



TUGAS AKHIR – TI 184833

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PROYEK KONSTRUKSI
DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* DAN
ROOT CAUSE ANALYSIS (STUDI KASUS: PROYEK PENGADAAN
BARANG DAN JASA KONSTRUKSI GI 150 KV ARJASA)**

WIDIASATRIA UTAMA
NRP. 02411640000116

DOSEN PEMBIMBING:
Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.
NIP. 196310081990021001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR – TI 184833

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PROYEK
KONSTRUKSI DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT
MANAGEMENT* DAN *ROOT CAUSE ANALYSIS* (STUDI KASUS:
PROYEK PENGADAAN BARANG DAN JASA KONSTRUKSI GI
150KV ARJASA)**

WIDIASATRIA UTAMA

NRP 02411640000116

PEMBIMBING

Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.

NIP. 196310081990021001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020



FINAL PROJECT – TI 184833

**CONSTRUCTION PROJECT PLANNING AND CONTROLLING
WITH CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT METHOD
AND ROOT CAUSE ANALYSIS (CASE STUDY: GI 150KV
ARJASA MATERIAL PROCUREMENT AND CONSTRUCTION
SERVICES PROJECT)**

WIDIASATRIA UTAMA

NRP. 02411640000116

Supervisor

Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.

NIP. 196310081990021001

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL SYSTEMS AND ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PROYEK KONSTRUKSI
DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* DAN
ROOT CAUSE ANALYSIS (STUDI KASUS: PROYEK PENGADAAN
BARANG DAN JASA KONSTRUKSI GI 150 KV ARJASA)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

Oleh:

WIDIASATRIA UTAMA
NRP 02411640000116

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.

NIP. 196310081990021001

SURABAYA AGUSTUS 2020



**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PROYEK
KONSTRUKSI DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN*
PROJECT MANAGEMENT DAN *ROOT CAUSE ANALYSIS*
(STUDI KASUS: PROYEK PENGADAAN BARANG DAN JASA
KONSTRUKSI GI 150 KV ARJASA)**

Nama : Wideasatria Utama
NRP : 02411640000116
Pembimbing : Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.

ABSTRAK

Dalam proses mencapai tujuan, proyek memiliki karakteristik yang disebut sebagai *triple constraint*, antara lain target waktu, biaya, dan persyaratan kinerja yang spesifik. Dengan demikian, perusahaan memerlukan manajemen proyek sebagai usaha untuk menyeimbangkan ketiga target tersebut sementara memuaskan pelanggan demi mencapai kesuksesan dalam pengerjaan proyek. 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* 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.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**CONSTRUCTION PROJECT PLANNING AND
CONTROLLING WITH CRITICAL CHAIN PROJECT
MANAGEMENT AND ROOT CAUSE ANALYSIS METHOD
(CASE STUDY: GI 150 KV ARJASA MATERIAL
PROCUREMENT AND CONSTRUCTION SERVICES
PROJECT)**

Name : Wideasatria Utama
Student ID : 02411640000116
Supervisor : Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.

ABSTRACT

In the process of achieving objectives, a project has a characteristics known as triple constraint, including time target, cost, and specific performance requirements. Thus, companies need project management as an effort to balance the three targets while satisfying customers in order to achieve success in project work. Delay in project completion is a problem that is being faced by PT. Hasta Karya Perdana as the main contractor of GI 150 kV Arjasa material procurement and construction services project, in general this is caused by problems experienced by the project's internal and external stakeholders. Root Cause Analysis (RCA) used as a method to find out the root cause of the events that cause delays in project execution. Critical Chain Project Management (CCPM) is a project scheduling method that emphasizes on the concept of theory of constraints with buffers as a means of optimizing project work performance to use available resources. Based on the results of project work delays causes questionnaires gathered from project management department and GI 150 kV Arjasa project team PT. Hasta Karya Perdana, there are 3 main causes of project work delays consisting of method, material, and man categories. From the results of the project learning and knowledge documentation there are 7 aspects that become successful in project execution, classified into the main contractor, subcontractor, and project owner groups. Meanwhile, there are 14 aspects that obstruct the project execution, it can be classified into the main contractor, subcontractor, project owner, and external factors groups. Based on data processing using Microsoft Project, the duration of the project execution was obtained to be 601,05 calendar days including time buffer and a reduction in labor costs of Rp495.389.930.

Keywords: Project Management, Critical Chain Project Management, Root Cause Analysis, Project Learning and Knowledge.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb,

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi dengan Metode *Critical Chain Project Management* dan *Root Cause Analysis* (Studi Kasus: Proyek Pengadaan Barang dan Jasa Konstruksi GI 150 KV Arjasa) dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir merupakan karya tulis ilmiah yang disusun berdasarkan hasil penelitian dan/atau suatu pemecahan masalah yang dilakukan oleh seksama sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada Program Studi Sarjana Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir yang di antaranya sebagai berikut:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan selama melaksanakan studi sarjana dan penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS beserta jajaran manajemen, dosen, dan tenaga kependidikan Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penyusunan proposal tugas akhir.
4. PT. Hasta Karya Perdana sebagai kontraktor utama proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa yang telah menerima dan memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian tugas akhir.
5. Tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana yang telah menerima dan membantu penulis dalam penelitian tugas akhir.

6. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2016 “ADHIGANA” yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penelitian tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir.
7. Teman-teman mahasiswa bimbingan tugas akhir Bapak Bambang Syairudin (Ilham Rinaldi, Amalia Rayhana, dan Siccha Rannu) yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penelitian tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir.
8. Pihak-pihak yang telah membantu penelitian tugas akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Wassalamu’alaikum Wr.Wb

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
1.5.1 Batasan	7
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Proyek	11
2.2 Manajemen Proyek	12
2.2.1 Perencanaan Proyek	12
2.2.2 Penjadwalan Proyek	13
2.2.3 Pengendalian Proyek	14
2.3 Pedoman Kerangka Ilmu Manajemen Proyek	15
2.4 Siklus Hidup Proyek	17
2.5 Cakupan Proyek	18
2.6 Departemen Manajemen Proyek	20
2.7 Work Breakdown Structure	20

2.8	Matriks Tanggung Jawab	21
2.9	Jaringan Proyek	22
2.9.1	Lintasan Kritis	23
2.9.2	Pengembangan Jaringan Proyek	24
2.9.3	Gantt Chart	25
2.10	Sumber Daya dan Biaya Proyek.....	27
2.10.1	Batasan Sumber Daya	28
2.10.2	Manajemen Biaya Proyek	28
2.11	Keterlambatan Proyek	29
2.11.1	Klaim Keterlambatan	30
2.11.2	Kondisi Force Majeure.....	31
2.12	Critical Chain Project Management	31
2.12.1	Theory of Constraints.....	32
2.12.2	Prosedur Penjadwalan	32
2.12.3	Critical Chain Buffer.....	34
2.12.4	Student's Syndrome	36
2.12.5	Parkinson's Law.....	37
2.12.6	Multitasking	37
2.13	Root Cause Analysis	38
2.13.1	Cause-and-Effect Diagram.....	39
2.13.2	5 Why's	40
2.14	Triangulasi.....	40
2.15	Penelitian Terdahulu.....	42
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		45
3.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	45
3.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	46
3.2.1	Identifikasi Gambaran Umum Proyek	46
3.2.2	Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	47
3.2.3	Penjadwalan Proyek dengan Critical Chain Project Management..	49

3.3	Tahap Analisis dan Interpretasi Data	50
3.3.1	Analisis Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek.....	50
3.3.2	Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek	51
3.3.3	Analisis Penjadwalan Critical Chain Project Management	51
3.4	Tahap Kesimpulan dan Saran	51
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		53
4.1	Identifikasi Gambaran Umum Proyek.....	53
4.1.1	Cakupan Proyek	53
4.1.2	Struktur Organisasi Proyek	63
4.1.3	Work Breakdown Structure	64
4.1.4	Matriks Tanggung Jawab	70
4.1.5	Penjadwalan dan Alokasi Tenaga Kerja Existing Proyek.....	81
4.2	Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek.....	94
4.2.1	Cause-and-effect Diagram Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	95
4.2.2	Pemeringkatan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	96
4.3	Penjadwalan Proyek dengan Critical Chain Project Management	100
4.3.1	Pengurangan Durasi Aktivitas	100
4.3.2	Mengeliminasi <i>Multitasking</i> pada Penjadwalan	108
4.3.3	Identifikasi Critical Chain	112
4.3.4	Menentukan Buffer pada Penjadwalan	114
4.3.5	Penjadwalan Ulang dengan Buffer.....	120
4.3.6	Perhitungan Biaya Tenaga Kerja	134
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		137
5.1	Analisis Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek	137
5.2	Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek	140
5.3	Analisis Penerapan Critical Chain Project Management.....	145
5.3.1	Perbandingan Penjadwalan Critical Path Method dan Critical Chain Project Management.....	146
5.3.2	Analisis Buffer Management	147

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	149
6.1 Kesimpulan.....	149
6.2 Saran.....	150
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN.....	157
Lampiran 1. <i>Gantt chart</i> Penyusunan Tugas Akhir	157
Lampiran 2. Tabel Rencana dan Realisasi Pengerjaan Fisik Proyek Periode Desember 2018 hingga Maret 2020 berdasarkan Kurva-S	158
Lampiran 3. Rangkuman Hasil <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek dengan Tim Proyek Pengadaan Material Dan Jasa Konstruksi GI 150 kV Arjasa dan Manajemen Proyek PT. Hasta Karya Perdana	160
Lampiran 4. Lembar Kuesioner Penilaian Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek.....	163
Lampiran 5. Rekapitulasi Pengisian Kuesioner Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek.....	167
Lampiran 6. <i>Resources Sheet</i> Penjadwalan CCPM tanpa <i>buffer</i> dengan Overalokasi Tenaga Kerja.....	170
Lampiran 7. Rangkuman Hasil <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) <i>Online</i> Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan dari Pengerjaan Proyek dengan Tim Proyek Pengadaan Material Dan Jasa Konstruksi GI 150 kV Arjasa dan Manajemen Proyek PT. Hasta Karya Perdana	172
Lampiran 8. Hasil Perhitungan Pelewatan Maju dan Mundur (<i>Forward and Backward Scheduling</i>).....	180
Lampiran 9. Hasil Penjadwalan Ulang CCPM dengan <i>Buffer</i>	197
BIOGRAFI PENULIS	200

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Pencapaian Pekerjaan Proyek PT. Hasta Karya Perdana Minggu ke-13 Tahun 2020	2
Tabel 1. 2 Rencana dan Realisasi Pencapaian Pengerjaan Proyek Periode Nopember 2019 s/d Maret 2020.....	3
Tabel 2. 1 Sifat Proyek.....	19
Tabel 2. 2 Tabel Perbandingan antara AON dan AOA.....	25
Tabel 2. 3 Tipe Kronologi Aktivitas Proyek.....	26
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu	42
Tabel 4. 1 <i>Milestone</i> dan <i>Deliverable</i> Pengerjaan Proyek	55
Tabel 4. 2 Batasan dan Perkecualian Proyek	59
Tabel 4. 3 Tinjauan Ulang dengan Pelanggan	62
Tabel 4. 4 <i>Work Breakdown Structure</i> Proyek.....	64
Tabel 4. 5 Kodefikasi Posisi Tenaga Kerja dalam Matriks Tanggung Jawab	70
Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab	70
Tabel 4. 7 Penjadwalan <i>Existing</i> Proyek.....	82
Tabel 4. 8 Alokasi Tenaga Kerja Proyek	92
Tabel 4. 9 Klasifikasi Kelompok Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek ..	96
Tabel 4. 10 Penilaian Frekuensi Kemunculan dan Tingkat Keparahan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	97
Tabel 4. 11 Pemingkatan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	99
Tabel 4. 12 Perhitungan <i>Buffer</i> Proyek.....	100
Tabel 4. 13 <i>Resource Sheet</i> Penjadwalan CCPM.....	108
Tabel 4. 14 Penambahan <i>Resource Constraint</i> pada Penjadwalan CCPM	110
Tabel 4. 15 <i>Critical Chain</i> Penjadwalan CCPM.....	113
Tabel 4. 16 Perhitungan <i>Feeding Buffer 1</i>	114
Tabel 4. 17 Perhitungan <i>Feeding Buffer 2</i>	114
Tabel 4. 18 Perhitungan <i>Feeding Buffer 3</i>	115
Tabel 4. 19 Perhitungan <i>Feeding Buffer 4</i>	116
Tabel 4. 20 Perhitungan <i>Feeding Buffer 5</i>	117

Tabel 4. 21 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 6	118
Tabel 4. 22 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i> 7	118
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Perhitungan <i>Feeding Buffer</i>	119
Tabel 4. 24 Perhitungan <i>Project Buffer</i>	120
Tabel 4. 25 Status Alokasi Penjadwalan CCPM dengan <i>buffer</i>	121
Tabel 4. 26 Konflik Tenaga Kerja pada Aktivitas Proyek Penjadwalan CCPM dengan <i>Buffer</i>	122
Tabel 4. 27 Penyesuaian <i>Resource Constraint</i> Penjadwalan CCPM dengan <i>buffer</i>	123
Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan <i>Buffer</i>	123
Tabel 4. 29 Biaya Tenaga Kerja Penjadwalan CCPM	134
Tabel 5. 1 Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek oleh Pemilik Proyek	137
Tabel 5. 2 Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek oleh Subkontraktor	138
Tabel 5. 3 Keberhasilan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan	140
Tabel 5. 4 Hambatan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan.....	142
Tabel 5. 5 Perbandingan Penjadwalan CPM dan CCPM.....	146
Tabel 5. 6 Zona Penggunaan Waktu <i>Project Buffer</i>	147
Tabel 5. 7 Zona Penggunaan Waktu <i>Feeding Buffer</i>	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Dimensi Teknis dan Sosial Budaya dari Proses Manajemen Proyek	12
Gambar 2. 2 Siklus Hidup Proyek.....	18
Gambar 2. 3 Hierarki <i>Work Breakdown Structure</i>	21
Gambar 2. 4 Penjadwalan <i>Critical Chain</i>	31
Gambar 2. 5 Pengendalian <i>Buffer</i>	36
Gambar 2. 6 Grafik <i>Student's Syndrome</i>	37
Gambar 2. 7 <i>Multitasking</i> pada Proyek.....	37
Gambar 2. 8 Tahapan Proses RCA	38
Gambar 2. 9 Ilustrasi <i>Cause-and-effect Diagram</i> Kerangka 5M.....	39
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	45
Gambar 3. 2 Prinsip Pareto	49
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Proyek	64
Gambar 4. 2 <i>Cause-and-effect Diagram</i> Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	95

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan dan asumsi, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

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. Dengan demikian, perusahaan atau organisasi memerlukan manajemen proyek sebagai usaha untuk menyeimbangkan *trade-offs* antara waktu, biaya, dan kinerja sementara memuaskan pelanggan demi mencapai kesuksesan dalam pengerjaan proyek.

Manajemen proyek merupakan penerapan dari pengetahuan, kemampuan, peralatan, dan metode kerja dalam aktivitas proyek untuk memenuhi persyaratan proyek (Project Management Institute, 2018). Manajemen proyek berperan penting dalam keberhasilan perusahaan untuk melaksanakan proyek dengan efektif dan efisien, seiring dengan banyaknya proyek yang digarap oleh perusahaan. Oleh karena itu perusahaan perlu untuk melakukan integrasi pada manajemen proyek dalam dua aspek, antara lain integrasi proyek dengan rencana strategis yang ditetapkan, dan integrasi dimensi teknis dan sosial budaya dalam proses pengelolaan proyek.

PT. Hasta Karya Perdana merupakan perusahaan swasta yang bergerak pada bidang *Engineering, Procurement, and Construction* di Surabaya sejak tahun 1983. Dari data pengerjaan proyek pada minggu ke-13 bulan Maret 2020 pada Tabel 1.1, saat ini perusahaan sedang mengerjakan sembilan proyek konstruksi.

Tabel 1. 1 Pencapaian Pekerjaan Proyek PT. Hasta Karya Perdana Minggu ke-13 Tahun 2020

No.	Proyek	Pencapaian (%)		
		Rencana	Realisasi	Deviasi
1	Pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Bangkalan Ext.	99,228	94,926	4,303
2	Pembangunan GIS 150 kV Kembangan II	94,745	56,795	37,949
3	Pembangunan GIS 150 kV Pondok Indah II/Cirende	100	60,946	39,054
4	Pembangunan 6LB, 1BC, TB, Trafo 60 MVA Gardu Induk 150 kV New Balikpapan	100	96,168	3,832
5	Pembangunan GIS 150 kV Tanah Lot Incomer	100	79,0927	20,9073
6	Pembangunan Gardu Induk 150 kV Seberang Barito (Arah Kalsel Peaker) Extension 2 Line Bay dan 1 Bay Coupler	94,81	72,787	22,023
7	Pengadaan Barang dan Jasa Konstruksi GIS 150 kV Blimbing Baru	100	40,4140	59,5860
8	Pengadaan Barang dan Jasa Konstruksi GI 150 kV Arjasa	32,6603	35,8226	-3,1263
9	Pembangunan SUTT 150 kV Pangkalan Bun - Sukamara Section 2	99,896	7,4880	92,4080

Sumber: PT. Hasta Karya Perdana, 2020

Dari Tabel 1.1, diketahui bahwa PT. Hasta Karya Perdana menghadapi permasalahan ketidakefisienan yakni, terdapat keterlambatan pada mayoritas proyek yang sedang dikerjakan. Menurut Gonzalez et.al (dalam Venkatesh dan Vankatesan, 2017) keterlambatan proyek dapat berakibat pada bertambahnya durasi pengerjaan dan biaya proyek, dan memengaruhi kualitas proyek dan keselamatan kerja.

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 comissioning*, dan *energized*. Pada tahapan perencanaan dilakukan proses desain *engineering* meliputi metode pelaksanaan dan *design interface* dan pembuatan usulan gambar pelaksanaan

(*approval drawing*). Pada tahapan pengadaan barang meliputi proses pemesanan material kerja kepada pabrikan melalui pemasok kemudian fabrikasi, pengujian pabrik, dan pengepakan oleh pabrikan, pengangkutan dan pengiriman material menuju lokasi proyek oleh pemasok, dan penyimpanan material di lokasi proyek oleh kontraktor. Pada tahapan pekerjaan konstruksi sipil dilakukan pembersihan dan penyiapan lokasi, dan pekerjaan sipil yang meliputi *switchyard*, bangunan gedung, jalan akses dan lain-lain. Pada tahapan pekerjaan elektromekanikal dilakukan pemasangan material dan peralatan elektromekanikal. Pada tahapan *testing and comissioning* dilakukan pengujian operasional secara nyata untuk memastikan bahwa proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa telah dilaksanakan dan memenuhi semua peraturan yang berlaku, regulasi, kode, dan sesuai standar yang ditetapkan antara pemilik proyek dan kontraktor sebagai persyaratan mendapatkan sertifikat layak operasi dan bertegangan dari pemilik proyek, serta pada tahapan *energized* dilakukan penyambungan pasokan daya listrik oleh pemilik proyek.

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 1.2 menampilkan data rencana pencapaian dan realisasi pencapaian pengerjaan proyek periode Nopember 2019 sampai dengan Maret 2020.

Tabel 1. 2 Rencana dan Realisasi Pencapaian Pengerjaan Proyek Periode Nopember 2019 s/d Maret 2020

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
	Desember	Minggu 52	99,244	14,688	84,5564
		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

Tabel 1. 2 Rencana dan Realisasi Pencapaian Pengerjaan Proyek Periode Nopember 2019 s/d Maret 2020 (lanjutan)

Waktu Pelaksanaan			Pencapaian (%)		
			Rencana	Realisasi	Deviasi
2020	Januari	Minggu 57	99,831	21,482	78,3489
		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	-10,0322
		Minggu 64	27,1576	35,2294	-8,0717
	Maret	Minggu 65	32,6603	35,8226	-3,1624

Sumber: PT. Hasta Karya Perdana, 2020

Dari Tabel 1.2 diketahui pada akhir minggu ke-60 terdapat selisih antara kumulatif bobot rencana dengan realisasi sebesar 77,868%. Hal ini menunjukkan besarnya keterlambatan pengerjaan proyek sampai pada periode tersebut, 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, antara lain kondisi cuaca atau iklim, penolakan warga sekitar, komunikasi dan koordinasi yang buruk serta konflik antar *stakeholder*, perencanaan yang buruk, keterbatasan material, keterbatasan peralatan kerja, rendahnya pengalaman atau kompetensi yang dimiliki oleh tim proyek, keterbatasan sumber daya (tenaga kerja) proyek, dan pengelolaan proyek yang buruk. Menurut Venkatesh dan Venkatesan, (2017) secara umum penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pada negara berkembang seperti Indonesia didominasi oleh hubungan antara pemilik 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 merupakan faktor utama dari keterlambatan pengerjaan proyek.

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 kerangka 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 proyek menghasilkan pengalaman yang berharga baik itu positif maupun negatif dan pengetahuan baru yang diperoleh perusahaan. 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 dan proyek-proyek yang akan datang demi mencapai keberhasilan proyek yang 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) yang masih menggunakan waktu cadangan (*safety time*) pada setiap aktivitas untuk melindungi aktivitas-aktivitas tersebut, 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 (Pradhana & Setiadi, 2013).

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

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, berikut merupakan permasalahan yang difokuskan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana melakukan identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa dengan metode *Root Cause Analysis* ?
2. Bagaimana melakukan dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek dari pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa ?
3. Bagaimana melakukan penjadwalan proyek dengan metode *Critical Chain Project Management* pada proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa dengan *Root Cause Analysis*.
2. Melakukan dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek dari pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

3. Melakukan penjadwalan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa dengan *Critical Chain Project Management*.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dilakukannya penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui penyebab keterlambatan pengerjaan pada proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa dengan *Root Cause Analysis*.
2. Mendapatkan pembelajaran dan pengetahuan baru dari pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.
3. Meningkatkan proses penjadwalan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa dengan menerapkan *Critical Chain Project Management* dalam proses penjadwalan proyek ini.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan pada saat penyusunan penelitian.

1.5.1 Batasan

Berikut adalah batasan dari penelitian yang dilakukan.

1. Penelitian hanya dilakukan pada *stakeholder* internal proyek, khususnya manajemen proyek dan tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kv Arjasa PT. Hasta Karya Perdana.
2. Penelitian dilakukan berdasarkan dokumen proyek pada periode pekerjaan fisik proyek Desember 2018 sampai dengan Maret 2020.

1.5.2 Asumsi

Berikut adalah asumsi dari penelitian yang dilakukan.

1. Tidak ada perubahan pada cakupan pekerjaan selama penelitian.
2. Pada kalender kerja tidak ada hari libur.
3. Tidak ada pengurangan *resources* selama penjadwalan akibat dari alat kerja mengalami kerusakan, material cacat, dan tenaga kerja sakit maupun cuti.

4. Setiap tenaga kerja hanya ditugaskan untuk mengerjakan suatu aktivitas pada suatu waktu dan tidak diperkenankan untuk mengerjakan aktivitas secara *multitasking*.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang sistematika penulisan dari penelitian tugas akhir ini yang terdiri dari enam bab. Berikut merupakan penjelasan singkat masing-masing bab dalam penelitian ini.

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan dijelaskan mengenai latar belakang pelaksanaan penelitian mengenai evaluasi penjadwalan proyek dengan metode *critical chain*, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang didapatkan dari penelitian, ruang lingkup penelitian yang memuat batasan dan asumsi yang ditetapkan dalam penelitian, serta penulisan laporan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab tinjauan pustaka dijelaskan mengenai studi literatur terkait dengan penelitian yang berguna sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian dan menyelesaikan permasalahan. Adapun studi literatur yang dibahas adalah mengenai proyek, manajemen proyek, pedoman kerangka ilmu manajemen proyek, siklus hidup proyek, cakupan proyek, struktur organisasi, *work breakdown structure*, matriks tanggung jawab, jaringan proyek, sumber daya dan biaya proyek, keterlambatan proyek, *critical chain project management*, *root cause analysis*, triangulasi, dan penelitian terdahulu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab metodologi penelitian dijelaskan tahapan proses penelitian tugas akhir. Bab ini juga menyajikan *flowchart* metodologi penelitian guna mempermudah dalam memahami urutan tahapan penelitian yang dibuat agar penelitian dapat berjalan secara terstruktur dan sistematis. Terdapat tiga tahapan

dalam penelitian ini, antara lain tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi data, dan tahap kesimpulan dan saran.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam bab pengumpulan dan pengolahan data akan dilakukan identifikasi gambaran umum proyek, identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek yang terdiri dari *Focus Group Discussion*, kategorisasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan *Root Cause Analysis*, penyebaran kuesioner kepada manajemen proyek dan tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana, dan pemeringkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek. Kemudian dilakukan penjadwalan proyek dengan metode *Critical Chain Project Management*.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Dalam bab analisis dan interpretasi data akan dibahas mengenai analisis penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek dengan *5 Why's*, dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek, dan analisis penerapan metode *Critical Chain Project Management*.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab kesimpulan dan saran akan dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian tugas akhir dan pemberian saran kepada PT. Hasta Karya Perdana serta pada penelitian sejenis yang akan dilakukan selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pustaka yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan penelitian ini.

2.1 Proyek

Proyek merupakan serangkaian aktivitas untuk menghasilkan produk, layanan, atau hasil yang unik. Menurut Project Management Institute (2018) sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung di dalamnya yaitu:

1. Produk atau jasa yang dihasilkan unik

Proyek dilakukan untuk memenuhi tujuan dengan mencapai *deliverable*. *Deliverable* merupakan produk yang unik, hasil, atau kemampuan untuk melakukan jasa yang diperlukan untuk dihasilkan dalam menyelesaikan suatu proses, produk, atau proyek. Elemen yang berulang dapat ditemukan dalam aktivitas dan *deliverable* proyek. Pengulangan ini tidak mengubah karakteristik dasar yang unik dari pengerjaan suatu proyek.

2. Usaha Sementara

Sifat sementara yang melekat pada proyek menunjukkan bahwa suatu proyek memiliki awal dan akhir pengerjaan yang pasti, tidak menjadikan suatu proyek memiliki durasi yang singkat.

3. Proyek mendorong perubahan

Proyek mendorong perubahan dalam organisasi. Dari perspektif bisnis, sebuah proyek ditujukan untuk menggerakkan suatu organisasi dari suatu keadaan ke keadaan lain untuk mencapai tujuan tertentu.

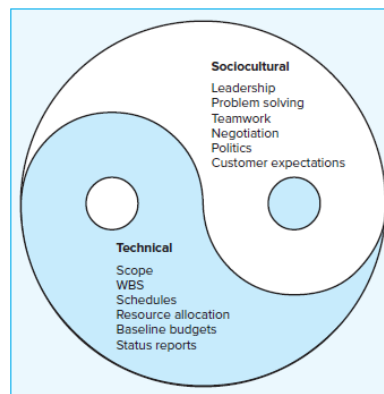
4. Proyek memungkinkan penciptaan nilai bisnis

Nilai bisnis merupakan keuntungan terukur berupa manfaat yang diperoleh dari pengelolaan bisnis. Manfaatnya dapat berwujud, tidak berwujud, atau keduanya. Dalam analisis bisnis, nilai bisnis dianggap sebagai pengembalian, dalam bentuk unsur-unsur seperti waktu, uang, barang, atau tidak berwujud sebagai imbalan atas sesuatu yang ditukarkan.

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan penerapan dari pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik dalam aktivitas proyek untuk memenuhi persyaratan proyek (Project Management Institute, 2018). Manajemen proyek memungkinkan organisasi untuk melaksanakan proyek secara efektif dan efisien.

Gray dan Larson, (2018) menyatakan terdapat dua dimensi dalam proses manajemen proyek: dimensi pertama adalah sisi teknis yang meliputi perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek. Diperlukan pernyataan yang jelas mengenai cakupan proyek untuk menghubungkan proyek dan pelanggan serta memfasilitasi perencanaan dan pengendalian. Dimensi kedua adalah sisi sosial budaya dari proses manajemen proyek yang berpusat pada penciptaan sistem sosial sementara pada sebuah lingkungan organisasi yang lebih besar, menggabungkan talenta dari banyak profesional yang berbeda-beda untuk bekerja bersama menyelesaikan proyek. Dimensi ini juga melibatkan pengelolaan antarmuka antara proyek dan lingkungan eksternal, manajemen proyek harus membangun jaringan sosial yang kooperatif di antara para *stakeholder* dengan standar, komitmen, dan perspektif yang berbeda-beda. Manajer proyek yang baik memerhatikan baik dimensi teknis maupun sosial budaya dari manajemen proyek. Pada Gambar 2.1 merupakan dimensi teknis dan sosial budaya dari proses manajemen proyek.



Gambar 2. 1 Dimensi Teknis dan Sosial Budaya dari Proses Manajemen Proyek

Sumber: Gray dan Larson, 2018

2.2.1 Perencanaan Proyek

Project Management Institute (dalam Mubarak, 2015) mendefinisikan perencanaan proyek sebagai proses yang diperlukan untuk mendefinisikan cakupan

dari proyek, membuat penjadwalan, dan mendefinisikan rangkaian aktivitas yang diperlukan untuk mencapai tujuan dari pengerjaan proyek. Perencanaan proyek bertindak sebagai fondasi dari berbagai fungsi, antara lain estimasi biaya, penjadwalan, pengendalian proyek, kontrol kualitas, manajemen keselamatan dan kesehatan kerja, dan sebagainya. Perencanaan proyek yang baik dapat mengurangi waktu, biaya, uang, klaim dan perselisihan, dan sebagainya.

2.2.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan penentuan waktu dan urutan aktivitas dalam proyek dan merangkainya untuk memperlihatkan waktu penyelesaian keseluruhan. Penjadwalan merupakan bagian terpenting dari pengendalian proyek, walaupun dalam pengendalian proyek juga meliputi aspek lain seperti biaya, kualitas, dan sebagainya.

Terdapat berbagai *stakeholder* yang secara aktif terlibat dalam proyek atau yang mempunyai minat yang berpengaruh dalam pelaksanaan proyek, dimana *stakeholder* tersebut memerlukan dan menggunakan penjadwalan namun dalam perspektif yang berbeda. Berikut merupakan alasan dibalik pentingnya melakukan penjadwalan proyek dari perspektif kontraktor dan pemilik proyek.

Kontraktor memerlukan penjadwalan proyek untuk :

1. Menetapkan tanggal penyelesaian proyek
2. Menetapkan awal atau akhir penyelesaian aktivitas yang spesifik
3. Mengoordinasikan pemasok dan subkontraktor, dan memperlihatkan dan mengelola konflik
4. Memprediksi dan memperhitungkan aliran dana
5. Meningkatkan efisiensi pekerjaan
6. Mengawasi perkembangan proyek
7. Mengevaluasi dampak dari perubahan
8. Membuktikan klaim keterlambatan

Pemilik proyek memerlukan penjadwalan proyek untuk:

1. Mendapatkan penjelasan mengenai estimasi tanggal penyelesaian proyek
2. Memastikan kontraktor melakukan perencanaan yang layak agar proyek selesai tepat waktu

3. Memprediksi dan memperhitungkan aliran dana
4. Mengawasi perkembangan proyek
5. Mengevaluasi dampak dari perubahan
6. Membuktikan klaim keterlambatan

2.2.3 Pengendalian Proyek

Penjadwalan dan biaya merupakan *input* dalam pengendalian proyek konstruksi, dari kedua aspek tersebut tim perencana proyek akan melakukan perbandingan antara pencapaian aktual dengan rencana pencapaian dan melihat setiap deviasi yang terjadi. Dari deviasi yang terjadi, tim proyek kemudian menanganinya, menganalisisnya, dan menyarankan solusi perbaikan untuk membuat proyek dapat kembali berjalan sesuai dengan rencana awal.

Pengendalian proyek berfokus pada aspek berikut:

1. Menilai kinerja proyek secara berkala untuk menentukan apakah terdapat indikasi untuk melakukan tindakan perbaikan atau pencegahan dan merekomendasi tindakan tersebut seperlunya.
2. Memeriksa status risiko tiap aktivitas proyek.
3. Mengelola basis informasi yang akurat dan tepat mengenai *output* proyek dan hal lain yang berkaitan.
4. Memberikan informasi untuk menunjang pelaporan status, pengukuran kemajuan, dan perencanaan.
5. Memberikan perkiraan untuk memperbarui biaya dan penjadwalan
6. Memantau implementasi dari perubahan yang telah disetujui.
7. Memberikan laporan yang sesuai tentang kemajuan dan status proyek kepada pengelola program ketika proyek menjadi bagian dari keseluruhan program.
8. Memastikan bahwa proyek tetap selaras dengan kebutuhan bisnis.

Berikut merupakan teknik dan metode yang digunakan dalam pengendalian proyek:

1. Penilaian ahli

Keahlian harus dipertimbangkan dari individu atau grup dengan spesialisasi dalam topik-topik antara lain *earned value analysis*, interpretasi dan kontekstualisasi data, teknik untuk mengestimasi durasi

dan biaya, analisis tren proyek, kompetensi teknis sesuai bidang dan fokus area dalam proyek, manajemen risiko, dan manajemen kontrak

2. Analisis data

Teknik dalam analisis data antara lain sebagai berikut:

- Analisis alternatif: digunakan untuk memilih tindakan koreksi atau kombinasi dari tindakan koreksi dan pencegahan untuk diterapkan saat deviasi muncul.
- *Cost-benefit analysis*: digunakan dalam menentukan tindakan koreksi terbaik pada aspek biaya jika terjadi deviasi.
- *Earned value analysis*: memberikan perspektif menyeluruh mengenai cakupan, penjadwalan, dan kinerja pengelolaan biaya proyek.
- *Root cause analysis*: berfokus pada mengidentifikasi akar permasalahan dari kejadian. Dapat digunakan dalam mengidentifikasi penyebab dari munculnya deviasi dan area dimana tim proyek harus berfokus dalam upaya mencapai tujuan proyek.
- Analisis tren: digunakan untuk mengestimasi kinerja proyek di masa depan berdasarkan hasil masa lampau. Informasi estimasi kinerja proyek diperlukan sedini mungkin agar tim proyek memiliki waktu untuk menganalisis dan mengoreksi anomali apa pun. Hasil analisis tren dapat digunakan untuk merekomendasikan tindakan pencegahan jika diperlukan.
- Analisis variansi: mengulas variansi antara kinerja perencanaan dan pelaksanaan. Dapat mencakup estimasi durasi, biaya, utilisasi dan kapasitas sumber daya, kinerja teknis, dan metrik lainnya.

2.3 Pedoman Kerangka Ilmu Manajemen Proyek

Project Management Institute (2018) mendefinisikan pedoman kerangka ilmu manajemen proyek atau *project management body of knowledge* (PMBOK) sebagai istilah yang menggambarkan pengetahuan dalam profesi manajemen

proyek. PMBOK merupakan fondasi dimana organisasi dapat membangun metodologi, kebijakan, prosedur, aturan, alat dan teknik, dan fase siklus hidup yang diperlukan untuk mempraktikkan manajemen proyek. Sehingga tim proyek dapat menggunakan suatu metodologi dalam menerapkan proses manajemen proyek sesuai standar.

PMBOK meliputi berbagai komponen saling terkait satu sama lain selama manajemen suatu proyek. Terdapat enam komponen dalam PMBOK, antara lain:

1. Siklus hidup proyek
Rangkaian tahapan yang dilalui mulai awal hingga akhir pengerjaan proyek.
2. Fase proyek
Kumpulan kegiatan proyek yang terkait secara logis berujung pada penyelesaian satu atau lebih hasil.
3. Gerbang fase
Sebuah ulasan di akhir fase di mana keputusan dibuat untuk melanjutkan pada fase selanjutnya, melanjutkan dengan perubahan, atau mengakhiri program atau proyek.
4. Proses manajemen proyek
Serangkaian kegiatan sistematis yang diarahkan untuk menyebabkan hasil akhir di mana terdapat satu atau lebih *input* akan ditindaklanjuti untuk memuat satu atau lebih hasil.
5. Kelompok proses manajemen proyek
Pengelompokan logis dari proses manajemen proyek untuk mencapai sasaran proyek tertentu. Meliputi memprakarsai, merencanakan, melaksanakan, pemantauan dan pengendalian, dan penutupan. Pengelompokan proses manajemen proyek bukan termasuk dalam fase proyek.
6. Area pengetahuan manajemen proyek
Sebuah area dalam manajemen proyek yang didefinisikan dari persyaratan ilmu dan dijelaskan dalam hal proses komponen, praktik, *input*, *output*, alat, dan teknik.

2.4 Siklus Hidup Proyek

Siklus hidup proyek merupakan rangkaian kegiatan proyek yang dimulai dari awal sampai selesai. Melalui siklus hidup proyek, dapat diketahui bahwa proyek memiliki rentang hidup terbatas dan bahwa ada perubahan-perubahan yang dapat diprediksi pada tingkat usaha dan fokus pada umur hidup proyek. Siklus hidup yang umum ditunjukkan pada Gambar 2.2. Siklus hidup proyek meliputi empat tahap berurutan, antara lain penentuan, perencanaan, eksekusi, dan penutupan (Gray & Larson, 2018).

1. Tahap penentuan

Menetapkan tujuan proyek, menentukan spesifikasi proyek, membentuk tim proyek, dan menetapkan berbagai tanggung jawab utama.

2. Tahap perencanaan

Tingkat usaha bertambah, rencana dikembangkan untuk menentukan proyek apa yang akan bertahan, kapan proyek akan dijadwalkan, pihak mana yang memperoleh manfaat, tingkat kualitas apa yang harus dijaga, dan anggaran apa yang diperlukan.

3. Tahap eksekusi

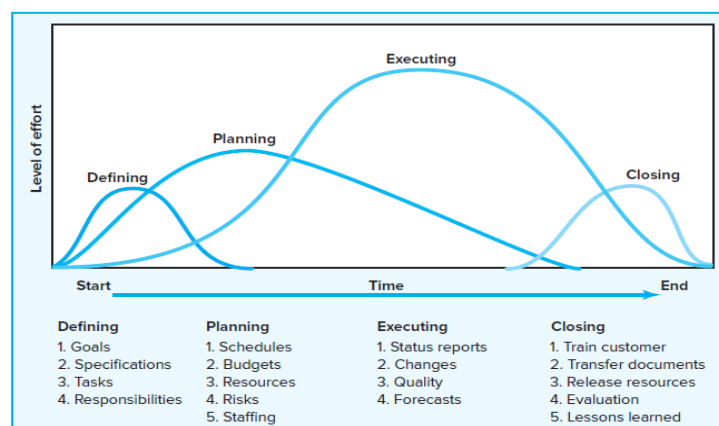
Bagian utama dari pengerjaan proyek terjadi pada tahap ini, baik fisik maupun non-fisik. Produk fisik yang dihasilkan, dikendalikan oleh waktu, biaya, dan spesifikasi. Diperlukan perkiraan mengenai kebutuhan di masing-masing ukuran tersebut serta identifikasi revisi atau perubahan yang perlu untuk dilakukan.

4. Tahap penutupan

Tahap ini meliputi tiga aktivitas, antara lain mengirimkan hasil proyek kepada pelanggan, memindahkan sumber daya proyek, dan meninjau pengerjaan proyek. Pengiriman produk atau hasil proyek dapat mencakup pelatihan pelanggan dan pemindahan dokumen. Pemindahan sumber daya proyek dapat mencakup pemindahan peralatan atau material kepada proyek lain dan memberikan penugasan baru pada anggota tim proyek. Peninjauan pengerjaan proyek mencakup penilaian kinerja proyek dan memahami *lesson learned* (proses pembelajaran) yang dapat dipetik.

Lesson learned merupakan bagian dari proses pengelolaan pengetahuan proyek yang berfungsi sebagai basis untuk meningkatkan kinerja perusahaan dan menghindarkan perusahaan dari mengulangi kesalahan yang sama pada proyek selanjutnya. Terdapat lima tahapan dalam proses *lesson learned*, antara lain:

1. Identifikasi: mengidentifikasi pendapat dan rekomendasi yang dapat berguna pada proyek selanjutnya. Terdapat dua aktivitas dalam mengidentifikasi *lesson learned*: mempersiapkan pertemuan *lesson learned* dan melakukan pertemuan *lesson learned*.
2. Dokumentasi: mengumpulkan dan menyebarkan hasil temuan kepada *stakeholder* proyek.
3. Analisis: menganalisis dan mengatur *lesson learned* untuk diterapkan.
4. Menyimpan: menyimpan hasil *lesson learned* pada *repository* perusahaan.
5. Mendapatkan: mengambil *lesson learned* untuk diterapkan pada proyek saat ini.



Gambar 2. 2 Siklus Hidup Proyek

Sumber: Gray dan Larson, 2018

2.5 Cakupan Proyek

Cakupan proyek merupakan definisi dari hasil akhir atau misi proyek yang digambarkan dengan hasil yang hendak dicapai dalam istilah yang spesifik, dapat dilihat (*tangible*), dan terukur. Sehingga cakupan harus dikembangkan di bawah

arahan manajer proyek dan pelanggan demi kesuksesan proyek. Berikut merupakan daftar cakupan proyek.

1. Sasaran proyek

Mendefinisikan sasaran keseluruhan proyek untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Sifat dari proyek ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat Proyek

No.	Sifat	Deskripsi
1	<i>Specific</i>	Mendefinisikan tujuan yang ingin dicapai secara spesifik
2	<i>Measurable</i>	Terukur untuk memantau perkembangan proyek
3	<i>Achievable</i>	Memungkinkan untuk dilakukan
4	<i>Relevant</i>	Mampu untuk dicapai dengan sumber daya, pengetahuan, dan waktu yang dimiliki perusahaan
5	<i>Time-Related</i>	Terdapat batasan waktu pengerjaan

Sumber: Haughey, (n.d)

2. *Deliverables*

Deliverables merupakan *output* yang diharapkan dari tahapan pengerjaan proyek.

3. *Milestone*

Milestone merupakan suatu peristiwa penting di dalam sebuah proyek yang terjadi pada kurun waktu tertentu.

4. Persyaratan teknis

Persyaratan yang harus dipenuhi secara teknis untuk memastikan pengerjaan proyek sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

5. Batasan dan pengecualian

Batasan dan pengecualian yang disepakati antara manajer proyek dengan pelanggan dalam proses pengerjaan agar sesuai dengan tujuan proyek.

6. Tinjauan ulang dengan pelanggan

Komunikasi dan koordinasi antara manajer proyek dengan pelanggan untuk mendapatkan persetujuan dan kesepakatan terhadap harapan-harapan proyek dari pelanggan.

2.6 Departemen Manajemen Proyek

Project Management Institute (2018) mendefinisikan departemen manajemen proyek (PMO) sebagai struktur organisasi yang menstandarkan tata kelola terkait proyek dan memfasilitasi pembagian sumber daya, metodologi, alat, dan teknik. Tanggung jawab PMO berupa menyediakan dukungan manajemen proyek hingga menjadi manajemen langsung pada satu atau lebih proyek. Berikut merupakan tiga jenis PMO dalam organisasi dari segi tingkat kontrol dan pengaruh dalam proyek.

1. Pendukung atau suportif

Memberikan peran konsultatif pada proyek dengan memberikan contoh, praktik terbaik pelatihan, akses terhadap informasi, dan pembelajaran dari proyek-proyek lain. Jenis PMO ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan rendah. Tingkat pengendalian PMO ini cenderung rendah.

2. Pengendali

Memberikan dukungan dan mengharuskan penyesuaian melalui berbagai cara. PMO ini memiliki tingkat kontrol menengah. Penyesuaian ini dapat berupa:

- Penerapan kerangka kerja atau metodologi manajemen proyek
- Penggunaan contoh tertentu, formulir, dan metode khusus
- Kesesuaian dengan kerangka kerja tata kelola

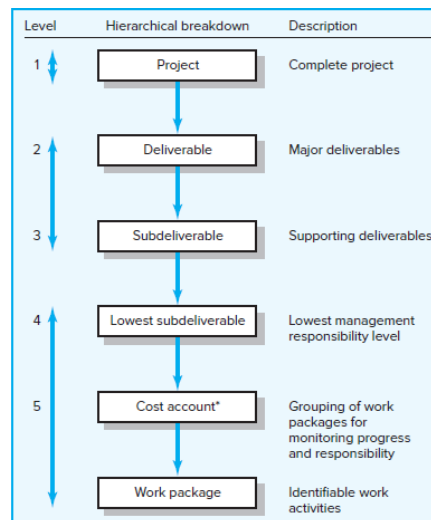
3. Direktif

Mengendalikan proyek dengan mengelola proyek secara langsung. Manajer proyek ditugaskan oleh dan diharuskan melapor ke PMO. Tingkat pengendalian PMO jenis ini cenderung tinggi.

