



TESIS - BM185407

**PENJADWALAN PROYEK PEMELIHARAAN
PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN METODE
JALUR KRITIS (STUDI KASUS :
KETIDAKTERCAPAIAN PROGRAM *FAST TRACK*
DI PT.PJB UPHT)**

ARKO SETIYO PRABOWO
09211650024005

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Budi Santosa,MS.,Ph.D

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

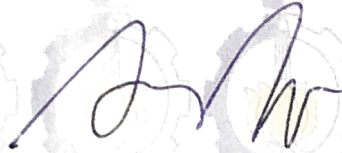
Oleh:

ARKO SETIYO PRABOWO
NRP. 9211650024005

Tanggal Ujian : 12 Januari 2019

Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh:



1. **Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc**
NIP. 196905121994021001

(Pembimbing)



2. **Mohammad Arif Rohman, ST., M.Sc, Ph.D**
NIP. 19771120820050110002

(Penguji)



3. **Niniet Indah Arvitrida, ST., MT, Ph.D**
NIP. 198407052009122007

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,



Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP. 195903181987011001

**PENJADWALAN PROYEK PEMELIHARAAN
PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN
METODE JALUR KRITIS (KETIDAKTERCAPAIAN
PROGRAM *FAST TRACK* PT.PJB UPHT)**

Nama mahasiswa : Arko Setiyo Prabowo
NRP : 09211650024005
Pembimbing : Budi Santosa, Ir., MS., Ph.D.,Prof.

ABSTRAK

PT. Pembangkitan Jawa Bali (PT.PJB) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembangkitan listrik. Dalam perkembangannya, PT.PJB berusaha memperluas bisnisnya untuk menambah jumlah pasokan energi listrik. Hal tersebut berarti diperlukan perencanaan yang matang dan tata kelola yang terstandar dari awal inisiasi proyek agar risiko kegagalan yang mungkin terjadi dapat dimitigasi dengan baik. Pentingnya jadwal proyek pemeliharaan dalam bisnis ketenagalistrikan menjadi suatu perhatian bagi seorang manajer proyek. PT. PJB memiliki target percepatan proyek pemeliharaan pembangkit listrik. Namun, dikarenakan ada permasalahan maka target tersebut tidak tercapai. Permasalahan tersebut bermacam – macam dan seringkali diluar kendali sebagai contoh beban kerja (*Work Load*). *Critical Path Method* (CPM) mengakomodir bagian – bagian kritikal dari suatu proyek untuk dijadikan perhatian khusus bagi pembuat jadwal (*Planner*). Salah satu kunci kesuksesan dalam penggunaan *Critical Path Method* (CPM) adalah kemampuan dan insting dari perencana dalam menentukan rencana secara tepat. *Critical Path Method* (CPM) dapat menghemat waktu dan biaya. Penjadwalan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) ini dilakukan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* dan *Mirosoft Project*. Alternatif solusi pengurangan durasi proyek dengan penambahan jam kerja lembur

berdasarkan *Time - Cost Trade – Off* (TCTO) menjadi pilihan penulis untuk meningkatkan efisiensi durasi waktu pemeliharaan sehingga penjadwalan yang dihasilkan dapat menjadi acuan pengerjaan proyek pemeliharaan pembangkit listrik. Dari hasil penelitian yang terdiri dari 8 skenario percepatan (31 hari, 30 hari, 29 hari, 28 hari, 27 hari, 26 hari, 25 hari, dan 24 hari) disimpulkan bahwa skenario 7 (25 hari) memiliki hasil sesuai yang diharapkan yaitu penyelesaian < 26 Hari dan 75% (Batasan kenaikan anggaran adalah 80% dari Rp. 2.904.775.859 yaitu sebesar Rp 5.083.811.889).

Kata kunci: Penjadwalan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik, Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*), *Time Cost Trade Off*

**PROJECT SCHEDULLING OF POWER PLANT
MAINTENANCE WITH CRITICAL PATH METHOD (CASE
STUDY : UNACHIEVEABLE OF FAST – TRACK PROGRAM
IN PT. PJB UPHT)**

Student Name : Arko Setiyo Prabowo
NRP : 09211650024005
Supervisor : Budi Santosa, Ir., MS., Ph.D.,Prof.

ABSTRACT

PT. Pembangkitan Jawa Bali (PT. PJB) is a company engaged in electricity generation. In its development, PT. PJB tried to expand its business to increase the amount of electricity supply. This means that there is a need for careful planning and standardized governance from the beginning of project initiation so that the risk of possible failure can be mitigated properly. PT. PJB has an acceleration target for power plant maintenance projects. However, due to problems, the target was not achieved. These problems vary and are often out of control as examples of workloads. Critical Path Method (CPM) accommodates critical parts of a project to be a special concern for the planner. Scheduling using the Critical path method (CPM) will be done using the help of Microsoft Excel and Mirosoft Project software. Alternative solutions to reduce the duration of the project with the addition of overtime hours with *Time – Cost Trade – Off* (TCTO) is the author's choice to increase the efficiency of the maintenance time duration so that the resulting scheduling can be a reference for the construction of a power plant maintenance project. From the result of the study, that contains of 8 crashing scenarios, it is concluded that scenario 7 (25 days) has the best result (< 26 days) and cost raising ratio is 75%.

Keywords: Power Plant Maintenance Scheduling, Critical Path Method, Time Cost Trade Off

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang atas Berkat dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul : **PENJADWALAN PROYEK PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE JALUR KRITIS (KETIDAKTERCAPAIAN PROGRAM *FAST TRACK* PT.PJB UPHT)**. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Magister Manajemen Proyek pada MMT - ITS.

Atas bantuan dan dukungan yang telah penulis terima selama pengerjaan tesis ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc, yang telah dengan sabar membimbing serta memberikan masukan kepada penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian tesis ini.
2. Orang tua dan Istri saya, Andina Gustria Caesary, ST yang telah banyak memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
3. Bapak Mohammad Arif Rohman, ST., M.Sc, Ph.D, selaku dosen penguji, yang telah memberikan banyak masukan serta saran untuk penulisan tesis ini.
4. Ibu Niniet Indah Arvitrida, ST., MT, Ph.D, selaku dosen penguji, yang telah banyak memberikan banyak masukan serta saran untuk penulisan tesis ini.
5. Ibu Bintarti Sri Utami selaku *Senior Supervisor Quality Assurance* PT. PJB UPHT, yang juga telah banyak menyediakan waktu dan membantu dalam penulisan tesis ini.
6. Aldian Wahyu Utama selaku rekan kerja penulis di PT.PJB UPHT yang telah membantu penulis didalam melakukan penulisan tesis ini.
7. Seluruh anggota *Goodeer*, yang secara tidak langsung telah membantu penulis didalam penyelesaian tesis ini.

8. Rekan – rekan teman seperjuangan manajemen proyek kelas professional MMT – ITS angkatan tahun 2017.
9. Seluruh staff dosen dan karyawan akademis dan non – akademis MMT-ITS yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah menunjang dalam penyelesaian tesis ini.
10. Serta semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Dengan segala kemampuan yang ada serta mengingat terbatasnya pengalaman dan pengetahuan, kami sepenuhnya menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, baik dalam pengungkapan, pokok pikiran, tata bahasa maupun kelengkapan pembahasannya. Semoga dengan hasil dari penelitian penulis, dapat bermanfaat bagi dunia manajemen proyek dan industri kelistrikan.

Surabaya, 20 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.4.1. Manfaat Teoritis	5
1.4.2. Manfaat Praktis	5
1.5. Batasan Penelitian	5
1.6. Sistematika Penelitian	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1. Definisi dan Terminologi Proyek.....	9
2.2. Estimasi waktu proyek dan biaya (<i>Estimating time project and cost</i>)..	10
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) PT. PJB.....	11
2.4. Pemeliharaan pembangkit listrik (<i>Power Plant Maintenance</i>).....	13
2.5. <i>Lean Concept</i> dalam proyek	14
2.6. <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	15
2.7. <i>Critical Path Method (CPM)</i>	15
2.8. Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik di PT. PJB	16
2.9. Pendefinisian Pekerjaan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik	20
2.10. Penjadwalan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik	21
2.11. <i>Time – Cost Trade – Off (T – C T – O)</i>	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27

3.1.	Tahapan Penelitian	27
3.2.	Pengumpulan Data	30
3.2.1.	Data Primer	30
3.2.2.	Data Sekunder	30
3.2.3.	<i>Work Breakdown Structure</i>	30
3.2.4.	Urutan Aktifitas Sesuai <i>Dependencies</i>	30
3.2.5.	Identifikasi Jalur Kritis (<i>Identify the Critical Path</i>)	31
3.3.	Mempersingkat Jadwal Proyek	32
3.3.1.	<i>Fast Tracking</i>	32
3.3.2.	<i>Crash Duration</i>	33
3.4.	Mengelola Kendala Sumber Daya (<i>Resource Constraints</i>)	33
3.4.1.	Manajemen Sumber Daya Proyek	34
3.5.	Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung (<i>Direct and Indirect Cost</i>)	34
3.6.	Fleksibilitas dan Menilai Penundaan (<i>Assesing Delays</i>)	35
3.7.	<i>Schedule Result</i> dan Rekomendasi	36
3.8.	Simulasi menggunakan <i>software Microsoft Project 2013</i>	36
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	41
4.1.	Gambaran Umum Obyek Penelitian	41
4.2.	<i>Work Breakdown Structure</i> Pekerjaan Pemeliharaan Pembangkit Listrik	41
4.3.	Simulasi penjadwalan untuk mengetahui <i>Critical Path</i> Menggunakan <i>Software Microsoft Project</i>	42
4.4.	Analisa Data Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik	42
4.4.1.	Kondisi Normal Eksisting (32 Hari)	49
4.4.2.	Skenario 1 (31 Hari)	51
4.4.3.	Skenario 2 (30 Hari)	55
4.4.4.	Skenario 3 (29 Hari)	58
4.4.5.	Skenario 4 (28 Hari)	61
4.4.6.	Skenario 5 (27 Hari)	64
4.4.7.	Skenario 6 (26 Hari)	67
4.4.8.	Skenario 7 (25 Hari)	70

