DATA

A. Identifikasi Gambaran Umum Proyek

1) Cakupan Proyek

Secara umum cakupan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa meliputi:

- Dua *Transmission Line bay (T/L bay)* 150 kV ke arah GI 150 kV Jember sirkit ½
- Dua *Transmission Line bay (T/L bay)* 150 kV ke arah GI 150 kV Bondowoso sirkit ½
- Dua *Transformator bay (T/R bay)* 150 kV untuk pemasangan trafo 60 MVA, 150/20 kV
- Satu *bay* Kopel 150 kV

Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah 633 hari kalender terhitung sejak tanggal penandatanganan kontrak atau kontrak efektif sampai dengan berita acara serah terima pekerjaan tahap pertama dengan nilai kontrak gabungan *lumpsum* dan harga satuan senilai Rp79.413.633.622.

Zona Pemakaian Buffer Waktu	Project Buffer (Hari)	Durasi Terpakai (Hari)
0% - 33%	20,5	<6,78
34% - 66%	20,5	6,78 sampai 13,53
67 - 100%	20,5	>13,53
Zona hijau	Zona kuning	Zona merah

Gambar 4. Zona Pemakaian Buffer Waktu pada Project Buffer

Kode Feeding Buffer	Zona Pemakaian Buffer Waktu	Durasi Buffer (Hari)	Durasi Terpakai (Hari)
Feeding Buffer -1	0% - 33%	24,5	<8,1
	34% - 66%	24,5	8,1 sampai 16,17
	67 - 100%	24,5	>16,17
Feeding Buffer -2	0% - 33%	34,7	<11,45
	34% - 66%	34,7	11,45 sampai 22,9
	67 - 100%	34,7	>22,9
Feeding Buffer -3	0% - 33%	32,8	<10,82
	34% - 66%	32,8	10,82 sampai 21,6
	67 - 100%	32,8	>21,65
Feeding Buffer -4	0% - 33%	33,9	<11,19
	34% - 66%	33,9	11,19 sampai 22,3
	67 - 100%	33,9	>22,37
Feeding Buffer -5	0% - 33%	35,3	<11,65
	34% - 66%	35,3	11,65 sampai 23,3
	67 - 100%	35,3	>23,3
Feeding Buffer -6	0% - 33%	27,1	<8,98
	34% - 66%	27,1	8,98 sampai 17,95
	67 - 100%	27,1	>18,2
Feeding Buffer -7	0% - 33%	35,4	<11,68
	34% - 66%	35,4	11,68 sampai 23,3
	67 - 100%	35,4	>23,36
	Zona hijau	Zona kuning	Zona merah

Gambar 5. Zona Pemakaian Buffer Waktu pada Feeding Buffer

2) Struktur Organisasi Proyek

Berikut adalah struktur organisasi proyek pada Gambar 2.

3) Work Breakdown Structure

Terdapat 170 aktivitas dalam pengerjaan proyek ini yang terbagi ke dalam enam tahapan, antara lain tahap perencanaan, pengadaan material, pekerjaan konstruksi sipil, pekerjaan elektromekanikal, *testing and comissioning*, dan *energized*.

4) Matriks Tanggung Jawab

Terdapat 17 posisi tenaga kerja yang bertanggung jawab pada pengerjaan proyek.

5) Penjadwalan Existing Proyek

Dengan penjadwalan CPM, didapatkan durasi pengerjaan proyek adalah selama 633 hari kalender dan biaya tenaga

kerja senilai Rp 2.210.182.350 dengan tenaga kerja yang dialokasikan sebanyak 146 orang.

B. Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Berdasarkan hasil identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan FGD, maka dapat dikategorikan dalam *cause-and-effect diagram* pada Gambar 3.

Berdasarkan penerapan prinsip pareto, pada Tabel 2 didapatkan 3 penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek.

C. Penjadwalan CCPM

1) Pengurangan Durasi Aktivitas

Berdasarkan hasil pengurangan durasi aktivitas dengan *Cut and Paste Method* (C&PM) sebesar 20% untuk setiap aktivitas, durasi pengerjaan proyek berkurang menjadi 542,3 hari kalender.

2) Identifikasi Konflik Tenaga Kerja

Terdapat 14 posisi tenaga kerja yang mengalami *multitasking*, untuk mengatasi konflik tenaga kerja maka ditambahkan *resource constraint* pada aktivitas yang mengalami overalokasi tenaga kerja tanpa mengubah jumlah tenaga kerja.

3) Identifikasi Critical Chain

Terdapat 13 aktivitas yang termasuk sebagai *critical chain* dalam penjadwalan proyek ini.