2.7 Work Breakdown Structure

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan uraian pekerjaan proyek dalam pekerjaan-pekerjaan kecil yang secara operasional mudah dilaksanakan serta mudah diestimasi biaya dan waktu pelaksanaannya. WBS berfungsi sebagai *database* yang menghubungkan semua tingkatan dalam organisasi, *deliverable*

utama, dan seluruh aktivitas proyek. Hierarki dalam WBS ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Hierarki Work Breakdown Structure

Sumber: Gray dan Larson, 2018

Integrasi antara WBS dengan *Organizational Breakdown Structure* (OBS) menciptakan sebuah titik kendali proyek (*cost account*) yang mengintegrasikan tanggung jawab dan pekerjaan. Sehingga akan memudahkan pembagian kerja dan tanggung jawab, pengalokasian sumber daya serta jalur koordinasi antara unit fungsional proyek.

Paket pekerjaan merupakan elemen terkecil dari WBS yang mencakup detail aktivitas berdasar kegiatan dan durasi, kebutuhan sumber daya, estimasi biaya, penanggung jawab aktivitas, dan tujuan yang hendak dicapai. Paket pekerjaan merupakan dasar untuk perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

2.8 Matriks Tanggung Jawab

Matriks tanggung jawab merupakan matriks yang menunjukkan hubungan antara aktivitas (paket pekerjaan) dengan sumber daya (tenaga kerja) proyek yang bertanggungjawab dalam penyelesaiannya. Penggunaan matriks tanggung jawab bergantung pada ukuran proyek, pada proyek besar digunakan untuk mendefinisikan tanggungjawab dari unit proyek terhadap setiap komponen dalam

Work Breakdown Structure. Sedangkan pada proyek kecil digunakan dalam tim proyek untuk menunjuk peran, tanggung jawab, dan tingkat kewenangan untuk aktivitas tertentu.

Salah satu jenis matriks tanggung jawab adalah matriks RACI, merupakan matriks yang memetakan setiap tugas, *milestone* atau keputusan penting dalam penyelesaian proyek dan menetapkan sumber daya proyek yang *Responsible* terhadap setiap aktivitas, dimana setiap individu *Accountable*, dan jika diperlukan, siapa saja yang perlu untuk dilakukan *Consulted* atau *Informed*.

1. *Responsible*

Sumber daya proyek atau *stakeholder* yang bertanggung jawab untuk mengerjakan suatu aktivitas. Dalam setiap aktivitas, dimungkinkan terdapat lebih satu orang yang *responsible*.

2. *Accountable*

Sumber daya proyek atau *stakeholder* yang mempunyai otoritas dan akuntabilitas dari suatu aktivitas. Pihak ini bertanggung jawab untuk memastikan keberhasilan pengerjaan aktivitas tersebut. Dalam setiap aktivitas, hanya terdapat satu orang yang *accountable*.

3. *Consulted*

Sumber daya proyek atau *stakeholder* yang dihubungi untuk konsultasi dan memberikan *input* sebelum pekerjaan dapat disetujui untuk dimulai. Dalam setiap aktivitas, dimungkinkan terdapat lebih satu orang yang *consulted*.

4. *Informed*

Sumber daya atau *stakeholder* proyek yang perlu untuk diberikan informasi terkait perkembangan atau keputusan yang diterapkan dalam pengerjaan proyek. Dalam setiap aktivitas, dimungkinkan terdapat lebih satu orang yang *informed*.

2.9 Jaringan Proyek

Jaringan proyek merupakan diagram alur visual dikembangkan dari *Work Breakdown Structure* yang memuat sekuensi, interelasi, dan ketergantungan dari semua aktivitas yang harus dilakukan untuk menyelesaikan proyek. Jaringan

proyek digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan memonitor kemajuan proyek sebagai basis bagi penjadwalan pekerja dan peralatan. *Input* utama dalam mengembangkan sebuah jaringan proyek adalah paket pekerjaan yang didefinisikan secara spesifik, meliputi durasi, kebutuhan sumber daya, spesifikasi teknis, dan estimasi biaya. Jaringan proyek memiliki komponen lintasan kritis yang dapat digambarkan dengan *network diagram* maupun *ganttt chart*.

2.9.1 Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan urutan aktivitas kritis yang memiliki durasi waktu terpanjang, dengan *slack*-selisih waktu dari *late start* dan *early start* paling sedikit, dimana penundaan pada sebuah aktivitas kritis akan menyebabkan keterlambatan pada keseluruhan proyek. Dalam menentukan lintasan kritis, dilakukan perhitungan yang disebut sebagai pelewatan maju (*forward pass*) dan pelewatan mundur (*backward pass*).

1. Pelewatan maju

Pelewatan maju dimulai dengan aktivitas pertama dari proyek dan melacak masing-masing jalur di sepanjang sampai aktivitas terakhir dari proyek. Bertujuan untuk mendapatkan waktu paling awal terjadinya (*Early Start*) dan waktu penyelesaian paling akhir (*Early Finish*) pada masing-masing aktivitas. Berikut merupakan rumus perhitungan pelewatan maju (Mubarak, 2015).

a. *Early Start* (ES) untuk aktivitas j (ES_j) adalah:

$$ES_j = \max(EF_i) \quad (2.1)$$

Dimana (EF_i) merupakan waktu paling awal mulainya seluruh aktivitas pendahulu.

b. *Early Finish* (EF) untuk aktivitas j (EF_j) adalah:

$$EF_j = ES_j + Dur_j \quad (2.2)$$

Dimana (Dur_j) merupakan durasi pengerjaan dari aktivitas j.

2. Pelewatan mundur

Pelewatan mundur dimulai dengan aktivitas terakhir dari proyek pada jaringan untuk menentukan waktu paling akhir terjadinya (*Latest Start*) dan waktu paling akhir penyelesaian (*Latest Finish*) pada masing-masing aktivitas. Pelewatan mundur dan pelewatan maju digunakan untuk menentukan lintasan kritis dan *float* dari masing-masing aktivitas. Berikut merupakan rumus perhitungan pelewatan mundur (Mubarak, 2015).

a. *Late Finish* (LF) untuk aktivitas j (LF_j) adalah:

$$LF_j = \min(LS_k) \quad (2.3)$$

Dimana (LS_k) merupakan waktu paling akhir mulainya seluruh aktivitas pendahulu.

b. *Late Start* (LS) untuk aktivitas j (LS_j) adalah:

$$LS_j = LF_j - Dur_j \quad (2.4)$$

Dimana (Dur_j) merupakan durasi pengerjaan dari aktivitas j.

3. Total Float

Total Float merupakan waktu paling lama dari keterlambatan pengerjaan aktivitas dari ES tanpa menunda keseluruhan proyek atau melanggar *constraint* dalam penjadwalan.

$$TF = LS - ES \text{ atau } TF = LF - EF \text{ atau } TF = LF - Dur - ES \quad (2.5)$$

2.9.2 Pengembangan Jaringan Proyek

Dalam pengembangan jaringan proyek diperlukan daftar aktivitas, aktivitas pendahulu (*preceeding activity*), dan durasi. Terdapat dua pendekatan yang digunakan dalam pengembangan jaringan proyek, antara lain: *activity-on-node* (AON) yang menggunakan *node* untuk menggambarkan sebuah aktivitas dan

activity-on-arrow (AOA) yang menggunakan anak panah untuk menggambarkan sebuah aktivitas.

Penggambaran jaringan proyek dengan AON lebih mendominasi dalam praktiknya, karena memuat informasi atribut yang lebih lengkap dan tidak memerlukan aktivitas semu. Tabel 2.2 menunjukkan perbandingan antara AON dengan AOA.

Tabel 2. 2 Tabel Perbandingan antara AON dan AOA

No.	AON	Definisi Aktivitas	AOA
1		A dapat dimulai sebelum B, yang mana dimulai sebelum C	
2		C dapat dimulai setelah A dan B diselesaikan	
3		B dan C dapat dimulai setelah A diselesaikan	
4		C dan D dapat dimulai setelah A dan B diselesaikan	
5		C dapat dimulai setelah A dan B diselesaikan, D dapat dimulai setelah B diselesaikan.	
6		B dan C dapat dimulai setelah A diselesaikan, D dapat dimulai setelah B dan C diselesaikan. Aktivitas <i>dummy</i> digunakan pada AOA.	

Sumber: Mahmoud, 2016

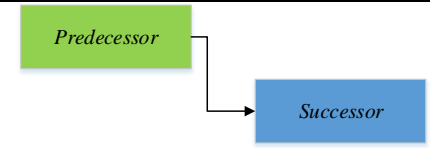
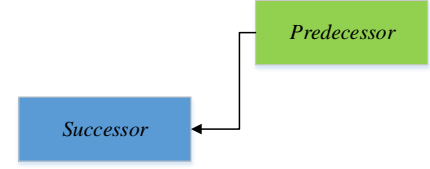
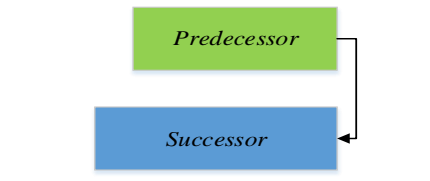

2.9.3 Gantt Chart

Gantt chart merupakan diagram batang yang menunjukkan hubungan antara aktivitas dan waktu pengerjaannya, memuat informasi penjadwalan dimana sumbu vertikal merepresentasikan aktivitas, sumbu horizontal merepresentasikan tanggal, batang horizontal sebagai durasi aktivitas yang mengacu pada tanggal awal dan akhir aktivitas.

2.9.3.1 Metode Diagram Pendahulu

Menggambarkan hubungan logis antara aktivitas berdasarkan kronologi. Aktivitas *predecessor* adalah aktivitas yang logis datang sebelum aktivitas yang tergantung di jadwal, sedangkan aktivitas *successor* adalah aktivitas tergantung yang secara logis datang setelah aktivitas lain dalam jadwal. Tabel 2.3 menunjukkan empat hubungan dalam *task dependency relationship*.

Tabel 2. 3 Tipe Kronologi Aktivitas Proyek

No.	Task Dependency	Visualisasi	Penjelasan
1	Finish-to-Start (FS)		Aktivitas <i>predecessor</i> harus selesai sebelum aktivitas <i>successor</i> dapat dimulai.
2	Start-to-Finish (SF)		Aktivitas <i>predecessor</i> harus dimulai sebelum aktivitas <i>successor</i> dapat diselesaikan.
3	Finish-to-Finish (FF)		Aktivitas <i>predecessor</i> harus diselesaikan sebelum aktivitas <i>successor</i> dapat diselesaikan
4	Start-to-Start (SS)		Aktivitas <i>predecessor</i> harus dimulai sebelum aktivitas <i>successor</i> dapat dimulai

Sumber: Gray dan Larson, 2018

Adapun teknik pengembangan yang dilakukan agar estimasi penjadwalan yang dilakukan dapat mendekati kondisi aktual dalam pelaksanaan adalah sebagai berikut.

1. Laddering

Terjadi pada aktivitas yang memiliki hubungan *finish-to-start* dengan durasi yang panjang. Dilakukan dengan melakukan membagi aktivitas itu ke dalam beberapa segmen sehingga aktivitas berikutnya dapat segera dimulai dan tidak menunda pekerjaan.

2. *Lag*

Merupakan jumlah waktu aktivitas sesungguhnya yang akan tertunda dari aktivitas-aktivitas pendahulunya. Penggunaan *lag* dapat menghindari keterlambatan ketika aktivitas dengan durasi panjang menunda *start* atau *finish* dari aktivitas dependen dan membatasi *start* atau *finish* dari sebuah aktivitas.

3. *Lead*

Aktivitas *successor* dapat dikerjakan lebih awal atau dikerjakan secara paralel dengan aktivitas *predecessor*.

2.9.3.2 *Dependensi dalam Proyek*

Dependensi harus dipertimbangkan dalam perencanaan proyek karena memuat kondisi-kondisi seperti penyelesaian dan permulaan aktivitas, hubungan antara aktivitas dengan keseluruhan proyek dan organisasi, dan alasan terdapat dependensi. Berikut merupakan jenis *dependencies* dalam proyek.

1. Dependensi logis

Dependensi yang tidak dapat dihindari secara kontrak karena merupakan urutan pelaksanaan aktivitas dalam proyek yang dilakukan.

2. Dependensi pertimbangan

Dependensi yang ditetapkan berdasarkan pengalaman atau preferensi tim proyek. Muncul saat proyek berfokus pada pencapaian *deliverables*.

3. Dependensi eksternal

Dependensi di luar kendali tim proyek yang melibatkan hubungan antara aktivitas proyek dan aktivitas non-proyek.

4. Dependensi internal

Dependensi yang melibatkan hubungan didahulukan antara aktivitas proyek dan umumnya berada pada kendali tim proyek.

2.10 **Sumber Daya dan Biaya Proyek**

Sumber daya yang digunakan dalam proyek berupa tenaga kerja, material, peralatan, dan modal kerja. Perencanaan proyek harus mempertimbangkan batasan-batasan sumber daya agar tidak menyebabkan deviasi antara perencanaan dan aktualisasi penjadwalan.

2.10.1 Batasan Sumber Daya

Ketidaktersediaan sumber daya dapat secara drastis merubah batasan teknis. Pemrioritasan dan pengalokasian sumber daya perlu dilakukan untuk memperkecil penundaan proyek tanpa melebihi batas kapasitas sumber daya dan teknis proyek. Penjadwalan *critical chain* memiliki pendekatan keterbatasan sumber daya, sehingga diperlukan pengoptimalan sumber daya dengan menyesuaikan tanggal *start* dan *finish* dari aktivitas untuk dapat memenuhi kebutuhan sumber daya sesuai dengan ketersediaannya. Berikut merupakan metode untuk mengoptimalkan sumber daya.

1. *Resource leveling* merupakan metode untuk menyeimbangkan kebutuhan sumber daya terhadap jumlah sumber daya yang tersedia dengan menyesuaikan tanggal *start* dan *finish* suatu aktivitas. Digunakan saat sumber daya kritis yang dibutuhkan hanya tersedia pada waktu atau jumlah yang terbatas, atau *overallocated*.
2. *Resource smoothing* merupakan metode untuk mengurangi kebutuhan puncak sumber daya demi meningkatkan utilisasi sumber daya dengan menggunakan *slack*, sehingga dapat mengubah durasi proyek.

Pengalokasian sumber daya yang terbatas diprioritaskan pada tiga aktivitas yang memiliki: *slack* terkecil, durasi tercepat, dan kode identifikasi aktivitas terendah.

2.10.2 Manajemen Biaya Proyek

Manajemen biaya proyek meliputi empat aspek, antara lain:

1. Manajemen perencanaan biaya
Proses menentukan bagaimana biaya proyek akan diperkirakan, dianggarkan, dikelola, dipantau, dan dikendalikan.
2. Estimasi biaya
Proses membuat perkiraan kebutuhan biaya diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek.
3. Penetapan anggaran biaya
Proses menggabungkan perkiraan biaya setiap paket pekerjaan untuk menghasilkan harga acuan satuan.

4. Pengelolaan anggaran biaya

Proses pemantauan status proyek dengan menyesuaikan biaya proyek dan mengelola perubahannya terhadap harga acuan satuan dalam kontrak.

2.11 Keterlambatan Proyek

Keterlambatan (*delay*) dalam proyek merupakan kejadian yang mengakibatkan penyelesaian proyek lebih lambat dari yang telah disepakati dalam kontrak, dapat juga diartikan sebagai permulaan atau penyelesaian proyek lebih lambat dari yang telah direncanakan. Menurut Bramble dan Callahan (dalam Mubarak, 2015) berikut merupakan klasifikasi keterlambatan dalam proyek berkaitan dengan penjadwalan proyek:

1. *Excusable delay*: memberikan hak berupa waktu tambahan kepada kontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai kontrak. *Excusable delay* pada umumnya disebabkan oleh gangguan di luar kendali kontraktor. Terdapat dua jenis *excusable delay*:
 - *Noncompensable delay*: keterlambatan yang di luar kendali dan bukan dari kesalahan dari pemilik proyek, seperti kondisi cuaca ekstrem, bencana alam, perang atau krisis nasional. Kontraktor berhak mendapatkan perpanjangan waktu namun tidak berupa kompensasi biaya.
 - *Compensable delay*: keterlambatan yang disebabkan oleh pemilik atau perencana proyek. Kontraktor berhak untuk mendapatkan perpanjangan waktu dan kompensasi biaya.
2. *Nonexcusable delay*: keterlambatan yang disebabkan oleh kontraktor maupun tidak disebabkan oleh kontraktor namun seharusnya dapat diantisipasi dalam kondisi normal. Sehingga kontraktor tidak berhak mendapatkan perpanjangan waktu dan kompensasi biaya.
3. *Concurrent delay*: kombinasi dari dua atau lebih penyebab independen dari keterlambatan yang terjadi dalam periode waktu yang sama. Seringkali merupakan kombinasi dari *excusable* dan *nonexcusable delay*.

2.11.1 Klaim Keterlambatan

Pada umumnya klaim merupakan permohonan dari kontraktor pada pemilik proyek, subkontraktor, dan sebagainya untuk perpanjangan waktu, kompensasi biaya, atau keduanya. Klaim keterlambatan harus diselesaikan secara sah untuk kepuasan kedua belah pihak. Klaim kompensasi biaya sering kali menjadi basis atas *change order* (CO) yang diajukan atas permintaan pemilik proyek, kontraktor, subkontraktor, dan sebagainya. Ketika pemilik proyek mengajukan CO, hal ini dapat berupa permintaan perubahan atas arahan kerja. CO dapat berupa penambahan, pengurangan, atau penggantian komponen dalam kontrak awal. Untuk dapat meminimalkan jumlah CO, pemilik proyek harus mendefinisikan cakupan proyek secara menyeluruh dan menyepakati cakupan proyek dan detail kontrak bersama kontraktor.

Terdapat lima alasan yang mendorong kontraktor melakukan klaim atas keterlambatan kepada pemilik proyek:

1. Perbedaan kondisi lahan proyek

Kontraktor dapat melakukan klaim jika kondisi lahan proyek berbeda dari yang disebutkan dalam kontrak. Salah satu penyebabnya adalah tim perencana proyek dari pemilik proyek tidak menggunakan *site plan* terbaru sehingga tidak merepresentasikan kondisi lahan proyek terkini.

2. Kesalahan atau kelalaian desain

Kesalahan atau kelalaian dalam desain mengakibatkan kontraktor melakukan kerja tambah yang tidak termuat dalam kontrak.

3. Pemilik proyek merubah persyaratan proyek

Perubahan dapat berupa persyaratan teknis maupun non-teknis, dapat mendorong dilakukannya amandemen kontrak.

4. Kondisi cuaca yang abnormal

Sebagian besar kontrak pekerjaan memungkinkan untuk memperkirakan penundaan akibat cuaca tanpa memperbolehkan perpanjangan waktu untuk kontraktor.

5. Faktor lain

Dapat terjadi faktor-faktor lain yang tidak disebabkan oleh kesalahan kontraktor, seperti permasalahan pada pemilik proyek, mogok kerja,

demonstrasi oleh warga, atau peristiwa yang dapat diklasifikasikan sebagai *force majeure*.

2.11.2 Kondisi Force Majeure

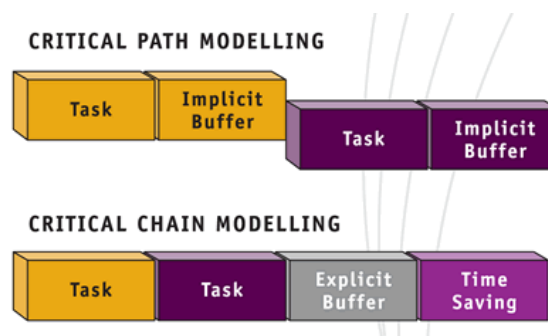
Dalam konteks proyek konstruksi, kondisi *force majeure* menyatakan kondisi yang memenuhi kriteria pengecualian dari persyaratan kontrak, meliputi tiga elemen berikut:

1. Kejadian luar biasa yang tidak dapat dicegah.
2. Tidak terduga atau tidak dapat diantisipasi atau dikendalikan secara wajar
3. Memiliki efek destruktif atau mengganggu proses konstruksi.

Kondisi *force majeure* ini tidak termasuk hal-hal merugikan yang disebabkan oleh perbuatan atau kelalaian *stakeholder* proyek.

2.12 Critical Chain Project Management

Dalam penjadwalan terdapat dua aspek yang harus diperhatikan, bagaimana menangani ketidakpastian dan dampak negatif terhadap penyelesaian proyek serta melaksanakan proyek lain tanpa perlu menambahkan sumber daya. (Nasution & Arvianto, 2015). *Critical Chain Project Management* (CCPM) merupakan metode dalam perancangan dan pengendalian proyek yang menitikberatkan pada keterbatasan sumber daya dan ketergantungan teknis dalam melaksanakan proyek. Gambar 2.4 menunjukkan perbedaan antara penjadwalan *Critical Path Method* dengan *Critical Chain Project Management*.



Gambar 2. 4 Penjadwalan *Critical Chain*

Sumber: caravelgroup.com.au, n.d

2.12.1 Theory of Constraints

Dari sudut pandang manajemen, sebuah sistem terdiri atas *input*, proses, dan *output*. *Theory of Constraints* (TOC) menyatakan tiap sistem pasti memiliki *constraint* pada *output*. Hal ini dapat disebabkan oleh keterbatasan *input* atau kesalahan proses. Dalam hal ini *input* merupakan sumber daya yang tersedia sedangkan proses merupakan aktivitas yang dilakukan dalam mengelola sumber daya. *Output* merupakan aktivitas yang sudah selesai sesuai dengan rencana penjadwalan dari aspek waktu dan biaya. Dalam penerapan TOC, suatu organisasi diharapkan memiliki pengelolaan yang baik karena TOC merupakan metode yang dinamis.

2.12.2 Prosedur Penjadwalan

Berikut merupakan prosedur yang harus dilakukan dalam penjadwalan CCPM:

1. Mengidentifikasi *critical chain* (rantai kritis) sebagai batasan dari suatu proyek yang menentukan durasi pengerjaan proyek. Berikut merupakan tahapan mengidentifikasi *critical chain*:

- 1.1 Mengembangkan penjadwalan dasar awal, tahapan ini serupa dengan proses penjadwalan menggunakan *Critical Path Method* (CPM):

- 1.1.1 Tentukan tujuan dari proyek dan rencanakan anggaran serta durasi pengerjaan proyek yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan.

- 1.1.2 Identifikasi aktivitas yang diperlukan untuk mengerjakan proyek dengan menggunakan *Work Breakdown Structure*.

- 1.1.3 Tentukan keterkaitan antar aktivitas-aktivitas dalam proyek. CCPM menggunakan keterkaitan *finish-to-start* dan pendekatan *as-late-as-possible* untuk dapat mempersingkat total durasi pengerjaan proyek dengan mengeliminasi adanya *slack*, yang bertentangan dengan konsep *buffer*.

- 1.1.4 Estimasikan kebutuhan durasi, biaya, dan sumber daya untuk melakukan aktivitas proyek.

- 1.2 Cari *critical chain*. Leach, (2005) menyatakan bahwa *critical chain* merupakan suatu rangkaian aktivitas yang memuat hubungan

keterkaitan aktivitas (*task dependency logic*) dan batasan ketersediaan tenaga kerja (*resource constraint*). Dengan ketersediaan tenaga kerja yang tidak terbatas, *critical chain* memiliki lintasan yang sama dengan *critical path*. Sedangkan dengan batasan ketersediaan tenaga kerja, maka *critical chain* merupakan solusi dari *resource-leveled critical path*. Sehingga, *critical chain* memuat solusi *critical path*.

2. Memutuskan bagaimana untuk mengeksploitasi *critical chain*.
 - a. Mengurangi durasi pengerjaan setiap aktivitas. Tahapan ini dapat dilakukan sebelum identifikasi *critical chain*. Namun urutan pengerjaan ini tidak berdampak pada hasil, oleh karena itu kedua opsi dimungkinkan.
 - b. Memasukkan *project buffer* pada akhir *critical chain*.
3. Subordinat pekerjaan lain, jalur, dan sumber daya kedalam *critical chain*
 - a. Masukkan *feeding buffer* pada seluruh *non-critical chain* yang terhubung dengan *critical chain* untuk melindungi *critical chain*, kemudian tentukan ukuran *buffer* menggunakan rantai aktivitas pendahulu terpanjang. Dalam pengerjaan proyek, seluruh *noncritical chain* terhubung dengan *critical chain*. Jika *chain* langsung menuju *project buffer* maka diperlukan juga *feeding buffer*.
 - b. Lakukan penjadwalan ulang setelah memasukkan *feeding buffer*
 - c. Masukkan *resource buffer*
4. Mengembangkan *critical chain*. Jika penjadwalan yang dibuat tidak sesuai dengan tujuan proyek maka perlu dilakukan pengembangan *critical chain*. Pengembangan ini dapat berupa penambahan tenaga kerja, perubahan urutan pengerjaan aktivitas, perubahan material atau peralatan kerja, menyalurkan tenaga kerja dari aktivitas non-kritis ke aktivitas dalam *critical chain*, melakukan pekerjaan lembur, dan lain-lain.
5. Jika pada tahapan sebelumnya melanggar *constraint*, maka kembali pada tahapan 1.2.

Kendall & Austin, (2013) menyatakan dependensi aktivitas dalam penjadwalan CCPM dapat berdasarkan pada:

1. Suatu aktivitas bergantung pada penyelesaian aktivitas sebelumnya agar dapat dimulai karena aktivitas tersebut memerlukan hasil dari aktivitas sebelumnya untuk dapat dimulai, atau
2. Suatu aktivitas bergantung pada ketersediaan tenaga kerja yang harus menyelesaikan aktivitas sebelumnya pada rantai aktivitas lain dalam proyek.

2.12.3 Critical Chain Buffer

Buffer merupakan *allowance* berupa waktu atau biaya yang digunakan untuk melindungi penjadwalan proyek, tanggal penyelesaian atau estimasi biaya dalam proyek dari ketidakpastian dalam setiap aktivitas proyek. Dalam pengendalian proyek, tim proyek perlu melakukan kontrol dan pemantauan pada konsumsi *buffer* agar proyek dapat selesai sesuai penjadwalan yang dibuat.

2.12.3.1 Jenis Buffer

Terdapat tiga jenis *buffer* yang digunakan untuk melindungi proyek dan aktivitas *critical chain* dari adanya keterlambatan. Hal yang membedakan dari setiap *buffer* adalah jumlah, lokasi penempatan, kegunaan, dan ukuran. Berikut merupakan jenis *buffer*.

1. *Project Buffer*

Merupakan *buffer* waktu pada akhir *critical chain* pada penjadwalan proyek untuk melindungi waktu penyelesaian akhir proyek dari ketidakpastian di dalam aktivitas *critical chain*. *Project buffer* berupa *single buffer* yang ditempatkan pada akhir proyek setelah aktivitas terakhir dalam *critical chain*.

2. *Feeding buffer*

Merupakan *buffer* waktu pada lintasan aktivitas proyek non kritis (*non critical chain* atau *feeding chain*) yang terhubung pada *critical chain*. Berfungsi untuk melindungi dan menjaga kinerja aktivitas jaringan *critical chain* dari perubahan karena ketidakpastian jadwal di dalam aktivitas pada *non critical chain*. *Feeding buffer* berupa *multiple buffer* yang ditempatkan pada persimpangan antara *critical chain* dan *non critical chain*.

3. *Resource buffer*

Berfungsi untuk mengantisipasi dan menjamin keamanan dari ketersediaan sumber daya, sehingga tidak ada penambahan waktu untuk *critical chain*. *Resource buffer* ditempatkan pada *critical chain*.

2.12.3.2 *Ukuran Buffer*

Buffer digunakan untuk mengukur kinerja dari rantai aktivitas. Ukuran *buffer* dipengaruhi oleh ketidakpastian dalam aktivitas yang dilindungi. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam menentukan ukuran *buffer*, berikut merupakan dua metode yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Metode *cut and paste* (C&PM)

Aturan dasar yang digunakan dalam menentukan ukuran *buffer* pada metode ini adalah memotong 50% dari durasi setiap aktivitas atau sesuai dengan *expert judgement* dari tim perencana proyek. Sisa durasi setiap aktivitas akan ditempatkan sebagai *feeding* dan *project buffer* untuk melindungi dari ketidakpastian.

2. Metode *Square Root of the Sum of the Squares* (SSQ)

Leach (dalam Tenera, 2008) menyatakan bahwa metode SSQ menilai perbedaan antara dua estimasi waktu aktivitas, antara lain estimasi aman (U_i) dan estimasi rata-rata (L_i) untuk seluruh aktivitas dalam rantai terpanjang yang memasok *buffer*. Jika terdapat percabangan pada bagian hulu lintasan aktivitas maka rantai terpanjanglah yang digunakan sebagai ukuran *buffer* atau setiap rantai yang memiliki ukuran *buffer* terbesar. Berikut merupakan rumus perhitungan SSQ.

$$BfS = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i - L_i)^2} \quad (2.6)$$

dimana:

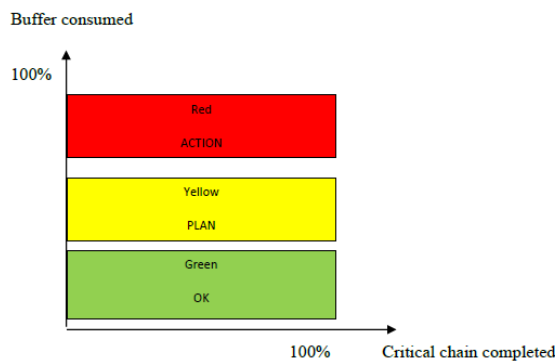
U_i = estimasi waktu aman,

L_i = estimasi waktu rata-rata,

n = banyak aktivitas dalam *critical chain* atau *feeding chain*.

2.12.3.3 Buffer Management

Menurut Ravalji & Deshpande, (2017), tujuan pengendalian konsumsi *buffer* dalam CCPM adalah untuk mengendalikan deviasi proyek dari perencanaan yang dibuat. Hal ini disebut sebagai *buffer management*. Cervený & Galup (dalam Valikonienė 2014) menyatakan bahwa *buffer management* terbagi menjadi tiga bagian yang direpresentasikan dalam tiga warna yaitu: hijau, kuning, dan merah. Warna hijau menunjukkan area dari nilai negatif sampai dengan satu pertiga pemakaian *buffer*, mengindikasikan zona aman dimana tidak diperlukan tindakan perbaikan. Warna kuning menunjukkan area berkisar antara satu pertiga sampai dengan dua pertiga pemakaian *buffer*, mengindikasikan diperlukan perencanaan langkah-langkah mitigasi jika pemakaian *buffer* terus bertambah. Sedangkan warna merah menunjukkan perlunya melakukan langkah-langkah mitigasi. Pada akhir suatu periode proyek, dilakukan perhitungan persentase penyelesaian *critical chain* dan dilakukan perhitungan konsumsi *buffer* pada periode yang sama. Indikator zona konsumsi *buffer* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



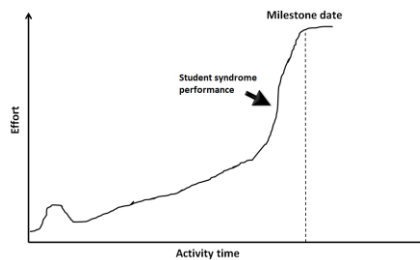
Gambar 2. 5 Pengendalian Buffer

Sumber: Valikonienė, 2014

2.12.4 Student's Syndrome

Student's syndrome merupakan kecenderungan untuk memulai aktivitas dengan menunggu sampai aktivitas tersebut mendesak untuk dilaksanakan. Banyak orang yang hanya melaksanakan sepertiga aktivitasnya pada dua pertiga durasi aktivitas, sehingga sisa dua pertiga aktivitas dilaksanakan pada satu pertiga durasi aktivitas sisa (Cooper, 2013). Hal ini mengakibatkan terbuangnya waktu sebelum memulai suatu aktivitas dan memerlukan usaha yang lebih besar untuk menyelesaikan aktivitas karena mayoritas waktu telah terbuang. Sebagai ilustrasi

student's syndrome, pola kerja tipikal dari kebanyakan orang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Grafik *Student's Syndrome*

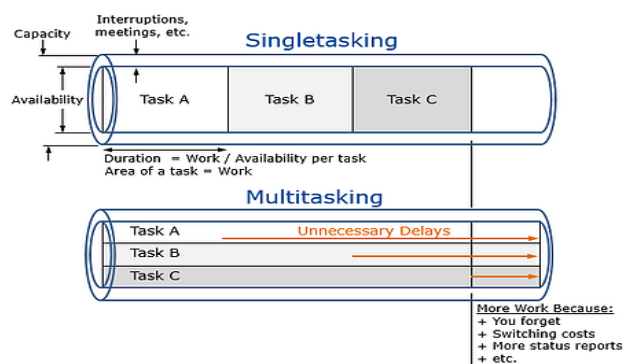
Sumber: sskotwal.in, 2018

2.12.5 Parkinson's Law

Parkinson's law merupakan kecenderungan untuk menggunakan seluruh durasi setiap aktivitas untuk menyelesaikan aktivitas tersebut. Hal ini didorong oleh keengganan pekerja atau tim proyek untuk melaporkan aktivitas yang terselesaikan sebelum tenggat waktu penyelesaian yang ditetapkan. Sehingga muncul tendensi untuk melakukan pekerjaan tambahan dalam aktivitas tersebut hingga mencapai tenggat waktu.

2.12.6 Multitasking

Multitasking merupakan kondisi pelaksanaan beberapa aktivitas proyek pada saat yang bersamaan dengan sumber daya yang sama. Hal ini dapat menambah durasi dan biaya pengerjaan aktivitas proyek sebab diperlukan tambahan waktu dan biaya untuk pergantian aktivitas. Ilustrasi *multitasking* pada aktivitas proyek ditunjukkan pada Gambar 2.7.



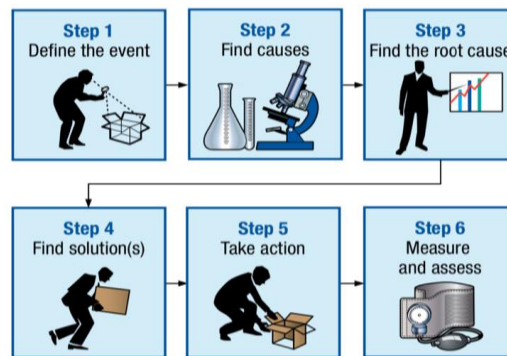
Gambar 2. 7 *Multitasking* pada Proyek

Sumber: Graves, 2019

2.13 Root Cause Analysis

Root Cause Analysis (RCA) merupakan metode identifikasi permasalahan yang bertujuan untuk mendapatkan akar permasalahan dari suatu kejadian. RCA dipergunakan sedemikian rupa agar permasalahan dapat teridentifikasi dan tereliminasi serta mencegah masalah terulang kembali.

RCA dilakukan dengan melibatkan tim dalam meninjau pemahaman awal dari suatu kejadian dan mengidentifikasi pertanyaan dan kesenjangan informasi yang tidak terjawab. Proses pengumpulan informasi termasuk wawancara pekerja yang terlibat langsung maupun tidak langsung, pemantauan lingkungan fisik tempat kejadian selama kejadian berlangsung, dan pengamatan metode kerja. Informasi ini diterjemahkan sebagai pemahaman masalah yang kemudian digunakan oleh tim untuk memulai bagian “*why*” dari analisis. Tahapan-tahapan dalam melakukan RCA ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Tahapan Proses RCA

Sumber: Anderson dan Fagerhaug, 2017

1. Definisikan suatu kejadian atau deviasi yang mendorong diperlukannya RCA secara ringkas.
2. Temukan penyebab sebanyak mungkin selama masih dalam lingkup kejadian atau deviasi.
3. Temukan akar permasalahan, berfokus pada permasalahan utama.
4. Temukan solusi untuk menyelesaikan masalah dan mencegah agar tidak terulang kembali.
5. Mengambil tindakan dan mengimplementasikan saran perbaikan.

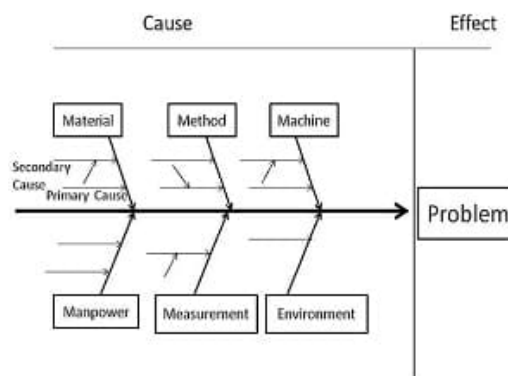
6. Mengukur dan menilai untuk menentukan apakah saran perbaikan yang diimplementasikan dapat menyelesaikan permasalahan.

2.13.1 Cause-and-Effect Diagram

Cause-and-effect diagram atau *fishbone diagram* merupakan diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab potensial permasalahan. Dalam penyusunannya dilakukan proses *brainstorming* dalam tim, sehingga penting untuk melibatkan anggota tim yang mempunyai pengetahuan dan pengalaman pribadi tentang proses dan sistem yang terlibat dalam masalah atau peristiwa yang akan diselidiki. Menurut Liliana (2016) berikut merupakan tahapan penggunaan *cause-and-effect diagram*:

1. Pencarian faktor utama yang terlibat dalam permasalahan
2. Identifikasi penyebab yang mungkin terjadi
3. Analisis diagram

Secara visual, diagram ini memperlihatkan hubungan antara sebuah *outcome* dan faktor-faktor yang memengaruhi *outcome* tersebut. Masalah atau *effect* ditampilkan sebagai kepala dari ikan. Penyebab yang berkontribusi terhadap masalah ditampilkan dalam “tulang” dalam berbagai kategori. Ilustrasi *cause-and-effect diagram* dengan kerangka 5M ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 9 Ilustrasi *Cause-and-effect Diagram* Kerangka 5M

Sumber: Usmani, 2020

Septiawan & Bekti, (2016) menggunakan *cause-and-effect diagram* untuk industri jasa konstruksi dengan kerangka yang digunakan pada industri manufaktur yaitu 5M. Kerangka 5M merupakan kerangka yang umum dalam pembuatan *cause-*

and-effect diagram pada industri manufaktur dengan lengkap, sehingga digunakan dalam identifikasi penyebab yang berkontribusi terhadap permasalahan didalam industri jasa konstruksi. Berikut merupakan kategori-kategori dalam 5M:

1. *Machine* : segala peralatan, komputer, peralatan, dll yang digunakan untuk melakukan pekerjaan.
2. *Method* : tata cara pekerjaan dilakukan dan persyaratan spesifik untuk melakukannya, seperti kebijakan, prosedur, peraturan, regulasi, dan perundang-undangan.
3. *Material* : bahan baku dan komponen yang digunakan untuk menghasilkan produk jadi.
4. *Manpower* atau *Man* : siapa saja pihak yang terlibat dalam pekerjaan.
5. *Measurement* : data dihasilkan dari proses sebagai *input* melakukan pekerjaan.

2.13.2 5 Why's

5 *Why's* merupakan metode untuk bertanya sebanyak lima kali mengapa terjadi permasalahan dalam upaya mengidentifikasi akar permasalahan dari kejadian. Pada umumnya *Why 1* merupakan gejala permasalahan, *Why 2* merupakan alasan terjadinya permasalahan, *Why 3* merupakan kesalahan yang menyebabkan munculnya permasalahan, *Why 4* merupakan penyebab permasalahan, dan *Why 5* merupakan akar permasalahan. Jika menemukan penyebab yang diluar kendali, maka kembali ke penyebab sebelumnya untuk dilakukan identifikasi lebih mendalam. Dalam mengidentifikasi dan menganalisis akar permasalahan, diperlukan penjelasan logis mengenai kemunculan akar permasalahan. Setelah itu dilakukan tindakan yang sesuai untuk mengeliminasi akar permasalahan dari sistem.

2.14 Triangulasi

Menurut Hardani, et al., (2020) triangulasi merupakan teknik pengumpulan data yang bersifat menggabungkan dari berbagai teknik pengumpulan data dan sumber daya yang telah ada. Dengan menggunakan teknik triangulasi dalam pengumpulan data, maka data yang diperoleh akan lebih konsisten, tuntas, dan pasti. Menurut Flick, (2014) triangulasi dapat digunakan

sebagai bentuk untuk menstandarkan hubungan antara penelitian kualitatif dan kuantitatif, memperkuat kualitas penelitian kualitatif, dan merancang serta melakukan penelitian kualitatif dengan cara yang tepat. Berikut merupakan empat jenis triangulasi:

1. Triangulasi data

Penggunaan data dari berbagai sumber pada waktu yang berbeda dengan lokasi yang berbeda atau dari orang yang berbeda. Jika data-data konsisten, maka validitas dapat ditegakkan.

2. Triangulasi peneliti

Pelibatan beberapa pengamat untuk menyeimbangkan pengaruh subjektivitas dari setiap individu, menghasilkan perbandingan sistematis dari pendapat beberapa pengamat pada masalah dan hasil dari penelitian. Jika setiap pengamat menafsirkan sama, maka validitas dapat ditegakkan.

3. Triangulasi teori

Penggunaan beragam perspektif untuk menafsirkan data. Bertujuan untuk memperluas kemungkinan menghasilkan pengetahuan baru. Jika berbagai teori menghasilkan kesimpulan sama, maka validitas dapat ditegakkan.

4. Triangulasi metodologi

Pemeriksaan konsistensi temuan yang dihasilkan dalam pengumpulan data dengan menggunakan metode *within-method* yaitu menggunakan skala penilaian lain untuk menilai sebuah item dalam kuesioner dan *between-method* yaitu menggabungkan metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif. Jika kesimpulan dari masing-masing metodologi yang digunakan sama, maka validitas dapat ditegakkan.

2.15 Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 2.4 menunjukkan berbagai macam penelitian terdahulu yang menjadi landasan dalam penelitian ini.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul dan Objek	Permasalahan	Metode	Hasil
1.	Irawan, (2015)	Penjadwalan Multi Proyek Pembangunan PT Smartfren Telecom di Surabaya Menggunakan Metode <i>Critical Chain</i>	Penyusunan penjadwalan multi proyek pembangunan 70 pemancar BTS pada lokasi yang tersebar dengan <i>resource</i> yang terbatas agar tidak mengalami keterlambatan.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Critical Chain Project Management</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan menggunakan metode <i>Critical Chain Project Management</i>, durasi proyek dapat dikurangi dari 301 hari kerja menjadi 169 hari kerja.
2.	Prasetyo, (2015)	Perencanaan Ulang dan Pengendalian Proyek Konstruksi Menggunakan <i>Critical Chain Project Management</i> dan <i>Root Cause Analysis</i> untuk Mencapai <i>Lean Construction</i> (Kasus Pembangunan Paket 3 (Machining) AHM Karawang)	<ul style="list-style-type: none"> • Adanya <i>non-value added activity</i> yang mengakibatkan terjadinya ketidaksesuaian rancangan jadwal dengan aktual proses yang terjadi di lapangan, mengakibatkan peningkatan biaya. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lean Construction</i> • <i>Root Cause Analysis</i> • <i>Critical Chain Project Management</i> • <i>Earned Value Management S-Curve Monitoring</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan menggunakan metode <i>Critical Chain Project Management</i>, durasi proyek dapat dikurangi dari 307 hari kerja menjadi 202 hari kerja. • Penghematan biaya tenaga kerja dengan evaluasi <i>Earned Value Management</i> sebesar Rp290.400.988,50.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti	Judul dan Objek	Permasalahan	Metode	Hasil
3.	Septiawan dan Bekti, (2016)	<i>Analysis of Project Construction Delay Using Fishbone Diagram at PT. Rekayasa Industri</i>	<ul style="list-style-type: none"> Terjadi keterlambatan pada pekerjaan PT. Rekayasa Industri pada proyek DC-1 dan CGPX. Diperlukan identifikasi akar permasalahan keterlambatan tersebut. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Fishbone diagram</i> <i>Pareto chart</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Terdapat tiga kategori yang tergolongkan sebagai penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek, antara lain <i>man, method, dan measurement.</i>
4.	Alamri, Amoudi, dan Njie (2017)	<i>Analysis of Construction Delay Causes in Dams Projects in Oman</i>	<ul style="list-style-type: none"> Keterlambatan pengerjaan proyek konstruksi utamanya proyek pembangunan <i>dam</i> di Oman. 	<ul style="list-style-type: none"> Kuesioner <i>Pareto law</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Teridentifikasi 12 penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek dengan sumber keterlambatan antara lain faktor eksternal (5), pemilik proyek (4), konsultan (2), dan kontraktor (1).
5.	Putra, (2018)	Evaluasi Penjadwalan pada Proyek Konstruksi dengan Menggunakan Metode <i>Critical Chain Project Management</i> (Studi Kasus: PT.XYZ)	<ul style="list-style-type: none"> Keterlambatan pengerjaan proyek dikarenakan faktor-faktor kendala (<i>waste</i>) yang timbul pada saat pelaksanaan konstruksi. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Critical Chain Project Management</i> <i>Precedence Diagram Method</i> <i>Buffer Management</i> Identifikasi <i>Waste</i>: konsep 8 <i>waste</i> dan RCA 	<ul style="list-style-type: none"> Dengan menggunakan metode <i>Critical Chain Project Management</i>, durasi proyek dapat dikurangi dari 432 hari kerja menjadi 379 hari kerja. Penghematan biaya tenaga kerja dengan <i>buffer management</i> sebesar Rp229.355.080,19.