4.4.9. Skenario 8 (24 Hari).....	73
4.4.10. Perbandingan Biaya Langsung Semua Skenario (1 sd 8)	76
4.4.11. Perbandingan Biaya Tetap Semua Skenario (1 sd 8).....	78
4.4.12. Perbandingan Biaya Tidak Tetap Semua Skenario (1 sd 8).....	80
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1. KESIMPULAN.....	87
5.2. SARAN	87
DAFTAR PUSTAKA	89

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus Hidup Proyek (<i>Project Life Cycle</i>) (Eric Larson, 2011)	10
Gambar 2.2. Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Boyce, 2002).....	12
Gambar 2.3. Diagram <i>Lean Maintenance Practices</i> (Smith & Hawkins, 2004)	15
Gambar 2.4. Diagram <i>Frame Work Outage Management</i> PT. PJB (Data Perusahaan).....	17
Gambar 2.5. Komposisi Karyawan PT. PJB (Data Perusahaan)	19
Gambar 2.6. Struktur Organisasi Proyek UPHT (Data Perusahaan)	20
Gambar 2.7. Struktur Pendefinisian proyek Koordinator Bidang Mekanik	21
Gambar 2.8. Struktur Pendefinisian Proyek Bidang Turbin Utama dibawah Koordinator	21
Gambar 2.9. Diagram AON	22
Gambar 3.1 Diagram <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).....	28
Gambar 3.2. Diagram Jaringan Pekerjaan (<i>Network Task Diagram</i>)	28
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Penelitian	29
Gambar 3.4. Diagram <i>Critical Path</i>	32
Gambar 3.5. Contoh Realisasi Biaya Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik	35
Gambar 3.6. Pembuatan tabel ID Task dan penentuan <i>Predecessor – Successors</i> sesuai WBS	38
Gambar 3.7. <i>Drafting Precedence Network Diagram</i> menggunakan <i>Microsoft Excel</i>	39
Gambar 3.8. <i>Gantt chart</i> Menggunakan <i>Microsoft Excel 2013</i>	39
Gambar 4.1. Struktur Organisasi Proyek	42
Gambar 4.2. Jadwal Normal 32 hari	44
Gambar 4.3. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 32 Hari	50
Gambar 4.4. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 31 Hari	53
Gambar 4.5. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 30 Hari	57
Gambar 4.6. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 29 Hari	60
Gambar 4.7. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 28 Hari	63
Gambar 4.8. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 27 Hari	66

Gambar 4.9. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 26 Hari	69
Gambar 4.10. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 25 Hari	72
Gambar 4.11. Grafik <i>Cost Versus Time</i> 24 Hari	75
Gambar 4.12. Grafik <i>Cost Versus Time</i> antara durasi normal dengan Skenario 1 sd 8.....	77
Gambar 4.13. Grafik <i>Cost Versus Time</i> Biaya Tetap antara durasi normal dengan Skenario 1 sd 8	79
Gambar 4.14. Grafik <i>Cost Versus Time</i> Biaya Tidak Tetap antara durasi normal dengan Skenario 1 sd 8.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Sebelumnya dan posisi peneliti Pada Permasalahan Penjadwalan.....	25
Tabel 3.1. Proyek Pemeliharaan PT PJB di kurun waktu tahun 2017 (Data Perusahaan).....	27
Tabel 3.2. Contoh <i>List</i> Pekerjaan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik	37
Tabel 4.1. Daftar Pekerjaan Kritis pada Pemeliharaan Pembangkit Listrik	43
Tabel 4.2. Metode Tiap Skenario Beserta Hasil Durasi Penyelesaiannya	45
Tabel 4.3. Rincian Biaya Pemeliharaan	45
Tabel 4.4. Biaya Tidak Langsung Beserta Penjelasan Komponen Jenis Biaya..	46
Tabel 4.5. Biaya Langsung Beserta Penjelasan Komponen Jenis Biaya	46
Tabel 4.6. Biaya Tidak Langsung Beserta Penjelasan Komponen Jenis Biaya..	47
Tabel 4.7. Biaya Langsung Beserta Penjelasan Komponen Jenis Biaya	48
Tabel 4.8. Perhitungan Biaya Kondisi Normal Eksisting (32 Hari)	49
Tabel 4.9. Perhitungan Biaya Skenario 1 (31 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	51
Tabel 4.10. Perhitungan Biaya Skenario 1 (31 Hari).....	52
Tabel 4.11. Perhitungan Biaya Skenario 2 (30 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	55
Tabel 4.12. Perhitungan Biaya Skenario 2 (30 Hari).....	56
Tabel 4.13. Perhitungan Biaya Skenario 3 (29 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari).....	58
Tabel 4.14. Perhitungan Biaya Skenario 3 (29 Hari).....	59
Tabel 4.15. Perhitungan Biaya Skenario 4 (28 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	61
Tabel 4.16. Perhitungan Biaya Skenario 4 (28 Hari).....	62
Tabel 4.17. Perhitungan Biaya Skenario 5 (27 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	64
Tabel 4.18. Perhitungan Biaya Skenario 5 (27 Hari).....	65

Tabel 4.19. Perhitungan Biaya Skenario 6 (26 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	67
Tabel 4.20. Perhitungan Biaya Skenario 6 (26 Hari)	68
Tabel 4.21. Perhitungan Biaya Skenario 7 (25 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	70
Tabel 4.22. Perhitungan Biaya Skenario 7 (25 Hari)	71
Tabel 4.23. Perhitungan Biaya Skenario 8 (24 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)	73
Tabel 4.24. Perhitungan Biaya Skenario 8 (24 Hari)	74
Tabel 4.25. Perbandingan Biaya Langsung Semua Skenario (1 sd 8)	76
Tabel 4.26. Perbandingan Biaya Tetap Semua Skenario (1 sd 8)	78
Tabel 4.27. Perbandingan Biaya Tidak Tetap Semua Skenario (1 sd 8)	80
Tabel 4.28. Hasil Perhitungan <i>Growth of Cost</i>	84
Tabel 4.29. Hasil Penerapan Skenario 7 (<i>Crashing</i> 25 Hari)	85

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan energi yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Di era sekarang, kebutuhan masyarakat akan energi listrik telah dipenuhi oleh program pemerintah yaitu berupa pembangunan pembangkit listrik. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, tercatat hingga Semester I tahun 2018, kapasitas terpasang sudah mencapai 62 Giga Watt (GW) atau meningkat 7 GW dalam 3 tahun terakhir. Di samping itu, Pemerintah tetap berkomitmen menjalankan program 35.000 Mega Watt (MW). Status Juni 2018, perkembangan program tersebut sudah beroperasi secara komersial (*Commercial Operation Date/COD*) sekitar 2.278 MW atau sekitar 6%, 16.523 MW (47%) memasuki tahap konstruksi, kontrak/PPA belum kontrak 13.481 (38%), pengadaan 2.130 MW (6%) dan dalam tahap perencanaan sebesar 1.007 (3%) MW. Total daya terpasang di Indonesia adalah sebesar 59.000 MW.

Pengembangan usaha merupakan keniscayaan bagi sebuah perusahaan, agar perusahaan dapat *Survive* dan bertumbuh kembang. Sebagai salah satu perusahaan pembangkitan listrik terbesar di Indonesia yang mampu menyuplai energi listrik ke induk perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang distribusi listrik yaitu PT PLN Persero, PT. PJB harus menguasai *Project* dan *Program Management* agar pengembangan usaha berjalan dan berhasil dengan baik. Manajemen PT. PJB pun merespon dengan merumuskan Tata Kelola Pengembangan Bisnis Pembangkit Listrik PT. PJB. Proses untuk melaksanakan pengembangan pembangkit listrik merupakan proses yang cukup kompleks dan panjang serta membutuhkan sinergi yang kuat diantara bidang kerja/unit usaha terkait di PT. PJB Group dengan mitra pengembang.