4) Menentukan Buffer pada Penjadwalan

Total durasi *feeding buffer* adalah selama 223,7 hari kalender dalam 7 lintasan aktivitas *non-critical chain*. Sedangkan total durasi *project buffer* adalah selama 20,5 hari kalender.

5) Penjadwalan Ulang dengan Buffer

Apabila terdapat aktivitas yang mengalami konflik tenaga kerja maka dilakukan penyesuaian *resource constraint*. Terdapat dua aktivitas yang disesuaikan *resource constraint*-nya. Berdasarkan penjadwalan ulang dengan *buffer* maka didapatkan durasi pengerjaan proyek adalah selama 601,05 hari kalender termasuk *buffer* waktu selama 244,2 hari kalender.

6) Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja penjadwalan CCPM dengan *buffer* adalah senilai Rp1.714.792.540 dengan tenaga kerja sejumlah 146 orang.

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisis Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek

1) Penyebab Utama oleh Pemilik Proyek

Penagihan atas pembayaran pekerjaan fisik proyek dilakukan oleh kontraktor utama kepada pemilik proyek berdasarkan kemajuan (*progress*) pekerjaan fisik proyek. Dalam pengajuan penagihan kepada pemilik proyek, kontraktor utama harus melalui lima unit kerja dari pemilik proyek untuk mendapatkan validasi atas laporan kemajuan fisik sebagai persyaratan pengajuan penagihan. Pada setiap unit kerja, pemrosesan penagihan memerlukan waktu berkisar antara 3 sampai dengan 30 hari kerja. Kontraktor utama perlu untuk melakukan pengajuan penagihan dengan akurat dan tepat sehingga memperoleh validasi dan

pembayaran dengan cepat untuk memanfaatkan interval waktu pemrosesan penagihan pada pemilik proyek. Jika terdapat hambatan dalam pemrosesan penagihan berlangsung maka dapat berdampak pada keseimbangan arus kas proyek sehingga mempengaruhi keseimbangan arus kas kontraktor utama secara umum. Tabel 3 menunjukkan akar permasalahan dari kejadian ini.

2) Penyebab Utama oleh Subkontraktor

a) Keterbatasan material konstruksi sipil

Pengadaan material konstruksi sipil dilakukan oleh subkontraktor berdasarkan persyaratan teknis yang ditetapkan oleh pemilik proyek dan kontraktor utama.

Ketersediaan material konstruksi sipil berpengaruh pada *progress* pengerjaan proyek konstruksi sipil, jika material dapat menghambat pengerjaan konstruksi sipil. Untuk menyiasati kendala pengadaan material konstruksi sipil di konstruksi sipil tersedia dalam jumlah yang sedikit maupun tidak tersedia sama sekali di lokasi pekerjaan maka wilayah lokasi pekerjaan dari segi persyaratan teknis maka subkontraktor melakukan pengadaan material konstruksi sipil di luar wilayah lokasi pekerjaan sehingga memerlukan waktu pengadaan yang lebih lama dan dapat dilihat pada tabel 4.

b) Etos kerja yang rendah

Kontraktor utama melakukan pengerjaan proyek bekerja sama dengan subkontraktor yang sesuai dengan bidang keahliannya. Pada pengerjaan proyek, terdapat subkontraktor yang tidak mengikuti arahan dari kontraktor utama untuk mempercepat *progress* pengerjaan proyek saat kondisi sedang mendesak dengan menambah tenaga kerja dan waktu bekerja (lembur). Selain itu terdapat subkontraktor yang tidak melakukan pekerjaan sesuai dengan persyaratan teknis.

B. Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek

Terdapat 7 kejadian yang termasuk sebagai keberhasilan dalam pengerjaan proyek, dapat digolongkan ke dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, dan pemilik proyek. Sedangkan terdapat 14 kejadian yang menghambat pengerjaan proyek, dapat digolongkan ke dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, pemilik proyek, dan faktor eksternal.

C. Analisis Penerapan CCPM

1) Perbandingan Penjadwalan CPM dan CCPM

Berdasarkan tabel 5, dari hasil penjadwalan dengan CCPM didapatkan pengurangan durasi pengerjaan proyek menjadi 601,05 hari kalender termasuk dengan *buffer* waktu selama 244,2 hari kalender. Apabila *buffer* time tidak terkonsumsi sama sekali maka durasi pengerjaan proyek adalah selama 542,3 hari kalender. Penjadwalan ulang dengan CCPM dapat mengurangi biaya tenaga kerja menjadi Rp1.714.792.420 atau berkurang sebanyak Rp495.389.930 jika dibandingkan dengan penjadwalan *existing* proyek dengan CPM.