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

(halaman ini sengaja dikosongkan)

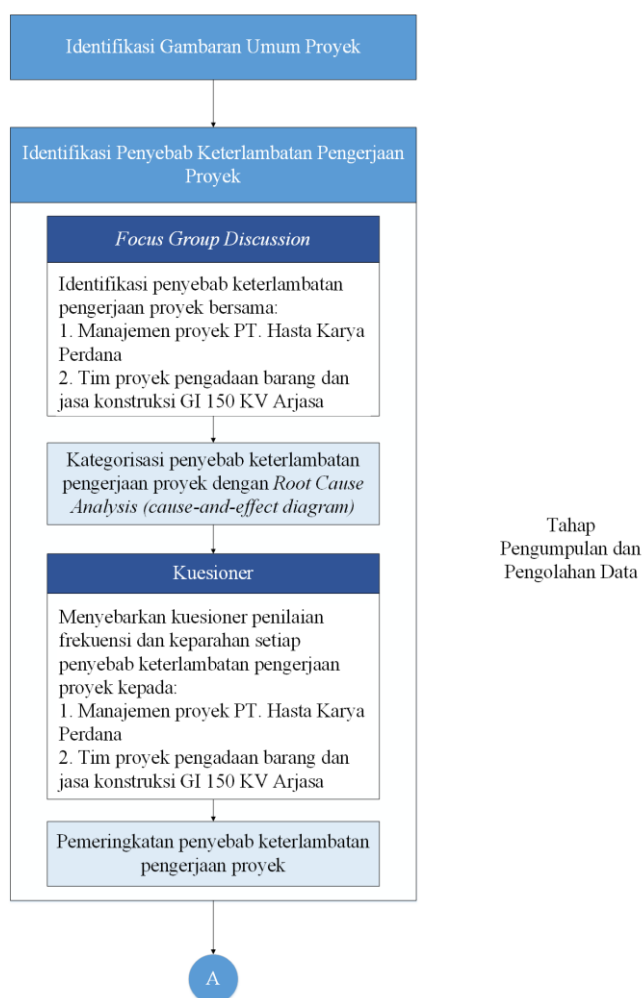
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tahapan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis untuk mencapai tujuan penelitian tugas akhir ini secara rinci.

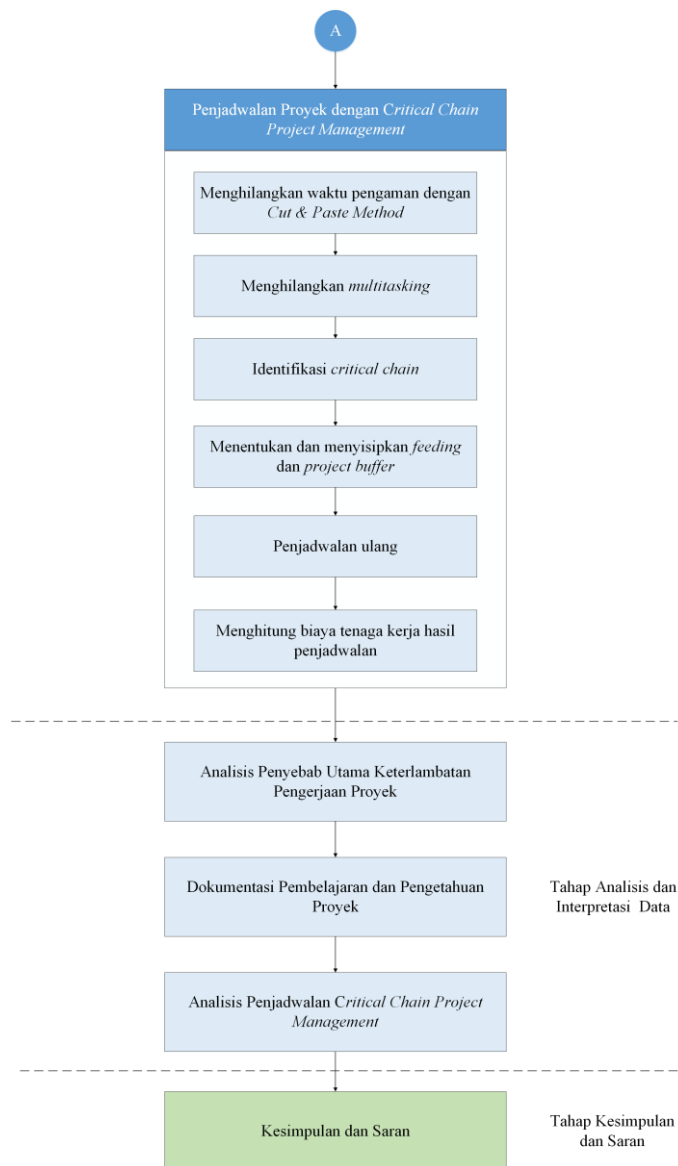
3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

Pada Gambar 3.1 akan dijelaskan mengenai *flowchart* yang digunakan oleh penulis dalam menjalankan penelitian tugas akhir ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Sumber: Penulis, 2020



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian (lanjutan)

Sumber: Penulis, 2020

3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Tahap ini mencakup identifikasi gambaran umum proyek, identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek, dan penjadwalan proyek dengan *Critical Chain Project Management*.

3.2.1 Identifikasi Gambaran Umum Proyek

Pada tahap ini dilakukan identifikasi gambaran (kondisi) umum proyek berdasarkan hasil studi literatur dengan mempelajari dokumen proyek dan hasil

studi lapangan. Diantaranya adalah pendefinisian cakupan proyek, pendefinisian struktur organisasi proyek, pendefinisian *work breakdown structure* (WBS), penentuan matriks tanggung jawab, dan penjadwalan proyek, pengalokasian tenaga kerja serta penetapan biaya tenaga kerja dengan metode *Critical Path Method*.

3.2.2 Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Pengumpulan data penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dilakukan dengan cara *Focus Group Discussion* (FGD), hasil dari FGD akan digunakan sebagai *input* untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Responden yang dilibatkan dalam FGD berasal dari PT. Hasta Karya Perdana sebagai kontraktor utama proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, khususnya manajemen proyek dan tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa. Kegiatan FGD dilakukan pada saat proses pengerjaan proyek berlangsung. Penelitian ini menggunakan teknik triangulasi data untuk memperkuat validitas data, dimana hal ini dapat dilihat dari penggunaan data verbal – FGD – sebagai *input* dalam identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan metode RCA.

Seluruh penyebab keterlambatan yang telah teridentifikasi dalam pengumpulan data akan dikategorikan dalam *cause-and-effect diagram*. Menurut Septiawan & Becti, (2016) kerangka *cause-and-effect diagram* yang dapat digunakan untuk mengkategorikan permasalahan pada pengerjaan proyek adalah kerangka 5M, antara lain *machine, method, material, man, dan measurement*. Setelah itu, dilakukan pengumpulan data melalui kuesioner untuk mendapatkan penilaian pada setiap penyebab keterlambatan berdasarkan frekuensi kemunculan dan tingkat keparahan yang dimiliki.

Pengumpulan data melalui kuesioner dilakukan secara sensus dengan menyebarkan kepada seluruh elemen manajemen proyek PT. Hasta Karya Perdana sebanyak enam orang dan tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa sebanyak empat orang. Responden diminta untuk memberikan pendapat mengenai frekuensi kemunculan untuk setiap penyebab keterlambatan dan tingkat keparahan dampak yang dapat terjadi dengan empat poin skala *likert*. Setelah terkumpul hasil kuesioner, maka dapat dilakukan perhitungan pemeringkatan

penyebab keterlambatan. Berikut merupakan rumus perhitungan yang dipergunakan dalam pemeringkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek menurut Alamri, Amoudi, & Njie, (2017).

$$Frequency\ Index\ (FI) = \sum \left[f \times \left(\frac{n}{N} \right) \times \frac{100}{4} \right], \quad (3.1)$$

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.

$$Severity\ Index\ (SI) = \sum \left[s \times \left(\frac{n}{N} \right) \times \frac{100}{4} \right], \quad (3.2)$$

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.

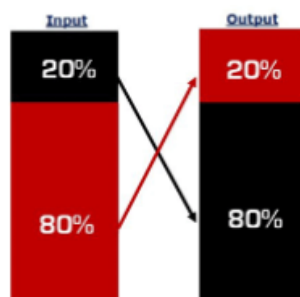
$$Importance\ Index\ (IMP.I) = \frac{FI \times SI}{100}, \quad (3.3)$$

dimana:

- FI = nilai *frequency index*,
- SI = nilai *severity index*.

Setelah dilakukan perhitungan pada masing-masing penyebab keterlambatan pengerjaan proyek, dilakukan pemeringkatan dengan mengurutkan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan nilai *importance index* (IMP.I) terbesar

hingga terkecil. Kemudian dilakukan analisis menggunakan prinsip pareto, yang menyatakan bahwa 20% dari *input* (penyebab keterlambatan pengerjaan proyek) dapat menghasilkan 80% *output* (keterlambatan pengerjaan proyek yang terjadi). Sehingga diketahui bahwa sebagian besar keterlambatan pengerjaan proyek datang dari sebagian kecil penyebab keterlambatan pengerjaan proyek. Prinsip pareto ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Prinsip Pareto

Sumber: Gulbis, 2016

3.2.3 Penjadwalan Proyek dengan Critical Chain Project Management

Penjadwalan proyek dilakukan dengan *software* Microsoft Project berdasarkan *Work Breakdown Structure* (WBS) yang terdiri atas enam tahapan sebagai berikut:

1. Menghilangkan waktu pengaman menggunakan 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%.
2. Identifikasi konflik sumber daya (tenaga kerja) pada aktivitas-aktivitas yang mengakibatkan tenaga kerja mengalami *multitasking*. Hilangkan konflik tenaga kerja dengan menambahkan *resource constraint*.
3. Mengidentifikasi *critical chain*, yaitu rangkaian aktivitas terpanjang yang memuat hubungan keterkaitan (*task dependency relationship*) dan batasan ketersediaan sumber daya (*resource constraint*). Pada penelitian ini identifikasi *critical chain* dilakukan pelewatan maju (*forward pass*) dan pelewatan mundur (*backward pass*).

4. Menentukan durasi *project* dan *feeding buffer* dengan metode *Square Root of the Sum of the Squares* (SSQ) pada persamaan 2.6. Nilai *project buffer* didapatkan dari seluruh aktivitas yang berada pada *critical chain* sedangkan nilai *feeding buffer* didapatkan dari seluruh aktivitas yang berada pada *non-critical chain* (*feeding chain*). *Project buffer* disisipkan pada akhir aktivitas proyek untuk melindungi aktivitas proyek secara keseluruhan dari keterlambatan. Kemudian *feeding buffer* disisipkan pada persimpangan antara aktivitas *critical chain* dan *non-critical chain* untuk melindungi *critical chain* dari keterlambatan.
5. Setelah *project* dan *feeding buffer* disipkan dalam penjadwalan proyek, lakukan penjadwalan ulang berupa perubahan urutan pengerjaan aktivitas apabila terdapat konflik tenaga kerja.
6. Menghitung biaya tenaga kerja hasil penjadwalan CCPM.

Dari hasil penjadwalan tersebut dapat diketahui informasi berupa durasi pengerjaan proyek, *critical chain*, dan *buffer* aktivitas untuk keseluruhan pengerjaan proyek.

3.3 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini, dilakukan analisis dan interpretasi data dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan sebelumnya. Tahap ini mencakup analisis penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek, dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek, dan analisis penjadwalan *critical chain project management* dari pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa.

3.3.1 Analisis Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Setelah dilakukan identifikasi penyebab keterlambatan proyek dengan *Root Cause Analysis* dan pemeringkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek menggunakan prinsip pareto, dilakukan analisis penyebab keterlambatan pada setiap penyebab keterlambatan utama yang perlu diselesaikan terlebih dahulu. Analisis dilakukan dengan menentukan akar permasalahan dari setiap permasalahan menggunakan alat *5 Why's*.

3.3.2 Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek

Dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek dilakukan dengan menganalisis historis pengerjaan proyek yang mencakup kategori dan deskripsi suatu kejadian dari segi keberhasilan dan hambatan pengerjaan proyek serta tindakan yang dilakukan terkait dengan kejadian tersebut. Diharapkan perusahaan memperoleh pembelajaran dan pengetahuan baru dari proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa sehingga perusahaan mampu untuk meningkatkan hasil proyek dengan tidak mengulangi kesalahan serupa pada sisa waktu penyelesaian proyek ini dan proyek selanjutnya demi keberhasilan proyek yang berkelanjutan.

3.3.3 Analisis Penjadwalan Critical Chain Project Management

Analisis penjadwalan dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data dari segi durasi, alokasi dan biaya tenaga kerja, dan durasi *buffer*. Sehingga dapat dilakukan perbandingan antara metode penjadwalan awal dengan *Critical Path Method* dan penjadwalan ulang dengan *Critical Chain Project Management* dari segi durasi pengerjaan, jumlah tenaga kerja yang dialokasikan dan biaya tenaga kerja yang dikeluarkan. Kemudian dilakukan analisis *buffer management* untuk memudahkan pengendalian proyek berdasarkan banyaknya *buffer* waktu yang digunakan.

3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisis dan interpretasi data, maka pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian tugas akhir dan pemberian saran mengenai pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa dan proyek konstruksi selanjutnya kepada PT. Hasta Karya Perdana serta pada penelitian sejenis yang akan dilakukan selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data-data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini beserta hasil pengolahan pada data-data tersebut.

4.1 Identifikasi Gambaran Umum Proyek

Pada tahap ini dilakukan identifikasi gambaran (kondisi) umum proyek yang meliputi penentuan cakupan proyek, pendefinisian struktur organisasi proyek, pendefinisian *work breakdown structure*, penentuan matriks tanggung jawab, dan penjadwalan serta alokasi tenaga kerja proyek *existing*.

4.1.1 Cakupan Proyek

Cakupan proyek merupakan definisi dari hasil akhir atau misi proyek yang digambarkan dengan hasil yang hendak dicapai dalam istilah yang spesifik, dapat dilihat (*tangible*), dan terukur. Sehingga cakupan harus dikembangkan di bawah arahan manajer proyek dan pelanggan demi kesuksesan proyek. Berikut merupakan cakupan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa:

4.1.1.1 Sasaran Proyek

Secara umum sasaran proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa adalah sebagai berikut:

- Dua *Transmission Line bay* (T/L bay) 150 kV ke arah GI 150 kV Jember sirkit $\frac{1}{2}$
- Dua *Transmission Line bay* (T/L bay) 150 kV ke arah GI 150 kV Bondowoso sirkit $\frac{1}{2}$
- Dua *Transformer 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.

Berikut merupakan uraian dari proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa:

1. Pengadaan barang:
 - a. *Protection and Control Cubicle*
 - b. *MV Switchgear Cubicle*
 - c. *Substation Automation System (SAS)*
 - d. *Telecommunication*

Pengadaan barang dilakukan sesuai daftar kuantitas dengan lingkup pekerjaan antara lain, desain, fabrikasi, pengujian pabrik, pengepakan, pengangkutan atau pengiriman material, dan bongkar muat. Pengadaan barang akan digunakan untuk pekerjaan konstruksi elektromekanikal, maka pada saat barang datang dibayarkan sebesar 75% dan akan dibayarkan sebesar 95% setelah pekerjaan konstruksi elektromekanikal terkait telah selesai sesuai yang tertera dalam masing-masing item pada daftar kuantitas dan harga jasa konstruksi pekerjaan elektromekanikal.

2. Pekerjaan jasa konstruksi gardu induk

Pekerjaan jasa konstruksi terdiri atas pekerjaan elektromekanik dan pekerjaan sipil, yang meliputi: pekerjaan persiapan, desain termasuk *interfacing*, fabrikasi, pengujian pabrik, pengepakan, penangkutan atau pengiriman material, bongkar muat, pembuatan gambar pelaksanaan, pemasangan peralatan material utama, komisioning, *training on site*, asuransi, pembuatan *as built drawing*, penyediaan manual operasi, dan pemeliharaan serta garansi. Lingkup pekerjaan pembuatan *as built drawing*, penyediaan manual operasi, dan pemeliharaan serta garansi tidak termasuk dalam *progress* 100% pekerjaan pengadaan barang dan jasa konstruksi, tetapi merupakan lingkup masa pemeliharaan, setelah serah terima pertama.

4.1.1.2 *Milestone dan Deliverable*

Pada Tabel 4.1 menunjukkan *milestone* dan *deliverable* dari proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

Tabel 4. 1 Milestone dan Deliverable Pengerjaan Proyek

<i>Milestone</i>	No.	<i>Deliverable</i>	
Pengerjaan proyek	1	Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> Desain <i>engineering</i> meliputi metode pelaksanaan dan <i>design interface</i> dan pembuatan usulan gambar pelaksanaan (<i>approval drawing</i>).
	2	Pengadaan barang	<ul style="list-style-type: none"> Material sipil dan elektromekanikal tersedia pada lokasi pekerjaan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemilik proyek.
	3	Konstruksi sipil	<ul style="list-style-type: none"> Bangunan dan prasarana sipil terbangun dengan ketentuan dan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemilik proyek.
	4	Pekerjaan elektromekanikal	<ul style="list-style-type: none"> Material dan peralatan elektromekanikal terpasang sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemilik proyek.
Pengujian	5	<i>Testing dan commisioning</i>	<ul style="list-style-type: none"> Proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa telah dilaksanakan dan memenuhi semua peraturan yang berlaku, regulasi, kode, dan sesuai standar yang ditetapkan antara pemilik proyek dan kontraktor utama sebagai persyaratan mendapatkan sertifikat layak operasi dan bertegangan dari pemilik proyek.
Penyerahan pekerjaan	6	<i>Energized</i>	<ul style="list-style-type: none"> Gardu Induk 150 kV Arjasa beroperasi Serah terima pekerjaan tahap pertama

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.1.1.3 Persyaratan Teknis

Persyaratan teknis diperlukan untuk memastikan spesifikasi, kualitas, kelengkapan, dan fungsional GI 150 kV Arjasa. Berikut merupakan persyaratan teknis pekerjaan pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

1. Metode pelaksanaan

Informasi yang menunjukkan urutan kerja, cara kerja, analisis pengerahan alat, tenaga kerja dan material kerja, yang secara keseluruhan mempunyai hubungan langsung terhadap jadwal pelaksanaan atau *time schedule*. Metode ini meliputi dari seluruh aktivitas pekerjaan tersebut dalam rangka memenuhi target waktu pelaksanaan kontrak.

2. Jadwal pelaksanaan

Rencana kerja dalam bentuk kurva-s yang menunjukkan jumlah hari kerja kalender untuk menyelesaikan pekerjaan ini, sesuai daftar isian jadwal waktu pelaksanaan.

3. Pemenuhan spesifikasi teknis

Pemenuhan spesifikasi teknis untuk masing-masing peralatan sesuai kebutuhan lingkup pekerjaan berdasarkan uraian berikut:

a. Peralatan atau material pekerjaan gardu induk:

- Peralatan tegangan tinggi: *Circuit Breaker (CB)*, *Disconnecting Switch (DS/DSE)*, *Voltage Transformer (CVT)*, *Current Transformer (CT)*, dan *Surge atau Lighting Arrester (SA/LA)*
- *MV Switchgear Cubicle*
- *GIS Compartment include Gas Insulated Line (GIL-if any)*
- *Protection and Control Equipment, Telecommunication Equipment, Substation (SAS) Equipment*
- *Battery dan Charger*

b. Peralatan atau material utama pekerjaan transmisi OHL (*Overhead Line*):

- Kawat Konduktor: *Konduktor Penghantar (Conductor)*, *OPGW (Optical Ground Wire)*, *GSW (Galvanized Steel Wire)* atau *AS*
- *Disc Insulator*
- *Fittings and accessories : String set dan Clamp (Suspension dan Tension), Dead-End Clamp, Spacer-Damper*

- *Tower / Pole*
- c. Peralatan atau material utama pekerjaan transmisi UGC (*Under Ground Cable*):
- Kabel Konduktor: *Power Cable*
 - *Jointing, Termination (Sealing End)*
 - *Lighting Arrester*

dengan menyampaikan dan memenuhi persyaratan berikut:

a. Surat dukungan

Menyampaikan surat dukungan dari produsen atau penyalur resmi di Indonesia, dengan menyatakan lokasi pabrik (negara) tempat produksi peralatan.

Syarat pabrik:

- Memiliki sertifikat ISO 9001 dan ISO 14001 atau setara yang masih berlaku
- Memenuhi syarat produksi dan syarat operasi produk seperti dalam tabel persyaratan material utama

Syarat produsen atau agen atau penyalur resmi:

- Memiliki kantor perwakilan di Indonesia
- Khusus agen atau penyalur resmi, memiliki surat penunjukan sebagai keagenan atau penyalur

b. *Technical Particular* dan *Guarantee* (TPG)

Memenuhi untuk semua item yang dipersyaratkan dalam *Technical Particular Requirement*, termasuk jika pada kolom *Required* disebutkan: “*to be informed*”, “*requested*”, “*to be mentioned*”, “*as required*”, etc.

c. Sertifikat SPM atau SRM dan uji jenis (*type test*)

Peralatan yang ditawarkan telah memiliki sertifikat lulus Sistem Pengawasan Mutu (SPM) untuk produk dalam negeri, atau Surat Rekomendasi Mutu (SRM) untuk produk luar negeri yang masih berlaku. Dalam hal belum memiliki SPM atau SRM, peralatan yang ditawarkan wajib memiliki Sertifikat Lulus Uji Jenis (*Type Test*)

Certificate) sesuai standar yang diatur dalam syarat-syarat teknik dan gambar.

d. Data Teknis

Brosur spesifikasi teknis dan gambar-gambar untuk peralatan yang digunakan.

e. Jaminan Kualitas (Garansi)

Pernyataan dari penyedia barang atau jasa dan dari masing-masing pabrikan peralatan atau material utama atau agen yang diberi kewenangan untuk mengeluarkan jaminan kualitas yang menjamin bahwa barang yang akan disuplai dan pekerjaan yang akan dilaksanakan dijamin dalam kondisi baik disertai jaminan sistem dimana peralatan dapat beroperasi secara individu dan secara sistem dengan baik sesuai standar yang berlaku.

- i. Peralatan atau Material Utama Pekerjaan Gardu Induk selama dua puluh empat bulan kalender sejak Serah Terima Tahap Pertama (ST-1).
- ii. Peralatan atau Material Utama Pekerjaan Transmisi *OHL* selama enam puluh bulan kalender sejak Serah Terima Tahap Pertama (ST-1).
- iii. Peralatan atau Material Utama Pekerjaan Transmisi *UGC* selama enam puluh bulan kalender sejak Serah Terima Tahap Pertama (ST-1).

f. Negara Asal Produk (Lokasi Pabrik)

- Barang yang diproduksi di luar negeri harus dibuktikan dengan menyampaikan dokumen *Country of Origin* (COO) pada saat kedatangan material atau barang sesuai dengan ketentuan.
- Lokasi pabrik dari peralatan yang ditawarkan, harus sama dengan lokasi pabrik dari peralatan yang dicantumkan dalam Sertifikat Lulus Uji Jenis (*Type Test Certificate*).

- Negara asal produk menjadi salah satu item yang diperhitungkan dalam evaluasi harga.

4.1.1.4 Batasan dan Perkecualian

Pada Tabel 4.2 menunjukkan batasan dan pengecualian dalam proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

Tabel 4. 2 Batasan dan Perkecualian Proyek

No.	Aspek	Keterangan
1	Keselamatan, Kesehatan Kerja dan lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Keselamatan tenaga kerja saat bekerja di lokasi pekerjaan merupakan tanggung jawab kontraktor utama.
2	Keamanan Barang dan Jasa Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> • Segala kerusakan barang atau jasa konstruksi ditanggung oleh kontraktor utama dan subkontraktor.
3	Jadwal Waktu Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrak berlaku efektif pada tanggal penandatanganan surat perjanjian atau kontrak oleh kedua pihak. • Kontraktor utama harus segera memulai pekerjaan terhitung sejak ditandatanganinya surat perjanjian atau kontrak dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan jadwal waktu pelaksanaan dalam kontrak, kecuali apabila dengan sengaja diizinkan atau diperintahkan pemilik proyek atau pada keadaan tertentu. • Kontraktor utama harus menyelesaikan pekerjaan sesuai jadwal yang ditentukan dalam klausul waktu pelaksanaan pekerjaan, serta diserahkan terimakan kepada pemilik proyek dengan ketentuan yang tercantum dalam klausul serah terima pekerjaan. • Apabila kontraktor utama berpendapat tidak dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai jadwal karena keadaan di luar pengendaliannya (<i>force majeure</i> atau sebab-sebab dari pemilik proyek) dan kontraktor utama telah melaporkan kejadian tersebut kepada pemilik, maka pemilik dapat melakukan penjadwalan kembali pelaksanaan tugas kontraktor utama dengan <i>addendum</i> kontrak.
4	Jaminan pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Jaminan pelaksanaan merupakan syarat penandatanganan surat perjanjian atau kontrak.

Tabel 4.2 Batasan dan Perkecualian Proyek (lanjutan)

No.	Aspek	Keterangan
		<ul style="list-style-type: none"> • Apabila terjadi perubahan atau amandemen karena perpanjangan waktu pelaksanaan atau penambahan biaya pemborongan maupun keterlambatan pekerjaan, kontraktor utama wajib menyesuaikan jaminan pelaksanaan baik nilai rupiah maupun masa berlakunya.
5	Penyerahan pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Bilamana terdapat kekurangan-kekurangan dan/atau cacat hasil pekerjaan, kontraktor utama wajib memperbaiki atau menyelesaikannya. • Biaya yang diperlukan untuk perbaikan pekerjaan akibat penolakan pekerjaan oleh pemilik proyek menjadi beban dan tanggung jawab kontraktor utama. • Pemilik proyek menerima penyerahan pekerjaan setelah seluruh hasil pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan ketentuan kontrak. • Setelah berita cara tahap pertama, kontraktor utama wajib memelihara hasil pekerjaan dalam kurun waktu tertentu yang disebut masa pemeliharaan. • Pemilik proyek menerima penyerahan akhir pekerjaan setelah seluruh kontraktor utama melaksanakan semua kewajibannya selama masa pemeliharaan dengan baik dan wajib melakukan pembayaran sisa nilai kontrak yang belum dibayar.
6	Masa pemeliharaan	<ul style="list-style-type: none"> • Apabila dalam masa pemeliharaan selama 180 hari terjadi kerusakan, sebagai akibat kesalahan teknis pelaksanaan atau kesalahan lainnya pada waktu pelaksanaan pekerjaan dikarenakan kelalaian kontraktor utama maka kontraktor utama diwajibkan memperbaiki atau mengganti pekerjaan yang rusak. • Biaya-biaya yang diperlukan untuk perbaikan untuk penggantian kerusakan menjadi beban dan tanggung jawab kontraktor utama.
7	Cara pembayaran	<ul style="list-style-type: none"> • Pembayaran <i>progress</i> pekerjaan diberikan oleh pemilik proyek berdasarkan <i>progress</i> fisik pekerjaan yaitu dengan sistem angsuran (<i>termijn</i>). • <i>Progress</i> pengadaan barang dibayarkan sekitar 75% dari <i>progress</i> pengadaan barang,

Tabel 4.2 Batasan dan Perkecualian Proyek (lanjutan)

No.	Aspek	Keterangan
		<p>sedangkan 25% dari <i>progress</i> pengadaan barang dibayarkan setelah pekerjaan konstruksi terkait telah selesai sesuai yang tertera dalam masing-masing item pada BOQ Jasa konstruksi. Barang yang telah sampai di lokasi dan telah di bayar tetap menjadi tanggung jawab kontraktor utama sampai dilakukan serah terima pekerjaan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Setelah <i>progress</i> pengadaan barang selesai 100%, jumlah pembayaran adalah 95% dari nilai biaya total pengadaan barang, sedangkan 5% dari nilai biaya total pengadaan barang dibayarkan setelah berita acara serah terima tahap kedua, sesuai dengan ketentuan dalam tata cara perhitungan akhir.
8	Pekerjaan tambah atau kurang	<ul style="list-style-type: none"> • Apabila terdapat perbedaan antara kondisi lapangan pada saat pelaksanaan pekerjaan dengan spesifikasi teknis dan gambar yang ditetapkan dalam dokumen kontrak, maka kontraktor utama dan pemilik proyek dapat melakukan perubahan (<i>addendum</i> atau amendemen) kontrak. • Bila perubahan mengakibatkan pengurangan pekerjaan, maka pengurangan tersebut tidak dapat dipakai sebagai dasar tuntutan ganti rugi atau tuntutan hilangnya kerugian yang disebabkan oleh pengurangan pekerjaan tersebut. • Apabila terdapat perubahan yang mengakibatkan pekerjaan tambah untuk item pekerjaan yang harga satuan timpang, maka harga satuan pekerjaan yang dipakai adalah satuan harga satuan dalam Harga Pokok Satuan (HPS) untuk volume pekerjaan yang menjadi pekerjaan tambah.
9	Klaim	<ul style="list-style-type: none"> • Klaim dapat diajukan oleh pemilik proyek atau kontraktor utama dan harus diberikan secara tertulis.

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.1.1.5 Tinjauan Ulang dengan Pelanggan

Tinjauan ulang dengan pelanggan dilakukan pada setiap tahap pengerjaan proyek untuk memenuhi ekspektasi pelanggan – internal dan eksternal dari

deliverables pengerjaan proyek. Tinjauan ulang pada setiap tahap pengerjaan proyek ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Tinjauan Ulang dengan Pelanggan

Tahapan			Pelanggan	
Pengerjaan	1	Perencanaan	Pemilik proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Desain <i>engineering</i> sesuai dengan yang telah disyaratkan dalam dokumen rencana kerja dan syarat (RKS).
			Penyedia material	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Technical Particular Guarantee</i> telah disetujui oleh pemilik proyek diserahkan kembali dengan tepat waktu (agar produksi tepat waktu)
	2	Pengadaan barang	Pemilik proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Pengadaan barang sesuai dengan <i>Technical Particular Guarantee</i> yang disetujui dengan tepat waktu.
				<ul style="list-style-type: none"> • Pengiriman barang pada lokasi pekerjaan dilakukan dengan tepat waktu
			Penyedia material	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada perubahan spesifikasi saat produksi
	3	Konstruksi sipil	Pemilik proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Pelaksanaan pekerjaan konstruksi sipil sesuai dengan desain <i>engineering</i> dan jadwal pelaksanaan
			Subkontraktor	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada perubahan desain <i>engineering</i> pada saat pengerjaan proyek
	4	Pekerjaan elektromekanikal	Pemilik proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Pelaksanaan pekerjaan elektromekanikal sesuai dengan desain <i>engineering</i> dan jadwal pelaksanaan
			Subkontraktor	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada perubahan desain <i>engineering</i> pada saat pengerjaan proyek.

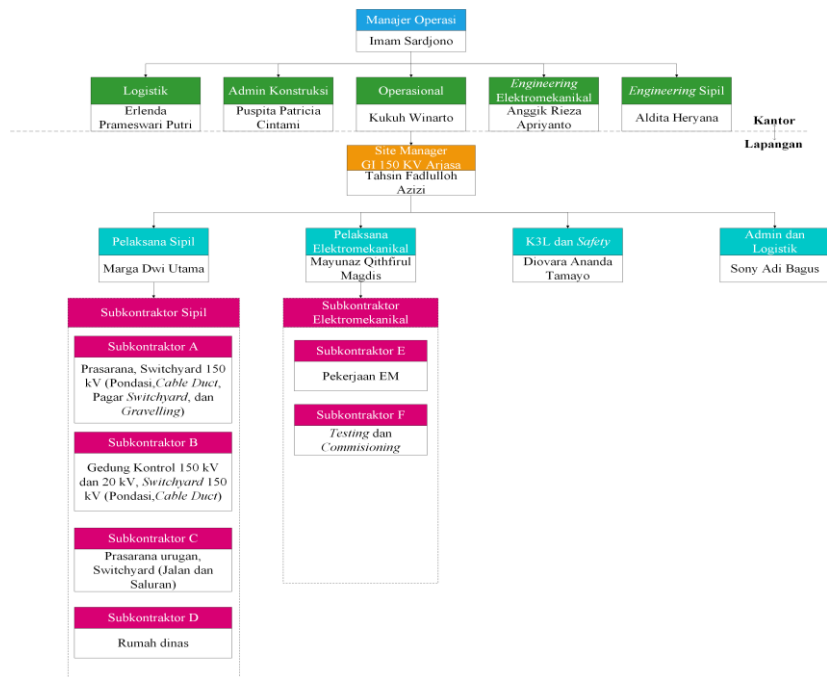
Tabel 4. 3 Tinjauan Ulang dengan Pelanggan (lanjutan)

Tahapan			Pelanggan	
Pengujian	5	<i>Testing dan commisioning</i>	Pemilik proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Kesiapan dan ketersediaan tenaga ahli pada masing-masing lingkup pekerjaan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.
			Subkontraktor	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada perubahan pada metode kerja yang telah disepakati pada saat dilaksanakan pengujian.
Penyerahan pekerjaan	6	<i>Energized</i>	Pemilik proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Pengoperasian gardu induk berjalan dengan baik dan layak sesuai ketentuan yang berlaku.
			Subkontraktor	<ul style="list-style-type: none"> • Pengoperasian gardu induk berjalan dengan baik dan layak sesuai ketentuan yang berlaku.

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.1.2 Struktur Organisasi Proyek

Struktur organisasi proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa menggunakan struktur organisasi fungsional. Pada pengerjaan proyek ini, PT. Hasta Karya Perdana bekerja sama dengan 7 subkontraktor sesuai dengan bidang keahliannya. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan aturan dari pemilik proyek bahwa kontraktor utama wajib mengikutsertakan mitra kerja UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) dalam pengerjaan proyek, dalam hal ini adalah subkontraktor dengan kriteria dan kualifikasi kerja yang sesuai. Lingkup pekerjaan yang ditugaskan kepada subkontraktor adalah lingkup pekerjaan konstruksi yang sesuai dengan bidang keahliannya. Sehingga kontraktor utama dapat berfokus pada lingkup pekerjaan utama dalam bidang *engineering*, *procurement*, dan *construction*. Dengan bekerja sama dengan subkontraktor dalam pengerjaan proyek, diharapkan kontraktor utama mampu menyelesaikan pengerjaan proyek dengan tepat waktu, biaya, dan mutu. Struktur organisasi proyek ini ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi Proyek
Sumber: PT. Hasta Karya Perdana, 2020

4.1.3 Work Breakdown Structure

Pada Tabel 4.4 menunjukkan *Work Breakdown Structure* (WBS) dari proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

Tabel 4. 4 Work Breakdown Structure Proyek

WBS	Aktivitas
1	GI 150 KV ARJASA
1.1	Desain Engineering
1.1.1	<i>Civil Engineering dan Approval</i>
1.1.1.1	<i>Soil Investigation</i>
1.1.1.1.1	<i>Sondir dan Soil Report</i>
1.1.1.2	Gambar dan Perhitungan
1.1.1.2.1	Pondasi
1.1.1.2.2	<i>Cable Duct</i>
1.1.1.2.3	<i>Steel Structure dan Post for Gantry</i>
1.1.1.2.4	<i>Control Building</i>
1.1.2	<i>E/M Engineering dan Approval</i>
1.1.2.1	<i>Technical Drawing</i>
1.1.2.1.1	<i>HV Equipment by Owner</i>
1.1.2.1.2	Trafo PS
1.1.2.1.3	SLD

Tabel 4. 4 Work Breakdown Structure Proyek (lanjutan)

WBS	Aktivitas
1.1.2.1.4	RCP
1.1.2.1.5	<i>Cubicle 20 kV</i>
1.1.2.1.6	<i>Insulator</i>
1.1.2.1.7	<i>Clamp, Connector</i>
1.1.2.1.8	<i>Conductor dan GSW</i>
1.1.2.1.9	<i>MV, LV Power dan Control Cable</i>
1.1.2.1.10	NGR dan NCT
1.1.2.1.11	<i>Battery, Charger dan UPS</i>
1.1.2.1.12	<i>AC/DC Power Supply</i>
1.1.2.1.13	<i>Telecommunication System</i>
1.1.2.1.14	SAS
1.1.2.1.15	DFR
1.1.2.1.16	Perhitungan <i>Grounding</i>
1.2	Pekerjaan Sipil
1.2.1	Pekerjaan Prasarana
1.2.1.1	Persiapan
1.2.1.2	Pematangan Tanah
1.2.1.3	Papan Nama
1.2.1.4	Tiang Bendera
1.2.2	Pekerjaan Pagar Keliling
1.2.2.1	Pondasi Pagar
1.2.2.2	Tembok Pagar
1.2.2.3	Saluran Air
1.2.2.4	Duiker dan Jalan Masuk
1.2.3	Pekerjaan <i>Switchyard</i>
1.2.3.1	Pondasi <i>Switchyard</i>
1.2.3.1.1	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkon A
1.2.3.1.1.1	Pondasi Trafo
1.2.3.1.1.2	<i>Post for Gantry 18 mtr</i>
1.2.3.1.1.3	<i>Post for Gantry 13 mtr</i>
1.2.3.1.1.4	<i>Post for Gantry 9 mtr</i>
1.2.3.1.1.5	Pondasi DS dan DSE
1.2.3.1.2	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkon B
1.2.3.1.2.1	Pondasi CB
1.2.3.1.2.2	Pondasi CT
1.2.3.1.2.3	Pondasi CVT
1.2.3.1.2.4	Pondasi LA
1.2.3.1.2.5	Pondasi MK

Tabel 4. 4 Work Breakdown Structure Proyek (lanjutan)

WBS	Aktivitas
1.2.3.1.2.6	Pondasi NGR
1.2.3.1.2.7	<i>Support 20 kV</i>
1.2.3.1.3	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkon C
1.2.3.1.3.1	<i>Firewall</i>
1.2.3.2	<i>Cable Duct</i> dan Tutup
1.2.3.2.1	<i>Cable Duct Type. Large</i>
1.2.3.2.2	<i>Cable Duct Type. Medium</i>
1.2.3.2.3	<i>Cable Duct Type Small</i>
1.2.3.2.4	<i>Cable Duct Crossing Road</i>
1.2.3.3	Penyangga Kable (<i>Cable Tray</i>)
1.2.3.4	Box Kontrol (Drainase)
1.2.3.5	<i>Earthing Grid</i>
1.2.3.6	Hampanan Koral dan Kansteen
1.2.3.7	Pagar <i>Switchyard</i>
1.2.3.8	Pekerjaan Jalan
1.2.3.9	Pekerjaan Pos Jaga
1.2.3.9.1	Pekerjaan Tanah
1.2.3.9.2	Pekerjaan Beton dan Pasangan Bata
1.2.3.9.3	Pekerjaan Rangka Atap
1.2.3.9.4	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Plafon
1.2.3.9.5	Pekerjaan Sanitair
1.2.3.9.6	Pekerjaan Alat Penggantung dan Pengunci
1.2.3.9.7	Pekerjaan Pengecatan
1.2.3.9.8	Pekerjaan Instalasi Listrik
1.2.4	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV
1.2.4.1	<i>Concreate Reinforcement</i>
1.2.4.2	<i>Roof dan Ceiling</i>
1.2.4.3	<i>Doors dan Windows Work</i>
1.2.4.4	<i>Sanitary dan Plumbing</i>
1.2.4.5	<i>Floor dan Wall Tiling</i>
1.2.4.6	<i>Metal Works</i>
1.2.4.7	<i>Painting Work</i>
1.2.4.8	<i>Instalation Electrical Mechanical</i>
1.2.4.9	<i>Lightning Protections</i>
1.2.4.10	<i>Cable Duct</i> Gedung Kontrol <i>Type I</i>
1.2.4.11	<i>Cable Duct</i> Gedung Kontrol <i>Type II</i>
1.2.4.12	<i>Cable Duct</i> Gedung Kontrol <i>Type Crossing</i>
1.2.4.13	Pondasi Trafo PS
1.2.4.14	<i>Fire Fighting Equipment</i>

Tabel 4. 4 Work Breakdown Structure Proyek (lanjutan)

WBS	Aktivitas
1.2.4.15	<i>Sundries</i>
1.2.5	<i>House Works</i>
1.2.5.1	<i>Earthworks</i>
1.2.5.2	<i>Concrete Reinforcement</i>
1.2.5.3	<i>Roof Work</i>
1.2.5.4	<i>Doors dan Windows Work</i>
1.2.5.5	<i>Floor dan Wall Tiling</i>
1.2.5.6	<i>Celling Works</i>
1.2.5.7	<i>Painting Work</i>
1.2.5.8	<i>Sanitary dan Plumbing</i>
1.2.5.9	<i>Drainage Work</i>
1.2.5.10	<i>Electrical Work</i>
1.2.5.11	<i>Miscellaneous Work</i>
1.2.5.12	<i>Landscape Work</i>
1.3	PENGADAAN BARANG DAN MATERIAL
1.3.1	Fabrikasi
1.3.1.1	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>
1.3.1.2	Trafo PS
1.3.1.3	NGR
1.3.1.4	NCT 150 kV
1.3.1.5	RCP dan MK
1.3.1.6	<i>Cubicle 20 kV</i>
1.3.1.7	<i>Conductor</i>
1.3.1.8	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>
1.3.1.9	GSW
1.3.1.10	<i>Cable XLPE 20 kV</i>
1.3.1.11	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>
1.3.1.12	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>
1.3.1.13	<i>Battery, Charger dan UPS</i>
1.3.1.14	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>
1.3.1.15	<i>Digital Teleprotection dan MUX</i>
1.3.1.16	SAS
1.3.1.17	DFR
1.3.2	<i>Deliver On Site</i>
1.3.2.1	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>
1.3.2.2	<i>HV Equipment by Owner</i>
1.3.2.3	Trafo PS
1.3.2.4	NGR
1.3.2.5	NCT 150 kV

Tabel 4. 4 Work Breakdown Structure Proyek (lanjutan)

WBS	Aktivitas
1.3.2.6	RCP dan MK
1.3.2.7	<i>Cubicle 20 kV</i>
1.3.2.8	<i>Conductor</i>
1.3.2.9	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>
1.3.2.10	GSW
1.3.2.11	<i>Cable XLPE 20 kV</i>
1.3.2.12	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>
1.3.2.13	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>
1.3.2.14	<i>Battery, Charger dan UPS</i>
1.3.2.15	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>
1.3.2.16	<i>Digital Teleprotection dan Cubicle dan MUX</i>
1.3.2.17	Sistem <i>Grounding</i> dan Perlengkapannya
1.3.2.18	SAS
1.3.2.19	DFR
1.4	PEKERJAAN ELEKTROMEKANIKAL
1.4.1	PEMASANGAN MATERIAL
1.4.1.1	<i>Steel Structure</i>
1.4.1.2	150 kV - 4 T/L BAY
1.4.1.2.1	CB
1.4.1.2.2	DS
1.4.1.2.3	DS-E
1.4.1.2.4	CT
1.4.1.2.5	CVT
1.4.1.2.6	LA
1.4.1.2.7	<i>Outdoor MK</i>
1.4.1.2.8	<i>Conductor</i>
1.4.1.2.9	<i>Tension Insulator</i>
1.4.1.2.10	<i>Suspension Insulator</i>
1.4.1.2.11	<i>Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya</i>
1.4.1.2.12	GSW
1.4.1.2.13	<i>RCP Line Bay</i>
1.4.1.2.14	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>
1.4.1.3	<i>Main Busbar</i>
1.4.1.3.1	<i>CVT Bus</i>
1.4.1.3.2	<i>Conductor</i>
1.4.1.4	150 kV <i>Coupler Bay</i>
1.4.1.4.1	CB
1.4.1.4.2	DS