Untuk menjalankan eksekusi proyek pengembangan tersebut PT. PJB menghadapi risiko dan dampak yang besar. Risiko dan peluang terhadap *Project Life Cycle* paling tinggi ada pada tahap *Concept* (inisiasi) dan *Development*,

sedangkan dampak yang tinggi pada tahapan *Implementation (Execution)* dan *Termination (Completion)*. Hal tersebut berarti diperlukan perencanaan yang matang dan tata kelola yang terstandar dari awal inisiasi proyek agar risiko kegagalan yang mungkin terjadi dapat dimitigasi dengan baik. Berdasarkan study yang dilakukan oleh (Kaming, 1997) terhadap 31 proyek kontruksi dengan skala besar, dua masalah utama yang dihadapi dalam implementasi proyek tersebut adalah *Cost Overrun* dan *Project Delay*. (Chitkara, 2014) pada bukunya “*Construction Project Management-Planning, Scheduling, and Controlling*” menyatakan bahwa penyebab utama proyek *Cost Overruns* adalah kurangnya formulasi proyek (investigasi lapangan, kurang pengalaman, studi kelayakan), perencanaan implementasi proyek tidak optimal, kurangnya manajemen dan perencanaan kontrak yang tepat, serta manajemen proyek yang kurang optimal selama eksekusi.

Suatu proyek didefinisikan sebagai sebuah rangkaian aktifitas unik yang memiliki keterkaitan untuk mencapai suatu hasil tertentu dan dilakukan dalam periode waktu tertentu. Menurut (PMI, 2017) sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung di dalamnya yaitu Sementara (*Temporary*), disebut sementara berarti setiap proyek selalu memiliki jadwal yang jelas kapan dimulai dan kapan diselesaikan. Sebuah proyek berakhir jika tujuannya telah tercapai atau kebutuhan terhadap proyek itu tidak ada lagi sehingga proyek tersebut dihentikan. Proyek juga memiliki karakteristik Unik, yang artinya bahwa setiap proyek menghasilkan suatu produk, solusi, *Service* atau *Output* tertentu yang berbeda – beda satu dan lainnya. Hal ini sejalan dengan proses bisnis UPHT yaitu unit pelayanan pemeliharaan pembangkit listrik, sehingga outputnya berupa jasa pemeliharaan dan resume pemeriksaan (*Assesment*). Karakteristik proyek yang lain adalah *Progressive Elaboration*. Maksud dari *Progressive Elaboration* adalah karakteristik proyek yang berhubungan dengan dua konsep sebelumnya yaitu sementara dan unik. Setiap proyek terdiri dari langkah – langkah yang terus berkembang dan berlanjut sampai proyek berakhir. Setiap langkah semakin memperjelas tujuan proyek. Karakteristik – karakteristik tersebut di atas yang membedakan aktifitas suatu proyek terhadap aktifitas rutin operasional. Aktifitas operasional cenderung bersifat terus – menerus dan berulang – ulang, sementara

aktifitas proyek bersifat temporer dan unik. Dari segi tujuannya, aktifitas proyek akan berhenti ketika tujuan telah tercapai. Sementara aktifitas operasional akan terus menyesuaikan tujuannya agar pekerjaan tetap berjalan.

Unit Pelayanan dan Pemeliharaan Wilayah Timur atau biasa disebut dengan UPHT adalah salah satu unit kerja dari PT. PJB. UPHT memiliki tugas pokok yaitu memberikan pelayanan pemeliharaan baik bersifat overhaul pembangkit listrik ataupun proyek pemeliharaan peralatan pembangkit. Kegiatan overhaul unit pembangkitan secara strategis memiliki peran yang sangat penting dalam pengelolaan unit pembangkit. Dengan adanya kegiatan pemeliharaan atau overhaul diharapkan performance dan keandalan dari suatu unit pembangkit dapat menjadi lebih baik. Ada suatu keterkaitan hubungan antara overhaul peralatan pembangkit dan kehandalan performansi pembangkit listrik (Terziovski, 2014).

Pentingnya jadwal proyek pemeliharaan dalam bisnis ketenagalistrikan menjadi suatu perhatian bagi seorang *Project Leader*. Kebutuhan akan suplai tenaga listrik adalah alasan mengapa suatu pemeliharaan peralatan pembangkit listrik harus segera diselesaikan secara *On Time*. Karena itu, program Percepatan Penyelesaian Pemeliharaan (*Fast - Track*) atau disebut juga *Reduce Down Time (RDT)* hal yang penting bagi UPHT sebagai unit yang bergerak di bidang pelayanan pemeliharaan. *Scope* (lingkup) pekerjaan pemeliharaan pembangkit di PT.PJB dibagi sesuai jenis pembangkitnya. Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), lingkup proyeknya adalah : *Serious Inspection (SE)*, *Mean Inspection (ME)*, dan *Simple Inspection (SI)*. Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU), lingkup proyeknya adalah : *Major Inspection (MI)*, *Turbine Inspection (TI)*, dan *Combuster Inspection (CI)*. Setiap lingkup jadwal pemeliharaan memiliki durasi waktu pemeliharaan yang berbeda.

Pada tahun 2017, telah dilakukan pemeliharaan pembangkit listrik *Major Inspection (MI)* GT1.3 di Unit Pembangkitan Gresik. Pada proyek MI GT 1.3 rencana saved time 6 hari tidak dapat terjadi karena pada saat realisasi proyek hanya bisa didapat *Saved Time* 1 hari saja. Ada beberapa delay time yang terjadi diakibatkan oleh suatu pekerjaan. Dengan menggunakan *Critical Path Method (CPM)*, diharapkan dapat dipetakan titik – titik kritis pekerjaan yang dapat mengakibatkan delay sehingga penjadwalan proyek akan lebih mudah dilakukan

dengan optimal. *Critical Path Method* (CPM) awalnya dikembangkan secara spesifik untuk perencanaan dalam konstruksi. Sebuah industri konstruksi terdiri dari sinergi antar bidang baik korporasi maupun Lembaga pemerintahan. Perusahaan konstruksi memiliki permasalahan yang hampir sama. Permasalahan tersebut bermacam – macam dan seringkali diluar kendali kontraktor seperti cuaca, serikat pekerja, upah minimum, dan beban kerja (*Work Load*). *Critical Path Method* (CPM) mengakomodir bagian – bagian kritikal dari suatu proyek untuk dijadikan perhatian khusus bagi pembuat jadwal (*planner*). Salah satu kunci kesuksesan dalam penggunaan *Critical Path Method* (CPM) adalah kemampuan dan insting dari perencana dalam menentukan rencana secara tepat. *Critical path method* (CPM) dapat menghemat waktu dan dalam dunia proyek, waktu adalah uang (PMI, 2017).

Pada penelitian ini, penulis berusaha menerapkan *Critical Path Method* (CPM) sebagai salah satu tool optimasi dan diaplikasikan pada proyek pemeliharaan bidang pemeliharaan pembangkit listrik. Selain itu, penelitian sebelumnya yang masih sebatas diaplikasikan pada proyek yang sifatnya tidak *Repetitive* (tidak berulang) menjadi gap tersendiri yang bisa ditingkatkan. Alternatif solusi pengurangan durasi proyek dengan penambahan jam kerja lembur menjadi pilihan penulis untuk meningkatkan efisiensi durasi waktu pemeliharaan dan dilakukan simulasi *Time Cost Trade Off*.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang terkait dengan durasi waktu penyelesaian pemeliharaan pembangkit listrik perlu dilakukan dengan cara menyusun penjadwalan dengan menggunakan *Critical Path Method* dapat dilihat dari beberapa pertanyaan berikut :

1. Apa saja komponen biaya langsung (*Direct cost*) dan biaya tidak langsung (*Indirect Cost*) yang ada dalam proyek pemeliharaan pembangkit listrik?
2. Berapa durasi waktu yang dapat ditekan dengan cara eliminasi pekerjaan kritis yang *Cost Slope* nya paling kecil pada proyek pemeliharaan pembangkit?

3. Bagaimana skenario penjadwalan yang tepat untuk memperpendek durasi penyelesaian proyek pemeliharaan pembangkit listrik dengan biaya yang optimal?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Melakukan *Time - Cost Trade - Off* (T-C T-O) pada proyek pemeliharaan pembangkit listrik.
2. Mengetahui seberapa besar durasi proyek yang dapat ditekan dengan mengurangi durasi pekerjaan yang *Cost-Slope* nya paling kecil.
3. Mengetahui skenario penjadwalan waktu penyelesaian suatu proyek pemeliharaan pembangkit listrik dan rekomendasi jadwal percepatan sebagai evaluasi penjadwalan proyek berikutnya (*Next Project Scheduling*).

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi pengembangan keilmuan tentang penggunaan Metode *Critical Path Method (CPM)* yang sebelumnya banyak diterapkan di bidang industri konstruksi dan *manufacturing*. Pada penelitian ini, penulis menerapkan Metode *Critical Path Method (CPM)* pada proyek pemeliharaan pembangkit listrik.

1.4.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat dijadikan salah satu masukan dan pertimbangan bagi perusahaan penyedia jasa layanan pemeliharaan pembangkit listrik untuk meningkatkan kinerja dan pencapaian target percepatan penyelesaian pemeliharaan (*Fast - Track*) atau *Reduce Down Time (RDT)*.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan berdasarkan data dari proyek pemeliharaan skope Major Inspection (MI) PLTGU di PT PJB Unit Pembangkitan Gresik Tahun 2017 sebagai acuan.
2. Percepatan durasi penyelesaian proyek pemeliharaan pembangkit listrik ditargetkan hingga 26 hari (waktu penyelesaian normal adalah 32 hari).
3. Penambahan biaya pemeliharaan saat proyek (biaya langsung dan biaya tidak langsung) dibatasi hingga maksimal 80% dari biaya yang dianggarkan.

1.6. Sistematika Penelitian

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini disampaikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan terkait penjadwalan pemeliharaan pembangkit listrik.