Tidak terdapat perbedaan jumlah dan nominal gaji harian tenaga kerja yang dialokasikan pada kedua metode penjadwalan karena PT. Hasta Karya Perdana sebagai kontraktor utama menetapkan estimasi jumlah dan gaji harian tenaga kerja tersebut sebagai acuan untuk pembuatan harga satuan pekerjaan pada lingkup pekerjaan konstruksi yang ditugaskan oleh kontraktor utama kepada subkontraktor dalam kontrak pekerjaan yang disepakati kedua belah pihak

dan tidak diperbaharui selama kontrak pekerjaan masih berlaku.

2) Analisis Buffer Management

Setiap indikator warna mewakili zona pemakaian *buffer* waktu. Apabila posisi penggunaan *buffer* masih berada pada zona hijau, maka berarti belum ada tindakan yang harus dilakukan. Namun, ketika penggunaan *buffer* mencapai zona kuning maka kontraktor utama harus melakukan perencanaan langkah-langkah mitigasi yang harus ditempuh agar *buffer* tidak terpakai seluruhnya. Sedangkan ketika penggunaan *buffer* mencapai zona merah maka kontraktor utama harus mengimplementasikan langkah-langkah mitigasi yang telah direncanakan. Melalui langkah-langkah ini, *buffer management* dapat menyediakan alat antisipasi ketidakpastian proyek dengan kriteria keputusan yang sesuai. Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan zona pemakaian *buffer* waktu pada *project* dan *feeding buffer*.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

A. Kesimpulan

Terdapat 11 kejadian yang menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek, berdasarkan penerapan prinsip pareto didapatkan 3 penyebab utama antara lain kategori *method* yaitu alur pemrosesan penagihan yang panjang, kategori *material* yaitu keterbatasan material konstruksi sipil untuk *switchyard* dan gedung, dan kategori *man* yaitu etos kerja yang rendah.

Terdapat 7 kejadian yang termasuk sebagai keberhasilan dalam pengerjaan proyek, dapat digolongkan ke dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, dan pemilik proyek. Sedangkan terdapat 14 kejadian yang menghambat pengerjaan proyek, dapat digolongkan ke dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, pemilik proyek, dan faktor eksternal.

Dari hasil penjadwalan menggunakan *Critical Chain Project Management* (CCPM) didapatkan pengurangan durasi pengerjaan menjadi selama 601,05 hari kalender termasuk dengan *buffer time* selama 244,2 hari kalender, jika *buffer time* tidak terkonsumsi sama sekali maka durasi pengerjaan proyek adalah selama 542,3 hari kalender.

Sedangkan biaya tenaga kerja berkurang menjadi Rp1.714.792.420.

B. Saran

1) Saran kepada PT. Hasta Karya Perdana

Melakukan dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek secara periodik dari pengerjaan setiap proyek. Kemudian menerapkan penjadwalan CCPM dalam penjadwalan proyek selanjutnya dengan diiringi oleh usaha perusahaan dalam melakukan sosialisasi, pelatihan, dan kontrol intensif dalam penerapannya.

2) Saran kepada penelitian selanjutnya

Melakukan perhitungan produktivitas masing-masing posisi tenaga kerja agar alokasi jumlah tenaga kerja aktual sesuai dengan perencanaan alokasi tenaga kerja yang dibuat, memperluas lingkup responden yang dilibatkan dalam identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan menyertakan subkontraktor dan pemilik proyek, melakukan pengendalian proyek dengan metode *Earned Value Analysis* untuk mengetahui performansi proyek dari segi pemenuhan cakupan, penjadwalan, dan biaya proyek dan metode *Cost-Benefit Analysis* untuk menentukan tindakan koreksi terbaik pada aspek biaya jika terjadi deviasi *progress* pengerjaan proyek. Kemudian menggunakan *software* penjadwalan yang spesifik dalam pengolahan data penjadwalan CCPM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Project Management Institute, *Pedoman Kerangka Ilmu Manajemen Proyek (PMBOK Guide) Edisi Keenam*. Jakarta: PMI Indonesia Chapter, 2018.
- [2] P. K. Venkatesh and V. Venkatesan, "Delays in Construction Projects: A Review of Causes, Need And Scope for Further Research."
- [3] B. Pradhana, A., & Setiadi, "Studi penggunaan metode penjadwalan critical chain pada proyek konstruksi konvensional," Universitas Indonesia, 2013.
- [4] D. B. Septiawan and R. Bakti, "Analysis of project construction delay using fishbone diagram at pt. rekayasa industri," *J. Bus. Manag.*, vol. 5, no. 5, pp. 634–650, 2016.
- [5] N. Alamri, O. Amoudi, and G. Njie, "Analysis of construction delay causes in dams projects in Oman," *Eur. J. Bus. Soc. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 19–42, 2017.
- [6] L. P. Leach, *Critical Chain Project Management*, 3rd ed. London: Artech House, 2014.