Tabel 4. 4 Work Breakdown Structure Proyek (lanjutan)

WBS	Aktivitas
1.4.1.4.3	CT
1.4.1.4.4	<i>Outdoor MK</i>
1.4.1.4.5	<i>Conductor</i>
1.4.1.4.6	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>
1.4.1.4.7	RCP
1.4.1.5	150 kV - <i>Trafo Bay</i>
1.4.1.5.1	CB
1.4.1.5.2	DS
1.4.1.5.3	CT
1.4.1.5.4	LA
1.4.1.5.5	<i>Outdoor MK</i>
1.4.1.5.6	<i>Conductor dan GSW</i>
1.4.1.5.7	<i>Connector dan Clamp</i>
1.4.1.5.8	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>
1.4.1.5.9	RCP
1.4.1.5.10	Trafo PS
1.4.1.6	150/20 kV <i>Power Transformers dan Auxiliaries</i>
1.4.1.6.1	NGR 20 kV lengkap <i>NCT</i>
1.4.1.6.2	XLPE 20 kV <i>Power Cable</i>
1.4.1.7	20 kV <i>Switchgears dan Auxiliary Transformer</i>
1.4.1.7.1	<i>Cubicle 20 kV</i>
1.4.1.8	150 kV dan 20 kV <i>Substation Auxiliaries Equipment</i>
1.4.1.8.1	<i>Battery 110 V DC dan Charger</i>
1.4.1.8.2	<i>Battery 48 V DC dan Charger</i>
1.4.1.8.3	UPS
1.4.1.8.4	LV AC/ DC <i>Switchfuse Board</i>
1.4.1.9	<i>Peralatan Automation System</i>
1.4.1.9.1	<i>Substation Automation Software dan Hardware</i>
1.4.1.10	<i>Telecommunication Equipment</i>
1.4.1.10.1	<i>Digital Teleprotection Equipment</i>
1.4.1.11	<i>Energy Meter Panel dan Fault Recorder</i>
1.4.1.11.1	DFR dan <i>Energy Meter</i>
1.4.2	<i>Testing dan Comissioning</i>
1.4.2.1	<i>Individual Test</i>
1.4.2.2	<i>Comissioning</i>
1.5	<i>Energized</i>

Sumber: PT. Hasta Karya Perdana, 2020

4.1.4 Matriks Tanggung Jawab

Penyusunan matriks tanggung jawab dilakukan berdasarkan struktur organisasi proyek, kodefikasi posisi tenaga kerja dalam matriks tanggung jawab ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Kodefikasi Posisi Tenaga Kerja dalam Matriks Tanggung Jawab

Posisi Tenaga Kerja	Kode	Posisi Tenaga Kerja	Kode	Posisi Tenaga Kerja	Kode
Manajer Operasi	MOR	<i>Site Manager</i>	SMN	Subkontraktor B	SKB
Logistik	LOG	Pelaksana Sipil	PSL	Subkontraktor C	SKC
Admin Konstruksi	ADK	Pelaksana Elektromekanikal	PEM	Subkontraktor D	SKD
Operasional	OPR	K3L dan <i>Safety</i>	K3L	Subkontraktor E	SKE
<i>Engineering</i> Elektromekanikal	EEM	Admin dan Logistik	ADL	Subkontraktor F	SKF
<i>Engineering</i> Sipil	ESL	Subkontraktor A	SKA		

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4.6 merupakan matriks tanggung jawab pada proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
1	GI 150 KV ARJASA																	
2	Desain <i>Engineering</i>																	

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
3	Civil Engineering dan Approval																	
4	<i>Soil Investigation</i>																	
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>						I	C	A				R					
6	Gambar dan Perhitungan																	
7	Pondasi	I			A	C	R											
8	<i>Cable Duct</i>	I			A	C	R											
9	<i>Steel Structure dan Post for Gantry</i>	I			A	C	R											
10	<i>Control Building</i>	I			A	C	R											
11	Electromechanical Engineering dan Approval																	
12	<i>Technical Drawing</i>																	
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	I			A	R	C											
14	Trafo PS	I			A	R	C											
15	SLD	I			A	R	C											
16	RCP	I			A	R	C											
17	<i>Cubicle 20 kV</i>	I			A	R	C											
18	<i>Insulator</i>	I			A	R	C											
19	<i>Clamp dan Connector</i>	I			A	R	C											
20	<i>Conductor dan GSW</i>	I			A	R	C											
21	<i>MV, LV Power dan Control Cable</i>	I			A	R	C											
22	NGR dan NCT	I			A	R	C											

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
23	Battery, Charger dan UPS	I			A	R	C											
24	AC/DC Power Supply	I			A	R	C											
25	Telecommunication System	I			A	R	C											
26	SAS	I			A	R	C											
27	DFR	I			A	R	C											
28	Perhitungan Grounding	I			A	R	C											
29	Pekerjaan Sipil																	
30	Pekerjaan Prasarana																	
31	Persiapan	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
32	Pematangan Tanah	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
33	Papan Nama	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
34	Tiang Bendera	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
35	Pekerjaan Pagar Keliling																	
36	Pondasi Pagar	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
37	Tembok Pagar	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
38	Saluran Air	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
39	Duiker dan Jalan Masuk	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I	R					
40	Pekerjaan Switchyard																	
41	Pondasi Switchyard																	
42	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor A																	

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
43	Pondasi Trafo	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
44	<i>Post for Gantry 18 mtr</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
45	<i>Post for Gantry 13 mtr</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
46	<i>Post for Gantry 9 mtr</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
47	Pondasi DS dan DSE	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
48	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor B																	
49	Pondasi CB	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
50	Pondasi CT	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
51	Pondasi CVT	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
52	Pondasi LA	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
53	Pondasi MK	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
54	Pondasi NGR	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
55	<i>Support 20 kV</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
56	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor C																	
57	<i>Firewall</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I			R			
58	<i>Cable Duct dan Tutup</i>																	
59	<i>Cable Duct Type. Large</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
60	<i>Cable Duct Type. Medium</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
61	<i>Cable Duct Type Small</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
62	<i>Cable Duct Crossing Road</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
63	Penyangga Kable (<i>Cable Tray</i>)	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
64	Box Kontrol (Drainase)	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
65	<i>Earthing Grid</i>	I	I	I	C	I	C	C	I	A	R	I				R		
66	Hamparan Koral dan Kansteen	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
67	Pagar <i>Switchyard</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I	R					
68	Pekerjaan Jalan	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I			R			
69	Pekerjaan Pos Jaga																	
70	Pekerjaan Tanah	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
71	Pekerjaan Beton dan Pasangan Bata	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
72	Pekerjaan Rangka Atap	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
73	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Plafon	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
74	Pekerjaan Sanitair	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
75	Pekerjaan Alat Penggantung dan Pengunci	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
76	Pekerjaan Pengecatan	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
77	Pekerjaan Instalasi Listrik	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I				R		
78	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV																	
79	<i>Concreate Reinforcement</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
80	<i>Roof dan Ceiling</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
81	<i>Doors dan Windows Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
82	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
83	<i>Floor dan Wall Tiling</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
84	<i>Metal Works</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
85	<i>Painting Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
86	<i>Instalation Electrical Mechanical</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
87	<i>Lightning Protections</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
88	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type I</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
89	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type II</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
90	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type Crossing</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
91	<i>Pondasi Trafo PS</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
92	<i>Fire Fighting Equipment</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
93	<i>Sundries</i>	I	I	I	C	I	C	C	A	I	R	I		R				
94	House Works																	
95	<i>Earthworks</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
96	<i>Concrete Reinforcement</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
97	<i>Roof Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
98	<i>Doors dan Windows Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
99	<i>Floor dan Wall Tiling</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
100	<i>Celling Works</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
101	<i>Painting Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
102	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
103	<i>Drainage Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
104	<i>Electrical Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
105	<i>Miscellaneous Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
106	<i>Landscape Work</i>	I	I	I	C	I	C	C	A		R	I				R		
107	Pengadaan Barang dan Material																	
108	Fabrikasi																	
109	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
110	Trafo PS	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
111	NGR	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
112	NCT 150 kV	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
113	RCP dan MK	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
114	<i>Cubicle 20 kV</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
115	<i>Conductor</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
116	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
117	GSW	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
118	<i>Cable XLPE 20 kV</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
119	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
120	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
121	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
122	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
123	<i>Digital Teleprotection dan MUX</i>	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
124	SAS	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
125	DFR	A	R	I	C	C	C	I	I	I		I						
126	<i>Deliver On Site</i>																	
127	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
128	<i>HV Equipment by PLN</i>		I		I	C	R			A		R						
129	Trafo PS	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
130	NGR	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
131	NCT 150 kV	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
132	RCP dan MK	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
133	<i>Cubicle 20 kV</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
134	<i>Conductor</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
135	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
136	GSW	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
137	<i>Cable XLPE 20 kV</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
138	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
139	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
140	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	I	R	I	C	I	I	A		R		R						

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
141	LV AC/ DC Switchfuse Board	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
142	Digital Teleprotection dan Cubicle dan MUX	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
143	Sistem Grounding dan Perlengkapannya	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
144	SAS	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
145	DFR	I	R	I	C	I	I	A		R		R						
146	Pekerjaan Electromekanikal																	
147	Pemasangan Material																	
148	Steel Structure	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
149	150 kV - 4 T/L BAY																	
150	CB	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
151	DS	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
152	DS-E	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
153	CT	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
154	CVT	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
155	LA	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
156	Outdoor MK	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
157	Conductor	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
158	Tension Insulator	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
159	Suspension Insulator	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
160	Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
161	GSW	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
162	RCP Line Bay	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
163	LV Power dan Multicore Cable Control	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
164	Main Busbar																	
165	CVT Bus	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
166	Conductor	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
167	150 kV Coupler Bay																	
168	CB	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
169	DS	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
170	CT	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
171	Outdoor MK	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
172	Conductor	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
173	LV Power dan Multicore Cable Control	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
174	RCP	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
175	150 kV - Trafo Bay																	
176	CB	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
177	DS	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
178	CT	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
179	LA	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
180	<i>Outdoor MK</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
181	<i>Conductor dan GSW</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
182	<i>Connector dan Clamp</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
183	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
184	RCP	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
185	Trafo PS																	
186	150/20 kV Power Transformers dan Auxiliaries																	
187	NGR 20 kV lengkap <i>NCT</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
188	XLPE 20 kV <i>Power Cable</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
189	20 kV SWITCHGEARS dan AUXILIARY TRANSFORMER																	
190	<i>Cubicle 20 kV</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
191	150 kV dan 20 kV Substation Auxiliaries Equipment																	
192	<i>Battery 110 V DC dan Charger</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
193	<i>Battery 48 V DC dan Charger</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
194	UPS	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
195	LV AC/ DC <i>Switchfuse Board</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	

Tabel 4. 6 Matriks Tanggung Jawab (lanjutan)

No.	Aktivitas	MOR	LOG	ADK	OPR	EEM	ESL	SMN	PSL	PEM	K3L	ADL	SKA	SKB	SKC	SKD	SKE	SKF
196	Peralatan Automation System																	
197	<i>Substation Automation Software dan Hardware</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
198	Telecommunication Equipment																	
199	<i>Digital Teleprotection Equipment</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
200	Energy Meter Panel dan Fault Recorder																	
201	DFR dan <i>Energy Meter</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	
202	Testing dan Comissioning																	
203	<i>Individual Test</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	R
204	<i>Comissioning</i>	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	R
205	Energized	I	I	I	C	C	I	A	I	R	R	R					R	R

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.1.5 Penjadwalan dan Alokasi Tenaga Kerja Existing Proyek

Penjadwalan dan alokasi tenaga kerja kerja *existing* proyek dilakukan dengan *Critical Path Method* (CPM) yang disusun berdasarkan *Work Breakdown Structure*.

4.1.5.1 Penjadwalan Existing Proyek

Penjadwalan *existing* proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Penjadwalan *Existing* Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
1	GI 150 KV ARJASA		633	10 Agustus 2018	16 Mei 2020
2	Desain Engineering		328	10 Agustus 2018	10 Juli 2019
3	Civil Engineering dan Approval		102	10 Agustus 2018	21 November 2018
4	<i>Soil Investigation</i>		12	10 Agustus 2018	22 Agustus 2018
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>		12	10 Agustus 2018	22 Agustus 2018
6	Gambar dan Perhitungan		90	22 Agustus 2018	21 November 2018
7	Pondasi	13;5	14	22 Agustus 2018	05 September 2018
8	<i>Cable Duct</i>	7SS;5	90	22 Agustus 2018	21 November 2018
9	<i>Steel Structure dan Post for Gantry</i>	7SS;5	21	22 Agustus 2018	12 September 2018
10	<i>Control Building</i>	7	7	05 September 2018	12 September 2018
11	Electromechanical Engineering dan Approval		328	10 Agustus 2018	10 Juli 2019
12	<i>Technical Drawing</i>		328	10 Agustus 2018	10 Juli 2019
13	<i>HV Equipment by Owner</i>		1	10 Agustus 2018	11 Agustus 2018
14	Trafo PS	7SS	30	22 Agustus 2018	21 September 2018
15	SLD	7SS	21	22 Agustus 2018	12 September 2018
16	RCP	15	28	12 September 2018	11 Oktober 2018
17	<i>Cubicle 20 kV</i>	15	295	12 September 2018	10 Juli 2019
18	<i>Insulator</i>	13	30	11 Agustus 2018	10 September 2018
19	<i>Clamp dan Connector</i>	14	14	12 September 2018	26 September 2018
20	<i>Conductor dan GSW</i>	7SS	14	22 Agustus 2018	05 September 2018
21	<i>MV, LV Power dan Control Cable</i>	16SS	21	12 September 2018	03 Oktober 2018
22	NGR dan NCT	15	42	01 November 2018	13 Desember 2018

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
23	Battery, Charger dan UPS	22SS	14	01 November 2018	15 November 2018
24	AC/DC Power Supply	22SS	14	01 November 2018	15 November 2018
25	Telecommunication System	22SS	14	01 November 2018	15 November 2018
26	SAS	15	21	12 September 2018	03 Oktober 2018
27	DFR	15	21	12 September 2018	03 Oktober 2018
28	Perhitungan Grounding	16	36	11 Oktober 2018	16 November 2018
29	Pekerjaan Sipil		404,9	07 Desember 2018	24 Januari 2020
30	Pekerjaan Prasarana		76	07 Desember 2018	22 Februari 2019
31	Persiapan	3	6	07 Desember 2018	13 Desember 2018
32	Pematangan Tanah	31	70	13 Desember 2018	22 Februari 2019
33	Papan Nama	31SS	7	07 Desember 2018	14 Desember 2018
34	Tiang Bendera	33SS	7	07 Desember 2018	14 Desember 2018
35	Pekerjaan Pagar Keliling		204	07 Desember 2018	03 Juli 2019
36	Pondasi Pagar	31SS	30	07 Desember 2018	06 Januari 2019
37	Tembok Pagar	36	30	06 Januari 2019	06 Februari 2019
38	Saluran Air	36SS	22	07 Desember 2018	29 Desember 2018
39	Duiker dan Jalan Masuk	32	104	18 Maret 2019	03 Juli 2019
40	Pekerjaan Switchyard		234	06 Februari 2019	03 Oktober 2019
41	Pondasi Switchyard		218	22 Februari 2019	03 Oktober 2019
42	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor A		135	22 Februari 2019	10 Juli 2019
43	Pondasi Trafo	7;32	85	22 Februari 2019	19 Mei 2019

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
44	<i>Post for Gantry 18 mtr</i>	43SS+15 days	60	09 Maret 2019	24 Juni 2019
45	<i>Post for Gantry 13 mtr</i>	43SS+15 days	60	09 Maret 2019	09 Mei 2019
46	<i>Post for Gantry 9 mtr</i>	45	30	09 Mei 2019	10 Juni 2019
47	Pondasi DS dan DSE	43	50	20 Mei 2019	10 Juli 2019
48	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor B		112,38	10 Juni 2019	03 Oktober 2019
49	Pondasi CB	32;78	40	26 Juli 2019	04 September 2019
50	Pondasi CT	32	40	10 Juni 2019	20 Juli 2019
51	Pondasi CVT	32	40	10 Juni 2019	20 Juli 2019
52	Pondasi LA	32	30	26 Juli 2019	25 Agustus 2019
53	Pondasi MK	49	14	04 September 2019	19 September 2019
54	Pondasi NGR	53	14	19 September 2019	03 Oktober 2019
55	<i>Support 20 kV</i>	51	14	20 Juli 2019	03 Agustus 2019
56	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor C		72	09 Maret 2019	21 Mei 2019
57	<i>Firewall</i>	43SS+15 days	72	09 Maret 2019	21 Mei 2019
58	<i>Cable Duct dan Tutup</i>		54	06 Februari 2019	02 April 2019
59	<i>Cable Duct Type. Large</i>	37;8	20	06 Februari 2019	26 Februari 2019
60	<i>Cable Duct Type. Medium</i>	59;8	20	26 Februari 2019	18 Maret 2019
61	<i>Cable Duct Type Small</i>	59SS;8	30	06 Februari 2019	08 Maret 2019
62	<i>Cable Duct Crossing Road</i>	60;8	14	18 Maret 2019	02 April 2019
63	Penyangga Kable (<i>Cable Tray</i>)	7;32FS+24 days	20	18 Maret 2019	08 April 2019
64	Box Kontrol (Drainase)	63;62	56	08 April 2019	02 Juli 2019
65	<i>Earthing Grid</i>	64;28	15	02 Juli 2019	17 Juli 2019

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
66	Hamparan Koral dan Kansteen	65	21	18 Juli 2019	08 Agustus 2019
67	Pagar <i>Switchyard</i>	62	46	02 April 2019	18 Mei 2019
68	Pekerjaan Jalan	62	30	02 April 2019	02 Mei 2019
69	Pekerjaan Pos Jaga		41,4	13 Desember 2019	24 Januari 2020
70	Pekerjaan Tanah	94	2,4	13 Desember 2019	15 Desember 2019
71	Pekerjaan Beton dan Pasangan Bata	70	16,8	15 Desember 2019	01 Januari 2020
72	Pekerjaan Rangka Atap	71	5,6	01 Januari 2020	07 Januari 2020
73	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Plafon	72	7	07 Januari 2020	14 Januari 2020
74	Pekerjaan Sanitair	72FS+50%	8	10 Januari 2020	18 Januari 2020
75	Pekerjaan Alat Penggantung dan Pengunci	73SS+80%	3,75	13 Januari 2020	16 Januari 2020
76	Pekerjaan Pengecatan	75	3	16 Januari 2020	20 Januari 2020
77	Pekerjaan Instalasi Listrik	76FS+75%	2	22 Januari 2020	24 Januari 2020
78	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV		190	12 Januari 2019	26 Juli 2019
79	<i>Concreate Reinforcement</i>	32FS-40 days;10	90	12 Januari 2019	14 April 2019
80	<i>Roof dan Ceiling</i>	79	60	14 April 2019	15 Juni 2019
81	<i>Doors dan Windows Work</i>	80	40	15 Juni 2019	26 Juli 2019
82	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	79	45	14 April 2019	31 Mei 2019
83	<i>Floor dan Wall Tiling</i>	82	21	31 Mei 2019	21 Juni 2019
84	<i>Metal Works</i>	81FS-30 days	30	25 Juni 2019	26 Juli 2019
85	<i>Painting Work</i>	79FS-15 days;80FS-15 days	21	31 Mei 2019	21 Juni 2019
86	<i>Instalation Electrical Mechanical</i>	79FS-15 days	30	30 Maret 2019	29 April 2019
87	<i>Lightning Protections</i>	80FS-5 days;86	14	10 Juni 2019	24 Juni 2019

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
88	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type I</i>	79FS+50%	50	27 Februari 2019	19 April 2019
89	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type II</i>	79FS+50%	50	27 Februari 2019	19 April 2019
90	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type Crossing</i>	89	21	19 April 2019	10 Mei 2019
91	Pondasi Trafo PS	79	30	14 April 2019	14 Mei 2019
92	<i>Fire Fighting Equipment</i>	85	30	21 Juni 2019	22 Juli 2019
93	<i>Sundries</i>	85	7	21 Juni 2019	28 Juni 2019
94	House Works		137,5	26 Juli 2019	13 Desember 2019
95	<i>Earthworks</i>	78	2,5	26 Juli 2019	28 Juli 2019
96	<i>Concrete Reinforcement</i>	95	35	28 Juli 2019	02 September 2019
97	<i>Roof Work</i>	96	20	02 September 2019	22 September 2019
98	<i>Doors dan Windows Work</i>	97	20	22 September 2019	13 Oktober 2019
99	<i>Floor dan Wall Tiling</i>	98	20	13 Oktober 2019	02 November 2019
100	<i>Celling Works</i>	97	15	22 September 2019	07 Oktober 2019
101	<i>Painting Work</i>	100	15	08 Oktober 2019	23 Oktober 2019
102	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	96	10	02 September 2019	12 September 2019
103	<i>Drainage Work</i>	102	15	12 September 2019	27 September 2019
104	<i>Electrical Work</i>	99FS-10 days	14	23 Oktober 2019	06 November 2019
105	<i>Miscellaneous Work</i>	98	14	06 November 2019	20 November 2019
106	<i>Landscape Work</i>	105	22	20 November 2019	13 Desember 2019
107	Pengadaan Barang dan Material		509	05 September 2018	06 Februari 2020
108	Fabrikasi		502	05 September 2018	30 Januari 2020
109	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	9	90	12 September 2018	13 Desember 2018

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
110	Trafo PS	14	120	21 September 2018	21 Januari 2019
111	NGR	22	120	13 Desember 2018	14 April 2019
112	NCT 150 kV	22	120	13 Desember 2018	14 April 2019
113	RCP dan MK	16	130	11 Oktober 2018	20 Februari 2019
114	<i>Cubicle 20 kV</i>	17	200	11 Juli 2019	30 Januari 2020
115	<i>Conductor</i>	20	160	05 September 2018	15 Februari 2019
116	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	21	160	04 Oktober 2018	15 Maret 2019
117	GSW	20	160	05 September 2018	15 Februari 2019
118	<i>Cable XLPE 20 kV</i>	21	160	04 Oktober 2018	15 Maret 2019
119	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	18	160	10 September 2018	20 Februari 2019
120	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	18	160	10 September 2018	20 Februari 2019
121	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	23	160	15 November 2018	27 April 2019
122	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	24	160	15 November 2018	27 April 2019
123	<i>Digital Teleprotection dan MUX</i>	25	160	15 November 2018	27 April 2019
124	SAS	26	130	04 Oktober 2018	13 Februari 2019
125	DFR	27	130	04 Oktober 2018	13 Februari 2019
126	<i>Deliver On Site</i>		434,38	20 November 2018	06 Februari 2020
127	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	109	7	13 Desember 2018	20 Desember 2018
128	<i>HV Equipment by PLN</i>	127FF	30	20 November 2018	20 Desember 2018
129	Trafo PS	110	14	22 Januari 2019	05 Februari 2019
130	NGR	111	14	15 April 2019	29 April 2019
131	NCT 150 kV	112	14	15 April 2019	29 April 2019

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
132	RCP dan MK	113	14	20 Februari 2019	06 Maret 2019
133	Cubicle 20 kV	114	7	30 Januari 2020	06 Februari 2020
134	Conductor	115	14	15 Februari 2019	01 Maret 2019
135	LV Power dan Multicore Cable Control	116	14	16 Maret 2019	30 Maret 2019
136	GSW	117	14	15 Februari 2019	01 Maret 2019
137	Cable XLPE 20 kV	118	14	16 Maret 2019	30 Maret 2019
138	Insulator Tension dan Suspension	119	14	20 Februari 2019	06 Maret 2019
139	Fitting, Connector dan Clamp	120	14	20 Februari 2019	06 Maret 2019
140	Battery, Charger dan UPS	121	14	27 April 2019	11 Mei 2019
141	LV AC/ DC Switchfuse Board	122	14	27 April 2019	11 Mei 2019
142	Digital Teleprotection dan Cubicle dan MUX	123	14	27 April 2019	11 Mei 2019
143	Sistem Grounding dan Perlengkapannya	117	14	15 Februari 2019	01 Maret 2019
144	SAS	124	14	13 Februari 2019	27 Februari 2019
145	DFR	125	14	13 Februari 2019	27 Februari 2019
146	Pekerjaan Electromekanikal		453,25	06 Februari 2019	13 Mei 2020
147	Pemasangan Material		423,25	06 Februari 2019	12 April 2020
148	Steel Structure	127;46	21	10 Juni 2019	01 Juli 2019
149	150 kV - 4 T/L BAY		119	01 Juli 2019	16 November 2019
150	CB	49;128	11,63	04 September 2019	15 September 2019
151	DS	47;150;128	5,38	15 September 2019	20 September 2019
152	DS-E	128;47	5	20 September 2019	25 September 2019
153	CT	50;152;128	5	25 September 2019	30 September 2019

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
154	CVT	153;51;128	5	30 September 2019	05 Oktober 2019
155	LA	52;154;128	3,88	09 Oktober 2019	13 Oktober 2019
156	<i>Outdoor MK</i>	132;53	4	05 Oktober 2019	09 Oktober 2019
157	<i>Conductor</i>	148;134	10	01 Juli 2019	11 Juli 2019
158	<i>Tension Insulator</i>	157SS;138	7	01 Juli 2019	08 Juli 2019
159	<i>Suspension Insulator</i>	157SS;138	7	01 Juli 2019	08 Juli 2019
160	<i>Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya</i>	155;139;143	7	13 Oktober 2019	21 Oktober 2019
161	GSW	136;160	10	05 November 2019	15 November 2019
162	RCP <i>Line Bay</i>	132;78;163	7	09 November 2019	16 November 2019
163	LV Power dan <i>Multicore Cable Control</i>	156;135	30	09 Oktober 2019	09 November 2019
164	Main Busbar		111	11 Juli 2019	18 November 2019
165	CVT <i>Bus</i>	154;128	2	16 November 2019	18 November 2019
166	<i>Conductor</i>	157;134	7	11 Juli 2019	18 Juli 2019
167	150 kV Coupler Bay		263,13	06 Februari 2019	28 November 2019
168	CB	150;128;164	3	15 September 2019	18 September 2019
169	DS	128	4	06 Februari 2019	10 Februari 2019
170	CT	128;153	2	30 September 2019	02 Oktober 2019
171	<i>Outdoor MK</i>	156;132	1	21 Oktober 2019	22 Oktober 2019
172	<i>Conductor</i>	166;134	3	19 Juli 2019	22 Juli 2019
173	LV Power dan <i>Multicore Cable Control</i>	171;135	14	22 Oktober 2019	05 November 2019
174	RCP	162;132	2	16 November 2019	28 November 2019
175	150 kV - Trafo Bay		264,13	06 Februari 2019	29 November 2019

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
176	CB	168;128	6	18 September 2019	24 September 2019
177	DS	169;128	6,13	10 Februari 2019	16 Februari 2019
178	CT	170;128	3	02 Oktober 2019	05 Oktober 2019
179	LA	178;128	3	05 Oktober 2019	08 Oktober 2019
180	<i>Outdoor MK</i>	171;132	1	22 Oktober 2019	23 Oktober 2019
181	<i>Conductor dan GSW</i>	172;134;136	2	22 Juli 2019	24 Juli 2019
182	<i>Connector dan Clamp</i>	181;139	3	24 Juli 2019	27 Juli 2019
183	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	180;135	14	23 Oktober 2019	06 November 2019
184	RCP	174;132	1	28 November 2019	29 November 2019
185	Trafo PS	129	12	06 Februari 2019	18 Februari 2019
186	150/20 kV Power Transformers dan Auxiliaries		21	08 November 2019	01 Desember 2019
187	NGR 20 kV lengkap <i>NCT</i>	179FS+30 <i>days;130;131;54</i>	18	08 November 2019	26 November 2019
188	XLPE 20 kV <i>Power Cable</i>	187;137	3	28 November 2019	01 Desember 2019
189	20 kV SWITCHGEARS dan AUXILIARY TRANSFORMER		15	06 Februari 2020	22 Februari 2020
190	<i>Cubicle 20 kV</i>	133;55	15	06 Februari 2020	22 Februari 2020
191	150 kV dan 20 kV Substation Auxiliaries Equipment		20	22 Februari 2020	13 Maret 2020
192	<i>Battery 110 V DC dan Charger</i>	190;140	5	22 Februari 2020	27 Februari 2020
193	<i>Battery 48 V DC dan Charger</i>	192;140	5	27 Februari 2020	03 Maret 2020
194	UPS	193;140	3	03 Maret 2020	06 Maret 2020
195	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	194;141	7	06 Maret 2020	13 Maret 2020

Tabel 4. 7 Penjadwalan Existing Proyek (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
196	Peralatan Automation System		30	13 Maret 2020	12 April 2020
197	<i>Substation Automation Software dan Hardware</i>	195;144	30	13 Maret 2020	12 April 2020
198	Telecommunication Equipment		14	16 November 2019	30 November 2019
199	<i>Digital Teleprotection Equipment</i>	149;142	14	16 November 2019	30 November 2019
200	Energy Meter Panel dan Fault Recorder		10	13 Maret 2020	23 Maret 2020
201	DFR dan <i>Energy Meter</i>	191;145	10	13 Maret 2020	23 Maret 2020
202	Testing dan Comissioning		30	13 April 2020	13 Mei 2020
203	<i>Individual Test</i>	147	15	13 April 2020	28 April 2020
204	<i>Comissioning</i>	203	15	28 April 2020	13 Mei 2020
205	Energized	204	3	13 Mei 2020	16 Mei 2020

Sumber: PT. Hasta Karya Perdana, 2020

4.1.5.2 Alokasi Tenaga Kerja Proyek Existing

Pengalokasian tenaga kerja proyek dilakukan berdasarkan *Work Breakdown Structure* dan matriks tanggung jawab. Alokasi dan estimasi biaya tenaga kerja proyek *existing* dengan penjadwalan CPM ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Alokasi Tenaga Kerja Proyek

No.	Posisi	Jumlah (Maks. orang)	Gaji Harian	Durasi Kerja (hari)	Total Biaya
1	Administrasi dan Logistik	1	Rp300.000	444,95	Rp137.085.000
2	<i>Engineering</i> Elektromekanikal	1	Rp300.000	56,5	Rp16.950.000
3	<i>Engineering</i> Sipil	1	Rp300.000	71,88	Rp21.562.500
4	<i>Foreman</i> Subkontraktor A	1	Rp180.000	122,5	Rp22.050.000
5	<i>Foreman</i> Subkontraktor B	1	Rp180.000	151,69	Rp27.303.750
6	<i>Foreman</i> Subkontraktor C	1	Rp180.000	51	Rp9.180.000
7	<i>Foreman</i> Subkontraktor D	1	Rp180.000	77,45	Rp16.101.000
8	<i>Foreman</i> Subkontraktor E	1	Rp180.000	455,2	Rp82.125.000
9	<i>Helper Operator</i>	3	Rp150.000	91	Rp13.650.000
10	K3L dan <i>Safety</i>	1	Rp300.000	418,65	Rp129.622.500
11	Operator	4	Rp180.000	98,09	Rp17.656.200
12	Pelaksana Elektromekanikal	1	Rp300.000	455,2	Rp136.875.000
13	Pelaksana Sipil	1	Rp300.000	380,9	Rp121.470.000
14	<i>Site Manager</i>	1	Rp360.000	418,65	Rp155.547.000
15	<i>Worker</i> Subkontraktor A1	5	Rp120.000	924	Rp110.880.000
16	<i>Worker</i> Subkontraktor A2	5	Rp120.000	654	Rp78.480.000
17	<i>Worker</i> Subkontraktor A3	5	Rp120.000	463	Rp55.560.000
18	<i>Worker</i> Subkontraktor A4	5	Rp120.000	705	Rp84.600.000
19	<i>Worker</i> Subkontraktor A5	5	Rp120.000	825	Rp99.000.000
20	<i>Worker</i> Subkontraktor B1	5	Rp120.000	800	Rp96.000.000

Tabel 4. 8 Alokasi Tenaga Kerja Proyek (lanjutan)

No.	Posisi	Jumlah (Maks. orang)	Gaji Harian	Durasi Kerja (hari)	Total Biaya
21	<i>Worker</i> Subkontraktor B2	5	Rp120.000	420	Rp50.400.000
22	<i>Worker</i> Subkontraktor B3	5	Rp120.000	330	Rp39.600.000
23	<i>Worker</i> Subkontraktor B4	5	Rp120.000	360	Rp43.200.000
24	<i>Worker</i> Subkontraktor B5	5	Rp120.000	400	Rp48.000.000
25	<i>Worker</i> Subkontraktor B6	5	Rp120.000	600	Rp72.000.000
26	<i>Worker</i> Subkontraktor B7	5	Rp120.000	335	Rp40.200.000
27	<i>Worker</i> Subkontraktor B8	5	Rp120.000	410	Rp49.200.000
28	<i>Worker</i> Subkontraktor C1	8	Rp120.000	576	Rp69.120.000
29	<i>Worker</i> Subkontraktor C2	7	Rp120.000	210	Rp25.200.000
30	<i>Worker</i> Subkontraktor D1	5	Rp120.000	364,3	Rp43.716.000
31	<i>Worker</i> Subkontraktor D2	5	Rp120.000	305	Rp36.600.000
32	<i>Worker</i> Subkontraktor D3	5	Rp120.000	268,5	Rp32.220.000
33	<i>Worker</i> Subkontraktor D4	5	Rp120.000	238,4	Rp28.608.000
34	<i>Worker</i> Subkontraktor E1	3	Rp120.000	176,75	Rp25.533.600
35	<i>Worker</i> Subkontraktor E2	3	Rp120.000	338,6	Rp42.360.000
36	<i>Worker</i> Subkontraktor E3	3	Rp120.000	150,38	Rp18.766.800
37	<i>Worker</i> Subkontraktor E4	3	Rp120.000	295	Rp35.400.000
38	<i>Worker</i> Subkontraktor E5	3	Rp120.000	257	Rp30.840.000
39	<i>Worker</i> Subkontraktor F1	12	Rp120.000	363,6	Rp47.520.000
Total Jumlah Tenaga Kerja (orang)		146	Total Biaya Tenaga Kerja		Rp2.210.182.350

Sumber: PT. Hasta Karya Perdana, 2020

Berdasarkan Tabel 4.8, didapatkan jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada proyek ini sebanyak 146 orang dan total biaya tenaga kerja senilai Rp2.210.182.350.

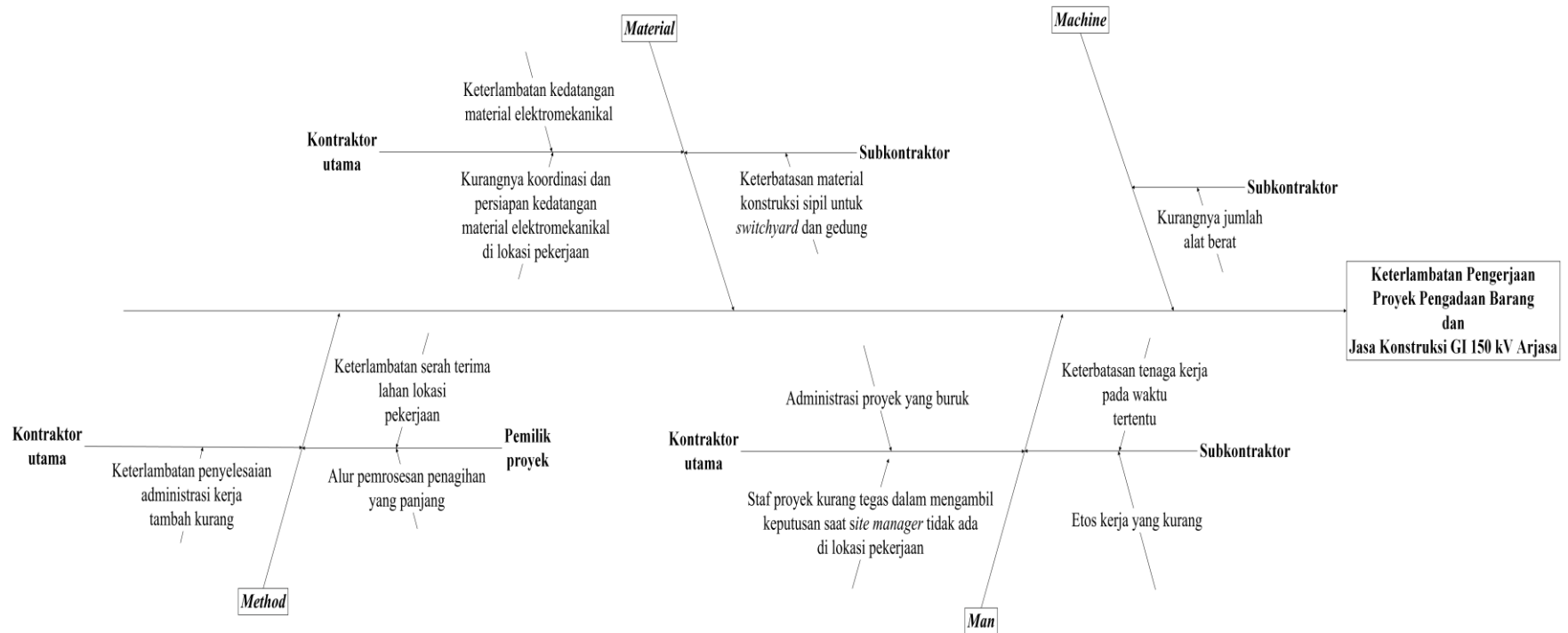
4.2 Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Pengumpulan data penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dilakukan dengan cara *Focus Group Discussion* (FGD), hasil dari FGD akan digunakan sebagai *input* untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan metode *Root Cause Analysis* menggunakan alat *cause-and-effect diagram* dengan kerangka 5M, antara lain *machine, method, material, man power* atau *man*, dan *measurement*. Pada penelitian ini, penulis tidak menyertakan aspek *money* pada identifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek karena kontraktor utama mensubkontraktorkan seluruh lingkup pekerjaan konstruksi pada subkontraktor dengan bidang keahlian yang sesuai. Sehingga kontraktor utama berfokus pada lingkup pekerjaan utama dalam bidang *engineering, procurement, dan construction*.

Setelah penyebab keterlambatan pengerjaan proyek telah teridentifikasi maka dilakukan penyebaran kuesioner kepada manajemen proyek dan tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa untuk mendapatkan penilaian frekuensi kemunculan dan tingkat keparahan pada setiap penyebab keterlambatan pengerjaan proyek.

4.2.1 Cause-and-effect Diagram Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Cause-and-effect diagram penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Cause-and-effect Diagram Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan *cause-and-effect diagram*, didapatkan 11 penyebab keterlambatan pengerjaan proyek yang disebabkan oleh kontraktor utama, subkontraktor, dan pemilik proyek. Pada Tabel 4.9 menunjukkan klasifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek berdasarkan kategori dan kelompok penyebabnya.

Tabel 4. 9 Klasifikasi Kelompok Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Kategori	Penyebab		Kelompok Penyebab
<i>Man</i>	1	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	Kontraktor utama
	2	Administrasi proyek yang buruk	Kontraktor utama
	3	Etos kerja yang rendah	Subkontraktor
	4	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	Subkontraktor
<i>Material</i>	5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	Kontraktor utama
	6	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	Kontraktor utama
	7	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	Subkontraktor
<i>Method</i>	8	Keterlambatan penyelesaian administrasi pekerjaan tambah atau kurang	Kontraktor utama
	9	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	Pemilik proyek
	10	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan	Pemilik proyek
<i>Machine</i>	11	Kurangnya jumlah alat berat	Subkontraktor

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.2.2 Pemingkatan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Berdasarkan 11 penyebab keterlambatan pengerjaan proyek yang telah teridentifikasi pada subbab selanjutnya, dilakukan pemingkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek yang didahului dengan penilaian frekuensi kemunculan dan tingkat keparahan setiap penyebab keterlambatan oleh manajemen proyek PT. Hasta Karya Perdana dan tim proyek pengadaan barang dan jasa

konstruksi GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana. Penilaian ini dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada para responden. Berdasarkan hasil pengisian kuesioner, didapatkan sepuluh responden yang terdiri dari enam orang manajemen proyek PT. Hasta Karya Perdana dan empat orang tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana. Pada Tabel 4.10 merupakan rekapitulasi hasil penilaian frekuensi kemunculan (*Frequency Index* atau FI) dan tingkat keparahan (*Severity Index* atau SI) dari setiap penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

Tabel 4. 10 Penilaian Frekuensi Kemunculan dan Tingkat Keparahannya Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Kategori	Kelompok Penyebab	<i>Frequency Index</i>	<i>Severity Index</i>	<i>Overall Value</i>	Peringkat
				FI	SI	IMPI	
1	Keterlambatan penyelesaian administrasi pekerjaan tambah atau kurang	<i>Method</i>	Kontraktor utama	65	60	39	9
2	Administrasi proyek yang buruk	<i>Man</i>	Kontraktor utama	70	62,5	43,75	7
3	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	<i>Man</i>	Kontraktor utama	62,5	60	37,5	11
4	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<i>Material</i>	Kontraktor utama	70	70	49	6
5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<i>Material</i>	Kontraktor utama	67,5	57,5	38,81	10
6	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	<i>Man</i>	Subkontraktor	70	75	52,5	4

Tabel 4. 10 Penilaian Frekuensi Kemunculan dan Tingkat Keparahan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek (lanjutan)

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Kategori	Kelompok Penyebab	Frequency Index	Severity Index	Overall Value	Peringkat
				FI	SI	IMPI	
7	Etos kerja yang rendah	<i>Man</i>	Subkontraktor	80	77,5	62	3
8	Kurangnya jumlah alat berat	<i>Machine</i>	Subkontraktor	60	67,5	40,5	8
9	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	<i>Material</i>	Subkontraktor	77,5	82,5	63,94	2
10	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	<i>Method</i>	Pemilik proyek	85	82,5	70,13	1
11	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan	<i>Method</i>	Pemilik proyek	65	77,5	50,38	5

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Selanjutnya dilakukan pemeringkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek yang dilanjutkan dengan identifikasi penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek menggunakan prinsip pareto (20%-80%). Melalui penerapan prinsip pareto, dari dua belas penyebab keterlambatan pengerjaan proyek, didapatkan tiga penyebab utama penyebab keterlambatan pengerjaan proyek. Pada Tabel 4.11 menunjukkan pemeringkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek dengan prinsip pareto.

Tabel 4. 11 Pemeringkatan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Kategori	Kelompok Penyebab	Frequency Index	Severity Index	Overall Value	Peringkat
				FI	SI	IMPI	
10	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	<i>Method</i>	Pemilik proyek	85	82,5	70,13	1
9	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	<i>Material</i>	Subkontraktor	77,5	82,5	63,94	2
7	Etos kerja yang rendah	<i>Man</i>	Subkontraktor	80	77,5	62	3
6	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	<i>Man</i>	Subkontraktor	70	75	52,5	4
11	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan	<i>Method</i>	Pemilik proyek	65	77,5	50,38	5
4	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<i>Material</i>	Kontraktor utama	70	70	49	6
2	Administrasi proyek yang buruk	<i>Man</i>	Kontraktor utama	70	62,5	43,75	7
8	Kurangnya jumlah alat berat	<i>Machine</i>	Subkontraktor	60	67,5	40,5	8
1	Keterlambatan penyelesaian administrasi pekerjaan tambah atau kurang	<i>Method</i>	Kontraktor utama	65	60	39	9
5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<i>Material</i>	Kontraktor utama	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	<i>Man</i>	Kontraktor utama	62,5	60	37,5	11

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan tabel 4.11 didapatkan tiga penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek, antara lain alur pemrosesan penagihan yang panjang, keterbatasan material konstruksi sipil untuk switchyard dan gedung, dan etos kerja yang rendah.

4.3 Penjadwalan Proyek dengan Critical Chain Project Management

Penjadwalan dengan *Critical Chain Project Management* (CCPM) bertujuan untuk menghindarkan pengerjaan proyek dari masalah-masalah yang dapat terjadi pada pengerjaan proyek, seperti *student syndrome*, *parkinson's law*, dan *multitasking* yang dapat mengakibatkan keterlambatan pengerjaan proyek.