BAB 2. KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang definisi dan terminologi mengenai Manajemen Proyek, *Project Life Cycle*, Pemeliharaan pembangkit listrik dan *Critical Path Method (CPM)*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang variabel penelitian, waktu, dan lokasi penelitian, prosedur pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, serta langkah-langkah penelitian penjadwalan proyek pemeliharaan pembangkit listrik.

BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang realisasi pemetaan data *Critical Path Method Overhaul* (pemeliharaan) pembangkit listrik dan eliminasi pekerjaan yang *cost slope* nya paling kecil untuk mereduksi waktu

pemeliharaan dan mengoptimasi jadwal proyek dengan sumber daya yang ada.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian mengenai upaya mengurangi durasi waktu pemeliharaan pembangkit listrik dengan metode *Critical Path Method (CPM)* serta skenario *Time Cost Trade Off (TCTO)* dan saran untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

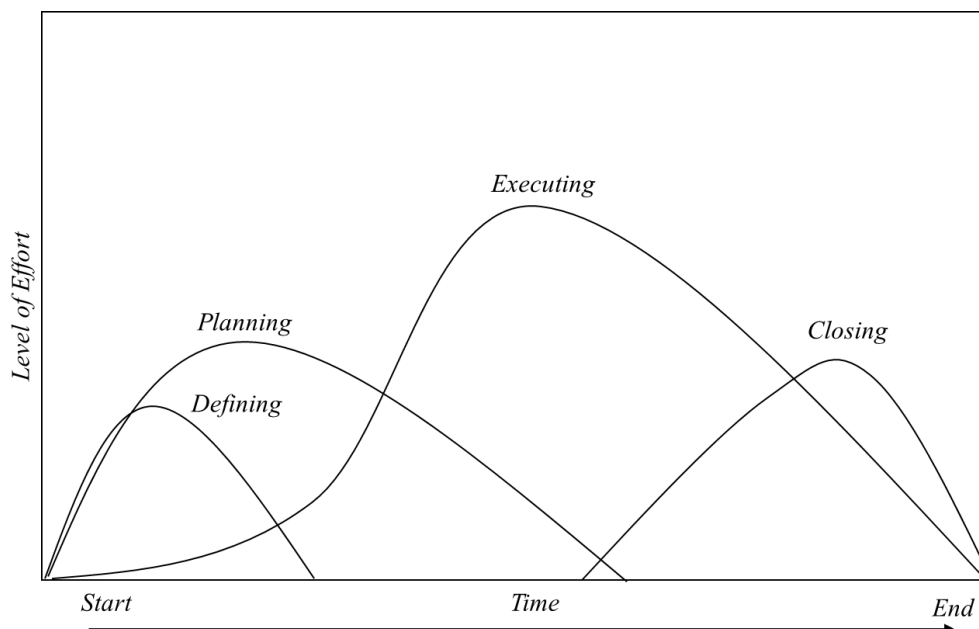
2.1. Definisi dan Terminologi Proyek

Sebuah proyek diartikan sebagai suatu kegiatan yang bersifat sementara karena memiliki awal dan akhir yang jelas. Selain itu, ruang lingkup dan sumber daya suatu proyek telah ditetapkan. Proyek bersifat unik karena bukan suatu operasi rutin, melainkan serangkaian operasi khusus yang dirancang untuk mencapai tujuan tunggal yaitu produk atau jasa. Jadi, dalam suatu tim proyek sering kali terdiri orang-orang yang baru, terkadang dari berbagai organisasi. Proyek harus dikelola secara ahli untuk memberikan hasil tepat waktu, dan sesuai anggaran (PMI, 2017). Menurut (Larson & Gray, 2011), suatu proyek dikatakan unik. Untuk menggambarkan sifat unik dari pekerjaan proyek dapat dilihat dari siklus hidup proyek (*Project Life Cycle*). Seorang manajer proyek merasa perlu untuk menggunakan siklus hidup proyek (*Project Life Cycle*) sebagai landasan untuk mengelola proyek.

Dalam siklus hidup proyek, terlihat bahwa suatu proyek memiliki rentang durasi yang terbatas dan semua perubahan yang terjadi dapat diprediksi selama masa proyek. Ada sejumlah model siklus hidup proyek (*Project Life Cycle*) yang berbeda dalam literatur manajemen proyek. Banyak yang unik untuk industri atau jenis proyek tertentu. Pada umumnya, suatu model siklus hidup proyek (*Project Life Cycle*) dapat terdiri dari lima fase: definisi, desain, kode, integrasi atau pengujian, dan pemeliharaan. Untuk lebih jelasnya, siklus hidup proyek digambarkan seperti pada Gambar 2.1.

Siklus hidup proyek biasanya dilalui secara berurutan melalui empat tahap: mendefinisikan, merencanakan, melaksanakan, dan menyampaikan. Titik awal dimulai saat proyek diberikan lampu hijau untuk dilaksanakan. Pada tahapan *Defining*, dilakukan pendefinisian spesifikasi proyek seperti tujuan proyek dan organisasi proyek serta *Job Desk* masing – masing tim. Pada tahapan *Planning*,

dilakukan proses perencanaan untuk setiap aktifitas rinci dari proyek seperti besar anggaran, sumber daya, potensi resiko dan kualitas hasil proyek yang di inginkan. Fase *Executing* adalah fase yang memiliki porsi paling besar dari siklus hidup proyek (*Project Life Cycle*) dimana pada fase ini, waktumbiaya dan sumber daya digunakan untuk menghasilkan produk proyek. Selain itu pada fase ini juga digunakan sebagai parameter untuk mengendalikan jalannya proyek. Fase *Closing* menjadi tahapan terakhir dimana pada fase ini dilakukan serah terima kepada konsumen serta tinjauan pasca proyek seperti mengevaluasi dan menilai kinerja pelaksanaan proyek.



Gambar 2.1. Siklus Hidup Proyek (Project Life Cycle) (Larson & Gray, 2011)

2.2. Estimasi waktu proyek dan biaya (*Estimating time project and cost*)

Menurut (Kharbanda, 1995) dalam bukunya *What Made Gertie Gallop: Learning from Project Failures*, disebutkan bahwa dalam sebuah proyek perlu dilakukan estimasi waktu dan biaya karena kedua hal tersebut menjadi pilar kesuksesan sebuah proyek. Dalam buku *Project Management*, (Larson & Gray, 2011) menjelaskan bahwa dikarenakan urgensi untuk mulai bekerja pada proyek, seorang manajer proyek terkadang meminimalkan atau menghindari upaya untuk memperkirakan waktu dan biaya proyek. Padahal kesalahan dalam melakukan estimasi waktu dan biaya proyek adalah kesalah besar dan menyebabkan

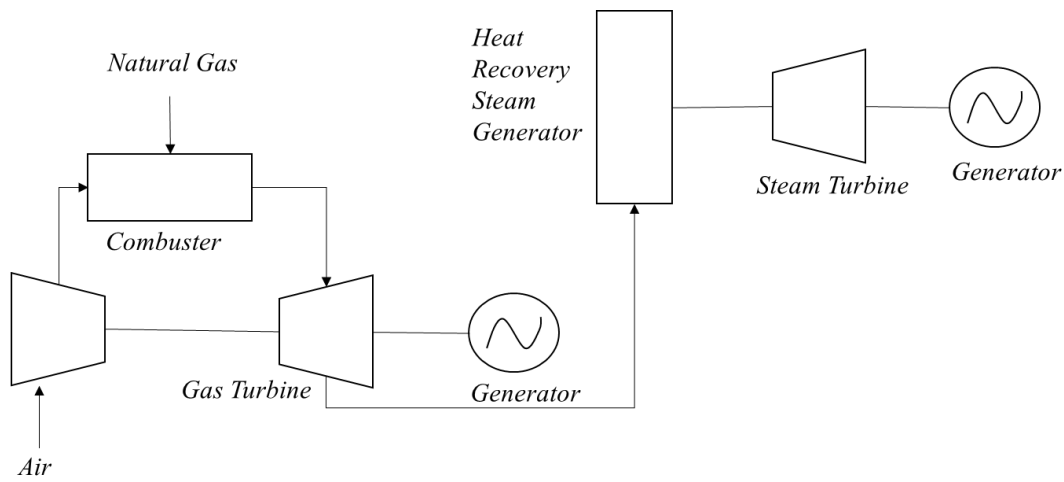
pembengkakan biaya (*Over Cost*). Estimasi waktu proyek dan biaya sangat penting dilakukan terutama digunakan untuk *Scheduling* proyek. Estimasi adalah sebuah proses dalam meramalkan atau memperkirakan waktu dan biaya dari penyelesaian hasil proyek (*Project Deliverables*). Biasanya estimasi dibagi menjadi dua yaitu *Top – Down* dan *Bottom – Up*. Estimasi *Top - Down* dilakukan oleh manajemen atas (senior manajemen) sedangkan estimasi *bottom – up* dilakukan oleh pekerja proyek (eksekutor). Estimasi yang dilakukan berdasarkan *Work Breakdown Structure (WBS)*. *Stakeholder* proyek mengharapkan estimasi biaya dan waktu yang akurat meski dalam proyek seringkali dipenuhi dengan ketidakpastian. Oleh karena itu, estimasi yang tepat diperlukan dalam memenuhi kepuasan dari para *stakeholder*.

2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) PT. PJB

Permintaan masyarakat akan energi listrik kian hari semakin meningkat. Pemerintah memiliki target pembangunan proyek pembangkit listrik pada tahun 2018 dengan kapasitas hingga 7969 MW. Target penyelesaian proyek pembangkit tenaga listrik tersebut adalah target 3 tahun. Salah satu pembangkit listrik yang banyak berada di Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU). PLTGU merupakan kombinasi dari pembangkit listrik tenaga gas dan pembangkit listrik tenaga uap, di mana mekanisme dari pembangkit listrik ini adalah pembuangan pembakaran turbin gas dialirkan melalui *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)* untuk menghasilkan uap yang digunakan sebagai penggerak turbin uap (*Steam Turbine*).

Prinsip kerja sistem PLTGU pertama terletak pada proses di siklus *Gas Turbine*. Tahapan awal terjadi saat udara atmosfer masuk ke dalam *Intake Air Filter* kemudian dihisap oleh kompresor dan menaikkan tekanan udara tersebut sehingga temperatur udara meningkat. Selanjutnya udara bertekanan dan temperatur tinggi masuk ke *Combuster* (ruang bakar) dan bercampur dengan bahan bakar sehingga terjadi proses pembakaran. Proses pembakaran ini akan menggerakkan turbin gas. Tahap berikutnya, gas buang sisa penggerak turbin gas dapat digunakan untuk menghasilkan uap melalui suatu proses mekanisme melawatkan gas panas agar titik didih air tercapai di HRSG. Tahap akhir, uap yang dihasilkan oleh HRSG dialirkan ke arah saluran penggerak turbin uap. (Marsudi, 2005) Upaya untuk

mempertahankan keandalan dan efisiensi pembangkit untuk pembangkit baru dan yang sudah ada, harus dilakukan dengan tata kelola yang baik. Sebuah pembangkit listrik mempunyai tujuan: untuk dapat beroperasi dengan biaya yang efektif serta berkinerja sangat baik dalam mengelola secara optimal *Asset Life Cycle*. Tata kelola yang dimaksud di sini adalah mengelola berbasis *Asset Management*, yang juga merupakan bagian dari jasa Operasi dan Pemeliharaan.



Gambar 2.2. Diagram Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Boyce, 2002)

Pada gambar 2.2. diterangkan bagaimana diagram dari suatu pembangkit listrik tenaga uap. Terlihat siklus uap (*Steam*) yang bergerak dari *Superheater* menuju steam turbine. Gas sisa dari gas turbin yang masih memiliki suhu tinggi akan dilewatkan ke HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) untuk kembali mengubah air dari *Condenser* yang berada di *Evaporator*. Siklus ini dinamakan *Closed Cycle* (siklus tertutup) dimana efisiensi penggunaan gas sebagai bahan bakar lebih besar dibandingkan dengan *Open Cycle* (siklus terbuka) yang langsung membuang gas hasil sisa memutar turbin gas (*Gas Turbine*) ke udara. Bagian terbesar dari pembiayaan dalam pembangkitan tenaga listrik adalah komponen C atau biaya bahan bakar yang mencakup hampir 70% dari total pembiayaan. Naik atau turunnya biaya bahan bakar tergantung pada penggunaan listrik oleh konsumen. Oleh karena itu, sangat diperlukan cara pengoperasian yang optimal. Turbin akan menggerakkan rotor generator pada porosnya sehingga akan tercipta perpotongan gaya medan

antara stator dan rotor yang pada akhirnya menjadi sebuah tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator akan diubah oleh trafo yang selanjutnya akan disalurkan menuju gardu induk. Gardu induk menurunkan tegangan dan didistribusikan menuju pemukiman, kantor, pabrik, mall, dan tempat – tempat yang memiliki instalasi listrik.

2.4. Pemeliharaan pembangkit listrik (*Power Plant Maintenance*)

Aurelien Froger mengemukakan pendapat bahwa *Maintenance* atau pemeliharaan adalah tindakan yang diperlukan untuk memastikan bahwa suatu produk menyediakan layanan yang andal. *Maintenance* atau pemeliharaan dapat dibagi menjadi dua kategori: korektif dan preventif. Pemeliharaan korektif dilakukan setelah terjadi kerusakan. Pemeliharaan preventif dilakukan pada interval yang telah ditentukan atau sesuai dengan kriteria yang ditentukan dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan. Pemeliharaan dalam industri kelistrikan menyangkut *overhaul* yaitu pemeliharaan skala besar dalam rentan waktu tertentu. (Froger, 2014). (Wilmott, 1994) memberikan perhatian khusus terhadap pentingnya suatu pemeliharaan terhadap asset produksi (pemeliharaan) dengan menyatakan bahwa terpenuhinya suatu produk dan layanan yang sesuai harapan adalah tergantung dengan kesiapan (*Availability*), kehandalan (*Reliability*) dan pencegahan (*Predictability*) dari suatu aset. Untuk peningkatan performa proyek pemeliharaan pembangkit listrik, sebuah kombinasi antara *Improvement Tools*, teknis dan penyedia layanan pemeliharaan haruslah tepat. (Corder, 1976) menjelaskan lima poin tujuan dari sebuah pemeliharaan pembangkit listrik yaitu :

1. Untuk memperpanjang masa pakai (umur) dari suatu asset
2. Untuk memastikan kesiapan optimal dari peralatan pembangkit listrik yang berada di perusahaan dan mendapatkan kemungkinan pengembalian investasi.
3. Untuk memastikan kesiapan dari pembangkit ketika terjadi suatu kondisi darurat.
4. Untuk memastikan keselamatan dari personel yang menggunakan peralatan pembangkit listrik.
5. Untuk memastikan kepuasan pelanggan (*Customer Satisfaction*).

(Patton, 1988) menyatakan bahwa pekerjaan besar (*Major Work*) yang harus diselesaikan pada pemeliharaan pembangkit listrik adalah : inspeksi, penormalan masalah (*Troubleshooting*), pengaturan (*Adjustment*), perbaikan (*Repair*), kalibrasi, dan tes fungsi (*Functional Test*). Manajemen pemeliharaan didefinisikan sebagai suatu fungsi organisasi perencanaan, pengaturan, dan pengarahan aktivitas yang dilakukan untuk memaksimalkan waktu, uang, personel, peralatan (Kruger, 2015).

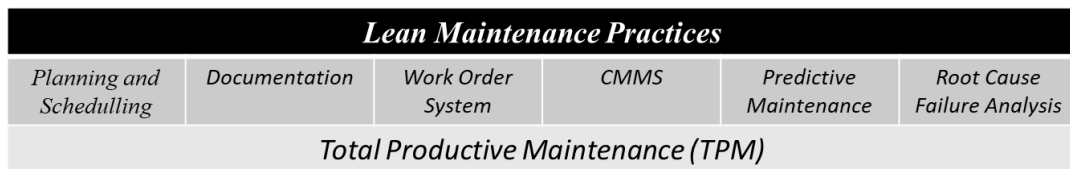
2.5. *Lean Concept* dalam proyek

Dalam sebuah proyek mengidentifikasi tiga tugas manajemen penting dari setiap bisnis: 1. Pemecahan masalah (misalnya, desain produk atau layanan) 2. Manajemen informasi (misalnya, pemrosesan pesanan dan transaksi lainnya kegiatan) 3. Transformasi fisik (misalnya, mengubah bahan mentah menjadi produk jadi) (Womack, 2000). James Womack dan Daniel Jones mendefinisikan aliran nilai (*Value Stream*) sebagai himpunan semua tindakan spesifik yang diperlukan untuk membawa produk atau layanan tertentu melalui tugas-tugas manajemen penting. Jelas, ada hubungan yang kuat di antara ketiganya. Misalnya, desain produk yang sulit dibuat akan berdampak negatif pada aliran nilai transformasi fisik dan jasa. Manajemen informasi yang buruk antara tim dalam proyek akan berdampak negatif pada aliran nilai (*Value Stream*) pemecahan masalah. Karena itu, di dunia bisnis secara umum ketiganya akhirnya harus diatasi.

Untuk organisasi proyek lebih ditekankan kepada poin nomor 1 dan 2 yaitu pemecahan masalah serta manajemen informasi. Mike Rother dan John Shook, (Rother, 1999), adalah publikasi pertama tentang pemetaan value stream. Dalam *Learning to See*, dijabarkan aplikasi pemetaan aliran nilai ke dalam produk dan layanan (yaitu transformasi fisik). *The Complete Lean Enterprise* oleh Beau Keyte dan Drew Locher (2004) memperluas aplikasi *Lean 5S* ke bidang teknis dan proses administrasi yaitu manajemen informasi. Penerapan *Lean* dalam proyek terbukti dapat mempermudah tercapainya tujuan proyek (Keyte, 2004).

2.6. Total Productive Maintenance (TPM)

Salah satu aspek pemeliharaan (*Maintenance*) adalah *Total Productive Maintenance* (TPM). TPM harus diaplikasikan dan beroperasi secara efektif sebelum menerapkan alat-alat (*Tools*) proyek yang lain. Suatu proyek memerlukan persiapan dan perencanaan yang matang, apabila gagal merencanakan maka kemungkinan besar suatu proyek juga akan gagal. Mencoba untuk menerapkan TPM dan *Lean* secara bersamaan dapat diaplikasikan terutama ketika mempersiapkan sebuah tim dalam suatu proyek. Merekrut tim yang berkompeten dan produktif adalah kunci keberhasilan dalam suatu proyek. Dari pengertian tersebut maka diharapkan penerapan TPM pada pemeliharaan agar sejalan dengan permasalahan yang kerap kali dihadapi dalam suatu proyek pemeliharaan. (Smith & Hawkins, 2004).