4.3.1 Pengurangan Durasi Aktivitas

Langkah pertama dalam penjadwalan proyek dengan CCPM adalah menghilangkan waktu pengaman (*buffer*) pada masing-masing aktivitas sebesar 20% untuk mengurangi durasi pengerjaan proyek. Perhitungan durasi *buffer* pada setiap aktivitas ditunjukkan pada Tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4. 12 Perhitungan *Buffer* Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
1	GI 150 KV ARJASA		633		542,3
2	Desain Engineering		328		436
3	Civil Engineering dan Approval		102		117,15
4	Soil Investigation		12		9,6
5	Sondir dan Soil Report		12	2,4	9,6
6	Gambar dan Perhitungan		90		94,2
7	Pondasi	13;5	14	2,8	11,2
8	Cable Duct	7SS;5	90	18	72
9	Steel Structure dan Post for Gantry	7SS;5	21	4,2	16,8
10	Control Building	7	7	1,4	5,6
11	Electromechanical Engineering dan Approval		328		436
12	Technical Drawing		328		436
13	HV Equipment by Owner		1	0,2	0,8
14	Trafo PS	7SS	30	6	24
15	SLD	7SS	21	4,2	16,8

Tabel 4. 13 Perhitungan Buffer Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
16	RCP	15	28	5,6	22,4
17	Cubicle 20 kV	15	295	59	236
18	Insulator	13	30	6	24
19	Clamp dan Connector	14	14	2,8	11,2
20	Conductor dan GSW	7SS	14	2,8	11,2
21	MV, LV Power dan Control Cable	16SS	21	4,2	16,8
22	NGR dan NCT	15	42	8,4	33,6
23	Battery, Charger dan UPS	22SS	14	2,8	11,2
24	AC/DC Power Supply	22SS	14	2,8	11,2
25	Telecommunication System	22SS	14	2,8	11,2
26	SAS	15	21	4,2	16,8
27	DFR	15	21	4,2	16,8
28	Perhitungan Grounding	16	36	7,2	28,8
29	Pekerjaan Sipil		404,9		412,3
30	Pekerjaan Prasarana		76		380,58
31	Persiapan	3	6	1,2	4,8
32	Pematangan Tanah	31	70	14	56
33	Papan Nama	31SS	7	1,4	5,6
34	Tiang Bendera	33SS	7	1,4	5,6
35	Pekerjaan Pagar Keliling		204		200,58
36	Pondasi Pagar	31SS	30	6	24
37	Tembok Pagar	36	30	6	24
38	Saluran Air	36SS	22	4,4	17,6
39	Duiker dan Jalan Masuk	32	104	20,8	36
40	Pekerjaan Switchyard		234		216,58
41	Pondasi Switchyard		218		215,58
42	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor A		135		113,1
43	Pondasi Trafo	7;32	85	17	68
44	Post for Gantry 18 mtr	43SS+15 days	60	12	48
45	Post for Gantry 13 mtr	43SS+15 days	60	12	48
46	Post for Gantry 9 mtr	45	30	6	24
47	Pondasi DS dan DSE	43	50	10	40

Tabel 4. 13 Perhitungan Buffer Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
48	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor B		112,38		118,6
49	Pondasi CB	32;78	40	8	32
50	Pondasi CT	32	40	8	32
51	Pondasi CVT	32	40	8	32
52	Pondasi LA	32	30	6	24
53	Pondasi MK	49	14	2,8	11,2
54	Pondasi NGR	53	14	2,8	11,2
55	<i>Support 20 kV</i>	51	14	2,8	11,2
56	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor C		72		57,6
57	<i>Firewall</i>	43SS+15 days	72	14,4	57,6
58	<i>Cable Duct dan Tutup</i>		54		116,8
59	<i>Cable Duct Type. Large</i>	37;8	20	4	16
60	<i>Cable Duct Type. Medium</i>	59;8	20	4	16
61	<i>Cable Duct Type Small</i>	59SS;8	30	6	24
62	<i>Cable Duct Crossing Road</i>	60;8	14	2,8	11,2
63	Penyangga Kable (<i>Cable Tray</i>)	7;32FS+24 days	20	4	16
64	Box Kontrol (Drainase)	63;62	56	11,2	44,8
65	<i>Earthing Grid</i>	64;28	15	3	12
66	Hampan Koral dan Kansteen	65	21	4,2	16,8
67	Pagar <i>Switchyard</i>	62	46	9,2	36,8
68	Pekerjaan Jalan	62	30	6	24
69	Pekerjaan Pos Jaga		41,4		29,72
70	Pekerjaan Tanah	94	2,4	0,48	1,9
71	Pekerjaan Beton dan Pasangan Bata	70	16,8	3,36	13,4
72	Pekerjaan Rangka Atap	71	5,6	1,12	4,5
73	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Plafon	72	7	1,4	5,6
74	Pekerjaan Sanitair	72FS+50%	8	1,6	6,4
75	Pekerjaan Alat Penggantung dan Pengunci	73SS+80%	3,75	0,75	3

Tabel 4. 13 Perhitungan Buffer Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
76	Pekerjaan Pengecatan	75	3	0,6	2,4
77	Pekerjaan Instalasi Listrik	76FS+75%	2	0,4	1,6
78	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV		190	38	208,8
79	Concrete Reinforcement	32FS-40 days;10	90	18	72
80	Roof dan Ceiling	79	60	12	48
81	Doors dan Windows Work	80	40	8	32
82	Sanitary dan Plumbing	79	45	9	36
83	Floor dan Wall Tiling	82	21	4,2	16,8
84	Metal Works	81FS-30 days	30	6	24
85	Painting Work	79FS-15 days;80FS-15 days	21	4,2	16,8
86	Instalation Electrical Mechanical	79FS-15 days	30	6	24
87	Lightning Protections	80FS-5 days;86	14	2,8	11,2
88	Cable Duct Gedung Kontrol Type I	79FS+50%	50	10	40
89	Cable Duct Gedung Kontrol Type II	79FS+50%	50	10	40
90	Cable Duct Gedung Kontrol Type Crossing	89	21	4,2	16,8
91	Pondasi Trafo PS	79	30	6	24
92	Fire Fighting Equipment	85	30	6	24
93	Sundries	85	7	1,4	5,6
94	House Works		137,5		108
95	Earthworks	78	2,5	0,5	2
96	Concrete Reinforcement	95	35	7	28
97	Roof Work	96	20	4	16
98	Doors dan Windows Work	97	20	4	16
99	Floor dan Wall Tiling	98	20	4	16
100	Celling Works	97	15	3	12
101	Painting Work	100	15	3	12

Tabel 4. 13 Perhitungan Buffer Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
102	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	96	10	2	8
103	<i>Drainage Work</i>	102	15	3	12
104	<i>Electrical Work</i>	99FS-10 days	14	2,8	11,2
105	<i>Miscellaneous Work</i>	98	14	2,8	11,2
106	<i>Landscape Work</i>	105	22	4,4	17,6
107	Pengadaan Barang dan Material		509		223,5
108	Fabrikasi		502		212,3
109	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	9	90	18	72
110	Trafo PS	14	120	24	96
111	NGR	22	120	24	96
112	NCT 150 kV	22	120	24	96
113	RCP dan MK	16	130	26	104
114	<i>Cubicle 20 kV</i>	17	200	40	160
115	<i>Conductor</i>	20	160	32	128
116	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	21	160	32	128
117	GSW	20	160	32	128
118	<i>Cable XLPE 20 kV</i>	21	160	32	128
119	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	18	160	32	128
120	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	18	160	32	128
121	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	23	160	32	128
122	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	24	160	32	128
123	<i>Digital Teleprotection dan MUX</i>	25	160	32	128
124	SAS	26	130	26	104
125	DFR	27	130	26	104
126	<i>Deliver On Site</i>		434,38		149,9
127	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	109	7	1,4	5,6
128	<i>HV Equipment by PLN</i>	127FF	30	6	24
129	Trafo PS	110	14	2,8	11,2
130	NGR	111	14	2,8	11,2

Tabel 4. 13 Perhitungan Buffer Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
131	NCT 150 kV	112	14	2,8	11,2
132	RCP dan MK	113	14	2,8	11,2
133	Cubicle 20 kV	114	7	1,4	5,6
134	Conductor	115	14	2,8	11,2
135	LV Power dan Multicore Cable Control	116	14	2,8	11,2
136	GSW	117	14	2,8	11,2
137	Cable XLPE 20 kV	118	14	2,8	11,2
138	Insulator Tension dan Suspension	119	14	2,8	11,2
139	Fitting, Connector dan Clamp	120	14	2,8	11,2
140	Battery, Charger dan UPS	121	14	2,8	11,2
141	LV AC/ DC Switchfuse Board	122	14	2,8	11,2
142	Digital Teleprotection dan Cubicle dan MUX	123	14	2,8	11,2
143	Sistem Grounding dan Perlengkapannya	117	14	2,8	11,2
144	SAS	124	14	2,8	11,2
145	DFR	125	14	2,8	11,2
146	Pekerjaan Electromekanikal		453,25		169,6
147	Pemasangan Material		423,25		145,6
148	Steel Structure	127;46	21	4,2	16,8
149	150 kV - 4 T/L BAY		119		95,4
150	CB	49;128	11,63	2,326	9,3
151	DS	47;150;128	5,38	1,076	4,3
152	DS-E	128;47	5	1	4
153	CT	50;152;128	5	1	4
154	CVT	153;51;128	5	1	4
155	LA	52;154;128	3,88	0,776	3,1
156	Outdoor MK	132;53	4	0,8	3,2
157	Conductor	148;134	10	2	8
158	Tension Insulator	157SS;138	7	1,4	5,6
159	Suspension Insulator	157SS;138	7	1,4	5,6

Tabel 4. 13 Perhitungan Buffer Proyek

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
160	Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya	155;139;143	7	1,4	5,6
161	GSW	136;160	10	2	8
162	RCP Line Bay	132;78;163	7	1,4	5,6
163	LV Power dan Multicore Cable Control	156;135	30	6	24
164	Main Busbar		111		14,6
165	CVT Bus	154;128	2	0,4	1,6
166	Conductor	157;134	7	1,4	5,6
167	150 kV Coupler Bay		263,13		75,5
168	CB	150;128;164	3	0,6	2,4
169	DS	128	4	0,8	3,2
170	CT	128;153	2	0,4	1,6
171	Outdoor MK	156;132	1	0,2	0,8
172	Conductor	166;134	3	0,6	2,4
173	LV Power dan Multicore Cable Control	171;135	14	2,8	11,2
174	RCP	162;132	2	0,4	1,6
175	150 kV - Trafo Bay		264,13		79,6
176	CB	168;128	6	1,2	4,8
177	DS	169;128	6,13	1,226	4,9
178	CT	170;128	3	0,6	2,4
179	LA	178;128	3	0,6	2,4
180	Outdoor MK	171;132	1	0,2	0,8
181	Conductor dan GSW	172;134;136	2	0,4	1,6
182	Connector dan Clamp	181;139	3	0,6	2,4
183	LV Power dan Multicore Cable Control	180;135	14	2,8	11,2
184	RCP	174;132	1	0,2	0,8
185	Trafo PS	129	12	2,4	9,6
186	150/20 kV Power Transformers dan Auxiliaries		21		16,4
187	NGR 20 kV lengkap NCT	179FS+30 days;130;131;54	18	3,6	14,4

Tabel 4. 13 Perhitungan *Buffer* Proyek

No.	Aktivitas	<i>Predecessors</i>	Durasi CPM (hari)	Durasi 20% (hari)	Durasi CCPM (hari)
188	XLPE 20 kV <i>Power Cable</i>	187;137	3	0,6	2
189	20 kV SWITCHGEARS dan AUXILIARY TRANSFORMER		15		12
190	<i>Cubicle 20 kV</i>	133;55	15	3	12
191	150 kV dan 20 kV Substation Auxiliaries Equipment		20		16
192	<i>Battery 110 V DC dan Charger</i>	190;140	5	1	4
193	<i>Battery 48 V DC dan Charger</i>	192;140	5	1	4
194	UPS	193;140	3	0,6	2,4
195	LV AC/ DC <i>Switchfuse Board</i>	194;141	7	1,4	5,6
196	Peralatan Automation System		30		24
197	<i>Substation Automation Software dan Hardware</i>	195;144	30	6	24
198	Telecommunication Equipment		14		11,2
199	<i>Digital Teleprotection Equipment</i>	149;142	14	2,8	11,2
200	Energy Meter Panel dan Fault Recorder		10		8
201	DFR dan <i>Energy Meter</i>	191;145	10	2	8
202	Testing dan Comissioning		30		24
203	<i>Individual Test</i>	147	15	3	12
204	<i>Comissioning</i>	203	15	3	12
205	Energized	204	3	0,6	2,4

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Pada Tabel 4.12 didapatkan durasi pengerjaan proyek setelah dilakukan eliminasi *buffer* waktu pada seluruh aktivitas adalah selama 542,3 hari kalender. Selain itu

juga dilakukan perubahan *task dependency relationship* pada setiap aktivitas sesuai dengan hubungan antar aktivitas yang berlaku pada penjadwalan CCPM, yaitu *finish-to-start* dan ditambahkan *resource constraint* untuk mengatasi permasalahan konflik tenaga kerja. Kelebihan alokasi tenaga kerja akan dibahas pada subbab selanjutnya.

4.3.2 Mengeliminasi *Multitasking* pada Penjadwalan

Setelah mengurangi durasi setiap aktivitas proyek, langkah selanjutnya pada penjadwalan CCPM adalah menghilangkan konflik tenaga kerja. Hal ini mengindikasikan bahwa tenaga kerja tersebut melakukan *multitasking* atau mengerjakan dua atau lebih aktivitas pada satu waktu yang bersamaan. Status alokasi setiap posisi tenaga kerja ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 14 Resource Sheet Penjadwalan CCPM

No.	Posisi	Overalokasi Tenaga Kerja	Jumlah (Maks. orang)
1	Administrasi dan Logistik	Tidak	1
2	<i>Engineering</i> Elektromekanikal	Tidak	1
3	<i>Engineering</i> Sipil	Tidak	1
4	<i>Foreman</i> Subkontraktor A	Tidak	1
5	<i>Foreman</i> Subkontraktor B	Tidak	1
6	<i>Foreman</i> Subkontraktor C	Tidak	1
7	<i>Foreman</i> Subkontraktor D	Tidak	1
8	<i>Foreman</i> Subkontraktor E	Tidak	1
9	<i>Helper Operator</i>	Tidak	3
10	K3L dan <i>Safety</i>	Tidak	1
11	Operator	Tidak	4
12	Pelaksana Elektromekanikal	Tidak	1
13	Pelaksana Sipil	Tidak	1
14	<i>Site Manager</i>	Tidak	1
15	Pekerja Subkontraktor A1	Tidak	5
16	Pekerja Subkontraktor A2	Tidak	5
17	Pekerja Subkontraktor A3	Ya	5
18	Pekerja Subkontraktor A4	Tidak	5
19	Pekerja Subkontraktor A5	Ya	5
20	Pekerja Subkontraktor B1	Tidak	5
21	Pekerja Subkontraktor B2	Ya	5
22	Pekerja Subkontraktor B3	Tidak	5
23	Pekerja Subkontraktor B4	Ya	5
24	Pekerja Subkontraktor B5	Ya	5

Tabel 4. 13 Resource Sheet Penjadwalan CCPM (lanjutan)

No.	Posisi	Overalokasi Tenaga Kerja	Jumlah (Maks. orang)
25	Pekerja Subkontraktor B6	Ya	5
26	Pekerja Subkontraktor B7	Tidak	5
27	Pekerja Subkontraktor B8	Ya	5
28	Pekerja Subkontraktor C1	Tidak	8
29	Pekerja Subkontraktor C2	Tidak	7
30	Pekerja Subkontraktor D1	Tidak	5
31	Pekerja Subkontraktor D2	Ya	5
32	Pekerja Subkontraktor D3	Ya	5
33	Pekerja Subkontraktor D4	Tidak	5
34	Pekerja Subkontraktor E1	Ya	3
35	Pekerja Subkontraktor E2	Ya	3
36	Pekerja Subkontraktor E3	Ya	3
37	Pekerja Subkontraktor E4	Ya	3
38	Pekerja Subkontraktor E5	Ya	3
39	Pekerja Subkontraktor F1	Tidak	12
Jumlah Tenaga Kerja (orang)			146

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan Tabel 4.13 diketahui bahwa terdapat 14 posisi tenaga kerja yang *multitasking*, antara lain Pekerja Subkontraktor A3, Pekerja Subkontraktor A5, Pekerja Subkontraktor B2, Pekerja Subkontraktor B4, Pekerja Subkontraktor B5, Pekerja Subkontraktor B6, Pekerja Subkontraktor B8, Pekerja Subkontraktor D2, Pekerja Subkontraktor D3, Pekerja Subkontraktor E1, Pekerja Subkontraktor E2, Pekerja Subkontraktor E3, Pekerja Subkontraktor E3, Pekerja Subkontraktor E4, dan Pekerja Subkontraktor E5. Untuk mengatasi hal tersebut, maka ditambahkan *resource constraint* pada setiap aktivitas yang mengalami *overallocated* tenaga kerja tanpa mengubah jumlah tenaga kerja dikarenakan PT. Hasta Karya Perdana sebagai kontraktor utama telah menetapkan jumlah tenaga kerja tersebut sebagai acuan dalam kontrak pekerjaan yang disepakati oleh kontraktor utama dengan subkontraktor dalam pengerjaan proyek. Penambahan *resource constraint* pada aktivitas yang mengalami konflik tenaga kerja ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 15 Penambahan *Resource Constraint* pada Penjadwalan CCPM

No.	Aktivitas	Predecessors CPM	Predecessors CCPM	Tenaga Kerja (jumlah orang)
33	Papan Nama	31SS	31FS-4,8 days ;67	Pekerja Subkontraktor A2 (1)
45	<i>Post for Gantry</i> 13 mtr	43SS+15 days	43FS-53 days ;63	Pekerja Subkontraktor A3(5)
47	Pondasi DS dan DSE	43	43;36	Pekerja Subkontraktor A2(5)
49	Pondasi CB	32;78	32;93	Pekerja Subkontraktor B2(5)
53	Pondasi MK	49	49;51	Pekerja Subkontraktor B8(5)
59	<i>Cable Duct Type. Large</i>	37;8	37;8;44	Pekerja Subkontraktor A5(5)
64	Box Kontrol (Drainase)	63;62	63;62	Foreman Subkon A[15];Pekerja Subkontraktor A5(5)
89	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type II</i>	79FS+50%	79FS+50%;81	Pekerja Subkontraktor B6(5)
92	<i>Fire Fighting Equipment</i>	85	85;88	Pekerja Subkontraktor B5(5)
95	<i>Earthworks</i>	78	93	Pekerja Subkontraktor D1(5)
101	<i>Painting Work</i>	100	100;104	Pekerja Subkontraktor D3(5)
104	<i>Electrical Work</i>	99FS-10 days	99FS-10 ;100	Pekerja Subkontraktor D3(5)
105	<i>Miscellaneous Work</i>	98	104;103	Pekerja Subkontraktor D2(5)
156	<i>Outdoor MK</i>	132;53	132;53;153	Pekerja Subkontraktor E1(5)
160	<i>Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya</i>	155;139;143	155;139;143; 157	Pekerja Subkontraktor E2(2);Pekerja Subkontraktor E1(3)
162	<i>RCP Line Bay</i>	132;78;163	132;159;163; 93	Pekerja Subkontraktor E4(3)
165	<i>CVT Bus</i>	154;128	154;128;158	Pekerja Subkontraktor E3(2)

Tabel 4. 14 Penambahan Resource Constraint pada Penjadwalan CCPM (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors CPM	Predecessors CCPM	Tenaga Kerja (jumlah orang)
166	<i>Conductor</i>	157;134	157;134;162;195	Pekerja Subkontraktor E4(2)
168	CB	150;128;164	150;128;158;165	Operator(1); Pekerja Subkontraktor E3(2)
169	DS	128	152;128;188	Pekerja Subkontraktor E2(2)
170	CT	128;153	153;128;161	Pekerja Subkontraktor E1(2);Operator(1)
171	<i>Outdoor MK</i>	156;132	156;132;160	Pekerja Subkontraktor E1(2)
172	<i>Conductor</i>	166;134	166;134;163	Pekerja Subkontraktor E5(3)
173	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	171;135	171;135;161	Pekerja Subkontraktor E1(2)
174	RCP	162;132	162;132;195	Pekerja Subkontraktor E5(3);Pekerja Subkontraktor E2(2)
177	DS	169;128	169;128;176	Pekerja Subkontraktor E3(3)
179	LA	178;128	178;128;183	Pekerja Subkontraktor E2(3)
183	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	180;135	180;135;160	Pekerja Subkontraktor E1(1);Pekerja Subkontraktor E2(1)
184	RCP	174;132	174;132;182	Pekerja Subkontraktor E5(2);Pekerja Subkontraktor E2(3)
185	Trafo PS	129	129;183FS+42 days ;184	Pekerja Subkontraktor E4(3);Pekerja Subkontraktor E5(3)
187	NGR 20 kV lengkap NCT	179FS+30 days;130;131;54	179FS+30 days ;130;131;54; 174FS+1 days	Pekerja Subkontraktor E2(3)

Tabel 4. 14 Penambahan Resource Constraint pada Penjadwalan CCPM (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors CPM	Predecessors CCPM	Tenaga Kerja (jumlah orang)
188	XLPE 20 kV <i>Power Cable</i>	187;137	183;187;137;174	Pekerja Subkontraktor E2(3)
190	<i>Cubicle</i> 20 kV	133;55	133;55;162;163	Pekerja Subkontraktor E5(3);Pekerja Subkontraktor E4(2)
192	<i>Battery</i> 110 V DC dan <i>Charger</i>	190;140	190;140;179	Pekerja Subkontraktor E2(2);Pekerja Subkontraktor E4(2)
193	<i>Battery</i> 48 V DC dan <i>Charger</i>	192;140	192;140;162	Pekerja Subkontraktor E4(2);Pekerja Subkontraktor E2(2)
197	<i>Substation Automation Software</i> dan <i>Hardware</i>	195;144	195;144;184;185	Pekerja Subkontraktor E5(2);Pekerja Subkontraktor E4(2)
199	<i>Digital Teleprotection Equipment</i>	149;142	142;173;158	Pekerja Subkontraktor E1(2)
201	DFR dan <i>Energy Meter</i>	191;145	145;177;165;195	Pekerja Subkontraktor E3(2);Pekerja Subkontraktor E2(3)
203	<i>Individual Test</i>	147	201;197	Pekerja Subkontraktor F1(12);Pekerja Subkontraktor E2(3)

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.3.3 Identifikasi Critical Chain

Critical chain merupakan rangkaian aktivitas yang memuat hubungan keterkaitan (*task dependency relationship*) dan batasan ketersediaan sumber daya (*resource constraint*). Identifikasi *critical chain* dilakukan dengan penerapan metode diagram pendahulu untuk mendapatkan nilai ES (*Early Start*) dan EF (*Early Finish*) dari perhitungan maju kemudian mendapatkan nilai LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*) dari perhitungan mundur. *Critical chain* merupakan aktivitas

yang memiliki *total float* = 0. *Critical chain* dari penjadwalan CCPM proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 16 Critical Chain Penjadwalan CCPM

No.	Aktivitas	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	TF
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>		9,6	0	9,67	7	0	9,6	0
13	<i>HV Equipment by Owner</i>		0,8	0	0,8	7	0	0,8	0
						128	0	0,8	0
7	Pondasi	13	11,2	23,5	34,7	9FS-11,2 days	23,5	34,7	0
9	<i>Steel Structure dan Post for Gantry</i>	7FS-11,2 days	16,8	102,1	118,9	109	102,2	119,0	0
109	<i>Steel Structure, Post, dan Beam</i>	9	72	297,4	369,4	127	297,4	369,4	0
127	<i>Steel Structure, Post, dan Beam</i>	109	5,6	369,4	374	128FS-24 days	369,4	374	0
128	<i>HV Equipment by Owner</i>	127FS-24 days	24	350	374	154	350	374	0
154	CVT	128	4	421,9	425,9	165	421,9	425,9	0
165	CVT Bus	154	1,6	490,9	492,5	201	490,9	492,5	0
201	DFR dan <i>Energy Meter</i>	165	8	516,7	524,7	203	516,7	524,7	0
203	<i>Individual Test</i>	201	12,0	524,7	536,7	204	524,7	536,7	0
204	<i>Comissioning</i>	203	12,0	536,7	548,7	205	536,7	548,7	0
205	<i>Energized</i>	204	2,4	548,7	551,1		548,7	551,1	0

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.3.4 Menentukan Buffer pada Penjadwalan

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis *buffer* dalam metode CCPM yang digunakan, antara lain *feeding buffer* yang diletakkan pada *non-critical chain* yang terhubung dengan *critical chain* dan *project buffer* yang diletakkan pada akhir proyek setelah aktivitas terakhir dalam *critical chain*. Penempatan *feeding buffer* bertujuan untuk melindungi *critical chain* dari keterlambatan aktivitas *non-critical chain*. Sedangkan penempatan *project buffer* bertujuan untuk waktu penyelesaian akhir proyek dari ketidakpastian di dalam aktivitas *critical chain*.

4.3.4.1 Perhitungan Feeding Buffer

Perhitungan *feeding buffer* ditunjukkan pada Tabel 4.16 sampai dengan 4.22.

Tabel 4. 17 Perhitungan Feeding Buffer 1

<i>Critical Task No.</i>		154				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-8-1-32-51				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1,0	0,2	0,8	0,2	0,04
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12,0	2,4	9,6	2,4	5,76
7	<i>Pondasi</i>	14,0	2,8	11,2	2,8	7,84
8	<i>Cable Duct</i>	90,0	18,0	72,0	18,0	324,00
31	<i>Persiapan</i>	6,0	1,2	4,8	1,2	1,44
32	<i>Pematangan Tanah</i>	70,0	14,0	56,0	14,0	196,00
51	<i>Pondasi CVT</i>	40,0	8,0	32,0	8,0	64,00
Total (hari)						599,08
Feeding Buffer (hari)						24,48

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4. 18 Perhitungan Feeding Buffer 2

<i>Critical Task No.</i>		154				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-150-151-152-153				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1,0	0,2	0,8	0,2	0,01

Tabel 4. 17 Perhitungan Feeding Buffer 2 (lanjutan)

Critical Task No.		154				
Non-critical chain		13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-150-151-152-153				
Task No.	Aktivitas	Durasi CPM (Ui)	Durasi 20%	Durasi CCPM (Li)	(Ui-Li)	(Ui-Li)^2
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12,0	2,4	9,6	2,4	1,4
7	Pondasi	14,0	2,8	11,2	2,8	2,0
8	<i>Cable Duct</i>	90	18	72	18	324
31	Persiapan	6	1,2	4,8	1,2	1,44
32	Pematangan tanah	70	14	56	14	196
10	<i>Control Building</i>	7	1,4	5,6	1,4	1,96
79	<i>Concrete Reinforcement</i>	90	18	72	18	324
80	<i>Roof dan Ceiling</i>	60	12	48	12	144
81	<i>Doors dan Windows Work</i>	40	8	32	8	64
84	<i>Metal Works</i>	30	6	24	6	36
85	<i>Painting Works</i>	21	4,2	16,8	4,2	17,64
93	<i>Sundries</i>	7	1,4	5,6	1,4	1,96
49	Pondasi CB	40	8	32	8	64
150	CB	11,63	2,33	9,30	1,16	1,35
151	DS	5,38	1,08	4,30	0,54	0,29
152	DS-E	5	1	4	0,5	0,25
153	CT	5	1	4	0,5	0,25
Total (hari)						1197,21
Feeding Buffer (hari)						34,6

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4. 19 Perhitungan Feeding Buffer 3

Critical Task No.		165				
Non-critical chain		13-18-119-138-158				
Task No.	Aktivitas	Durasi CPM (Ui)	Durasi 20%	Durasi CCPM (Li)	(Ui-Li)	(Ui-Li)^2
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1,0	0,2	0,8	0,1	0,01
18	Insulator	30	6	24	3	9
119	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	160	32	128	16	256

Tabel 4. 20 Perhitungan *Feeding Buffer 3*

<i>Critical Task No.</i>		165				
<i>Non-critical chain</i>		13-18-119-138-158				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
138	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	14,0	2,8	11,2	1,4	1,96
158	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	7,0	1,4	5,6	0,7	0,49
Total (hari)						267,5
<i>Feeding Buffer (hari)</i>						32,71

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4. 21 Perhitungan *Feeding Buffer 4*

<i>Critical Task No.</i>		201				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-15-22-23-121-140-192-193-194-195				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1,0	0,2	0,8	2,4	5,8
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12,0	2,4	9,6	0,2	0,04
7	<i>Pondasi</i>	14,0	2,8	11,2	2,8	7,8
15	<i>SLD</i>	21,0	4,2	16,8	4,2	17,6
22	<i>NGR dan NCT</i>	42	8,4	33,6	8,4	70,6
23	<i>Battery, Charger, dan UPS</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,8
121	<i>Battery, Charger, dan UPS</i>	160	32	128	32	1024
140	<i>Battery, Charger, dan UPS</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,8
192	<i>Battery 110 V DC dan Charger</i>	5,0	1,0	4,0	1	1
193	<i>Battery 48 V DC dan Charger</i>	5,0	1,0	4,0	1	1
194	<i>UPS</i>	3,0	0,6	2,4	0,6	0,36
195	<i>LV AC/DC Switchfuse Board</i>	7,0	1,4	5,6	1,4	1,96
Total (hari)						1143,9
<i>Feeding Buffer (hari)</i>						33,82

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4. 22 Perhitungan *Feeding Buffer* 5

<i>Critical Task No.</i>		201				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-8-31-32-43-47-151-152-169-177				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1,0	0,2	0,8	0,1	0,01
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12,0	2,4	9,6	1,2	1,4
7	<i>Pondasi</i>	14,0	2,8	11,2	1,4	2,0
8	<i>Cable Duct</i>	21,0	4,2	16,8	2,1	4,4
31	<i>Persiapan</i>	104,0	12,0	48,0	6,0	36,0
32	<i>Pematangan tanah</i>	14,0	2,8	11,2	1,4	2,0
10	<i>Control Building</i>	7	1	6	1,4	1,96
79	<i>Concrete Reinforcement</i>	90	18	72	18	324
80	<i>Roof dan Ceiling</i>	60	12	48	12	144
81	<i>Doors dan Windows Work</i>	40	8	32	8	64
84	<i>Metal Works</i>	30	6	24	6	36
85	<i>Painting Works</i>	21	4,2	16,8	4,2	17,64
93	<i>Sundries</i>	7	1,4	5,6	1,4	1,96
49	<i>Pondasi CB</i>	40	8	32	8	64
53	<i>Pondasi MK</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,84
156	<i>Outdoor MK</i>	4	0,8	3,2	0,8	0,64
163	<i>LV Power dan Multicore Control Cable</i>	30	6	24	6	36
162	<i>RCP</i>	7	1,4	5,6	1,4	1,96
174	<i>RCP</i>	2	0,4	1,6	0,4	0,16
183	<i>RCP</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,84
188	<i>XLPE 20 kV Power Cable</i>	3	0,6	2,4	0,6	0,36
169	<i>DS</i>	4,0	0,8	3,2	0,4	0,2
177	<i>DS</i>	6,13	1,23	4,90	0,61	0,38
Total (hari)						72,9
Feeding Buffer (hari)						17,07

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4. 23 Perhitungan *Feeding Buffer* 6

<i>Critical Task No.</i>		201				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-15-27-125-145				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)²</i>
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1	0,2	0,8	0,2	0,04
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12	2,4	9,6	2,4	5,76
7	<i>Pondasi</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,84
15	<i>SLD</i>	21	4,2	16,8	4,2	17,64
27	<i>DFR</i>	21	4,2	16,8	4,2	17,64
125	<i>DFR</i>	130	26	104	26	676
145	<i>DFR</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,84
Total (hari)						732,7
<i>Feeding Buffer (hari)</i>						27,07

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Tabel 4. 24 Perhitungan *Feeding Buffer* 7

<i>Critical Task No.</i>		203				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-53-156-171-180-183-185-197				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)²</i>
13	<i>V Equipment by Owner</i>	1,0	0,2	0,8	0,1	0,01
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12,0	2,4	9,6	1,2	1,4
7	<i>Pondasi</i>	14,0	2,8	11,2	1,4	2,0
8	<i>Cable Duct</i>	90	18	72	18	324
10	<i>Control Building</i>	7	1	6	1	2
31	<i>Persiapan</i>	6	1,2	4,8	1,2	1,4
32	<i>Pematangan tanah</i>	70	14	56	14	196
79	<i>Concrete Reinforcement</i>	90	18	72	18	324
80	<i>Roof dan Ceiling</i>	60	12	48	12	144
81	<i>Doors dan Windows Work</i>	40	8	32	8	64
84	<i>Metal Works</i>	30	6	24	6	36
85	<i>Painting Works</i>	21	4,2	16,8	4,2	17,6
93	<i>Sundries</i>	7	1,4	5,6	1,4	1,96
49	<i>Pondasi CB</i>	40	8	32	8	64
53	<i>Pondasi MK</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,84

Tabel 4. 22 Perhitungan Feeding Buffer 7 (lanjutan)

<i>Critical Task No.</i>		203				
<i>Non-critical chain</i>		13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-53-156-171-180-183-185-197				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
156	<i>Outdoor MK</i>	4	0,8	3,2	0,8	0,6
171	<i>Outdoor MK</i>	1	0,2	0,8	0,2	0,04
180	<i>Outdoor MK</i>	1	0,2	0,8	0,2	0,04
183	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	14	2,8	11,2	2,8	7,8
185	<i>RCP</i>	12	2	10	2	6
197	<i>Substation Automation Hardware dan Software</i>	30	6	24	6	36
Total (hari)						1246,8
Feeding Buffer (hari)						35,4

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Dari hasil perhitungan *feeding buffer* pada Tabel 4.16 sampai dengan 4.22 maka dapat dirangkum pada Tabel 4.23 sebagai berikut.

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Perhitungan Feeding Buffer

<i>No.</i>	<i>Critical Task No.</i>	<i>Kode</i>	<i>Non-critical chain</i>	<i>Durasi Feeding Buffer (Hari)</i>
1	154	<i>FeedingBuffer-1</i>	13-5-7-8-31-32-51	24,5
2	154	<i>Feeding Buffer-2</i>	13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-150-151-152-153	34,7
3	165	<i>Feeding Buffer-3</i>	13-5-7-20-115-134-157-158	32,8
4	201	<i>Feeding Buffer-4</i>	13-5-7-15-22-23-121-140-192-193-194-195	33,9
5	201	<i>Feeding Buffer-5</i>	13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-53-156-163-162-174-183-169-177	35,3
6	201	<i>Feeding Buffer-6</i>	13-5-7-15-27-125-145	27,1
7	203	<i>Feeding Buffer-7</i>	13-5-7-8-31-32-10-79-80-81-84-85-93-49-53-156-171-180-183-185-197	35,4
Total durasi feeding buffer (hari)				223,7

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.3.4.2 Perhitungan Project Buffer

Pada Tabel 4.24 merupakan perhitungan *project buffer* dengan persamaan 2.6.

Tabel 4. 26 Perhitungan Project Buffer

<i>Critical chain</i>		13-5-7-9-109-127-128-154-165-201-203-204-205				
<i>Task No.</i>	<i>Aktivitas</i>	<i>Durasi CPM (Ui)</i>	<i>Durasi 20%</i>	<i>Durasi CCPM (Li)</i>	<i>(Ui-Li)</i>	<i>(Ui-Li)^2</i>
13	<i>HV Equipment by Owner</i>	1	0,2	0,8	0,2	0,04
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>	12,0	2,4	9,6	2,4	5,76
7	<i>Pondasi</i>	14	3	11	2,8	7,84
9	<i>Steel Structure dan Post for Gantry</i>	21	4	17	4,2	17,64
109	<i>Steel Structure Post, dan Beam</i>	90	18	72	18	324
127	<i>Steel Structure Post, dan Beam</i>	7,0	1,4	5,6	1,4	1,96
128	<i>HV Equipment by Owner</i>	30	6	24	6,0	36
154	<i>CVT</i>	5	1	4	1	1
165	<i>CVT Bus</i>	2	0,4	1,6	0,4	0,16
201	<i>DFR dan Energy Meter</i>	10	2	8	2,0	4
203	<i>Individual Test</i>	15	3	12	3	9
204	<i>Comissioning</i>	15	3	12	3	9
205	<i>Energized</i>	3	0,6	2,4	0,6	0,36
Total (hari)						416,7
Project Buffer (hari)						20,5

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.24 didapatkan nilai *project buffer* sebesar 20,5 hari. Sehingga total durasi *buffer* yang dimasukkan ke dalam penjadwalan CCPM adalah sebesar 244,2 hari.

4.3.5 Penjadwalan Ulang dengan Buffer

Setelah ditambahkan *buffer*, selanjutnya dilakukan penjadwalan ulang dengan mengubah urutan pengerjaan aktivitas untuk menghindari terjadinya

konflik tenaga kerja. Berikut merupakan status alokasi tenaga kerja pada penjadwalan CCPM dengan *buffer* yang ditunjukkan dalam Tabel 4.25.

Tabel 4. 27 Status Alokasi Penjadwalan CCPM dengan *buffer*

No.	Posisi	Overalokasi Tenaga Kerja	Jumlah (Maks. orang)
1	Administrasi dan Logistik	Tidak	1
2	<i>Engineering</i> Elektromekanikal	Tidak	1
3	<i>Engineering</i> Sipil	Tidak	1
4	<i>Foreman</i> Subkontraktor A	Tidak	1
5	<i>Foreman</i> Subkontraktor B	Tidak	1
6	<i>Foreman</i> Subkontraktor C	Tidak	1
7	<i>Foreman</i> Subkontraktor D	Tidak	1
8	<i>Foreman</i> Subkontraktor E	Tidak	1
9	<i>Helper Operator</i>	Tidak	3
10	K3L dan <i>Safety</i>	Tidak	1
11	Operator	Tidak	4
12	Pelaksana Elektromekanikal	Tidak	1
13	Pelaksana Sipil	Tidak	1
14	<i>Site Manager</i>	Tidak	1
15	Pekerja Subkontraktor A1	Tidak	5
16	Pekerja Subkontraktor A2	Tidak	5
17	Pekerja Subkontraktor A3	Tidak	5
18	Pekerja Subkontraktor A4	Tidak	5
19	Pekerja Subkontraktor A5	Tidak	5
20	Pekerja Subkontraktor B1	Ya	5
21	Pekerja Subkontraktor B2	Ya	5
22	Pekerja Subkontraktor B3	Tidak	5
23	Pekerja Subkontraktor B4	Tidak	5
24	Pekerja Subkontraktor B5	Tidak	5
25	Pekerja Subkontraktor B6	Tidak	5
26	Pekerja Subkontraktor B7	Tidak	5
27	Pekerja Subkontraktor B8	Tidak	5
28	Pekerja Subkontraktor C1	Tidak	8
29	Pekerja Subkontraktor C2	Tidak	7
30	Pekerja Subkontraktor D1	Tidak	5
31	Pekerja Subkontraktor D2	Tidak	5
32	Pekerja Subkontraktor D3	Tidak	5
33	Pekerja Subkontraktor D4	Tidak	5
34	Pekerja Subkontraktor E1	Tidak	3

Tabel 4. 25 Status Alokasi Penjadwalan CCPM dengan buffer (lanjutan)

No.	Posisi	Overalokasi Tenaga Kerja	Jumlah (Maks. orang)
35	Pekerja Subkontraktor E2	Tidak	3
36	Pekerja Subkontraktor E3	Tidak	3
37	Pekerja Subkontraktor E4	Tidak	3
38	Pekerja Subkontraktor E5	Tidak	3
39	Pekerja Subkontraktor F1	Tidak	12

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan tabel 4.26, diketahui bahwa terdapat dua posisi tenaga kerja yang *multitasking*, antara lain Pekerja Subkontraktor B1 dan Pekerja Subkontraktor B2. Tabel 4.26 menunjukkan aktivitas proyek yang mengalami konflik tenaga kerja pada penjadwalan CCPM dengan *buffer*.

Tabel 4. 28 Konflik Tenaga Kerja pada Aktivitas Proyek Penjadwalan CCPM dengan Buffer

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date	Tenaga Kerja (Jumlah orang)
49	Pondasi CB	32;93	32	11 Juli 2019	13 Agustus 2019	Pekerja Subkontraktor B2(5)
50	Pondasi CT	32	32	29 Juli 2019	31 Agustus 2019	Pekerja Subkontraktor B1(5)
86	<i>Instalation Electrical Mechanical</i>	79FS-57days	24	24 Juni 2019	18 Juli 2019	Pekerja Subkontraktor B2(5)
87	<i>Lightning Protections</i>	80FS-5days; 86	11,2	18 Juli 2019	30 Juli 2019	Pekerja Subkontraktor B2(5)
91	Pondasi Trafo PS	79	24	05 Juli 2019	30 Juli 2019	Pekerja Subkontraktor B1(5)

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Selanjutnya dilakukan penyesuaian *resource constraint* pada aktivitas proyek yang ditunjukkan pada Tabel 4.27 untuk menghindari konflik tenaga kerja.

Tabel 4. 29 Penyesuaian Resource Constraint Penjadwalan CCPM dengan buffer

No.	Aktivitas	Predecessors CCPM dengan buffer		Tenaga Kerja (jumlah orang)
		Awal	Penyesuaian	
49	Pondasi CB	32;93	32;87	Pekerja Subkontraktor B2(5)
50	Pondasi CT	32	32;91	Pekerja Subkontraktor B1(5)
86	<i>Instalation Electrical Mechanical</i>	79FS-57 days	79FS-57 days	Pekerja Subkontraktor B2(5)
87	<i>Lightning Protections</i>	80FS-5 days;86	80FS-5 days;86	Pekerja Subkontraktor B2(5)
91	Pondasi Trafo PS	79	79	Pekerja Subkontraktor B1(5)

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan Tabel 4.27, terdapat dua aktivitas yang disesuaikan *resource constraint*-nya yaitu pondasi CB dan pondasi CT. Berikut merupakan penjadwalan ulang CCPM dengan *buffer*. Tabel 4.28 menunjukkan hasilkan penjadwalan ulang CCPM dengan *buffer*.

Tabel 4. 30 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
1	GI 150 KV ARJASA		601,05	10 Agustus 2018	13 April 2020
2	Desain Engineering		436	10 Agustus 2018	27 Oktober 2019
3	Civil Engineering dan Approval		117,15	10 Agustus 2018	07 Desember 2018
4	<i>Soil Investigation</i>		9,6	10 Agustus 2018	19 Agustus 2018
5	<i>Sondir dan Soil Report</i>		9,6	10 Agustus 2018	19 Agustus 2018

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
6	Gambar dan Perhitungan		91,05	05 September 2018	07 Desember 2018
7	Pondasi	5;13	11,2	05 September 2018	17 September 2018
8	<i>Cable Duct</i>	7FS-11,2 days;5	72	25 September 2018	07 Desember 2018
9	<i>Steel Structure dan Post for Gantry</i>	7FS-11,2 days;5	16,8	20 November 2018	07 Desember 2018
10	<i>Control Building</i>	7	5,6	01 Desember 2018	07 Desember 2018
11	<i>Electromechanical Engineering dan Approval</i>		436	10 Agustus 2018	27 Oktober 2019
12	<i>Technical Drawing</i>		436	10 Agustus 2018	27 Oktober 2019
13	<i>HV Equipment by Owner</i>		0,8	10 Agustus 2018	10 Agustus 2018
14	Trafo PS	7FS-11,2 days	24	05 Agustus 2019	30 Agustus 2019
15	SLD	7FS-11,2 days	16,8	05 September 2018	22 September 2018
16	RCP	15	22,4	30 April 2019	23 Mei 2019
17	<i>Cubicle 20 kV</i>	15	236	22 September 2018	21 Mei 2019
18	<i>Insulator</i>	13	24	12 Mei 2019	05 Juni 2019
19	<i>Clamp dan Connector</i>	15	11,2	16 Mei 2019	28 Mei 2019
20	<i>Conductor dan GSW</i>	7FS-11,2 days	11,2	08 Mei 2019	19 Mei 2019
21	<i>MV, LV Power dan Control Cable</i>	16FS-22,4 days	16,8	30 April 2019	17 Mei 2019
22	NGR dan NCT	15	33,6	17 Juni 2019	22 Juli 2019
23	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	22FS-33,6 days	11,2	17 Juni 2019	29 Juni 2019
24	<i>AC/DC Power Supply</i>	22FS-33,6 days	11,2	28 Juni 2019	09 Juli 2019
25	<i>Telecommunication System</i>	22FS-33,6 days	11,2	24 Juli 2019	05 Agustus 2019
26	SAS	15	16,8	14 Agustus 2019	31 Agustus 2019
27	DFR	15	16,8	15 Agustus 2019	01 September 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
28	Perhitungan <i>Grounding</i>	16	28,8	28 September 2019	27 Oktober 2019
29	Pekerjaan Sipil		412,3	08 Desember 2018	01 Februari 2020
30	Pekerjaan Prasarana		380,58	08 Desember 2018	01 Februari 2020
31	Persiapan	8	4,8	08 Desember 2018	30 Desember 2019
32	Pematangan Tanah	31	56	08 Desember 2018	13 Desember 2018
33	Papan Nama	31FS-4,8 days ;67	5,6	13 Desember 2018	08 Februari 2019
34	Tiang Bendera	33FS-5,6 days	5,6	25 Desember 2019	30 Desember 2019
35	Pekerjaan Pagar Keliling		225,93	25 Desember 2019	30 Desember 2019
36	Pondasi Pagar	31FS-4,8 days	24	14 Mei 2019	30 Desember 2019
37	Tembok Pagar	36	24	14 Mei 2019	08 Juni 2019
38	Saluran Air	36FS-24 days	17,6	08 Juni 2019	02 Juli 2019
39	Duiker dan Jalan Masuk	32	36	13 Desember 2019	30 Desember 2019
40	Pekerjaan Switchyard		241,93	24 November 2019	30 Desember 2019
41	Pondasi Switchyard		240,93	28 April 2019	30 Desember 2019
42	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor A		124,13	29 April 2019	30 Desember 2019
43	Pondasi Trafo	7;32	68	29 April 2019	03 September 2019
44	<i>Post for Gantry</i> 18 mtr	43FS-53 days	48	29 April 2019	07 Juli 2019
45	<i>Post for Gantry</i> 13 mtr	43FS-53 days ;63	48	16 Juli 2019	03 September 2019
46	<i>Post for Gantry</i> 9 mtr	45;37	24	14 Mei 2019	02 Juli 2019
47	Pondasi DS dan DSE	43;36	40	02 Juli 2019	27 Juli 2019
48	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor B		143,95	13 Juli 2019	22 Agustus 2019
49	Pondasi CB	32;87	32	11 Juli 2019	05 Desember 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
50	Pondasi CT	32;91	32	11 Juli 2019	13 Agustus 2019
51	Pondasi CVT	32	32	29 Juli 2019	31 Agustus 2019
52	Pondasi LA	32	24	13 Agustus 2019	14 September 2019
53	Pondasi MK	49;51	11,2	19 September 2019	13 Oktober 2019
54	Pondasi NGR	53	11,2	22 September 2019	03 Oktober 2019
55	<i>Support 20 kV</i>	51	11,2	24 November 2019	05 Desember 2019
56	Pekerjaan Pondasi <i>Switchyard</i> Subkontraktor C		57,6	25 Oktober 2019	05 November 2019
57	<i>Firewall</i>	43FS-53 days	57,6	02 November 2019	30 Desember 2019
58	<i>Cable Duct</i> dan Tutup		116,8	02 November 2019	30 Desember 2019
59	<i>Cable Duct Type. Large</i>	37;8;44	16	03 September 2019	30 Desember 2019
60	<i>Cable Duct Type. Medium</i>	59;8	16	03 September 2019	19 September 2019
61	<i>Cable Duct Type Small</i>	59FS-16 days ;8	24	19 September 2019	05 Oktober 2019
62	<i>Cable Duct Crossing Road</i>	60;8	11,2	06 Desember 2019	30 Desember 2019
63	Penyangga Kable (<i>Cable Tray</i>)	7;32FS+24 days	16	05 Oktober 2019	17 Oktober 2019
64	Box Kontrol (Drainase)	63;62	44,8	28 April 2019	14 Mei 2019
65	<i>Earthing Grid</i>	64;28	12	17 Oktober 2019	01 Desember 2019
66	Hampanan Koral dan Kansteen	65	16,8	01 Desember 2019	13 Desember 2019
67	Pagar <i>Switchyard</i>	62	36,8	13 Desember 2019	30 Desember 2019
68	Pekerjaan Jalan	62	24	17 November 2019	25 Desember 2019
69	Pekerjaan Pos Jaga		29,72	06 Desember 2019	30 Desember 2019
70	Pekerjaan Tanah	106	1,9	02 Januari 2020	01 Februari 2020
71	Pekerjaan Beton dan Pasangan Bata	70	13,4	02 Januari 2020	04 Januari 2020

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
72	Pekerjaan Rangka Atap	71	4,5	04 Januari 2020	17 Januari 2020
73	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Plafon	72	5,6	17 Januari 2020	22 Januari 2020
74	Pekerjaan Sanitair	72FS+50%	6,4	22 Januari 2020	27 Januari 2020
75	Pekerjaan Alat Penggantung dan Pengunci	73FS-80%	3	25 Januari 2020	01 Februari 2020
76	Pekerjaan Pengecatan	75	2,4	23 Januari 2020	26 Januari 2020
77	Pekerjaan Instalasi Listrik	76FS+75%	1,6	26 Januari 2020	28 Januari 2020
78	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV		208,8	30 Januari 2020	01 Februari 2020
79	<i>Concreate Reinforcement</i>	32FS-40 days;10	72	29 Desember 2018	30 Juli 2019
80	<i>Roof dan Ceiling</i>	79	48	29 Desember 2018	12 Maret 2019
81	<i>Doors dan Windows Work</i>	80	32	12 Maret 2019	30 April 2019
82	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	79	36	30 April 2019	02 Juni 2019
83	<i>Floor dan Wall Tiling</i>	82	16,8	06 Juni 2019	13 Juli 2019
84	<i>Metal Works</i>	81FS-30 days	24	13 Juli 2019	30 Juli 2019
85	<i>Painting Work</i>	79FS-15 days ;80FS-15 days ;84	16,8	25 Mei 2019	18 Juni 2019
86	<i>Instalation Electrical Mechanical</i>	79FS-57 days	24	18 Juni 2019	05 Juli 2019
87	<i>Lightning Protections</i>	80FS-5 days ;86	11,2	05 Juni 2019	30 Juni 2019
88	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type I</i>	79FS+50%	40	30 Juni 2019	11 Juli 2019
89	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type II</i>	79FS+50%;81	40	26 Mei 2019	05 Juli 2019
90	<i>Cable Duct Gedung Kontrol Type Crossing</i>	89	16,8	02 Juni 2019	13 Juli 2019
91	Pondasi Trafo PS	79	24	13 Juli 2019	30 Juli 2019
92	<i>Fire Fighting Equipment</i>	85;88	24	05 Juli 2019	29 Juli 2019
93	<i>Sundries</i>	85	5,6	05 Juli 2019	30 Juli 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
94	House Works		108	13 September 2019	01 Januari 2020
95	<i>Earthworks</i>	93	2	13 September 2019	15 September 2019
96	<i>Concrete Reinforcement</i>	95	28	15 September 2019	13 Oktober 2019
97	<i>Roof Work</i>	96	16	13 Oktober 2019	29 Oktober 2019
98	<i>Doors dan Windows Work</i>	97	16	29 Oktober 2019	15 November 2019
99	<i>Floor dan Wall Tiling</i>	98	16	15 November 2019	01 Desember 2019
100	<i>Celling Works</i>	97	12	09 November 2019	21 November 2019
101	<i>Painting Work</i>	100;104	12	19 Desember 2019	01 Januari 2020
102	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	96	8	12 November 2019	20 November 2019
103	<i>Drainage Work</i>	102	12	20 November 2019	02 Desember 2019
104	<i>Electrical Work</i>	99FS-10 ;100	11,2	21 November 2019	02 Desember 2019
105	<i>Miscellaneous Work</i>	104;103	11,2	02 Desember 2019	14 Desember 2019
106	<i>Landscape Work</i>	105	17,6	14 Desember 2019	01 Januari 2020
107	Pengadaan Barang dan Material		228,85	09 Mei 2019	28 Desember 2019
108	Fabrikasi		217,65	09 Mei 2019	16 Desember 2019
109	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	9	72	09 Mei 2019	21 Juli 2019
110	Trafo PS	14	96	30 Agustus 2019	05 Desember 2019
111	NGR	22	96	31 Agustus 2019	06 Desember 2019
112	NCT 150 kV	22	96	31 Agustus 2019	06 Desember 2019
113	RCP dan MK	16	104	08 Juni 2019	22 September 2019
114	<i>Cubicle 20 kV</i>	17	160	21 Mei 2019	31 Oktober 2019
115	<i>Conductor</i>	20	128	19 Mei 2019	27 September 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
116	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	21	128	17 Mei 2019	25 September 2019
117	GSW	20	128	28 Mei 2019	05 Oktober 2019
118	<i>Cable XLPE 20 kV</i>	21	128	08 Agustus 2019	16 Desember 2019
119	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	18	128	05 Juni 2019	13 Oktober 2019
120	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	19	128	28 Mei 2019	05 Oktober 2019
121	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	23	128	29 Juni 2019	06 November 2019
122	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	24	128	09 Juli 2019	17 November 2019
123	<i>Digital Teleprotection dan MUX</i>	25	128	05 Agustus 2019	13 Desember 2019
124	SAS	26	104	31 Agustus 2019	15 Desember 2019
125	DFR	27	104	02 September 2019	16 Desember 2019
126	<i>Deliver On Site</i>		158,45	20 Juli 2019	28 Desember 2019
127	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	109	5,6	21 Juli 2019	27 Juli 2019
128	<i>HV Equipment by PLN</i>	13;127FS-24 days	24	20 Juli 2019	13 Agustus 2019
129	Trafo PS	110	11,2	05 Desember 2019	17 Desember 2019
130	NGR	111	11,2	06 Desember 2019	18 Desember 2019
131	NCT 150 kV	112	11,2	06 Desember 2019	18 Desember 2019
132	RCP dan MK	113	11,2	22 September 2019	03 Oktober 2019
133	<i>Cubicle 20 kV</i>	114	5,6	31 Oktober 2019	05 November 2019
134	<i>Conductor</i>	115	11,2	27 September 2019	08 Oktober 2019
135	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	116	11,2	25 September 2019	06 Oktober 2019
136	GSW	117	11,2	22 Oktober 2019	03 November 2019
137	<i>Cable XLPE 20 kV</i>	118	11,2	16 Desember 2019	28 Desember 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
138	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	119	11,2	14 Oktober 2019	25 Oktober 2019
139	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	120	11,2	05 Oktober 2019	16 Oktober 2019
140	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	121	11,2	06 November 2019	18 November 2019
141	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	122	11,2	17 November 2019	28 November 2019
142	<i>Digital Teleprotection dan Cubicle dan MUX</i>	123	11,2	13 Desember 2019	24 Desember 2019
143	<i>Sistem Grounding dan Perlengkapannya</i>	117	11,2	05 Oktober 2019	16 Oktober 2019
144	SAS	124	11,2	15 Desember 2019	27 Desember 2019
145	DFR	125	11,2	16 Desember 2019	28 Desember 2019
146	Pekerjaan Elektromekanikal		233,2	27 Juli 2019	20 Maret 2020
147	Pemasangan Material		209,2	27 Juli 2019	25 Februari 2020
148	<i>Steel Structure</i>	127;46	16,8	27 Juli 2019	13 Agustus 2019
149	150 kV - 4 T/L BAY		88,58	13 Agustus 2019	11 November 2019
150	CB	49;128;148	9,3	13 Agustus 2019	22 Agustus 2019
151	DS	47;150;128	4,3	22 Agustus 2019	27 Agustus 2019
152	DS-E	128;47;151	4	27 Agustus 2019	31 Agustus 2019
153	CT	50;152;128	4	31 Agustus 2019	04 September 2019
154	<i>Feeding Buffer-1</i>	51	24,5	14 September 2019	09 Oktober 2019
155	<i>Feeding Buffer-2</i>	153	34,6	04 September 2019	09 Oktober 2019
156	CVT	153;51;128;154;155	4	09 Oktober 2019	13 Oktober 2019
157	LA	52;156;128	3,1	13 Oktober 2019	16 Oktober 2019
158	<i>Outdoor MK</i>	132;53;153	3,2	03 Oktober 2019	06 Oktober 2019
159	<i>Conductor</i>	148;134	8	08 Oktober 2019	16 Oktober 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
160	<i>Tension Insulator</i>	159FS-8d;138	5,6	05 November 2019	11 November 2019
161	<i>Suspension Insulator</i>	159FS-8d;138;183	5,6	25 Oktober 2019	31 Oktober 2019
162	<i>Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya</i>	157;139;143;159	5,6	16 Oktober 2019	22 Oktober 2019
163	<i>GSW</i>	136;162	8	03 November 2019	11 November 2019
164	<i>RCP Line Bay</i>	132;161;165;93	5,6	31 Oktober 2019	05 November 2019
165	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	158;135	24	06 Oktober 2019	31 Oktober 2019
166	<i>Main Busbar</i>		34,8	11 November 2019	16 Desember 2019
167	<i>Feeding Buffer-3</i>	160	32,8	11 November 2019	14 Desember 2019
168	<i>CVT Bus</i>	156;128;160;167	1,6	15 Desember 2019	16 Desember 2019
169	<i>Conductor</i>	159;134;164;198	5,6	04 Desember 2019	09 Desember 2019
170	<i>150 kV Coupler Bay</i>		75,3	22 Oktober 2019	07 Januari 2020
171	<i>CB</i>	150;128;160;168	2,4	30 Desember 2019	02 Januari 2020
172	<i>DS</i>	152;128;191	3,2	04 Januari 2020	07 Januari 2020
173	<i>CT</i>	153;128;163	1,6	11 November 2019	12 November 2019
174	<i>Outdoor MK</i>	158;132;162	0,8	22 Oktober 2019	23 Oktober 2019
175	<i>Conductor</i>	169;134;165	2,4	10 Desember 2019	12 Desember 2019
176	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	174;135;163	11,2	13 Desember 2019	24 Desember 2019
177	<i>RCP</i>	164;132;198	1,6	14 Desember 2019	16 Desember 2019
178	<i>150 kV - Trafo Bay</i>		79,4	23 Oktober 2019	12 Januari 2020
179	<i>CB</i>	171;128	4,8	02 Januari 2020	07 Januari 2020
180	<i>DS</i>	172;128;179	4,9	07 Januari 2020	12 Januari 2020
181	<i>CT</i>	173;128	2,4	12 November 2019	15 November 2019

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
182	LA	181;128;186	2,4	15 November 2019	17 November 2019
183	Outdoor MK	174;132	0,8	23 Oktober 2019	24 Oktober 2019
184	Conductor dan GSW	175;134;136	1,6	12 Desember 2019	14 Desember 2019
185	Connector dan Clamp	184;139	2,4	14 Desember 2019	16 Desember 2019
186	LV Power dan Multicore Cable Control	183;135;162	11,2	24 Oktober 2019	04 November 2019
187	RCP	177;132;185	0,8	16 Desember 2019	17 Desember 2019
188	Trafo PS	129;186FS+42d;187	9,6	17 Desember 2019	27 Desember 2019
189	150/20 kV Power Transformers dan Auxiliaries		16,4	18 Desember 2019	03 Januari 2020
190	NGR 20 kV lengkap NCT	182FS+30d;130;131;54;177FS+1d	14,4	18 Desember 2019	01 Januari 2020
191	XLPE 20 kV Power Cable	186;190;137;177	2	01 Januari 2020	03 Januari 2020
192	20 kV Switchgears dan Auxiliary Transformer		12	05 November 2019	18 November 2019
193	Cubicle 20 kV	133;55;164;165	12	05 November 2019	18 November 2019
194	150 kV dan 20 kV Substation Auxiliaries Equipment		16	18 November 2019	04 Desember 2019
195	Battery 110 V DC dan Charger	193;140;182	4	18 November 2019	22 November 2019
196	Battery 48 V DC dan Charger	195;140;164	4	22 November 2019	26 November 2019
197	UPS	196;140	2,4	26 November 2019	28 November 2019
198	LV AC/ DC Switchfuse Board	197;141	5,6	28 November 2019	04 Desember 2019
199	Peralatan Automation System		24	27 Desember 2019	20 Januari 2020

Tabel 4. 28 Penjadwalan Ulang CCPM dengan Buffer (lanjutan)

No.	Aktivitas	Predecessors	Durasi (hari)	Start Date	Finish Date
200	Substation Automation Software dan Hardware	198;144;187;188	24	27 Desember 2019	20 Januari 2020
201	Telecommunication Equipment		11,2	25 Desember 2019	05 Januari 2020
202	Digital Teleprotection Equipment	142;176;160	11,2	25 Desember 2019	05 Januari 2020
203	Energy Meter Panel dan Fault Recorder	150;128;160;168	81,5	04 Desember 2019	25 Februari 2020
204	Feeding Buffer-4	198	33,9	04 Desember 2019	07 Januari 2020
205	Feeding Buffer-5	180	35,3	12 Januari 2020	17 Februari 2020
206	Feeding Buffer-6	145	27,1	28 Desember 2019	24 Januari 2020
207	DFR dan Energy Meter	145;177;165;195	8	17 Februari 2020	25 Februari 2020
208	Testing dan Comissioning		24		
209	Feeding Buffer-7	200	35,1	20 Januari 2020	25 Februari 2020
210	Individual Test	201;197	12	25 Januari 2020	08 Maret 2020
211	Comissioning	203	12	08 Maret 2020	20 Maret 2020
212	Energized		2,4	20 Maret 2020	23 Maret 2020
213	Project Buffer	212	20,5	23 Maret 2020	13 April 2020

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

4.3.6 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

Berdasarkan hasil penjadwalan CCPM dengan *software Microsoft Project*, didapatkan durasi pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150kV Arjasa adalah selama 601,05 hari kalender termasuk dengan *buffer* waktu. Tidak terdapat perbedaan antara nominal gaji harian pada penjadwalan CCPM dan penjadwalan CPM. Perhitungan biaya tenaga kerja pada penjadwalan CCPM ditunjukkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 31 Biaya Tenaga Kerja Penjadwalan CCPM

No	Posisi	Jumlah (Maks. orang)	Gaji Harian	Durasi Kerja (hari)	Total Biaya
1	Administrasi dan Logistik	1	Rp300.000	306,83	Rp92.047.500
2	<i>Engineering</i> Elektromekanikal	1	Rp300.000	56,5	Rp16.950.000
3	<i>Engineering</i> Sipil	1	Rp300.000	73,18	Rp21.952.500
4	<i>Foreman</i> Subkontraktor A	1	Rp180.000	204,16	Rp36.748.242
5	<i>Foreman</i> Subkontraktor B	1	Rp180.000	40,8	Rp7.344.000
6	<i>Foreman</i> Subkontraktor C	1	Rp180.000	68,86	Rp12.394.800
7	<i>Foreman</i> Subkontraktor D	1	Rp180.000	234,4	Rp42.192.000
8	<i>Foreman</i> Subkontraktor E	1	Rp180.000	176,38	Rp31.747.500
9	<i>Helper Operator</i>	3	Rp150.000	90	Rp13.500.000
10	K3L dan <i>Safety</i>	1	Rp300.000	322,75	Rp96.825.000
11	Operator	4	Rp180.000	99,62	Rp17.930.878
12	Pelaksana Elektromekanikal	1	Rp300.000	640	Rp76.800.000
13	Pelaksana Sipil	1	Rp300.000	336	Rp40.320.000
14	<i>Site Manager</i>	1	Rp360.000	264	Rp31.680.000
15	Pekerja Subkontraktor A1	5	Rp120.000	204	Rp24.480.000
16	Pekerja Subkontraktor A2	5	Rp120.000	320	Rp38.400.000
17	Pekerja Subkontraktor A3	5	Rp120.000	564	Rp67.680.000
18	Pekerja Subkontraktor A4	5	Rp120.000	268	Rp32.160.000

Tabel 4. 29 Biaya Tenaga Kerja Penjadwalan CCPM (lanjutan)

No	Posisi	Jumlah (Maks. orang)	Gaji Harian	Durasi Kerja (hari)	Total Biaya
19	Pekerja Subkontraktor A5	5	Rp120.000	328	Rp39.360.000
20	Pekerja Subkontraktor B1	5	Rp120.000	234,4	Rp70.320.000
21	Pekerja Subkontraktor B2	5	Rp120.000	412,3	Rp123.690.000
22	Pekerja Subkontraktor B3	5	Rp120.000	322,75	Rp116.190.000
23	Pekerja Subkontraktor B4	5	Rp120.000	312	Rp37.440.000
24	Pekerja Subkontraktor B5	5	Rp120.000	467,2	Rp56.064.000
25	Pekerja Subkontraktor B6	5	Rp120.000	510,4	Rp61.248.000
26	Pekerja Subkontraktor B7	5	Rp120.000	540	Rp64.800.000
27	Pekerja Subkontraktor B8	5	Rp120.000	824	Rp98.880.000
28	Pekerja Subkontraktor C1	8	Rp120.000	460,8	Rp55.296.000
29	Pekerja Subkontraktor C2	7	Rp120.000	168	Rp20.160.000
30	Pekerja Subkontraktor D1	5	Rp120.000	230	Rp27.600.000
31	Pekerja Subkontraktor D2	5	Rp120.000	253,6	Rp30.432.000
32	Pekerja Subkontraktor D3	5	Rp120.000	260,4	Rp31.248.000
33	Pekerja Subkontraktor D4	5	Rp120.000	196,8	Rp23.616.000
34	Pekerja Subkontraktor E1	3	Rp120.000	174,9	Rp20.988.000
35	Pekerja Subkontraktor E2	3	Rp120.000	277,6	Rp33.312.000
36	Pekerja Subkontraktor E3	3	Rp120.000	125,1	Rp15.012.000
37	Pekerja Subkontraktor E4	3	Rp120.000	236	Rp28.320.000
38	Pekerja Subkontraktor E5	3	Rp120.000	205,6	Rp24.672.000

Tabel 4. 29 Biaya Tenaga Kerja Penjadwalan CCPM (lanjutan)

No	Posisi	Jumlah (Maks. orang)	Gaji Harian	Durasi Kerja (hari)	Total Biaya
39	Pekerja Subkontraktor F1	12	Rp120.000	291,6	Rp34.992.000
Total Jumlah Tenaga Kerja (orang)		146	Total Biaya Tenaga Kerja		Rp1.714.792.420

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan Tabel 4.29, didapatkan jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada penjadwalan proyek ini dengan CCPM adalah sebanyak 146 orang dan total biaya tenaga kerja senilai Rp1.714.792.540.

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek, dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek, dan analisis penerapan *critical chain project management*.

5.1 Analisis Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Pada bab sebelumnya, telah didapatkan penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, selanjutnya dilakukan analisis pada setiap penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek menggunakan metode *Root Cause Analysis* RCA dengan alat *5Why's*. Tabel 5.1 menunjukkan analisis *5 Why's* dari setiap penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek pada kelompok penyebab pemilik proyek.

Tabel 5. 1 Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek oleh Pemilik Proyek

No.	Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Kategori	Sub-Penyebab				
			Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
1	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	<i>Method</i>	Kebijakan pemilik proyek mengenai prosedur penagihan	-	-	-	-

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Pada tabel 5.1 dapat diketahui bahwa terdapat satu penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek yang diakibatkan oleh pemilik proyek pada kategori *method*, yaitu alur pemrosesan penagihan yang panjang. Penagihan atas pembayaran pekerjaan fisik proyek dilakukan oleh kontraktor utama kepada pemilik proyek berdasarkan kemajuan (*progress*) pekerjaan fisik proyek.

Pembayaran dilakukan oleh pemilik proyek dengan sistem angsuran (*termijn*). Akar permasalahan dari alur pemrosesan penagihan yang panjang adalah ketetapan pemilik proyek mengenai prosedur penagihan. Dalam pengajuan penagihan kepada pemilik proyek, kontraktor utama harus melalui beberapa unit kerja untuk mendapatkan validasi atas laporan kemajuan fisik sebagai persyaratan pengajuan penagihan, antara lain pengawas lapangan, pengawas proyek, koordinator dan manajer pengawas lapangan, pengawas dan manajer direksi pekerjaan, dan pemilik proyek. Pada setiap unit kerja, pemrosesan penagihan memerlukan waktu berkisar antara 3 sampai dengan 30 hari kerja. Serta kontraktor utama juga 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.

Analisis 5 *Why's* dari setiap penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek pada kelompok penyebab subkontraktor ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Penyebab Utama Keterlambatan Pengerjaan Proyek oleh Subkontraktor

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

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Pada tabel 5.2 dapat diketahui bahwa terdapat dua penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek yang diakibatkan oleh subkontraktor pada kategori *material* dan *man*, antara lain:

1. Keterbatasan material konstruksi sipil untuk *switchyard* dan gedung

Pengadaan material konstruksi sipil dilakukan oleh subkontraktor berdasarkan persyaratan dari segi kualitas, kuantitas, dan biaya yang ditetapkan oleh pemilik proyek dan kontraktor utama. Ketersediaan material konstruksi sipil berpengaruh pada *progress* pengerjaan proyek konstruksi sipil, jika material konstruksi sipil tersedia dalam jumlah yang sedikit maupun tidak tersedia sama sekali di lokasi pekerjaan maka dapat menghambat pengerjaan konstruksi sipil. Untuk meniyasati kendala pengadaan material konstruksi sipil di wilayah lokasi pekerjaan dari segi persyaratan kualitas, kuantitas, dan biaya maka subkontraktor melakukan pengadaan material konstruksi sipil di luar wilayah lokasi pekerjaan sehingga memerlukan waktu pengadaan yang lebih lama. Akar dari permasalahan ini adalah manajemen subkontraktor yang buruk. Hal ini terjadi akibat subkontraktor mengalami keterbatasan dana (modal kerja).

2. Etos kerja yang rendah

Kontraktor utama melakukan pengerjaan proyek dengan dibantu 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). Akar dari permasalahan hal ini adalah manajemen subkontraktor yang buruk tidak melaksanakan pekerjaan sesuai persyaratan teknis. Hal ini terjadi akibat subkontraktor mengalami keterbatasan dana (modal kerja) sehingga hanya bergantung pada pendanaan dari kontraktor.

5.2 Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan Proyek

Dokumentasi pembelajaran dan pengetahuan proyek mencakup kategori dan deskripsi seluruh aktivitas proyek dari segi keberhasilan, hambatan, dan tindakan yang dilakukan terkait dengan aktivitas tersebut. Keberhasilan dari pengerjaan proyek dan tindakan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mencapai keberhasilan tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Keberhasilan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	No.	Keberhasilan	Dampak	Tindakan
Pengerjaan	Kontraktor utama	1	Pengerjaan proyek dapat dilakukan beriringan dengan pengurusan Izin Membangun Bangunan (IMB)	<ul style="list-style-type: none"> Pengerjaan proyek tidak diberhentikan oleh aparat lingkungan sekitar dan pemerintah daerah setempat. 	<ul style="list-style-type: none"> Menjalin hubungan baik dengan aparat lingkungan sekitar dan pemerintah daerah setempat.
	Kontraktor utama	2	Mampu meminimalkan gangguan keamanan dari warga sekitar lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> Pengerjaan proyek berlangsung tanpa ada gangguan berkelanjutan dari warga sekitar lokasi pekerjaan. Tidak terdapat kehilangan material dan peralatan yang hilang. 	<ul style="list-style-type: none"> Pemberdayaan warga sekitar lokasi pekerjaan untuk tenaga kerja kasar. Bekerja sama dengan warga yang disegani di lingkungan lokasi pekerjaan untuk pengamanan lokasi pekerjaan.
	Subkontraktor	3	Material konstruksi sipil yang digunakan sesuai dengan spesifikasi: beton	<ul style="list-style-type: none"> Mempercepat pengerjaan pada aktivitas yang membutuhkan beton karena tidak ada <i>re-work</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengecekan kualitas material dengan ketat dan saksama.

Tabel 5. 3 Keberhasilan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan (lanjutan)

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	No.	Keberhasilan	Dampak	Tindakan
Pengerjaan	Subkontraktor	4	Pekerjaan konstruksi sipil diselesaikan lebih awal dengan kualitas yang baik: pengaspalan	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan penilaian yang baik dari pengawas lapangan proyek. • Tidak diperlukan <i>re-work</i> yang menambah waktu dan biaya pada aktivitas ini. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bekerja sama dengan subkontraktor yang berpengalaman dalam bidangnya. • Berkoordinasi dengan subkontraktor terkait untuk mempercepat pengerjaan.
	Subkontraktor	5	Pekerjaan konstruksi elektromekanikal diselesaikan lebih awal dari perencanaan: <i>post gantry, pondasi switchyard, erection elektromekanikal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan material elektromekanikal dapat dilakukan lebih awal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Berkoordinasi dengan subkontraktor untuk menambah tenaga kerja dan jam kerja (lembur).
	Pemilik proyek	6	Material utama elektromekanikal disuplai oleh pemilik proyek datang di lokasi pekerjaan lebih awal dari perencanaan: <i>High Voltage Equipment (Disconnecting Switch, Circuit Breaker)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan material utama elektromekanikal dapat dilakukan lebih awal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Berkoordinasi dengan pemilik proyek perihal permohonan percepatan pengiriman material utama elektromekanikal.
	Pemilik proyek	7	Hubungan dengan pengawas lapangan proyek terjalin dengan baik	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek dapat berlangsung tanpa hambatan komunikasi dengan pemilik proyek 	<ul style="list-style-type: none"> • Menjaga kepercayaan dan memenuhi komitmen yang telah disepakati bersama.

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Selanjutnya, hambatan dari pengerjaan proyek dan tindakan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mengatasi hambatan tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Hambatan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	No.	Hambatan	Dampak	Tindakan
Pengerjaan	Kontraktor utama	1	Keterlambatan penyelesaian administrasi pekerjaan tambah atau kurang	<ul style="list-style-type: none"> • Perolehan klaim atas penyelesaian pekerjaan tambah atau kurang menjadi terhambat. • Pengerjaan proyek tidak dapat tercatat sebagai <i>progress</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perhitungan dan pengumpulan bukti fisik dengan detail dan memastikan telah dilakukan pengecekan dengan seksama. • Melakukan verifikasi bersama direksi pekerjaan dengan tepat untuk mempercepat proses.
	Kontraktor utama	2	Proses administrasi proyek buruk	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumen proyek tidak lengkap, dapat menghambat proses penagihan pembayaran dan proses administratif lainnya. 	<ul style="list-style-type: none"> • Memperbaiki pengelolaan administrasi proyek dengan menugaskan staf administrasi dan logistik.
	Kontraktor utama	3	Ketegasan staf proyek rendah dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek menjadi terhambat dari segi waktu ketika keputusan terkait pengerjaan proyek tidak bisa diambil dengan segera. • Kualitas pengerjaan proyek tidak sesuai dengan persyaratan. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Site manager</i> senantiasa melakukan pertemuan rutin untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman dari tim proyek mengenai pengerjaan proyek.

Tabel 5. 4 Hambatan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan (lanjutan)

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	No.	Hambatan	Dampak	Tindakan
	Kontraktor utama	4	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> Pemasangan material elektromekanikal terlambat untuk dimulai. 	<ul style="list-style-type: none"> Menindaklanjuti jadwal pengiriman material dengan penyedia material. Mempercepat pemasangan material elektromekanikal saat sudah berada di lokasi pekerjaan.
	Kontraktor utama	5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> Terjadi kesalahpahaman antara tim proyek dengan manajemen proyek mengenai tanggal kedatangan material dan peralatan <i>loading</i> atau <i>unloading</i> yang dibutuhkan. 	<ul style="list-style-type: none"> Menindaklanjuti daftar dan waktu pengiriman material yang disuplai oleh pemilik proyek dan penyedia material dengan bagian logistik. Memastikan peralatan <i>loading</i> atau <i>unloading</i> yang dibutuhkan sudah sesuai dengan persyaratan.
	Subkontraktor	6	Keterbatasan tenaga kerja subkontraktor pada waktu tertentu	<ul style="list-style-type: none"> Laju pengerjaan proyek berkurang saat tenaga kerja subkontraktor lokal libur. 	<ul style="list-style-type: none"> Mengoptimalkan alokasi dan produktivitas pekerja subkontraktor pada hari kerja.
	Subkontraktor	7	Etos kerja yang rendah	<ul style="list-style-type: none"> Keterlambatan pengerjaan proyek. Diperlukan pengerjaan ulang pada aktivitas yang tidak dikerjakan sesuai dengan persyaratan teknis. 	<ul style="list-style-type: none"> Mengomunikasikan kepada subkontraktor terkait dengan <i>progress</i> dan komitmen penyelesaian aktivitas. Menerapkan kebijakan pembayaran pekerjaan

Tabel 5. 4 Hambatan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan (lanjutan)

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	No.	Hambatan	Dampak	Tindakan
				<ul style="list-style-type: none"> Menghambat pengerjaan antar subkontraktor. 	subkontraktor untuk meningkatkan motivasi kerja subkontraktor.
	Subkontraktor	8	Ketersediaan alat berat kurang	<ul style="list-style-type: none"> <i>Progress</i> pengerjaan proyek terhambat. 	<ul style="list-style-type: none"> Mengomunikasikan kepada subkontraktor terkait dengan <i>progress</i> dan komitmen penyelesaian aktivitas.
	Subkontraktor	9	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	<ul style="list-style-type: none"> <i>Progress</i> pengerjaan proyek terhambat. Material konstruksi sipil di lokasi pekerjaan sempat <i>stockout</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Memberikan teguran lisan kepada subkontraktor terkait dengan <i>progress</i> dan komitmen penyelesaian aktivitas.
	Pemilik proyek	10	Alur pemrosesan penagihan pada pemilik proyek yang panjang	<ul style="list-style-type: none"> Keseimbangan arus kas kontraktor utama terganggu. 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan penagihan dengan tepat dan cermat agar pemrosesan dapat berlangsung dengan lancar. Pemantauan proses yang sedang berjalan melalui komunikasi dengan <i>Person in Charge</i> (PIC) dari pemilik proyek.
	Pemilik proyek	11	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan dari pemilik proyek kepada kontraktor	<ul style="list-style-type: none"> Keterlambatan permulaan pengerjaan fisik proyek. 	<ul style="list-style-type: none"> Berkoordinasi dengan pemilik proyek.

Tabel 5. 4 Hambatan Pengerjaan Proyek dan Tindakan yang Dilakukan (lanjutan)

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	No.	Hambatan	Dampak	Tindakan
	Faktor Eksternal	12	Gangguan cuaca menghambat pengerjaan proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek terhenti saat cuaca buruk (panas, hujan petir, angin kencang). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengoptimalkan pekerjaan pada hari kerja dengan cuaca yang baik.
	Faktor Eksternal	13	Warga sekitar menduduki lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek terhambat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melengkapi dokumen perizinan pekerjaan dengan segera. • Menindaklanjuti pemilik proyek untuk melengkapi dokumen persyaratan yang diperlukan. • Menjalin hubungan baik dengan warga sekitar lokasi pekerjaan.
	Faktor Eksternal	14	Kesulitan mendapatkan air di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Menghambat pekerjaan konstruksi sipil di musim kemarau. • Mutu beton tidak sesuai dengan spesifikasi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendatangkan truk tangki air. • Melakukan pengeboran sumur dalam untuk mendapatkan sumber air.

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

5.3 Analisis Penerapan Critical Chain Project Management

Pada bab sebelumnya, telah dilakukan penjadwalan dengan *Critical Path Method* (CPM) dan penjadwalan ulang dengan *Critical Chain Project Management* (CCPM). Selanjutnya dilakukan perbandingan antara kedua metode penjadwalan proyek tersebut dari segi durasi, alokasi tenaga kerja, dan biaya tenaga kerja. Serta dilakukan analisis *buffer management*.

5.3.1 Perbandingan Penjadwalan Critical Path Method dan Critical Chain Project Management

Berikut merupakan perbandingan antara penjadwalan dengan *Critical Path Method* (CPM) dan penjadwalan ulang dengan *Critical Chain Project Management* (CCPM) pada proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa yang ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Perbandingan Penjadwalan CPM dan CCPM

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

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Berdasarkan tabel 5.5, dari hasil penjadwalan ulang dengan CCPM, dapat diketahui bahwa pengerjaan proyek dapat terselesaikan dalam durasi waktu 601,05 hari kalender termasuk dengan *buffer* waktu selama 244,2 hari kalender. Apabila dibandingkan dengan penjadwalan *existing* proyek dengan CPM, jika *buffer* time tidak dikonsumsi sama sekali maka durasi pengerjaan proyek adalah selama 542,3 hari kalender. Percepatan waktu penyelesaian proyek dapat mengurangi biaya yang harus dialokasikan untuk membayar tenaga kerja. 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. Perlu dilakukan peningkatan kinerja pengelolaan proyek untuk dapat mengimplementasikan penjadwalan CCPM dengan optimal sehingga dapat menghindari konsumsi *buffer* pada pengerjaan proyek.

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.

5.3.2 Analisis Buffer Management

PT. Hasta Karya sebagai kontraktor utama perlu untuk mengawasi penggunaan *buffer* melalui *buffer management*. Jumlah *buffer* yang digunakan menjadi bahan pertimbangan bagi kontraktor utama mengambil tindakan berdasarkan pemetaan jumlah *buffer* yang digunakan. Kontraktor utama sebagai penanggungjawab pengerjaan proyek perlu melakukan pengendalian untuk mengambil suatu tindakan berdasarkan penggunaan durasi *buffer*, baik *project buffer* maupun *feeding buffer* yaitu dengan melihat seberapa besar durasi *buffer* yang telah digunakan, ditunjukkan pada Tabel 5.6 dan 5.7 dibawah ini. Zona pemakaian waktu *project buffer* ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Zona Pemakaian Waktu Project Buffer

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

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

Selanjutnya pada Tabel 5.7 menunjukkan zona pemakaian waktu *feeding buffer*.

Tabel 5. 7 Zona Pemakaian Waktu Feeding 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 21,65
	67 - 100%	32,8	>21,65
Feeding Buffer-4	0% - 33%	33,9	<11,19
	34% - 66%	33,9	11,19 sampai 22,37
	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

Tabel 5. 7 Zona Penggunaan Waktu *Feeding Buffer* (lanjutan)

Kode <i>Feeding Buffer</i>	Zona Pemakaian <i>Buffer Waktu</i>	Durasi <i>Buffer</i> (Hari)	Durasi Terpakai (Hari)
<i>Feeding Buffer-6</i>	0% - 33%	27,1	<8,98
	34% - 66%	27,1	8,98 sampai 17,95
	67 - 100%	27,1	>18,2
<i>Feeding Buffer-7</i>	0% - 33%	35,4	<11,68
	34% - 66%	35,4	11,68 sampai 23,36
	67 - 100%	35,4	>23,36

Sumber: Pengolahan Data Penulis, 2020

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.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dilakukan penarikan kesimpulan dan pemberian saran kepada PT. Hasta Karya Perdana serta pada penelitian sejenis yang akan dilakukan selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini.

1. Terdapat 11 kejadian yang menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, berdasarkan penerapan prinsip pareto didapatkan 3 penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek terdiri dari 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.
2. Terdapat 7 aspek yang termasuk sebagai keberhasilan pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, dapat digolongkan ke dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, dan pemilik proyek. Sedangkan terdapat 14 aspek yang menghambat pengerjaan proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, dapat digolongkan ke dalam kelompok kontraktor utama, subkontraktor, pemilik proyek, dan faktor eksternal.
3. Durasi pengerjaan proyek yang didapatkan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) adalah selama 633 hari kalender dengan biaya tenaga kerja sebesar Rp2.179.824.450. Sedangkan durasi pengerjaan proyek yang didapatkan menggunakan *Critical Chain Project Management* (CCPM) adalah selama 601,05 hari kalender termasuk dengan *buffer time* selama 244,2 hari kalender. Apabila dibandingkan dengan penjadwalan *existing* proyek dengan CPM, jika *buffer time* tidak terkonsumsi sama sekali maka durasi pengerjaan proyek adalah selama 542,3 hari kalender. Sedangkan

penjadwalan ulang dengan CCPM dapat mengurangi biaya tenaga kerja menjadi Rp1.714.792.420. Dari hasil kedua metode tersebut, metode CCPM dapat mengurangi durasi pengerjaan proyek sebanyak 32,95 hari kalender dan mengurangi biaya tenaga kerja sebanyak Rp495.389.930. 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.

6.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan kepada PT. Hasta Karya Perdana serta pada penelitian sejenis yang akan dilakukan selanjutnya.

1. PT. Hasta Karya Perdana sebagai perusahaan *Engineering, Procurement, and Construction* diharapkan untuk senantiasa melakukan proses dokumentasi *lesson learned* secara periodik dari pengerjaan proyek yang sedang berjalan untuk mendapatkan pembelajaran dan pengetahuan dari pengerjaan setiap proyek demi mendukung operasional perusahaan dan menghindarkan perusahaan dari mengulangi kesalahan yang sama pada tahapan proyek selanjutnya dari proyek yang sedang berjalan dan proyek-proyek di masa depan agar tercapai keberhasilan proyek yang berkelanjutan. Kemudian menerapkan penjadwalan *Critical Chain Project Management* (CCPM) dalam penjadwalan proyek selanjutnya dengan diiringi oleh usaha perusahaan dalam melakukan sosialisasi, pelatihan, dan kontrol intensif dalam penerapannya.
2. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan 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 dengan menyertakan subkontraktor dan pemilik proyek, melakukan pengendalian proyek dengan metode *Earned Value Analysis* (EVA) untuk mengetahui performansi proyek dari segi pemenuhan cakupan, penjadwalan, dan biaya proyek dan metode *Cost-Benefit Analysis* (CBA) 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

- Alamri, N., Amoudi, O., & Njie, G. (2017). ANALYSIS OF CONSTRUCTION DELAY CAUSES IN DAMS PROJECT. *European Journal of Business and Social Sciences*, 19-42.
- Andersen, B., & Fagerhaug, T. N. (2014). *ASQ Pocket Guide to Root Cause Analysis*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Anderson, S. (2011). *Five Types of Fishbone*. Retrieved from The Minitab Blog: <https://blog.minitab.com/blog/understanding-statistics/five-types-of-fishbone-diagrams>
- Aulady, M., & Orleans, C. (2016). Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Merhod (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartamen Menara Rungkut). *Jurnal IPTEK*.
- Bannick, S. (2019). *Lessons Learned in Project Management - How to Do It Right*. Retrieved from TPG: Your Project Experys: <https://www.theprojectgroup.com/blog/en/lessons-learned-in-project-management/>
- Caravel Group. (n.d). *Critical chain vs critical path method*. Retrieved from Caravel project and change management specialists: <http://www.caravelgroup.com.au/Caravel/Our-Approach/Critical-chain-vs-critical-path.asp>
- Cooper, J. (2013). Improving Focus and Predictability with Critical Chain Project Management. *PMI Global Congress 2013*. New Orleans: Project Management Institute.
- Durdyev, S., & Hosseini, M. (2018). Causes of delays on construction project: a comprehensive list. *International Journal of Managing Projects in Business*.
- Flick, U. (2014). *An Introduction to Qualitative Research*. London: SAGE Publications.

- Goldrich, B. (n.d). *Common Causes vs Special Causes of Variance*. Retrieved from PM Learning Solutions:
<https://www.pmlearningsolutions.com/blog/common-causes-vs-special-causes-variance-pmp-concept-5>
- Goldrich, B. (n.d). *Lead vs Lag*. Retrieved from PM Learning Solutions:
<https://www.pmlearningsolutions.com/blog/lead-versus-lag-pmp-concept-15>
- Graves, E. (2019). *Effective Task Management*. Retrieved from Playbook:
<https://www.playbookhq.co/blog/lean-project-management-task-management>
- Gray, C., & Larson, E. (2018). *PROJECT MANAGEMENT: THE MANAGERIAL PROCESS*. New York: McGraw-Hill Education.
- Gulbis, J. (2016, August 25). *The 80/20 Rule - The Law of Unfair Advantage*. Retrieved from eazybi: https://eazybi.com/blog/the_80_20_rule/
- Hardani, Andriani, H., Ustiawaty, J., Utami, E. F., Istiqomah, R. R., Fardani, R. A., . . . Auliya, N. H. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu.
- Haughey, D. (n.d). *Project Smart*. Retrieved from SMART GOALS:
<https://www.projectsmaart.co.uk/smart-goals.php>
- Huang, C.-L., Li, R.-K., Chung, Y.-C., Hsu, Y.-W., & Tsai, C.-H. (2013). A Study of Using Critical Chain Project Management Method for Multi-Project Management Improvement. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*.
- Hughes, B. (2017). *A Step-By-Step Guide to Root Cause Analysis*. Retrieved from International Federation of Accountants: <https://www.ifac.org/knowledge-gateway/supporting-international-standards/discussion/step-step-guide-root-cause-analysis>
- Husin, A. E. (2019). TIME PERFORMANCE UPGRADE BY CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT AND BIM 4D INTEGRATION ON TOP STRUCTURAL WORK OF A HIGH RISE BUILDING CONSTRUCTION PROJECT. *APRN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3063-3072.