Gambar 2.3. Diagram *Lean Maintenance Practices* (Smith & Hawkins, 2004)

2.7. Critical Path Method (CPM)

Dalam buku *Project Management with CPM*, Joseph J Moder dan Edward W Darwis mendefinisikan *Critical Path Method* sebagai suatu metode yang sangat produktif untuk diaplikasikan pada prosedur shutdown maupun pemeliharaan (*Maintenance and shutdown procedures*) (Moder, 1983). *Critical Path Method* (CPM) memudahkan planner untuk mengevaluasi suatu proyek dan memetakan rencana *alternative* jalannya suatu proyek. Sedangkan Murray B Wolf dalam bukunya *Faster Construction Project with CPM* mendefinisikan CPM sebagai alat (*tools*) untuk menganalisa dan memprediksi durasi proyek. *Critical Path Method* (CPM) juga dapat digunakan untuk menganalisa detail aktifitas, urutan dan menentukan alur mana yang memiliki fleksibilitas jadwal paling rendah (Wolf, 2007). Saleh Mubarak menjelaskan dalam bukunya bahwa CPM memiliki 4 tahapan yaitu, 1. Menentukan aktifitas kerja, 2. Menentukan durasi pekerjaan, 3.

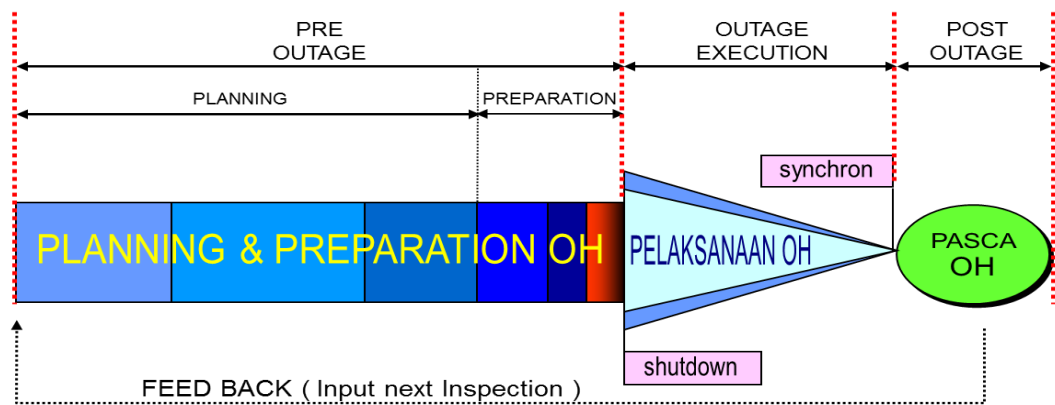
Menentukan *Logical Relationship* (Hubungan Logis), 4. Menggambar *Logic Network* dan melakukan perhitungan CPM (Mubarak, 2015).

2.8. Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik di PT. PJB

Proyek pemeliharaan pembangkit atau Overhaul adalah suatu proyek yang berisi aktifitas pemeliharaan menyeluruh terhadap peralatan pembangkit listrik, yang bertujuan untuk mengembalikan pembangkit listrik pada kondisi semula. Pada pelaksanaannya, proyek pemeliharaan pembangkit listrik di PT. PJB diatur menggunakan sistem yang bernama *Outage Management*. *Outage Management* adalah proses sinergi dan berkesinambungan dari kegiatan perencanaan, persiapan, pelaksanaan, pengendalian, monitoring, evaluasi dan rencana tindak lanjut program pemeliharaan yang mencakup :

- a) Penentuan lingkup pekerjaan
- b) Penjadwalan
- c) Pembuatan *Work Package*
- d) Penetapan kebutuhan sumber daya (*SDM, material, dan tools*)
- e) Penetapan kesiapan sarana
- f) Penetapan standar kualitas dan sasaran hasil pekerjaan
- g) Penetapan Anggaran dan Biaya
- h) Penentuan metode / standar prosedur komunikasi
- i) Pelaksanaan *Overhaul* (OH)
- j) Pelaporan Hasil *Overhaul* (OH)

Frame Work Outage Management dapat digambarkan seperti pada skema berikut:



Gambar 2.4. Diagram *Frame Work Outage Management* PT. PJB (Data Perusahaan)

Seperti terlihat pada skema, *Frame Work Outage Management* terbagi menjadi 3 tahapan besar, yaitu:

1. Tahap *Pre-Outage* : Tahap *Pre-Outage* meliputi kegiatan perencanaan dan persiapan *Overhaul*.

a. Tahapan perencanaan meliputi kegiatan koordinasi dan *meeting*, dan dibagi menjadi :

- *Meeting* R1 : Meeting perencanaan 18 bulan sebelum pelaksanaan *Overhaul*.
- *Meeting* R2 : Meeting perencanaan 12 bulan sebelum pelaksanaan *Overhaul*.
- *Meeting* R3 : Meeting perencanaan 6 bulan sebelum pelaksanaan *Overhaul*.

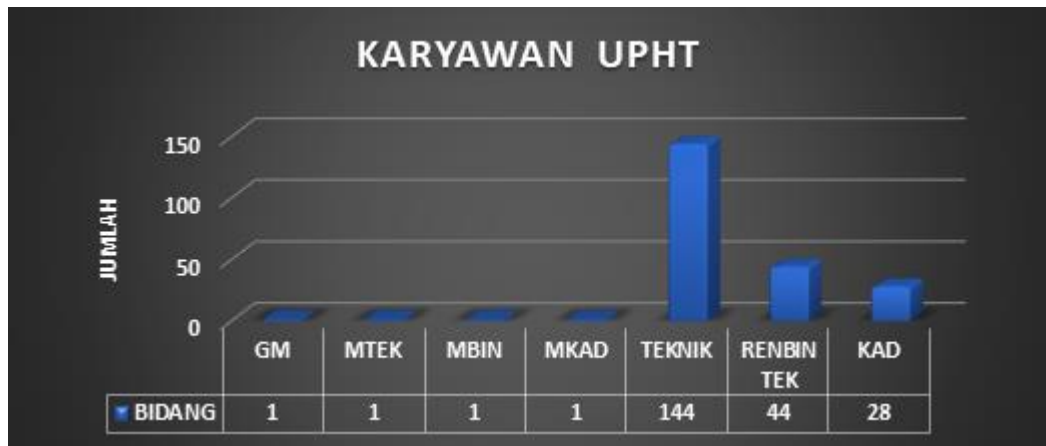
b. Tahapan persiapan meliputi kegiatan koordinasi dan *meeting*, dan dibagi menjadi :

- Meeting P1 : Meeting persiapan 3 bulan sebelum pelaksanaan *Overhaul*.
- Meeting P2 : Meeting persiapan 1 bulan sebelum pelaksanaan *Overhaul*.
- Meeting P3 : Meeting persiapan 1 minggu sebelum pelaksanaan *Overhaul*.