- Irawan, I. D., & Syairudin, B. (2015). PENJADWALAN MULTI PROYEK PEMBANGUNAN TOWER PEMANCAR PT SMARTFREN TELECOM DI SURABAYA MENGGUNAKAN METODE CRITICAL CHAIN. *Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIX*. Surabaya.
- J.Moleong, L. (2014). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Kantor, B. (2018, January 31). *The RACI matrix: Your blueprint for project success*. Retrieved from CIO: <https://www.cio.com/article/2395825/project-management-how-to-design-a-successful-raci-project-plan.html>
- Kendall, G., & Austin, K. (2013). *Advanced Multi-Project Environment: Achieving Outstanding Speed and Results with Predictability*. Plantation: J.Ross Publishing.
- Laboratorium Sistem Manufaktur Teknik Industri ITS;. (2018). *Quality Improvement Engineering Training 2018*. Surabaya.
- Leach, L. (2005). *Critical Chain Project Management*. Norwood: Artech House Project Management Library.
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality. *20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference (IManEE 2016)*.
- Mahmoud, M. A. (2016). *AOA and AON Networks*. Retrieved from SlideShare: <https://www.slideshare.net/DrMahmoudAlNaimi1/aoa-and-aon-networks-69802018>
- Mubarak, S. (2015). *Construction Project Scheduling and Control*. Hoboken: John Willey & Sons, Inc.
- Na Ayudhya, B. I., & Kunishima, M. (2017). Risks of Abandonment in Residential Projects Caused by Subcontractors. *CENTERIS / ProjMan / HCist 2017* (pp. 232-237). Barcelona: Elsevier B.V.
- Nasution, R. R., & Arvianto, A. (2015). Penerapan Critical Chain Project Management untuk Mengatasi Masalah Multi Proyek dengan Keterbatasan Resources di PT Berkait Manunggal Jaya. *Industrial Engineering Online Journal*.

- Pradhana, A., & Setiadi, B. (2013). *STUDI PENGGUNAAN METODE PENJADWALAN CRITICAL CHAIN PADA PROYEK KONSTRUKSI KONVENSIONAL*. Universitas Indonesia.
- Project Insight. (n.d). *Understanding Task Dependencies in Project Management*. Retrieved from Project Insight: <https://www.projectinsight.net/project-management-basics/task-dependencies>
- Project Management Institute. (2018). *Pedoman Kerangka Ilmu Manajemen Proyek (PMBOK Guide) Edisi Keenam*. Jakarta: PMI Indonesia Chapter.
- Ravalji, J., & Deshpande, V. (2017). Emblems of Success of Critical Chain Project Management: A Review. *2nd International Conference on Emerging Trends in Mechanical Engineering*, (pp. 144-149). Nagar.
- Reh, F. J. (2019). *Understanding Project and Task Dependencies*. Retrieved from The Balance Careers: <https://www.thebalancecareers.com/project-and-task-dependency-in-project-management-2276123>
- Scheid, J. (n.d). *Using Project Management SMART Goals to Lead Successful Projects*. Retrieved from Bright Hub Project Management: <https://www.brighthubpm.com/project-planning/26374-smart-goals-in-project-management/>
- Septiawan, D. B., & Bekti, R. (2016). ANALYSIS OF PROJECT CONSTRUCTION DELAY USING FISHBONE DIAGRAM AT PT. REKAYASA INDUSTRI. *Journal of Business and Management* , 634-650.
- Shashank Kotwal & Associates. (2018). *How to Overcome Student Syndrome ?* Retrieved from Shashank Kotwal & Associates: <http://sskotwal.in/2018/10/07/how-to-overcome-student-syndrome/>
- Tenera, A. (2008). Critical chain buffer sizing: a comparative study. *PMI Research Conference: Defining the Future of Project Maanagement*. Warsaw: Project Management Institute.
- The Five Whys Technique. (2017). In O. Serrat, *Knowledge Solutions* (pp. 307-310). Singapore: Springer. Retrieved from Springer Link: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-0983-9_32#citeas

- Theory of Constraints Institute. (2019). *The Five Focusing Steps (POOGI)*. Retrieved from Theory of Constraints Institute: <https://www.tocinstitute.org/five-focusing-steps.html>
- Trina M. (2016). *What are Task Dependencies in Project Management ?* Retrieved from Workzone: <https://www.workzone.com/blog/dependencies-in-project-management/>
- U.S. Centers for Medicare & Medicaid Services. (n.d). *How to Use the Fishbone Tool for Root Cause Analysis*. Baltimore: U.S. Centers for Medicare & Medicaid Services. Retrieved from <https://www.cms.gov/medicare/provider-enrollment-and-certification/qapi/downloads/fishbonerevised.pdf>
- Valikonienė, L. (2014). *Resource Buffers in Critical Chain Project Management*. Manchester: University of Manchester.
- Venkatesh, P. K., & Venkatesan, V. (2017). DELAYS IN CONSTRUCTION PROJECTS: A REVIEW OF CAUSES, NEED AND SCOPE FOR FURTHER RESEARCH. *Malaysian Construction Research Journal*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gantt chart Penyusunan Tugas Akhir

No.	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan																								
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agus-tus
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
1	Pengumpulan data awal																									
2	Penentuan topik																									
3	Pengerjaan Bab 1: Pendahuluan																									
4	Pengerjaan Bab 2: Tinjauan Pustaka																									
5	Pengerjaan Bab 3: Metodologi																									
6	Seminar proposal																									
7	Pengerjaan Bab 4: Pengumpulan dan Pengolahan Data																									
8	Pengerjaan Bab 5: Analisis dan Interpretasi Data																									
9	Pengerjaan Bab 6: Kesimpulan dan Saran																									
10	Sidang Tugas Akhir																									

**Lampiran 2. Tabel Rencana dan Realisasi Pengerjaan Fisik Proyek
Periode Desember 2018 hingga Maret 2020 berdasarkan Kurva-S**

Waktu Pelaksanaan			Pencapaian (%)	
			Rencana	Realisasi
2018	Desember	Minggu 1	0,034	0,084
		Minggu 2	0,067	0,084
		Minggu 3	0,101	0,084
		Minggu 4	0,135	0,084
2019	Januari	Minggu 5	0,178	1,053
		Minggu 6	0,576	1,264
		Minggu 7	0,975	1,685
		Minggu 8	1,374	1,914
	Februari	Minggu 9	1,810	2,184
		Minggu 10	2,245	2,524
		Minggu 11	2,852	2,682
		Minggu 12	3,425	2,795
	Maret	Minggu 13	3,870	2,904
		Minggu 14	4,715	2,961
		Minggu 15	5,561	2,964
		Minggu 16	6,407	2,989
		Minggu 17	7,253	3,039
	April	Minggu 18	10,637	3,151
		Minggu 19	14,021	3,205
		Minggu 20	18,244	3,218
		Minggu 21	22,528	3,231
	Mei	Minggu 22	24,582	3,246
		Minggu 23	26,808	3,363
		Minggu 24	29,033	3,441
		Minggu 25	31,448	3,456
	Juni	Minggu 26	32,465	3,456
		Minggu 27	33,618	3,456
		Minggu 28	34,771	3,461
		Minggu 29	35,573	6,502
	Juli	Minggu 30	36,462	6,653
		Minggu 31	44,717	6,691
		Minggu 32	52,835	6,874
		Minggu 33	60,953	7,146
		Minggu 34	69,072	7,225
	Agustus	Minggu 35	69,807	7,586
		Minggu 36	71,160	7,798

Waktu Pelaksanaan			Pencapaian (%)	
			Rencana	Realisasi
		Minggu 37	72,744	7,825
		Minggu 38	74,327	8,059
		Minggu 39	77,053	8,355
	September	Minggu 40	79,477	8,989
		Minggu 41	81,973	9,742
		Minggu 42	83,895	10,055
		Minggu 43	85,822	10,141
	Oktober	Minggu 44	89,398	10,295
		Minggu 45	93,069	11,354
		Minggu 46	96,741	12,914
		Minggu 47	98,285	13,118
	Nopember	Minggu 48	99,114	13,297
		Minggu 49	99,118	13,765
		Minggu 50	99,122	14,290
		Minggu 51	99,127	14,563
	Desember	Minggu 52	99,244	14,688
		Minggu 53	99,362	15,419
		Minggu 54	99,479	17,169
Minggu 55		99,596	17,223	
Minggu 56		99,714	17,704	
2020	Januari	Minggu 57	99,831	21,482
		Minggu 58	99,948	21,797
		Minggu 59	99,974	22,023
		Minggu 60	100,000	22,132
	Februari	Minggu 61	22,1322	22,2532
		Minggu 62	23,4021	23,7246
		Minggu 63	25,0461	35,0783
		Minggu 64	27,1576	35,2294
	Maret	Minggu 65	32,6603	35,8226

Keterangan: terhitung mulai minggu ke-61, berlaku perpanjangan waktu pengerjaan proyek selama 93 hari melalui amandemen kontrak I.

Lampiran 3. Rangkuman Hasil *Focus Group Discussion* (FGD) Identifikasi Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek dengan Tim Proyek Pengadaan Material Dan Jasa Konstruksi GI 150 kV Arjasa dan Manajemen Proyek PT. Hasta Karya Perdana

Peserta FGD :

Peserta	Tanggal dan Waktu FGD
Tim Proyek GI 150 KV Arjasa	01 Maret 2020, pukul 09.30 s/d 12.30
Manajemen Proyek PT. Hasta Karya Perdana	02 Maret 2020, pukul 16.30 s/d 18.00

Permasalahan	Kelompok Penyebab	Penyebab	Keterangan
Keterlambatan Pengerjaan Proyek Pengadaan Barang dan Jasa Konstruksi GI 150KV Arjasa	Kontraktor utama	Administrasi proyek yang buruk	<ul style="list-style-type: none"> • Tim proyek mengalami kesulitan dalam mengelola proyek, dapat mengurangi hubungan dengan manajemen proyek dan pemilik. • Terdapat tambahan <i>job description</i> administrasi proyek pada staf proyek
		Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengambilan keputusan harus berdasar alur koordinasi dan informasi serta sepengetahuan <i>site manager</i>. • Tim proyek harus memahami uraian pekerjaannya dengan baik.

Permasalahan	Kelompok Penyebab	Penyebab	Keterangan
		Keterlambatan penyelesaian administrasi kerja tambah kurang	<ul style="list-style-type: none"> • Tim proyek sudah mengomunikasikan hal ini dengan manajemen proyek dan pemilik proyek, namun informasi yang didapatkan terkadang tidak mencukupi.
		Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Kedatangan material elektromekanikal pengadaan kontraktor terlambat • Material datang dan/atau terpasang dimasukkan sebagai <i>progress</i> pekerjaan.
		Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan dan kebutuhan peralatan <i>loading</i> dan <i>unloading</i>.
		Proses perencanaan proyek yang kurang optimal	<ul style="list-style-type: none"> • Pemrosesan pengajuan gambar desain <i>engineering</i> oleh <i>engineering</i> kontraktor utama untuk mendapatkan persetujuan pemilik proyek memerlukan waktu. Sehingga pembuatan gambar desain <i>engineering</i> harus tepat dan sesuai
	Subkontraktor	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga kerja lokal subkontraktor libur setiap hari minggu walaupun pengerjaan proyek tetap berjalan. • Pengalokasian tenaga kerja berdasar kebutuhan dalam aktivitas.
		Etos kerja yang rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Subkontraktor kadangkala hanya mengandalkan pendanaan dari kontraktor.
		Kurangnya ketersediaan alat berat	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat subkontraktor yang tidak mampu untuk menyediakan alat berat untuk mendukung pekerjaan konstruksi sipil.

Permasalahan	Kelompok Penyebab	Penyebab	Keterangan
			<ul style="list-style-type: none"> Saling ketergantungan antar subkontraktor terkait penggunaan alat berat untuk pekerjaan konstruksi sipil.
		Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	<ul style="list-style-type: none"> Subkontraktor tidak mampu melakukan pengadaan material konstruksi sipil sesuai dengan spesifikasi dan anggaran yang telah ditentukan di wilayah lokasi pekerjaan.
	Pemilik proyek	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan kepada kontraktor	<ul style="list-style-type: none"> Ketetapan dokumen pelelangan: sebelum penandatanganan kontrak pada 10 Agustus 2018 Realisasi serah terima lahan lokasi pekerjaan: 1 November 2018
		Alur pemrosesan penagihan yang panjang	<ul style="list-style-type: none"> Tahapan penagihan: <ol style="list-style-type: none"> Pengawas lapangan Pengawas proyek Koordinator pengawas proyek dan manajer pengawas proyek Pengawas dan manajer direksi pekerjaan Pemilik proyek Pada setiap unit kerja memerlukan waktu 3 sampai dengan 30 hari kerja.

Lampiran 4. Lembar Kuesioner Penilaian Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek



Kuesioner Penelitian Tugas Akhir 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)
Oleh: Widiastria Utama – Mahasiswa Sarjana Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Pendahuluan:

Kuesioner ini bertujuan untuk menilai frekuensi kemunculan dan tingkat keparahan dari setiap penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan material dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa pada periode Desember 2018 s.d Maret 2020. Kuesioner ini dibuat berdasarkan hasil *Focus Group Discussion* (FGD) yang telah dilakukan oleh penulis dengan tim proyek pengadaan material dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa PT. Hasta Karya Perdana pada tanggal 1 Maret 2020 dan manajemen proyek PT. Hasta Karya Perdana pada tanggal 2 Maret 2020. Hasil FGD akan dilampirkan dalam kuesioner ini. Data dan hasil penelitian dijamin kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan akademik.

Responden:

Kuesioner ini dilakukan secara sensus, ditujukan kepada seluruh elemen manajemen proyek PT. Hasta Karya Perdana dan tim proyek pengadaan material dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa.

Definisi:

Dalam proses mencapai tujuan, proyek memiliki karakteristik yang disebut sebagai *triple constraint*, antara lain target waktu, biaya, dan persyaratan kinerja yang spesifik. Dengan demikian, perusahaan atau organisasi memerlukan manajemen proyek sebagai usaha untuk menyeimbangkan *trade-offs* antara waktu, biaya, dan kinerja sementara memuaskan pelanggan demi mencapai kesuksesan dalam pengerjaan proyek. PT. Hasta Karya Perdana sebagai perusahaan yang bergerak pada bidang *Engineering, Procurement, and Construction* tentunya harus siap menghadapi kendala-kendala dalam pengerjaan proyek. Berdasarkan data perusahaan, keterlambatan pengerjaan proyek merupakan salah satu permasalahan yang sedang dihadapi oleh PT. Hasta Karya Perdana saat ini.

Salah satu metode yang digunakan dalam mengidentifikasi permasalahan yang menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek adalah *Root Cause Analysis* (RCA) dengan alat *cause-and-effect* diagram untuk mengidentifikasi penyebab keterlambatan pengerjaan proyek berdasarkan kerangka 5M (*machine, method, material, man power* atau *man*, dan *measurement*) dan 5Why's untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari penyebab keterlambatan proyek.

Untuk menilai penyebab utama keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan pengadaan material dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa, penulis melakukan pemeringkatan penyebab keterlambatan berdasarkan tingkat kemunculan dan keparahan dari setiap penyebab keterlambatan dengan empat poin skala *likert*. Kuesioner ini adalah media yang digunakan oleh penulis kepada responden untuk menilai tingkat kemunculan dan keparahan dari setiap penyebab keterlambatan. Pada penelitian ini digunakan model pemeringkatan penyebab keterlambatan pengerjaan proyek menurut Alamri, Almoudi, & Njie, (2017).

Bagian 1. Data Responden

Dimohon Bapak/Ibu menjawab dengan jujur pertanyaan-pertanyaan dibawah ini. Khusus untuk pernyataan lama bekerja, harap memberikan tanda (√) pada interval lama bekerja Bapak/Ibu.

Nama :
 Posisi/Jabatan :
 Usia :
 Lama bekerja :

Lama bekerja	
0 s/d <3 tahun	
3 s/d <6 tahun	
6 s/d <9 tahun	
9 s/d <12 tahun	
12 s/d <15 tahun	
15 s/d <18 tahun	
18 s/d <21 tahun	
21 s/d <24 tahun	
24 s/d <27 tahun	
27 s/d <30 tahun	
30 s/d <33 tahun	
33 s/d < 36 tahun	

Bagian 2. Penilaian Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Tandai (√) pada angka yang paling sesuai dengan pendapat Bapak/Ibu terhadap frekuensi kemunculan dan keparahan dari setiap penyebab keterlambatan pengerjaan proyek pengadaan material dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa pada periode Desember 2018 s.d Maret 2020.

Keterangan:

Skala	Frekuensi kemunculan	Parameter	Tingkat keparahan	Parameter
1	Sangat jarang terjadi	Terjadi satu kali selama durasi pengerjaan proyek	Tidak berpengaruh	Aktivitas proyek berlangsung tanpa ada hambatan
2	Jarang terjadi	Terjadi minimal satu kali dalam satu tahun	Sedikit berpengaruh	Ada hambatan minor, Aktivitas proyek berlangsung tanpa penyesuaian
3	Mungkin terjadi	Terjadi minimal satu kali dalam enam bulan	Berpengaruh	Ada hambatan signifikan, Aktivitas proyek berlangsung dengan penyesuaian
4	Sangat mungkin terjadi	Terjadi minimal satu kali dalam satu bulan	Sangat berpengaruh	Aktivitas proyek dihentikan atau terlambat untuk dimulai

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek Pengadaan Barang dan Jasa Konstruksi GI 150KV Arjasa	Kekerapan				Keparahan			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Kontraktor utama									
Perencanaan dan Desain									
1	Proses perencanaan proyek kurang optimal								
Manajemen Proyek									
1	Keterlambatan penyelesaian administrasi kerja tambah kurang								
2	Administrasi proyek yang buruk								
3	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan								
Material									
1	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan								

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek Pengadaan Barang dan Jasa Konstruksi GI 150KV Arjasa	Kekerapan				Keparahan			
		1	2	3	4	1	2	3	4
2	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan								
Subkontraktor									
Manajemen Proyek									
1	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu								
2	Etos kerja yang kurang								
Peralatan									
1	Kurangnya jumlah alat berat								
Material									
1	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung								
Pemilik Proyek									
1	Alur pemrosesan penagihan yang panjang								
2	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan								

Terima kasih atas bantuan Bapak/Ibu sekalian.

Kontak Peneliti:

Widiasatria Utama
widiasatriautama@gmail.com

Lampiran 5. Rekapitulasi Pengisian Kuesioner Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

Total responden sebanyak 10 orang, terdiri:

- Empat orang anggota tim proyek pengadaan barang dan jasa konstruksi GI 150 kV Arjasa (R1 s/d R4)
- Enam orang manajemen proyek PT. Hasta Karya Perdana (R5 s/d R10)

Tabel 1. Rekapitulasi Penilaian Frekuensi Kemunculan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Frekuensi Kemunculan										
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	FI
Kontraktor utama												
1	Keterlambatan penyelesaian administrasi kerja tambah kurang	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	65
2	Administrasi proyek yang buruk	2	2	3	2	3	4	4	2	3	3	70
3	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	1	1	3	1	3	4	3	2	3	4	62,5
4	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	3	3	3	1	2	4	3	3	3	3	70
5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	1	2	2	2	3	4	3	3	3	4	67,5
Subkontraktor												
6	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	1	3	3	3	3	4	3	3	3	2	70
7	Etos kerja yang rendah	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	80
8	Kurangnya ketersediaan alat berat	2	3	2	2	3	4	2	2	2	2	60
9	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	1	4	3	4	4	4	3	3	3	2	77,5
Pemilik												








No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Frekuensi Kemunculan										
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	FI
10	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	85
11	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan	3	1	1	2	3	3	3	3	4	3	65

Tabel 2. Rekapitulasi Penilaian Tingkat Keparahan Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek







No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Tingkat Keparahan										
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	SI
Kontraktor utama												
1	Keterlambatan penyelesaian administrasi kerja tambah kurang	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	65
2	Administrasi proyek yang buruk	2	2	3	2	3	4	4	2	3	3	70
3	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	1	1	3	1	3	4	3	2	3	4	62,5
4	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	3	4	3	1	2	3	2	3	4	3	70
5	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	1	2	2	2	2	3	2	2	4	3	57,5
Subkontraktor												
6	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	1	3	3	3	3	3	3	3	4	4	75
7	Etos kerja yang rendah	3	3	2	3	4	3	3	3	3	4	77,5
8	Kurangnya ketersediaan alat berat	2	2	3	2	3	3	3	3	4	2	67,5
9	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	1	3	3	3	4	4	3	4	4	4	82,5
Pemilik												

No.	Penyebab Keterlambatan Pengerjaan Proyek	Tingkat Keparahan										
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	SI
10	Alur pemrosesan penagihan yang panjang	2	3	3	3	4	4	3	4	3	4	82,5
11	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan	3	3	4	2	4	3	2	2	4	4	77,5

Lampiran 6. Resources Sheet Penjadwalan CCPM tanpa buffer dengan Overalokasi Tenaga Kerja

		Resource Name	Type	Material	Initials	Group	Max.	Std. Rate
30		Administrasi dan Logistik	Work		ADL		100%	Rp300.000/day
24		Engineering Elektromekanikal	Work		EEM		100%	Rp300.000/day
25		Engineering Sipil	Work		ESL		100%	Rp300.000/day
18		Foreman Subkontraktor A	Work		FSA		100%	Rp180.000/day
19		Foreman Subkontraktor B	Work		FSB		100%	Rp180.000/day
20		Foreman Subkontraktor C	Work		FSC		100%	Rp180.000/day
21		Foreman Subkontraktor D	Work		FSD		100%	Rp180.000/day
22		Foreman Subkontraktor E	Work		FSE		100%	Rp180.000/day
23		Helper Operator	Work		HOP		300%	Rp150.000/day
26		K3L dan Safety	Work		K3L		100%	Rp300.000/day
39		Operator	Work		OPR		400%	Rp180.000/day
31		Pekerja Subkontraktor A1	Work		P		500%	Rp120.000/day
32		Pekerja Subkontraktor A2	Work		WSA2		500%	Rp120.000/day
33		Pekerja Subkontraktor A3	Work		WSA3		500%	Rp120.000/day
34		Pekerja Subkontraktor A4	Work		WSA4		500%	Rp120.000/day
35		Pekerja Subkontraktor A5	Work		WSA5		500%	Rp120.000/day
1		Pekerja Subkontraktor B1	Work		WSB1		500%	Rp120.000/day
2		Pekerja Subkontraktor B2	Work		WSB2		500%	Rp120.000/day
3		Pekerja Subkontraktor B3	Work		WSB3		500%	Rp120.000/day
4		Pekerja Subkontraktor B4	Work		WSB4		500%	Rp120.000/day
5		Pekerja Subkontraktor B5	Work		WSB5		500%	Rp120.000/day
6		Pekerja Subkontraktor B6	Work		WSB6		500%	Rp120.000/day
7		Pekerja Subkontraktor B7	Work		WSB7		500%	Rp120.000/day

RESOURCE SHEET

RESOURCE SHEET	7		Pekerja Subkontraktor B7	Work		WSB7		500%	Rp120.000/day
	8		Pekerja Subkontraktor B8	Work		WSB8		500%	Rp120.000/day
	36		Pekerja Subkontraktor C1	Work		WSC1		800%	Rp120.000/day
	37		Pekerja Subkontraktor C2	Work		WSC1		700%	Rp120.000/day
	14		Pekerja Subkontraktor D1	Work		WSD1		500%	Rp120.000/day
	15		Pekerja Subkontraktor D2	Work		WSD2		500%	Rp120.000/day
	16		Pekerja Subkontraktor D3	Work		WSD3		500%	Rp120.000/day
	17		Pekerja Subkontraktor D4	Work		WSD4		500%	Rp120.000/day
	9		Pekerja Subkontraktor E1	Work		WSE1		300%	Rp120.000/day
	10		Pekerja Subkontraktor E2	Work		WSE2		300%	Rp120.000/day
	11		Pekerja Subkontraktor E3	Work		WSE3		300%	Rp120.000/day
	12		Pekerja Subkontraktor E4	Work		WSE4		300%	Rp120.000/day
	13		Pekerja Subkontraktor E5	Work		WSE5		300%	Rp120.000/day
	38		Pekerja Subkontraktor F1	Work		WSF1		1.200%	Rp120.000/day
	29		Pelaksana Elektromekanikal	Work		PEM		100%	Rp300.000/day
	28		Pelaksana Sipil	Work		PSL		100%	Rp300.000/day
	27		Site Manager	Work		SMG		100%	Rp360.000/day

Lampiran 7. Rangkuman Hasil *Focus Group Discussion* (FGD) *Online* Dokumentasi Pembelajaran dan Pengetahuan dari Pengerjaan Proyek dengan Tim Proyek Pengadaan Material Dan Jasa Konstruksi GI 150 kV Arjasa dan Manajemen Proyek PT. Hasta Karya Perdana

Peserta	Tanggal dan Waktu FGD
Tim Proyek GI 150 KV Arjasa Manajemen Proyek PT. Hasta Karya Perdana	04 Juli 2020, pukul 08.15 s/d 10.00

Keberhasilan Pengerjaan Proyek

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Keberhasilan	Keterangan
Perencanaan	Kontraktor utama	Pengerjaan gambar desain <i>engineering</i> pondasi <i>switchyard</i> diselesaikan tepat waktu	<ul style="list-style-type: none"> • Konsultan <i>engineering</i> berpengalaman dalam bidangnya sehingga pengerjaan dapat dilakukan dengan tepat.
Pengerjaan	Kontraktor utama	Kondusifitas lokasi pekerjaan terjaga dengan baik	<ul style="list-style-type: none"> • Area sekitar lokasi pekerjaan merupakan area rawan pencurian. • Tidak ada kehilangan material elektromekanikal utama.
	Kontraktor utama	Pemberdayaan warga sekitar lokasi pekerjaan untuk tenaga kerja kasar	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek harus menyerap tenaga kerja lokal yang berasal dari lingkungan sekitar lokasi pekerjaan. • Tenaga kerja lokal harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan untuk dapat bekerja.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Keberhasilan	Keterangan
	Kontraktor utama	Pengerjaan proyek dapat dilakukan beriringan dengan pengurusan IMB (Izin Membangun Bangunan)	<ul style="list-style-type: none"> • Bergantung pada kebijakan dan kebijaksanaan aparat lingkungan dan pemerintahan daerah setempat. • Pengurusan IMB memerlukan waktu yang lebih panjang dibandingkan standar waktu pengurusan. • Terdapat proyek yang dikerjakan oleh PT. Hasta Karya Perdana di lokasi lain yang disegel oleh pemerintah daerah setempat karena pengurusan IMB yang terhambat.
	Subkontraktor utama	Material konstruksi sipil datang sesuai spesifikasi: beton	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil pengerjaan konstruksi sipil bergantung pada kualitas material yang digunakan. • Saat material datang, dilakukan pengecekan dari segi kualitas dan kuantitas untuk memastikan material yang digunakan sesuai dengan spesifikasi dan jumlah yang dibutuhkan. • Terdapat subkontraktor yang menggunakan material konstruksi sipil tidak sesuai dengan spesifikasi.
	Subkontraktor	Pekerjaan konstruksi sipil diselesaikan lebih cepat dengan kualitas yang baik: pengaspalan	<ul style="list-style-type: none"> • Subkontraktor memiliki pengalaman kerja yang baik. • Mendapatkan penilaian baik dari pengawas lapangan proyek.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Keberhasilan	Keterangan
	Subkontraktor	Pekerjaan konstruksi sipil untuk peralatan elektromekanikal dilakukan lebih cepat dari perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Material datang lebih awal. • Percepatan pekerjaan didukung oleh subkontraktor yang berpengalaman dan komunikasi serta koordinasi yang berjalan baik.
	Pemilik proyek	Material utama elektromekanikal datang di lokasi pekerjaan lebih awal dari perencanaan: <i>High Voltage Equipment (Disconnecting Switch, Circuit Breaker)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Material dapat dipasang lebih awal. • Percepatan pekerjaan didukung oleh subkontraktor yang berpengalaman dan komunikasi serta koordinasi yang berjalan baik.
	Pemilik proyek	Hubungan dengan pengawas lapangan proyek terjalin dengan baik	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada hambatan komunikasi antara tim proyek dengan pengawas lapangan proyek dalam pengerjaan proyek. • Mendukung keberhasilan pengerjaan proyek.

Hambatan Pengerjaan Proyek

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Hambatan	Keterangan
Perencanaan	Kontraktor utama	Proses perencanaan proyek yang kurang optimal	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan gambar desain <i>engineering</i> memerlukan <i>input</i> data pengukuran kondisi lokasi pekerjaan yang akurat. • Terdapat perubahan gambar desain <i>engineering</i> saat proses pengerjaan proyek akan dimulai.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Hambatan	Keterangan
			<ul style="list-style-type: none"> • Tahapan pengajuan gambar desain <i>engineering</i> kepada pemilik proyek: <ol style="list-style-type: none"> 1. Daftar gambar desain <i>engineering</i> 2. Gambar desain <i>engineering</i> 3. Persetujuan gambar desain <i>engineering</i>
Pengerjaan	Kontraktor utama	Keterlambatan penyelesaian administrasi kerja tambah kurang	<ul style="list-style-type: none"> • Tahapan pengajuan kerja tambah kurang: <ol style="list-style-type: none"> 1. Perbandingan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) dan <i>approval drawing</i> (gambar desain <i>engineering</i> tersetujui). 2. Pengumpulan dan pengecekan bukti fisik. 3. Pembuatan surat pengajuan permohonan kerja tambah kurang. 4. Permohonan rekomendasi kerja tambah kurang kepada direksi pekerjaan dan pemilik proyek. 5. Amandemen kerja tambah kurang. • Perolehan klaim atas penyelesaian kerja tambah kurang menjadi terhambat.
	Kontraktor utama	Administrasi proyek yang buruk	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasi dokumen proyek yang buruk dapat menghambat proses penagihan pembayaran proyek. • Tim proyek kewalahan dalam mendokumentasikan dokumen proyek tanpa adanya staf yang spesifik.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Hambatan	Keterangan
	Kontraktor utama	Staf proyek kurang tegas dalam mengambil keputusan saat <i>site manager</i> berhalangan hadir di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Kinerja setiap anggota dalam tim proyek menentukan keberhasilan proyek. • Kurangnya pengetahuan tasit perihal proyek gardu induk (GI) karena mayoritas staf proyek baru pertama kali bekerja di proyek GI. • Staf proyek tidak bisa selalu menjawab pertanyaan terkait pengerjaan proyek dari subkontraktor dan pengawas lapangan sehingga perlu untuk menanyakan terlebih dahulu ke <i>site manager</i>, berdampak pada waktu dan kualitas pengerjaan proyek.
	Kontraktor utama	Keterlambatan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Menunggu persetujuan gambar desain <i>engineering</i> dari pemilik proyek sehingga pemesanan material kepada penyedia material juga terlambat.
	Kontraktor utama	Kurangnya koordinasi dan persiapan kedatangan material elektromekanikal di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu kedatangan material elektromekanikal tergantung oleh ketersediaan jasa pengiriman. • Terdapat persyaratan penyewaan dari penyedia jasa persewaan peralatan <i>loading</i> dan <i>unloading</i> yang terkadang menghambat proses penyewaan peralatan.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Hambatan	Keterangan
	Subkontraktor	Keterbatasan tenaga kerja pada waktu tertentu	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga kerja lokal subkontraktor libur setiap hari minggu walaupun pengerjaan proyek tetap berjalan.
	Subkontraktor	Etos kerja yang rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Mengakibatkan keterlambatan pengerjaan proyek, dapat menghambat pekerjaan antar subkontraktor. • Terdapat subkontraktor tidak mengikuti arahan untuk menambah tenaga kerja dan waktu bekerja (lembur) ketika mendesak. • Berkomunikasi dan menerapkan kebijakan terkait pembayaran pekerjaan (percepatan atau penundaan pembayaran) dengan subkontraktor untuk memastikan komitmen penyelesaian aktivitas.
	Subkontraktor	Kurangnya ketersediaan alat berat	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat subkontraktor yang tidak mampu untuk mendatangkan alat berat untuk mendukung pengerjaan proyek. Sehingga meminjam alat berat milik subkontraktor lain. • Dapat menghambat pekerjaan antar subkontraktor.
	Subkontraktor	Keterbatasan material konstruksi sipil untuk <i>switchyard</i> dan gedung	<ul style="list-style-type: none"> • Material konstruksi sipil di lokasi pekerjaan sempat <i>stockout</i> sehingga menghambat pengerjaan proyek.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Hambatan	Keterangan
			<ul style="list-style-type: none"> • Memberikan teguran lisan kepada subkontraktor untuk menekankan komitmen penyelesaian aktivitas.
	Pemilik proyek	Alur pemrosesan penagihan pada pemilik proyek yang panjang	<ul style="list-style-type: none"> • Tahapan penagihan: <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengawas lapangan di lokasi pekerjaan 2. Pengawas proyek di Jombang 3. Koordinator pengawas proyek dan manajer pengawas proyek di Surabaya 4. Pengawas dan manajer direksi pekerjaan di Malang 5. Pemilik proyek di Surabaya • Pada setiap unit kerja memerlukan waktu 3 sampai dengan 30 hari kerja. • Jika penagihan tidak segera dibayarkan oleh pemilik proyek maka berdampak pada <i>cashflow</i> kontraktor, harus melakukan penagihan dengan akurat dan tepat agar mempercepat pembayaran.
	Pemilik proyek	Keterlambatan serah terima lahan lokasi pekerjaan dari pemilik proyek kepada kontraktor	<ul style="list-style-type: none"> • Keterlambatan permulaan pengerjaan fisik proyek. • Menindaklanjuti dengan pemilik proyek agar lahan dapat diserahterimakan kepada kontraktor sehingga pengerjaan proyek dapat dimulai.

Tahapan Proyek	Kelompok Penyebab	Hambatan	Keterangan
	Pemilik proyek	Menunggu gambar desain <i>engineering</i> konstruksi sipil dan pemasangan material elektromekanikal disetujui	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek sipil tidak dapat dilaksanakan sebelum gambar desain <i>engineering</i> konstruksi sipil dan pemasangan material elektromekanikal disetujui. • Agar pengerjaan proyek tetap berjalan, pengerjaan proyek difokuskan pada aktivitas yang dapat dilaksanakan.
	Faktor eksternal	Gangguan cuaca (panas, hujan petir, angin kencang) menghambat pengerjaan proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek terhenti saat cuaca buruk. • Mempercepat pengerjaan proyek setelah cuaca membaik.
	Faktor eksternal	Warga menduduki lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan proyek terhambat. • Melengkapi dokumen perizinan dengan segera. • Menjalin hubungan baik dengan aparat lingkungan dan pemerintah daerah.
	Faktor eksternal	Kesulitan mendapatkan air di lokasi pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan konstruksi sipil terhambat di musim kemarau. • Berakibat pada mutu beton yang tidak sesuai dengan spesifikasi. • Mendatangkan truk tangki air dan melakukan pengeboran sumur dalam untuk sumber air.

Lampiran 8. Hasil Perhitungan Pelewatan Maju dan Mundur (*Forward and Backward Scheduling*)

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF				
1	GI 150 kV Arjasa	10 August 2018 09:12	13 February 2020 09:24		542,3																	
2	Desain <i>Engineering</i>	10 August 2018 09:12	27 October 2019 17:00		435,9																	
3	<i>Civil Engineering dan Approval</i>	10 August 2018 09:12	07 December 2018 13:24		117,2																	
4	Soil Investigation	10 August 2018 09:12	19 August 2018 17:00		9,6																	
5	Sondir dan Soil Report	10 August 2018 09:12	19 August 2018 17:00		9,6	0,0	9,6	7	0,0	9,6	5;7	0,0										
								8	0,0	9,6	5;8	0,0										
								9	0,1	9,7	5;9	0,1										
6	Gambar dan Perhitungan	02 September 2018 13:48	07 December 2018 13:24		94,2																	
7	Pondasi	02 September 2018 13:48	13 September 2018 16:24	5	11,2	23,2	34,4	8FS-11,2d	23,2	34,4	5;8	0,0	13;8FS-11,2d	-0,3								
				13		23,5	34,7	9FS-11,2d	23,4	34,6	5;9	0,2	13;9FS-11,2d	-0,1								
8	Cable Duct	25 September 2018 09:24	07 December 2018 13:24	7FS-11,2d	72	45,9	117,9	59	46,1	118,1	7FS-11,2d;59	0,1	5;59	0,3								
				5		45,7	117,7	60	45,7	117,7	7FS-11,2d;60	-0,3	5;60	0,0								

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
9	Steel Structure dan Post for Gantry	20 November 2018 11:00	07 December 2018 13:24	7FS-11,2d	16,8	102,1	118,9	109	102,1	118,9	7FS-11,2d;109	0,0	5;109	0,1				
				5		102,0	118,8											
10	Control Building	01 December 2018 15:36	07 December 2018 13:24	7	5,6	113,6	119,2	79	113,6	119,2	7;79	0,0						
11	Electromechanical Engineering dan Approval	10 August 2018 08:00	27 October 2019 17:00		436,0													
12	Technical Drawing	10 August 2018 08:00	27 October 2019 17:00		413,7													
13	HV Equipment by Owner	10 August 2018 08:00	10 August 2018 16:24		0,8	0,0	0,8	7	0,00	0,8	0;7	0,0						
								18	3,6	4,4	0;18	4,4						
								128	-0,4	0,4	0;14	-1,6						
14	Trafo PS	02 August 2019 13:48	26 August 2019 16:48	7FS-11,2d	24,0	357,4	381,4	110	359,9	383,9	7;110	2,9						
15	SLD	02 September 2018 13:48	19 September 2018 14:12	7FS-11,2d	16,8	23,4	40,2	16	23,4	40,2	7;16	0,0						
								17	29,3	46,1	7;17	5,8						
								19	24,8	41,6	7;19	1,3						
								22	23,6	40,4	7;22	0,1						
								26	26,1	42,9	7;26	2,6						
16	RCP	27 April 2019 14:12	20 May 2019 11:24	15	22,4	260,2	282,6	113	260,1	282,5	15;113	-0,2						
								21FS-22,4d	261,6	284,0	15;21FS-22,4d	1,3						
								28	260,2	282,6	15;28	0,0						
17	Cubicle 20 kV	19 September 2018 14:12	18 May 2019 08:12	15	236,0	40,2	276,2	114	46,1	282,1	15;114	5,8						
18	Insulator	08 May 2019 16:48	02 June 2019 11:48	13	24,0	271,8	295,8	119	275,4	299,4	13;119	3,6						
19	Clamp dan connector	13 May 2019 13:00	24 May 2019 16:36	15	11,2	276,1	287,3	120	277,6	288,8	15;112	1,4						
20	Conductor dan GSW	05 May 2019 11:00	16 May 2019 14:36	7FS-11,2d	11,2	268,1	279,3	115	271,7	282,9	7;115	3,6						
								117	269,0	280,2	7;117	0,9						
21	MV, LV Power dan Control Cable	27 April 2019 14:12	14 May 2019 14:36	16FS - 22,4d	16,8	260,6	277,4	116	260,2	277,0	16;116	-0,1						
								118	263,2	280,0	16;118	3,0						
22	NGR dan NCT			15	33,6	308,1	341,7	111	311,2	344,8	15;111	2,9						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
		14 June 2019 14:48	18 July 2019 15:36					112	311,2	344,8	15;112	2,9						
								23FS-33,6d	311,6	345,2	15;23FS-33,6d	3,4						
								24FS-33,6d	312,3	345,9	15;24FS-33,6d	4,1						
								25FS-33,6d	308,3	341,9	15;25FS-33,6d	0,1						
23	Battery, Charger dan UPS	14 June 2019 14:48	26 June 2019 08:24	22FS - 33,6d	11,2	307,7	318,9	121	311,1	322,3	22;121	2,8						
24	AC/DC Power Supply	25 June 2019 10:00	06 July 2019 14:36	22FS - 33,6d	11,2	318,2	329,4	122	322,3	333,5	22;122	3,5						
25	Telecommunication System	24 July 2019 15:48	05 August 2019 10:24	22FS - 33,6d	11,2	347,7	358,9	123	347,4	358,6	22;123	-0,5						
26	SAS	11 August 2019 13:12	28 August 2019 13:36	15	16,8	366,1	382,9	124	368,7	385,5	15;124	2,6						
27	DFR	15 August 2019 15:36	01 September 2019 17:00	15	16,8	370,0	386,8	125	370,9	387,7	15;125	0,8						
28	Perhitungan Grouding	28 September 2019 14:36	27 October 2019 17:00	16	28,8	413,8	442,6	65	413,8	442,6	16;65	0,0						
29	Pekerjaan Sipil	08 December 2018 13:24	01 February 2020 10:48		412,3													
30	Pekerjaan Prasarana	08 December 2018 13:24	30 December 2019 17:00		380,6													
31	Persiapan	08 December 2018 13:24	13 December 2018 10:48	8	4,8	118,9	123,7	33FS-4,8d	119,5	124,3	8;33FS-4,8d	-0,1						
								36FS-4,8d	119,4	124,2	8;36FS-4,8d	0,4						
								32	118,9	123,7	8;32	0,0						
32	Pematangan Tanah	13 December 2018 10:48	08 February 2019 10:48	31	56,0	123,7	179,7	39	123,7	179,7	31;39	0,0						
								43	125,4	181,4	31;43	1,7						
								79FS-40d	125,5	181,5	31;79FS-40d	1,8						
								49	124,2	180,2	31;49	0,5						
								50	127,0	183,0	31;50	3,3						
								51	124,1	180,1	31;51	0,4						
								52	123,8	179,8	31;52	0,1						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
								63FS+ 24d	125,3	181,3	31;63FS +24d	1,5						
33	Papan Nama	25 December 2019 10:12	30 December 2019 17:00	31FS -4,8d 67	5,6	500,7	506,3	34FS- 5,6d	501,3	506,9	31;34FS- 5,6d	0,0	67;34F S-5,6d	0,0				
34	Tiang Bendera	25 December 2019 10:12	30 December 2019 17:00	33FS -5,6d	5,6	501,3	506,9											
35	Pekerjaan Pagar Keliling	18 June 2019 16:24	30 December 2019 17:00		200,6													
36	Pondasi Pagar	18 June 2019 16:24	13 July 2019 11:24	31FS -4,8d	24,0	310,1	334,1	38FS- 24d 37 47	310,1 311,8 311,2	334,1 335,8 335,2	31;38FS- 24d 31;37 31;47	0,0 1,7 1,1						
37	Tembok Pagar	04 July 2019 09:24	28 July 2019 14:24	36	24,0	325,4	349,4	59 46	327,1 326,5	351,1 350,5	36;59 36;46	1,7 1,2						
38	Saluran Air	13 December 2019 08:12	30 December 2019 17:00	36FS -24d	17,6	486,7	504,3											
39	Duiker dan Jalan Masuk	24 November 2019 11:00	30 December 2019 17:00	32	36,0	468,7	504,7											
40	Pekerjaan Switchyard	24 May 2019 13:24	30 December 2019 17:00		216,6													
41	Pondasi Switchyard	25 May 2019 13:24	30 December 2019 17:00		215,6													
42	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor A	25 May 2019 13:24	17 September 2019 14:12		113,1													
43	Pondasi Trafo	25 May 2019 13:24	02 August 2019 15:24	7 32	68,0	288,3	356,3	57FS- 53d 45FS- 53d 47 44FS- 53d	288,3 288,5 287,7 289,1	356,3 356,5 355,7 357,1	7;57FS- 53d 7;45FS- 53d 7;47 7;44FS- 53d	0,0 0,2 -0,6 0,8	32;57F S-53d 32;45F S-53d 32;47 32;44F S-53d	2,2 2,4 1,6 2,9				
44	Post for Gantry 18 mtr	16 July 2019 09:36	03 September 2019 08:36	43FS -53d	48,0	338,7	386,7	59	339,4	387,4	43FS- 53d;59	-0,5						
45	Post for Gantry 13 mtr	09 June 2019 15:24	28 July 2019 14:24	43FS -53d 63	48,0	302,3	350,3	46	302,5	350,5	43FS- 53d;46	-1,0	63;46	-1,0				
46				45	24,0	350,3	374,3	148	350,5	374,5	45;148	-1,0	37;148	1,2				