2. Tahapan *Outage Execution* adalah tahapan pelaksanaan *Overhaul*, meliputi :

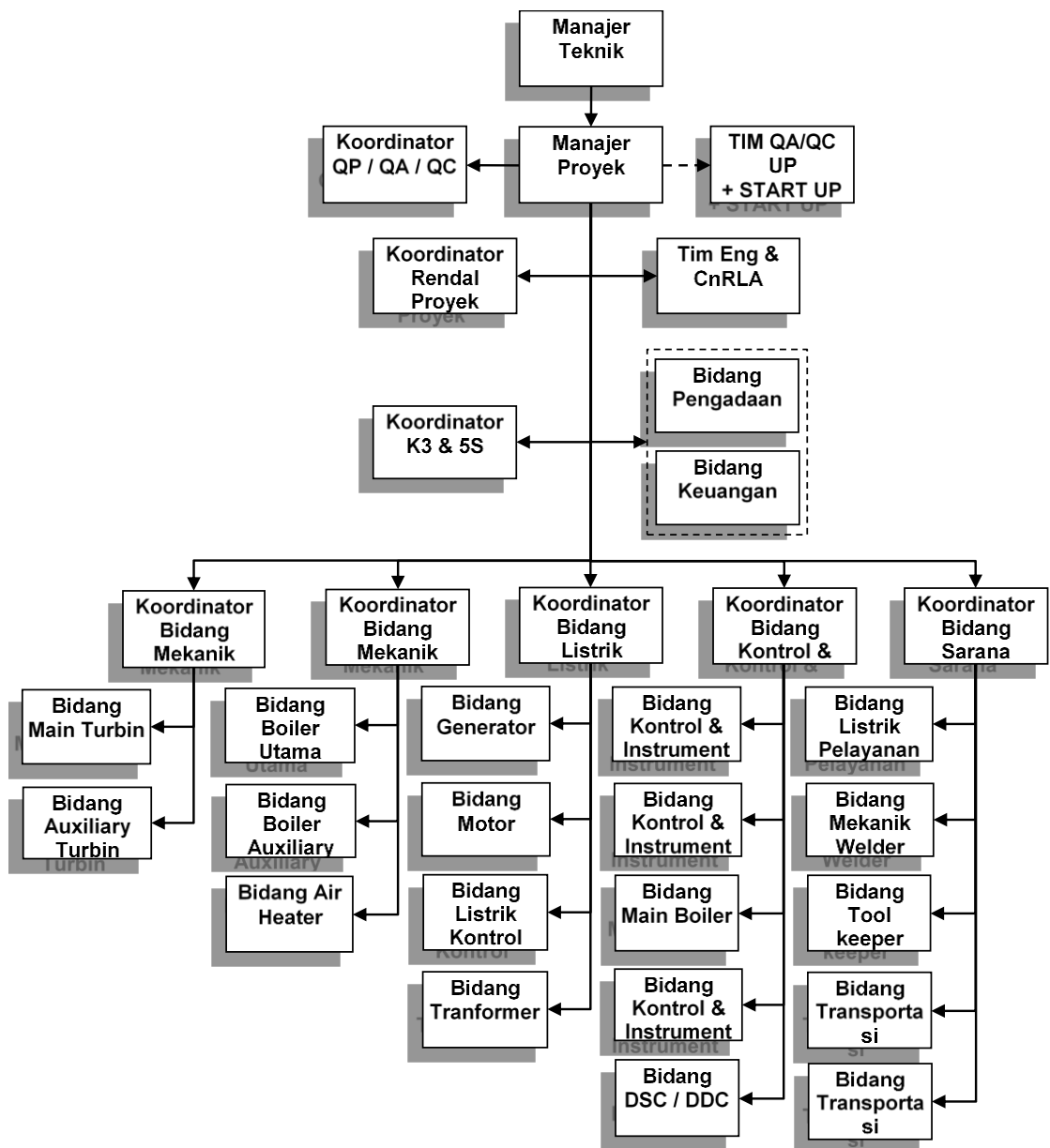
- a. Tahapan *Shutdown*
 - b. Tahapan *Dissassembly*
 - c. Tahapan *Inspection*
 - d. Tahapan *Assembly*
 - e. Tahapan Pengujian (*Individual & Interlock*)
 - f. Tahapan *Start Up and Synchron*
 - g. Tahapan *Performance Test Post Overhaul*
3. Tahapan *Post Outage* adalah tahapan evaluasi hasil pelaksanaan *Overhaul*, meliputi kegiatan:
- a. Meeting Presentasi dan Laporan pelaksanaan *Overhaul*, dilaksanakan 3 minggu setelah *synchron*.
 - b. Meeting Evaluasi dan Rekomendasi pelaksanaan *Overhaul*, dilaksanakan 4 minggu setelah *synchron*.
 - c. Meeting Rencana Tindak Lanjut untuk *Overhaul* berikutnya, dilaksanakan 6 minggu setelah *synchron*.

Sumber daya manusia memegang peranan penting dalam proyek oleh karena itu perlu adanya perencanaan SDM. Pada dasarnya, perencanaan SDM ini digunakan untuk menentukan dan identifikasi SDM dengan keahlian yang disyaratkan untuk kesuksesan proyek. Dalam memelihara pembangkit PT. PJB, UPHT sebagai perusahaan jasa pemeliharaan memiliki karyawan sejumlah 220 orang dengan di dominasi karyawan teknik sebanyak 144 orang. Berikut diagram komposisi karyawan UPHT :



Gambar 2.5. Komposisi Karyawan PT. PJB (Data Perusahaan)

Struktur organisasi dalam proyek pemeliharaan pembangkit listrik di UPHT terdiri dari 3 bidang utama yaitu mekanik, listrik dan *control – instrument*. Selain ketiga bidang tersebut ada juga bidang yang berfungsi melakukan support yang dinamakan bidang sarana. Bidang pengadaan, keuangan dan K3 berada di bagian perencanaan dan pengendalian proyek bersama dengan *Quality Control*. Kesemuanya dipimpin oleh manajer proyek. Berikut struktur organisasi proyek di UPHT :



Gambar 2.6. Struktur Organisasi Proyek UPHT (Data Perusahaan)

2.9. Pendefinisian Pekerjaan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik

Dalam pelaksanaan proyek, tujuan akhir proyek perlu diperinci secara teknis dan operasional agar didapat elemen – elemen pekerjaan secara detail sehingga tujuan tersebut dapat dicapai (Santosa, 2009). Berikut contoh gambaran pendefinisian proyek pekerjaan pemeliharaan pembangkit listrik di PT.PJB oleh UPHT di Bidang Mekanik :

Bidang Mekanik			
Jabatan	Pelaporan Kepada	Jumlah Karyawan	Job Desk
Koord. Bidang Mekanik	Manajer Proyek	1	Mengkoordinasikan bidang – bidang di bawahnya
Total SDM		1	

Gambar 2.7. Struktur Pendefinisian proyek Koordinator Bidang Mekanik

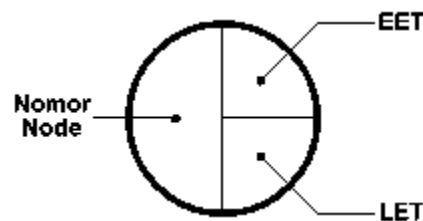
Bidang Turbin Utama			
Bagian	Pelaporan Kepada	Jumlah Karyawan	Job Desk
Ketua Tim	Koord Bidang Mekanik	1	Bertanggung jawab melakukan supervisi bagian
Rotor & Stator, Kompresor, Bearing	Ketua Tim	10	Melakukan pemeliharaan sesuai bagian
Combustion Equipment	Ketua Tim	10	Melakukan pemeliharaan sesuai bagian
Exhaust	Ketua Tim	5	Melakukan pemeliharaan sesuai bagian
Total		26	

Gambar 2.8. Struktur Pendefinisian Proyek Bidang Turbin Utama dibawah Koordinator

2.10. Penjadwalan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik

Schedulling atau juga biasa disebut penjadwalan adalah rencana terperinci yang menggambarkan bagaimana dan kapan suatu proyek akan menghasilkan

produk, layanan, dan hasil yang didefinisikan dalam lingkup proyek (*Project Scope*). Penjadwalan proyek sekaligus berfungsi sebagai alat untuk komunikasi, mengelola keinginan pemangku kepentingan (*Stakeholder*), dan sebagai dasar untuk pelaporan kinerja. Tim manajemen proyek biasanya memilih metode penjadwalan sebagai contoh adalah jalur kritis (*Critical Path*). Kemudian, data spesifik proyek yang berupa kegiatan, rencana, durasi, sumber daya, dan kendala, dimasukkan ke dalam alat penjadwalan untuk membuat model jadwal proyek yang hasil akhirnya adalah jadwal proyek (PMI, 2017). Terdapat perbedaan antara waktu pengerjaan suatu paket pekerjaan dengan kejadian apa yang dihasilkan dari suatu rangkaian paket kerja tertentu. Penjadwalan diperlukan untuk paket pekerjaan atau biasa disebut aktivitas. Suatu kejadian (*Events*) dan *Milestone* merupakan hasil akibat dari aktivitas yang telah selesai statusnya (Santosa, 2009). Metode analisis yang akan dipakai dalam proyek biasanya menggunakan diagram AOA sehingga setiap *Node* merupakan tahap penyelesaian proyek (Larson & Gray, 2011). Simbol yang digunakan untuk *Node* biasanya berupa lingkaran seperti yang diperlihatkan Gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.9. Diagram AON

Agar dapat menyajikan informasi yang diperlukan, simbol *node* berbentuk lingkaran dibagi tiga ruang, ruang pertama sebelah kiri digunakan untuk memberi identitas peristiwa yang berupa nomor *node*. Ruang kedua dan ketiga sebelah kanan digunakan untuk memperlihatkan kapan terjadinya kejadian (peristiwa), yang mana bagian kanan atas menunjukkan waktu peristiwa paling awal atau *Earliest Event Time* (EET) dan bagian kanan bawah menunjukkan waktu peristiwa paling akhir atau *Latest Event Time* (LET).

Setiap risiko memiliki potensi untuk timbul pada setiap proyek, sebab tidak ada sebuah proyek yang tidak memiliki risiko. Sebuah risiko dapat menyebabkan efek pada kelangsungan hidup proyek, tetapi potensi timbulnya risiko dapat diidentifikasi sebelum proyek tersebut dimulai. Dalam berbagai kasus bila sebuah risiko timbul dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian suatu proyek dan langkah yang diambil perusahaan dalam menangani risiko adalah dengan mempercepat suatu pekerjaan seperti dengan mengadakan jam kerja tambahan (lembur). Menurut Krajewski, dalam manajemen proyek selalu ada pertukaran biaya dan waktu, sebagai contoh untuk menyelesaikan waktu proyek yang lebih awal dari jadwal dapat dilakukan dengan menambah sejumlah tenaga kerja atau dengan menambah jam kerjanya yaitu *Time Cost Trade Off* (Krawjeski, 2010).

Menurut Alhomahdy, bila menginginkan waktu penyelesaian lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber ini dapat berupa tenaga kerja, material, peralatan, atau bentuk lain yang dapat dinyatakan sejumlah dana (Alhomady, 2011). *Crashing Project* memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut :

1. Komponen waktu

Terdapat dua komponen waktu, yaitu :

- a. Waktu Normal (*Normal time*), yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- b. Waktu Akselerasi (*Crash Time*), yaitu waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas.