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	
	<i>Post for Gantry 9 mtr</i>	28 July 2019 14:24	22 August 2019 08:24	37		349,4	373,4												
47	Pondasi DS dan DSE	07 August 2019 16:12	17 September 2019 14:12	43	40,0	361,3	401,3	151	360,8	400,8	43;151	-0,6	36;151	1,1					
				36		359,6	399,6	152	360,7	400,7	43;152	-0,6	36;152	1,1					
48	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor B	06 August 2019 13:48	05 December 2019 10:36		118,6														
49	Pondasi CB	06 August 2019 13:48	08 September 2019 09:48	32	32,0	358,5	390,5	53	359,3	391,3	32;53	0,8	93;53	0,4					
				93		358,8	390,8	150	359,5	391,5	32;150	1,0	93;150	0,6					
50	Pondasi CT	24 August 2019 13:36	26 September 2019 08:36	32	32,0	376,5	408,5	153	380,3	412,3	32;153	3,8							
51	Pondasi CVT	17 August 2019 10:00	18 September 2019 15:00	32	32,0	369,6	401,6	154	370,0	402,0	32;154	0,3							
								55	371,1	403,1	32;55	1,5							
								53	369,9	401,9	32;53	0,2							
52	Pondasi LA	16 September 2019 08:24	10 October 2019 11:24	32	24,0	399,4	423,4	155	399,6	423,6	32;155	0,1							
53	Pondasi MK	18 September 2019 15:00	30 September 2019 09:36	49	11,2	401,3	412,5	156	401,9	413,1	49;156	0,5	51;156	0,2					
				51		401,6	412,8	54	405,0	416,2	49;54	3,7	51;54	3,4					
54	Pondasi NGR	24 November 2019 08:00	05 December 2019 10:36	53	11,2	467,7	478,9	187	471,0	482,2	53;187	3,4							
55	<i>Support 20 kV</i>	22 October 2019 09:24	02 November 2019 14:00	51	11,2	435,0	446,2	190	436,5	447,7	51;190	1,5							
56	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor C	02 November 2019 11:12	30 December 2019 17:00		57,6														
57	<i>Firewall</i>	02 November 2019 11:12	30 December 2019 17:00	43FS-53d	57,6	447,9	505,5												
58	<i>Cable Duct dan Tutup</i>	03 September 2019 08:36	30 December 2019 17:00		116,8														
59	<i>Cable Duct Type. Large</i>	03 September 2019 08:36	19 September 2019 10:36	37	16,0	385,7	401,7	60	387,4	403,4	37;60	1,7	8;60	0,0	44;60	-0,5			
				8		387,4	403,4	61FS-16d	387,4	403,4	37;61FS-16d	1,7	8;61FS-16d	0,0	44;61FS-16d	-0,5			
				44		386,7	402,7												
60	<i>Cable Duct Type. Medium</i>	19 September 2019 10:36	05 October 2019 14:36	59	16,0	402,7	418,7	62	403,4	419,4	59FS-16d;62	-0,5							
				8		403,4	419,4				8;62	0,0							
61	<i>Cable Duct Type Small</i>	06 December 2019 14:00	30 December 2019 17:00	59FS-16d	24,0	481,8	505,8												
				8		482,0	506,0												

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
62	Cable Duct Crossing Road	05 October 2019 14:36	17 October 2019 08:12	60	11,2	418,7	429,9	68	419,4	430,6	60;68	-0,5	8;68	0,0				
				8		419,4	430,6	67	421,5	432,7	60;67	0,9	8;67	1,4				
								64	421,3	432,5	60;64	1,5	8;64	2,0				
63	Penyangga Kable (Cable Tray)	24 May 2019 13:24	09 June 2019 15:24	7	16,0	287,3	303,3	64	287,3	303,3	7;64	0,1	32;64	2,4				
				32FS+24d		284,9	300,9	45	286,5	302,5	7;45	-0,8	32;45	1,6				
64	Box Kontrol (Drainase)	17 October 2019 08:12	01 December 2019 14:36	63	44,8	432,6	477,3 6	65	432,5	477,3 1	63;65	0,1	44;65	0,7				
				44		430,7	475,5											
65	Earthing Grid	01 December 2019 14:36	13 December 2019 16:36	64 28	12,0	477,4	489,4	66	477,3	489,3	64;66	0,1	28;66	0,0				
66	Hamparan Koral dan Kansteen	13 December 2019 16:36	30 December 2019 17:00	65	16,8	489,3	506,1											
67	Pagar Switchyard	17 November 2019 15:48	25 December 2019 10:12	62	36,8	462,5	499,3	33	464,5	501,3	62;33	1,4						
68	Road Works	06 December 2019 14:00	30 December 2019 17:00	62	24,0	481,3	505,3											
69	Pekerjaan Pos Jaga	02 January 2020 08:02	01 February 2020 10:48		29,7													
70	Pekerjaan Tanah	02 January 2020 08:02	04 January 2020 08:14	106	1,9	492,4	494,3	71	492,5	494,4	106;71	0,1						
71	Pekerjaan Beton dan Pasangan Bata	04 January 2020 08:14	17 January 2020 14:26	70	13,4	494,3	507,7	72	494,4	507,8	70;72	0,1						
72	Pekerjaan Rangka Atap	17 January 2020 14:26	22 January 2020 09:26	71	4,5	507,7	512,2	73	506,2	510,7	71;73	1,3						
								74FS+50%	507,8	512,3	71;74FS+50%	0,1						
73	Pekerjaan Pintu, Jendela dan Plafon	22 January 2020 09:26	27 January 2020 16:14	72	5,6	512,2	517,8	75FS-80%	510,7	516,3		1,3						
74	Pekerjaan Sanitair	25 January 2020 15:36	01 February 2020 10:48	72FS+50%	6,4	515,8	522,2											
75	Pekerjaan Alat Penggantung dan Pengunci	23 January 2020 10:24	26 January 2020 11:24	73FS-80%	3,0	513,2	516,2	76	512,8	515,8	73FS-80%;76	2,4						
76	Pekerjaan Pengecatan	26 January 2020 11:24	28 January 2020 15:36	75	2,4	516,2	518,6	77FS+75%	515,8	518,2	75;77FS+75%	2,4						
77	Pekerjaan Instalasi Listrik	30 January 2020 14:00	01 February 2020 10:48	76FS+75%	1,6	520,4	522,0											

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
78	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV	29 December 2018 14:48	30 July 2019 10:12		208,8													
79	Concrete Reinforcement	29 December 2018 14:48	12 March 2019 16:48	32FS-40d	72,0	139,1	211,1	80	142,3	214,3	32FS-40d;80	3,1	10;80	0,9				
				10		141,4	213,4	85FS-15d	141,4	213,4	32FS-40d;85FS-15d	2,3	10;85FS-15d	0,0				
								86FS-57d	140,9	212,9	32FS-40d;86FS-57d	1,8	10;86FS-57d	-0,5				
								88FS+50%	141,3	213,3	32FS-40d;88FS+50%	2,1	10;88FS+50%	-0,1				
								89FS+50%	141,3	213,3	32FS-40d;88FS+50%	2,1	10;89FS+50%	-0,1				
								91	141,4	213,4	32FS-40d;91	2,3	10;91	0,1				
			82	141,4	213,4	32FS-40d;82	2,3	10;82	0,0									
80	Roof dan Ceiling	12 March 2019 16:48	30 April 2019 15:48	79	48,0	213,4	261,4	85FS-15d	214,3	262,3	79;85FS-15d	0,9						
								87FS-5d	213,4	261,4	79;87FS-5d	0,0						
								81	213,6	261,6	81	0,3						
81	Doors dan Windows Work	30 April 2019 15:48	02 June 2019 11:48	80	32,0	261,4	293,4	84FS-30d	263,3	295,3	80;84FS-30d	1,9						
								89	261,6	293,6	80;89	0,3						
82	Sanitary dan Plumbing	06 June 2019 11:48	13 July 2019 09:48	79	36,0	298,9	334,9	83	298,9	334,9	79;83	0,0						
83	Floor dan Wall Tiling	13 July 2019 09:48	30 July 2019 10:12	82	16,8	334,9	351,7											
84	Metal Works	25 May 2019 10:48	18 June 2019 14:48	81FS-30d	24,0	285,3	309,3	85	287,1	311,1	81FS-30d;85	1,9						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
85	Painting Work	18 June 2019 14:48	05 July 2019 16:12	79FS -15d	16,8	311,1	327,9	92	311,1	327,9	79FS- 15d;92	0,0	80FS- 15d;92	0,9	84;92	1,9		
				80FS -15d		310,3	327,1	93	311,1	327,9	79FS- 15d;93	0,0	80FS- 15d;93	0,9	84;93	1,9		
				84		309,3	326,1											
86	Instalation Electrical Mechanical	24 June 2019 11:36	18 July 2019 15:36	79FS -15d	24,0	316,9	340,9	87	316,4	340,4	79FS- 15d;87	-0,5						
87	Lightning Protections	18 July 2019 15:36	30 July 2019 10:12	80FS -5d	11,2	340,4	351,6											
				86		340,9	352,1											
88	Cable Duct Gedung Kontrol Type I	26 May 2019 09:12	05 July 2019 16:12	79FS +50 %	40,0	287,4	327,4	92	287,4	327,4	79FS+50 %;92	0,0						
89	Cable Duct Gedung Kontrol Type II	02 June 2019 11:48	13 July 2019 09:48	79FS +50 %	40,0	294,8	334,8	90	294,8	334,8	79FS+50 %;90	0,0	81;90	1,4				
				81		293,4	333,4											
90	Cable Duct Gedung Kontrol Type Crossing	13 July 2019 09:48	30 July 2019 10:12	89	16,8	334,8	351,6											
91	Pondasi Trafo PS	05 July 2019 16:12	30 July 2019 10:12	79	24,0	328,4	352,4											
92	Fire Fighting Equipment	05 July 2019 16:12	30 July 2019 10:12	85	24,0	327,9	351,9											
				88		327,4	351,4											
93	Sundries	24 July 2019 13:24	30 July 2019 10:12	85	5,6	346,6	352,2											
94	House Works	13 September 2019 08:02	01 January 2020 08:02		108,0													
95	Earthworks	13 September 2019 08:02	15 September 2019 09:02	93	2,0	396,9	398,9	96	397,6	399,6	93;96	0,7						
96	Concreate Reinforcement	15 September 2019 09:02	13 October 2019 14:02	95	28,0	398,9	426,9	97	399,6	427,6	95;97	0,7						
								102	398,9	426,9	95;102	0,0						
97	Roof Work	13 October 2019 14:02	29 October 2019 16:02	96	16,0	426,9	442,9	98	427,6	443,6	96;98	0,7						
								100	427,1	443,1	96;100	0,2						
98	Doors dan Windows Work	29 October 2019 16:02	15 November 2019 09:02	97	16,0	442,9	458,9	99	443,6	459,6	97;99	0,7						
99	Floor dan Wall Tiling	15 November 2019 09:02	01 December 2019 13:02	98	16,0	458,9	474,9	104FS -10d	459,6	475,6	98;104F S-10d	0,7						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
100	<i>Celling Works</i>	09 November 2019 09:02	21 November 2019 10:02	97	12,0	453,2	465,2	101 104	453,2 453,4	465,2 465,4	97;101 97;104	0,0 0,2						
101	<i>Painting Work</i>	19 December 2019 15:02	01 January 2020 08:02	100 104	12,0	493,7 493,4	505,7 505,4											
102	<i>Sanitary dan Plumbing</i>	12 November 2019 10:38	20 November 2019 11:38	96	8,0	456,6	464,6	103	456,6	464,6	96;103	0,0						
103	<i>Drainage Work</i>	20 November 2019 11:38	02 December 2019 14:38	102	12,0	464,6	476,6	105	464,6	476,6	102;105	0,0						
104	<i>Electrical Work</i>	21 November 2019 10:02	02 December 2019 14:38	99FS-10d 100	11,2	464,7 465,2	475,9 476,4	101 105	465,4 465,4	476,6 476,6	99FS-10d;101 100;105	0,7 0,2						
105	<i>Miscellaneous Work</i>	02 December 2019 14:38	14 December 2019 09:14	104 103	11,2	476,4 476,6	487,6 487,8	106	476,6	487,8	104;106 103;106	0,2 0,0						
106	<i>Landscape Work</i>	14 December 2019 09:14	01 January 2020 08:02	105	17,6	487,8	491,4											
107	Pengadaan Material	14 May 2019 14:36	28 December 2019 10:36		223,5													
108	Fabrikasi	14 May 2019 14:36	16 December 2019 16:00		212,3													
109	<i>Steel Structure, Post dan Beam</i>	04 June 2019 08:36	16 August 2019 10:36	9	72,0	297,4	369,4	127	297,4	369,4	9;127	0,0						
110	Trafo PS	26 August 2019 16:48	02 December 2019 14:48	14	96,0	381,4	477,4	129	383,9	479,9	14;129	2,9						
111	NGR	28 August 2019 08:36	03 December 2019 15:36	22	96,0	382,0	478,0	130	385,0	481,0	22;130	2,9						
112	NCT 150 kV	28 August 2019 08:36	03 December 2019 15:36	22	96,0	382,0	478,0	131	385,0	481,0	22;131	2,9						
113	RCP dan MK	04 June 2019 16:00	18 September 2019 15:00	16	104,0	298,1	402,1	132	297,9	401,9	16;132	-0,4						
114	<i>Cubicle 20 kV</i>	18 May 2019 08:12	27 October 2019 16:12	17	160,0	276,2	436,2	133	282,1	442,1	17;133	5,8						
115	<i>Conductor</i>	16 May 2019 14:36	24 September 2019 08:36	20	128,0	279,3	407,3	134	282,9	410,9	20;134	3,6						
116	<i>LV Power dan Multicore Cable Control</i>	14 May 2019 14:36	22 September 2019 08:36	21	128,0	277,4	405,4	135	277,0	405,0	21;135	-0,1						
117	GSW	24 May 2019 16:36	02 October 2019 09:36	20	128,0	287,6	415,6	136 143	288,5 288,8	416,5 416,8	20;136 20;143	0,9 1,2						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF																		
118	Cable XLPE 20 kV	08 August 2019 13:00	16 December 2019 16:00	21	128,0	363,4	491,4	137	365,9	493,9	21;137	2,8																								
119	Insulator Tension dan Suspension	02 June 2019 11:48	10 October 2019 14:48	18	128,0	295,8	423,8	138	299,4	427,4	18;138	3,6																								
120	Fitting, Connector dan Clamp	24 May 2019 16:36	02 October 2019 09:36	19	128,0	287,3	415,3	139	288,8	416,8	19;139	1,4																								
121	Battery, Charger dan UPS	26 June 2019 08:24	03 November 2019 11:24	23	128,0	318,9	446,9	140	322,3	450,3	23;140	2,8																								
122	LV AC/ DC Switchfuse Board	06 July 2019 14:36	13 November 2019 16:36	24	128,0	329,4	457,4	141	333,5	461,5	24;141	3,5																								
123	Digital Teleprotection dan MUX	05 August 2019 10:24	13 December 2019 14:24	25	128,0	358,9	486,9	142	358,6	486,6	25;142	-0,5																								
124	SAS	28 August 2019 13:36	12 December 2019 11:36	26	104,0	382,9	486,9	144	385,5	489,5	26;144	2,6																								
125	DFR	02 September 2019 08:00	16 December 2019 16:00	27	104,0	387,8	491,8	145	389,7	493,7	27;145	1,8																								
126	Deliver On Site	28 July 2019 14:24	28 December 2019 10:36		149,9																															
127	Steel Structure, Post dan Beam	16 August 2019 10:36	22 August 2019 08:24	109	5,6	369,4	374,0	148	368,9	374,5	109;148	0,5																								
								128FS-24d	369,5	374,1	109;128FS-24d	0,0																								
128	HV Equipment by Owner	28 July 2019 14:24	22 August 2019 08:24	13	24,0			150	350,3	374,3	13;150	-2,3	127FS-24d;150	0,2																						
				127FS-24d																																
				151																			350,1	374,1	13;151	-2,4	127FS-24d;151	0,1								
				152																			350,1	374,1	13;152	-2,6	127FS-24d;152	0,0								
				153																			352,7	376,7	13;153	0,1	127FS-24d;153	2,7								
				154																			350,0	374,0	13;154	-2,5	127FS-24d;154	0,0								
				155																			350,2	374,2	13;155	-2,4	127FS-24d;155	0,1								
165	352,8	376,8	13;165	0,2	127FS-24d;165	2,8																														
168	352,8	376,8	13;168	0,2	127FS-24d;168	2,7																														

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
								169	352,7	376,7	13;169	0,2	127FS-24d;169	2,7				
								170	353,1	377,1	13;170	0,6	127FS-24d;170	3,1				
								176	352,8	376,8	13;176	0,2	127FS-24d;176	2,8				
								177	352,6	376,6	13;177	0,1	127FS-24d;177	2,6				
								178	353,0	377,0	13;178	0,5	127FS-24d;178	3,0				
								179	353,0	377,0	13;179	0,5	127FS-24d;179	3,0				
129	Trafo PS	02 December 2019 14:48	14 December 2019 09:24	110	11,2	477,4	488,6	185	479,9	491,1	110;185	2,9						
130	NGR	03 December 2019 15:36	15 December 2019 10:12	111	11,2	478,0	489,2	187	481,0	492,2	111;187	2,9						
131	NCT 150 kV	03 December 2019 15:36	15 December 2019 10:12	112	11,2	478,0	489,2	187	481,0	492,2	112;187	2,9						
132	RCP dan MK	18 September 2019 15:00	30 September 2019 09:36	113	11,2	402,1	413,3	156	401,9	413,1	113;156	-0,4						
								162	405,4	416,6	113;162	3,1						
								171	401,9	413,1	113;171	-0,4						
								174	405,1	416,3	113;174	2,8						
								180	405,0	416,2	113;180	2,8						
								184	405,1	416,3	113;184	2,9						
133	Cubicle 20 kV	27 October 2019 16:12	02 November 2019 14:00	114	5,6	436,2	441,8	190	442,1	447,7	114;190	5,8						
134	Conductor	24 September 2019 08:36	05 October 2019 13:12	115	11,2	407,3	418,5	157	410,9	422,1	115;157	3,6						
								166	410,5	421,7	115;166	3,2						
								172	410,4	421,6	115;172	3,1						
								181	410,4	421,6	115;181	3,0						
135	LV Power dan Multicore Cable Control	22 September 2019 08:36	03 October 2019 11:12	116	11,2	405,4	416,6	163	408,8	420,0	116;163	3,7						
								173	405,0	416,2	116;173	-0,1						
								183	408,3	419,5	116;183	3,2						
136	GSW	19 October 2019 14:24	30 October 2019 17:00	117	11,2	433,1	444,3	161	434,0	445,2	117;161	0,9						
								181	435,9	447,1	117;181	2,8						
137	Cable XLPE 20 kV	16 December 2019 16:00	28 December 2019 10:36	118	11,2	491,4	502,6	188	493,9	505,1	118;188	2,8						
138				119	11,2	423,8	435,0	158	426,8	438,0	119;158	3,0						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
	<i>Insulator Tension dan Suspension</i>	10 October 2019 14:48	22 October 2019 09:24					159	427,4	438,6	119;159	3,6						
139	<i>Fitting, Connector dan Clamp</i>	02 October 2019 09:36	13 October 2019 14:12	120	11,2	415,3	426,5	160	416,8	428,0	120;160	1,4						
								182	418,5	429,7	120;182	3,2						
140	<i>Battery, Charger dan UPS</i>	03 November 2019 11:24	14 November 2019 15:00	121	11,2	446,9	458,1	192	448,5	459,7	121;192	1,1						
								193	448,4	459,6	121;193	1,0						
								194	450,3	461,5	121;194	2,8						
141	<i>LV AC/ DC Switchfuse Board</i>	13 November 2019 16:36	25 November 2019 11:12	122	11,2	457,4	468,6	195	461,5	472,7	122;195	3,5						
142	<i>Digital Teleprotection dan Cubicle dan MUX</i>	13 December 2019 14:24	24 December 2019 17:00	123	11,2	486,9	498,1	199	486,6	497,8	123;199	-0,5						
143	<i>Sistem Grounding dan Perlengkapannya</i>	02 October 2019 09:36	13 October 2019 14:12	117	11,2	415,6	426,8	160	416,8	428,0	117;160	1,2						
144	SAS	12 December 2019 11:36	23 December 2019 16:12	124	11,2	486,9	498,1	197	489,5	500,7	124;197	2,6						
145	DFR	16 December 2019 16:00	28 December 2019 10:36	125	11,2	491,8	503,0	201	493,7	504,9	125;201	1,8						
146	PEKERJAAN ELEKTROMEKA NIKAL	31 August 2019 10:24	10 February 2020 15:12		169,6													
147	Pemasangan Material	31 August 2019 10:24	10 February 2020 15:12		145,6													
148	Steel Structure	22 August 2019 08:24	08 September 2019 09:48	127	16,8	374,0	390,8	157	374,5	391,3	127;157	0,5	46;157	-1,0				
				46		374,3	391,1	150	374,7	391,5	127;150	0,6	46;150	-0,9				
149	150 kV - 4 T/L Bay	08 September 2019 09:48	14 December 2019 11:00		95,4													
150	CB	08 September 2019 09:48	17 September 2019 14:12	49	9,3	390,5	399,8	151	391,5	400,8	49;151	1,0	128;151	-2,3	148;151	-0,9		
				128		393,7	403,0	168	394,1	403,4	49;168	3,6	128;168	0,4	148;168	1,7		
				148		391,1	400,4											
151	DS	17 September 2019 14:12	22 September 2019 08:36	47	4,3	401,3	405,6	152	400,8	405,1	47;152	-0,6						
				150		403,0	407,3				150;152	-2,3						
				128		403,0	407,3				128;152	-2,3						
152	DS-E	22 September 2019 08:36	26 September 2019 08:36	128	4,0	407,3	411,3	153	405,1	409,1	128;153	-2,3	47;153	-0,7	151;153	-2,3		
				47		405,8	409,8	169	407,7	411,7	128;169	0,4	47;169	2,0	151;169	0,4		
				151		407,3	411,3											
153	CT			50	4,0	408,5	412,5	154	411,7	415,7	50;154	3,2	152;154	0,3	128;154	0,3		

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF		
		26 September 2019 08:36	30 September 2019 09:36	152		411,3	415,3	170	412,3	416,3	50;170	3,8	152;170	0,9	128;170	0,9				
				128		411,3	415,3	156	409,1	413,1	50;156	0,6	152;156	-2,3	128;156	-2,3				
154	CVT	06 October 2019 11:24	10 October 2019 11:24	153	4,0	421,6	425,6	155	419,6	423,6	153;155	-2,0	51;155	0,2	128;155	-2,4				
				51		419,3	423,3	165	421,9	425,9	153;165	0,3	51;165	2,6	128;165	0,0				
				128		421,9	425,9													
155	LA	10 October 2019 11:24	13 October 2019 14:12	52	3,1	423,4	426,5	160	423,6	426,7	52;160	0,1								
				154		425,9	429,0				154;160	-2,4								
				128		425,9	429,0				128;160	-2,4								
156	Outdoor MK	30 September 2019 09:36	03 October 2019 11:12	132	3,2	413,3	416,5	171	413,1	416,3	132;171	-0,4	53;171	0,2	152;171	-2,4				
				53		412,8	416,0	163	414,9	418,1	132;163	1,5	53;163	2,1	152;163	-0,5				
				152		415,5	418,7													
157	Conductor	05 October 2019 13:12	13 October 2019 14:12	148	8,0	418,1	426,1	158FS-8d	422,0	430,0	148;158 FS-8d	3,9	134;158 FS-8d	3,5						
				134		418,5	426,5	159FS-8d	422,1	430,1	148;159 FS-8d	4,0	134;159 FS-8d	3,6						
								166	421,8	429,8	148;166	3,7	134;166	3,3						
								160	418,7	426,7	148;160	0,5	134;160	0,1						
158	Tension Insulator	08 December 2019 14:12	14 December 2019 11:00	157F S-8d	5,6	482,5	488,1	168	486,0	491,6	157FS-8d;168	3,5	138;168	3,6						
				138		482,4	488,0	165	485,5	491,1	157FS-8d;165	3,0	138;165	3,1						
								199	482,5	488,1	157FS-8d;199	0,0	138;199	0,1						
159	Suspension Insulator	22 October 2019 09:24	27 October 2019 16:12	157F S-8d	5,6	435,1	440,7	162	438,6	444,2	157FS-8d;162	3,5	138;162	3,6						
				138		435,0	440,6													
160	Connector 150 kV, clamp 150 kV, dan perlengkapan penunjang lainnya	13 October 2019 14:12	19 October 2019 11:00	155	5,6	429,0	434,6	161	428,0	433,6	155;161	-1,1	139;161	1,4	143;161	1,2	157;161	1,4		
				139		426,5	432,1	183	429,9	435,5	155;183	0,9	139;183	3,3	143;183	3,1	157;183	3,4		
				143		426,8	432,4	171	426,7	432,3	155;171	-2,4	139;171	0,1	143;171	-0,1	157;171	0,1		
				157		426,5	432,1													
161	GSW	31 October 2019 08:00	08 November 2019 09:00	136	8,0	445,3	453,3	173	445,2	453,2	136;173	-0,1	160;173	-1,1						
				160		446,3	454,3	170	447,2	455,2	136;170	1,9	160;170	0,9						
162	RCP Line Bay	27 October 2019 16:12	02 November 2019 14:00	132	5,6	441,0	446,6	174	444,1	449,7	132;174	3,0	159;174	3,4	163;174	3,8	93;174	2,3		
				159		440,7	446,3	166	444,2	449,8	132;166	3,1	159;166	3,5	163;166	3,9	93;166	2,4		
				163		440,6	446,2	193	442,1	447,7	132;193	1	159;193	1,4	163;193	1,8	93;193	0,3		
				93		441,8	447,4	190	442,1	447,7	132;190	1	159;190	1,4	163;190	1,8	93;190	0,3		
163				156	24,0	418,7	442,7	172	420,0	444,0	156;172	1,3	135;172	3,7						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	
	LV Power dan Multicore Cable Control	03 October 2019 11:12	27 October 2019 16:12	135		416,6	440,6	190	417,7	441,7	156;190	-0,9	135;190	1,4					
										162	418,1	442,1	156;162	-0,5	135;162	1,8			
164	Main Busbar	01 December 2019 09:00	15 December 2019 16:48		14,6														
165	CVT Bus	14 December 2019 11:00	15 December 2019 16:48	154	1,6	490,9	492,5 3	201	490,9	492,53	154;201	0,0	128;201	0,1	158;201	2,9			
				128		490,9	492,5	168	491,1	492,7	154;168	0,2	128;168	0,2	158;168	3,1			
				158		488,0	489,6												
166	Conductor	01 December 2019 09:00	06 December 2019 15:48	157	5,6	474,6	480,2	172	478,3	483,9	157;172	3,7							
				134		475,2	480,8				134;172	3,2							
				162		475,9	481,5				162;172	2,4							
				195		477,1	482,7				195;172	1,2							
167	150 kV Coupler Bay	19 October 2019 11:00	04 January 2020 10:00		75,5														
168	CB	27 December 2019 16:24	30 December 2019 10:36	150	2,4	504,3	506,7	176	504,6	507,0 4	150;176	0,4							
				128		504,4	506,8				128;176	0,2							
				158		500,6	503,0				158;176	4,0							
				165		504,5	506,8 6				165;176	0,2							
169	DS	31 December 2019 16:24	04 January 2020 10:00	152	3,2	508,2	511,4	177	508,6	511,8	152;177	0,4							
				128		508,4	511,6				128;177	0,2							
				188		508,1	511,3				188;177	0,6							
170	CT	08 November 2019 09:00	09 November 2019 15:48	153	1,6	454,3	455,9	178	455,2	456,8	153;178	0,9							
				128		454,6	456,2				128;178	0,6							
				161		454,3	455,9				161;178	0,9							
171	Outdoor MK	19 October 2019 11:00	20 October 2019 09:24	156	0,8	434,7	435,5	180	435,9	436,7	156;180	1,2	132;180	3,1	160;180	1,3			
				132		432,7	433,5	173	432,3	433,1	156;173	-2,4	132;173	-0,5	160;173	-2,4			
				160		434,6	435,4												
172	Conductor	06 December 2019 15:48	09 December 2019 10:00	166	2,4	482,7	485,1	181	483,9	486,3	166;181	1,2							
				134		480,8	483,2				134;181	3,2							
				163		482,6	485,0				163;181	1,3							
173	LV Power dan Multicore Cable Control	13 December 2019 14:24	24 December 2019 17:00	171	11,2	489,9	501,1	199	487,6	498,8	171;199	-2,4							
				135		487,8	499,0				135;199	0,0							
				161		488,7	499,9				161;199	-1,1							
174	RCP			162	1,6	486,4	488,0	184	488,7	490,3	162;184	2,3	132;184	2,8	195;184	1,1			

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
		11 December 2019 14:12	13 December 2019 10:00	132		485,8	487,4	188	488,4	490,0	162;188	2,0	132;188	2,5	195;188	0,8		
				195		487,6	489,2	187FS+1d	488,6	490,2	162;187FS+1d	2,2	132;187FS+1d	2,7	195;187FS+1d	1		
175	150 kV - Trafo Bay	20 October 2019 09:24	09 January 2020 09:12		79,6													
176	CB	30 December 2019 10:36	04 January 2020 10:00	168	4,8	506,9	511,7	201	507,0	511,8	168;201	0,2	128;201	0,2				
				128		506,8	511,6	177	507,0	511,8	168;177	0,2	128;177	0,2				
177	DS	04 January 2020 10:00	09 January 2020 09:12	169	4,9	511,6	516,5	201	511,8	516,7	169;201	0,2						
				128		511,6	516,5				128;201	0,2						
				176		511,7	516,6				176;201	0,2						
178	CT	09 November 2019 15:48	12 November 2019 10:00	170	2,4	456,2	458,6	179	456,8	459,2	170;179	0,6						
				128		454,8	457,2				128;179	2,0						
179	LA	12 November 2019 10:00	14 November 2019 14:12	178	2,4	458,6	461,0	187FS+30d	459,2	461,6	178;187FS+30d	0,6	128;187FS+30d	0,6	183;187FS+30d	0,8		
				128		458,6	461,0	192	457,2	459,6	178;192	-1,4	128;192	-1,4	183;192	-1,2		
				183		458,4	460,8											
180	Outdoor MK	20 October 2019 09:24	20 October 2019 16:48	171	0,8	435,4	436,2	192	436,2	437,0	171;183	0,8	132;183	2,8				
				132		433,3	434,1	159	436,7	437,5	171;159	1,3	132;159	3,2				
181	Conductor dan GSW	09 December 2019 10:00	10 December 2019 15:48	172	1,6	485,1	486,7	182	486,3	487,9	172;182	1,2						
				134		483,3	484,9				134;182	3,0						
				136		483,5	485,1				136;182	2,8						
182	Connector dan Clamp	10 December 2019 15:48	13 December 2019 10:00	181	2,4	486,7	489,1	184	487,9	490,3	181;184	1,2						
				139		484,6	487,0				139;184	3,2						
183	LV Power dan Multicore Cable Control	20 October 2019 16:48	01 November 2019 10:24	180	11,2	436,2	447,4	188	436,8	448,0	180;188	0,6	135;188	2,9	160;188	0,6		
				135		434,1	445,3	185FS+42d	437,0	448,2	180;185FS+42d	2,9	135;185FS+42d	3,2	160;185FS+42d	0,9		
				160		436,2	447,4	179	437,1	448,3	180;179	0,6	135;179	3,2	160;179	0,9		
184	RCP	13 December 2019 10:00	14 December 2019 09:24	174	0,8	489,2	490,0	197	490,2	491,0	174;197	1,0	132;197	2,7	182;197	1,1		
				132		487,4	488,2	185	490,3	491,1	174;185	1,1	132;185	2,8	182;185	1,2		
				182		489,1	489,9											
185	Trafo PS	14 December 2019 09:24	23 December 2019 16:12	129	9,6	488,6	498,2	197	491,1	500,7	129;197	2,9						
				183FS+42d		490,3	499,9				183FS+24d;197	0,8						
				184		490,0	499,6				184;197	1,1						

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
186	150/20 kV Power Transformers dan Auxiliaries	15 December 2019 10:12	31 December 2019 16:24		16,4													
187	NGR 20 KV lengkap NCT	15 December 2019 10:12	29 December 2019 16:24	179F S+30 d	14,4	491,6	506,0	188	492,2	506,6	179FS+30d;188	0,6						
				130		489,2	503,6				130;188	2,9						
				131		489,2	503,6				131;188	2,9						
				54		488,9	503,3				54;188	3,4						
				174F S+1d		490,0	504,4				174FS+1d;188	2,2						
188	XLPE 20 KV Power Cable	29 December 2019 16:24	31 December 2019 16:24	183	2,0	506,1	508,1	169	506,6	508,6	183;169	0,6						
				187		506,0	508,0				187;169	0,6						
				137		503,0	505,0				137;169	4,0						
				174		505,9	507,9				174;169	0,7						
189	20 kV Switchgears dan Auxiliary Transformer	02 November 2019 14:00	14 November 2019 15:00		12,0													
190	Cubicle 20 kV	02 November 2019 14:00	14 November 2019 15:00	133	12,0	441,8	453,8	192	447,7	459,7	133;192	5,8						
				55		446,2	458,2				55;192	1,5						
				162		447,4	459,4				162;192	0,3						
				163		448,4	460,4				163;192	-0,7						
191	150 kV dan 20 kV Substation Auxiliaries Equipment	14 November 2019 15:00	01 December 2019 09:00		16,0													
192	Battery 110 V DC dan Charger	14 November 2019 15:00	18 November 2019 16:00	190	4,0	460,4	464,4	193	459,7	463,7	190;193	-0,7						
				140		458,1	462,1				140;193	1,1						
				179		461,1	465,1				179;193	-1,4						
193	Battery 48 V DC dan Charger	18 November 2019 16:00	22 November 2019 17:00	192	4,0	465,1	469,1	194	463,7	467,7	192;194	-1,4						
				140		462,2	466,2				140;194	1,0						
				162		463,6	467,6				162;194	0,1						
194	UPS	23 November 2019 08:00	25 November 2019 11:12	193	2,4	469,1	471,5	195	469,7	472,1	193;195	0,6						
				140		466,3	468,7				140;195	2,8						
195	LV AC/ DC Switchfuse Board	25 November 2019 11:12	01 December 2019 09:00	194	5,6	471,5	477,1	197	472,4	478,0	194;197	0,9	141;197	3,2				
				141		468,6	474,2				174	472,6	478,2	194;174	1,1	141;174	3,4	

No.	Aktivitas	Start Date	Finish Date	Predecessor	Durasi	ES	EF	Successor	LS	LF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF	Hubungan Aktivitas	TF
								201	472,1	477,7				194;201	0,6	141;201	2,9	
								166	472,7	478,3				194;166	1,2	141;166	3,5	
196	Peralatan Automation System	23 December 2019 16:12	17 January 2020 10:12		24,0													
197	Substation Automation Software dan Hardware	23 December 2019 16:12	17 January 2020 10:12	195	24,0	499,1	523,1	203	500,7	524,7	195;203	1,6						
				144		498,1	522,1				144;203	2,6						
				184		499,8	523,8				184;203	1,0						
				185		499,9	523,9				185;203	0,8						
198	Telecommunication Equipment	25 December 2019 08:00	05 January 2020 11:36		11,2													
199	Digital Teleprotection Equipment	25 December 2019 08:00	05 January 2020 11:36	158	11,2	498,8	510,0											
				142		499,1	510,3											
				173		502,1	513,3											
200	Energy Meter Panel dan Fault Recorder	09 January 2020 09:12	17 January 2020 10:12		8,0													
201	DFR dan Energy Meter	09 January 2020 09:12	17 January 2020 10:12	195	8,0	516,1	524,1	203	516,7	524,7	195;203	0,6						
				145		514,8	522,8				145;203	1,8						
				177		516,6	524,6				177;203	0,2						
				165		516,7	524,7				165;203	0,0						
202	Testing and Commisioning	17 January 2020 10:12	10 February 2020 15:12		24,0													
203	Individual Test	17 January 2020 10:12	29 January 2020 13:12	201	12,0	524,7	536,7	204	524,7	536,7	201;204	0,0	197;204	12,8				
				197		523,9	535,9											
204	Comissioning	29 January 2020 13:12	10 February 2020 15:12	203	12,0	536,7	548,7	205	536,7	548,7	203;205	0,0						
205	Energized	10 February 2020 15:12	13 February 2020 09:24	204	2,4	548,7	551,1		548,7	551,1	204;205	0,0						

Lampiran 9. Hasil Penjadwalan Ulang CCPM dengan *Buffer*

Task ID	Task Name	Predecessor	Duration	Start	Finish
1	GI 150 KV ARJASA		601,05 days	10 August 2018	13 April 2020
2	DESAIN ENGINEERING		436 days	10 August 2018	27 October 2019
3	Civil Engineering and Approval		117,15 days	10 August 2018	07 December 2018
4	Soil Investigation		9,6 days	10 August 2018	19 August 2018
6	Calculation and Drawing		91,05 days	05 September 2018	07 December 2018
11	Electromechanical Engineering and Approval		436 days	10 August 2018	27 October 2019
12	Technical Drawing		436 days	10 August 2018	27 October 2019
29	PEKERJAAN SIPIL		412,3 days	08 December 2018	01 February 2020
30	Pekerjaan Prasarana		380,58 days	08 December 2018	30 December 2019
35	Pekerjaan Pagar Keliling		225,93 days	14 May 2019	30 December 2019
40	Pekerjaan Switchyard		241,93 days	28 April 2019	30 December 2019
41	Pondasi Switchyard		240,93 days	29 April 2019	30 December 2019
42	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkon A		124,13 days	29 April 2019	03 September 2019
48	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkontraktor B		143,95 days	11 July 2019	05 December 2019
56	Pekerjaan Pondasi Switchyard Subkon C		57,6 days	02 November 2019	30 December 2019
58	Cable Duct & Tutup		116,8 days	03 September 2019	30 December 2019
63	Penyangga Kable (Cable Trav)	7;32FS+24 days	16 days	28 April 2019	14 May 2019

Task ID	Task Name	Predecessor	Duration	Start	Finish
58	Cable Duct & Tutup		116,8 days	03 September 2019	30 December 2019
63	Penyangga Kable (Cable Tray)	7;32FS+24 days	16 days	28 April 2019	14 May 2019
64	Box Kontrol (Drainase)	63;62	44,8 days	17 October 2019	01 December 2019
65	Earthing Grid	64;28	12 days	01 December 2019	13 December 2019
66	Hamparan Koran dan Kansteen	65	16,8 days	13 December 2019	30 December 2019
67	Pagar Switchyard	62	36,8 days	17 November 2019	25 December 2019
68	Road Works	62	24 days	06 December 2019	30 December 2019
69	Pekerjaan Pos Jaga		29,72 days	02 January 2020	01 February 2020
78	Pekerjaan Gedung Kontrol 150 kV dan 20 kV		208,8 days	29 December 2018	30 July 2019
94	House Works		108 days	13 September 2019	01 January 2020
107	PENGADAAN MATERIAL		228,85 days	09 May 2019	28 December 2019
108	Fabrikasi		217,65 days	09 May 2019	16 December 2019
126	Deliver On Site		158,45 days	20 July 2019	28 December 2019
146	PEKERJAAN ELEKTROMEKANIKAL		233,2 days	27 July 2019	20 March 2020
147	Pemasangan Material		209,2 days	27 July 2019	25 February 2020
148	Steel Structure	127;46	16,8 days	27 July 2019	13 August 2019
149	150 kV - 4 T/L Bay		88,58 days	13 August 2019	11 November 2019
150	CB	49;128;148	9,3 days	13 August 2019	22 August 2019

	i	Ta:	Task Name	Predecessor	Duration	Start	Finish
		Mc					
151			DS	47;150;128	4,3 days	22 August 2019	27 August 2019
152			DS-E	128;47;151	4 days	27 August 2019	31 August 2019
153			CT	50;152;128	4 days	31 August 2019	04 September 2019
154			Feeding Buffer-1	51	24,5 days	14 September 2019	09 October 2019
155			Feeding Buffer-2	153	34,6 days	04 September 2019	09 October 2019
156			CVT	153;51;128;	4 days	09 October 2019	13 October 2019
157			LA	52;156;128	3,1 days	13 October 2019	16 October 2019
158			Outdoor MK	132;53;153	3,2 days	03 October 2019	06 October 2019
159			Conductor	148;134	8 days	08 October 2019	16 October 2019
160			Tension Insulator	159FS-8 day	5,6 days	05 November 2019	11 November 2019
161			Suspension Insulator	159FS-8 day	5,6 days	25 October 2019	31 October 2019
162			Connector 150 kV, clamp 150 kV, & perlengkapan penunjang lainnya	157;139;143	5,6 days	16 October 2019	22 October 2019
163			GSW	136;162	8 days	03 November 2019	11 November 2019
164			RCP Line Bay	132;161;165	5,6 days	31 October 2019	05 November 2019
165			LV Power and Multicore Cable Control	158;135	24 days	06 October 2019	31 October 2019
166			4 Main Busbar		34,8 days	11 November 2019	16 December 2019
167			Feeding Buffer-3	160	32,8 days	11 November 2019	14 December 2019
168			CVT Bus	156;128;160	1,6 days	15 December 2019	16 December 2019
169			Conductor	159;134;164	5,6 days	04 December 2019	09 December 2019

	i	Ta:	Task Name	Predecessor	Duration	Start	Finish
		Mc					
199			4 Peralatan Automation System		24 days	27 December 2019	20 January 2020
200			Substation Automation Software & Hardware	198;144;187	24 days	27 December 2019	20 January 2020
201			4 Telecommunication Equipment		11,2 days	25 December 2019	05 January 2020
203			4 Energy Meter Panel dan Fault Recorder		81,5 days	04 December 2019	25 February 2020
204			Feeding Buffer-4	198	33,9 days	04 December 2019	07 January 2020
205			Feeding Buffer-5	180	35,3 days	12 January 2020	17 February 2020
206			Feeding Buffer-6	145	27,1 days	28 December 2019	24 January 2020
207			DFR & Energy Meter	145;180;168	8 days	17 February 2020	25 February 2020
208			4 Testing and Commissioning		59,1 days	20 January 2020	20 March 2020
209			Feeding Buffer-7	200	35,1 days	20 January 2020	25 February 2020
210			Individual Test	207;200;209	12 days	25 February 2020	08 March 2020
211			Commissioning	210	12 days	08 March 2020	20 March 2020
212			ENERGIZED	211	2,4 days	20 March 2020	23 March 2020
213			Project Buffer	212	20,5 days	23 March 2020	13 April 2020

	Ta: Mc	Task Name	Predecessor	Duration	Start	Finish
169		Conductor	159;134;164	5,6 days	04 December 2019	09 December 2019
170		▷ 150 kV Coupler Bay		75,3 days	22 October 2019	07 January 2020
178		▷ 150 kV - Trafo Bay		79,4 days	23 October 2019	12 January 2020
189		▷ 150/20 kV Power Transformers dan Auxiliaries		16,4 days	18 December 2019	03 January 2020
192		▷ 20 kV Switchgears dan & Auxiliary Transformer		12 days	05 November 2019	18 November 2019
194		▷ 150 kV dan 20 kV Substation Auxiliaries Equipment		16 days	18 November 2019	04 December 2019
199		◀ Peralatan Automation System		24 days	27 December 2019	20 January 2020
200		Substation Automation Software & Hardware	198;144;187	24 days	27 December 2019	20 January 2020
201		▷ Telecommunication Equipment		11,2 days	25 December 2019	05 January 2020
203		◀ Energy Meter Panel dan Fault Recorder		81,5 days	04 December 2019	25 February 2020
204		Feeding Buffer-4	198	33,9 days	04 December 2019	07 January 2020
205		Feeding Buffer-5	180	35,3 days	12 January 2020	17 February 2020
206		Feeding Buffer-6	145	27,1 days	28 December 2019	24 January 2020
207		DFR & Energy Meter	145;180;168	8 days	17 February 2020	25 February 2020

GANNT CHART

BIOGRAFI PENULIS



Widiastria Utama, lahir di Surabaya pada 04 Juli 1998 sebagai anak pertama dari satu bersaudara dari pasangan Budhi Satrio dan Amiko Widianingrum. Penulis mengawali pendidikan formalnya di SDN Menanggal 601 Surabaya, kemudian melanjutkan ke SMPN 12 Surabaya, dan SMAN 15 Surabaya. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain mengikuti kegiatan akademik di masa perkuliahan, penulis aktif di bidang non akademik dengan mengikuti kepanitiaan dan kepengurusan di tingkat HMTI ITS, BEM ITS, dan Unit Kegiatan Mahasiswa Fotografi ITS (UKAFO ITS). Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih belum sempurna sehingga untuk saran, kritik, dan pertanyaan dapat menghubungi penulis melalui *email* widiastriautama@gmail.com.