Kedua waktu diatas dihubungkan pada rumus :

$$\text{Total waktu akselerasi} = \text{waktu normal} - \text{waktu akselerasi}$$

2. Komponen biaya

Dalam *Crashing Project* terdapat tiga komponen biaya, yaitu:

- a. Biaya Normal (*Normal Cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi normal.

- b. Biaya Akselerasi (*Crash Cost*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi/*Crash* (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan aktivitas).
- c. Biaya Akselerasi per Unit Waktu (*Slope*), yaitu biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi akselerasi/*Crash* dalam satuan waktu terkecil yang ditentukan dengan rumus:

$$\text{Biaya Akselerasi per unit (slope)} = \frac{\text{Total biaya akselerasi}}{\text{Total waktu akselerasi}}$$

2.11. *Time – Cost Trade – Off* (T – C T – O)

Analisa *Time – Cost Trade – Off* (TCT) adalah teknik yang digunakan untuk mengatasi kemampuan *Critical Path Method* (CPM) untuk membatasi jadwal agar sesuai dengan durasi yang ingin dicapai. Obyektif dari analisis ini adalah untuk mengurangi durasi *Critical Path Method* (CPM) dari suatu proyek agar memenuhi waktu tenggat (*Deadline*) dengan biaya minimum (Chassiakos, 2005). Analisis TCTO adalah salah satu tool manajemen yang penting karena dapat digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek sehingga waktu tunda (*delay*) dapat dinormalkan kembali. Proyek tersebut dapat dipecepat dengan cara penambahan sumber daya baik tenaga kerja ataupun peralatan, atau melalui tambahan waktu kerja (lembur) untuk melakukan *crash* pada aktifitas yang kritis. Namun, mengurangi durasi proyek dapat berakibat pada naiknya biaya langsung (*Direct Cost*) misalnya biaya material, tenaga kerja dan peralatan. Biaya transportasi, pulsa telekomunikasi, dan uang makan (*Extra Fooding*) termasuk dalam biaya tidak langsung (*Indirect Cost*). Namun, naiknya biaya langsung (*Direct Cost*) dapat ditekan bila biaya tidak langsung dikurangi atau bila mendapatkan bonus dari hasil percepatan penyelesaian proyek. Analisa TCTO melibatkan pemilihan beberapa aktifitas kritis dalam proyek dan mengurangi durasi melalui metode yang disebutkan sebelumnya meskipun dengan tambahan biaya. Kombinasi yang berbeda dari metode percepatan penyelesaian dapat dilakukan yang mana tiap skenario dapat menghasilkan durasi proyek dan biaya langsung tersendiri. Dalam

menentukan keputusan skenario TCTO optimum untuk sebuah proyek, kurva biaya langsung dan biaya tak langsung di plot secara tersendiri sehingga kurva biaya total dapat terlihat dari penjumlahan dua komponen ini.

2.12. Posisi Penelitian

Penelitian ini merupakan perancangan penjadwalan proyek pemeliharaan pembangkit listrik oleh PT.PJB UPHT selaku anak perusahaan PT.PLN. Penelitian ini menggunakan salah satu metode penjadwalan (*Scheduling*) yang lazim digunakan dalam merancang jadwal proyek yaitu *Critical Path Method* atau metode analisa jalur kritis. Metode ini digunakan dalam menentukan titik – titik kritis yang ada dalam aktivitas pekerjaan proyek.

Tabel 2.1. Penelitian Sebelumnya dan posisi peneliti Pada Permasalahan Penjadwalan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Keterangan
1	(Kim, 2017)	Pemodelan penjadwalan proyek konstruksi dengan menggunakan teknologi 4D.	Penelitian hanya melakukan simulasi menggunakan visualisasi 4D penjadwalan proyek konstruksi.
2	(Twumasi, 2015)	Penjadwalan proyek jalan raya menggunakan pemodelan metode CPM, <i>Gant Chart</i> dan PERT.	Data yang didapat hanya dari literature review tanpa proses <i>Best Practice</i> .
3	(Menesi, 2010)	Penjadwalan proyek Konstruksi menggunakan CPM dengan <i>Separate Time – Segment</i> .	Pada hasil akhir tidak diketahui pengaruh penjadwalan dengan alokasi sumber daya yang terbatas.
4	Prabowo, Arko (2018) Posisi Peneliti.	Penjadwalan proyek pemeliharaan pembangkit listrik dengan menggunakan metode jalur kritis (<i>Critical Path Method</i>)	Peneliti melakukan simulasi <i>Time – Cost Trade Off</i> berdasarkan hasil analisis CPM.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan pelaksanaan penelitian sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian yakni penjadwalan optimal menjadi pilihan penulis untuk mempercepat durasi waktu pemeliharaan dan melakukan pengalokasian *Cost* (biaya) di proyek pemeliharaan pembangkit listrik PT. PJB.

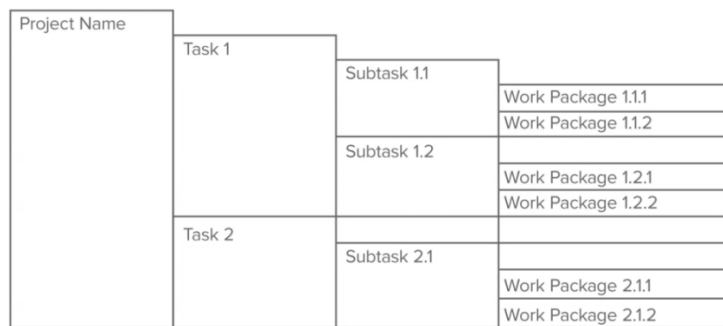
3.1. Tahapan Penelitian

Sebagai permasalahan, diketahui bahwa PT PJB memiliki program percepatan proyek pemeliharaan pembangkit (*Fast – Track*) karena tuntutan ketersediaan listrik dengan nama *Reduce Down Time (RDT)*. Realisasi program RDT tersebut selama kurun waktu Tahun 2017 pada 10 Proyek Pemeliharaan di Gresik ada yang belum memenuhi target (*Not On Time*). Kegagalan pencapaian ketepatan waktu mengakibatkan *Revenue Opportunity Losses*. Pada tahap ini akan di lakukan analisa terhadap poin – poin mana saja yang merupakan penyebab utama tidak tercapainya program percepatan pemeliharaan atau *Reduce Down Time (RDT)*. Berikut tabel hasil pemeliharaan PT. PJB :

Tabel 3.1. Proyek Pemeliharaan PT PJB di kurun waktu tahun 2017 (Data Perusahaan)

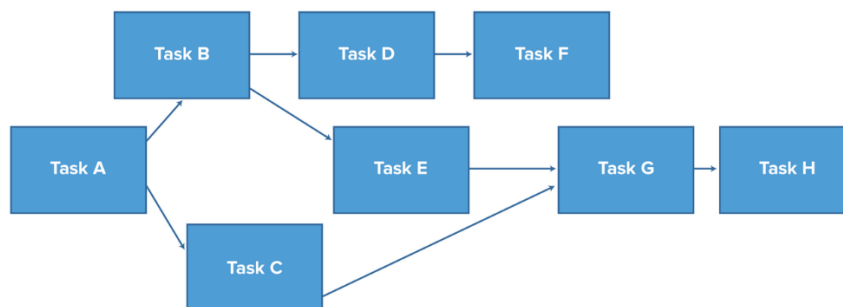
No	Jenis Proyek	Durasi Proyek		Reduced Down Time		Keterangan
		Rencana	Realisasi	Rencana	Realisasi	
1	CI GT 2.3	6	5	1	1 hari (25 jam 22 menit)	
2	MI + Retrofit GT 3.2	35	32	3	3 hari (73 jam 45 menit)	
3	TI + PullOut Generator GT 1.1	45	39	5	6 hari (147 jam 39 menit)	
4	MI + Retrofit GT 1.2	35	24	8	11 hari (273 jam 59 menit)	
5	ME PLTU 2	30	29	2	1 hari (37 jam 34 menit)	
6	MI PLTG 1	45	40	6	5 hari (128 jam 1 menit)	
7	TI GT 3.1	20	18	2	2 hari (50 jam 20 menit)	
8	MI+RI GT 1.3	32	31	6	1 hari (24 jam 1 menit)	
9	ME PLTU 4	30	30	2	(9 jam 20 menit)	
10	MI GT 2.2	42	39	5	3 hari (79 jam)	
TOTAL				40	35 hari (849 jam 1 menit)	Selisih 5 hari dari target

Dari permasalahan di atas, diperlukan adanya sebuah penelitian yang menghasilkan suatu *Schedule* yang dilengkapi dengan keterkaitan antar *Task* pekerjaan serta *Resource Allocation* yang tepat. Tahapan – tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi dan merumuskan pokok permasalahan yang diteliti, yaitu tidak tercapainya target penyelesaian proyek secara tepat waktu. Tahapan kedua adalah membuat *Work Breakdown Structure* (WBS) dari *Standard Job* atau instruksi kerja (IK) dari pekerjaan proyek pemeliharaan pembangkit listrik. Klasifikasi *Task* dari *Work Breakdown Structure* (WBS) akan dilanjutkan dengan identifikasi ketergantungan dari pekerjaan satu dengan pekerjaan yang lain (*Dependencies*).



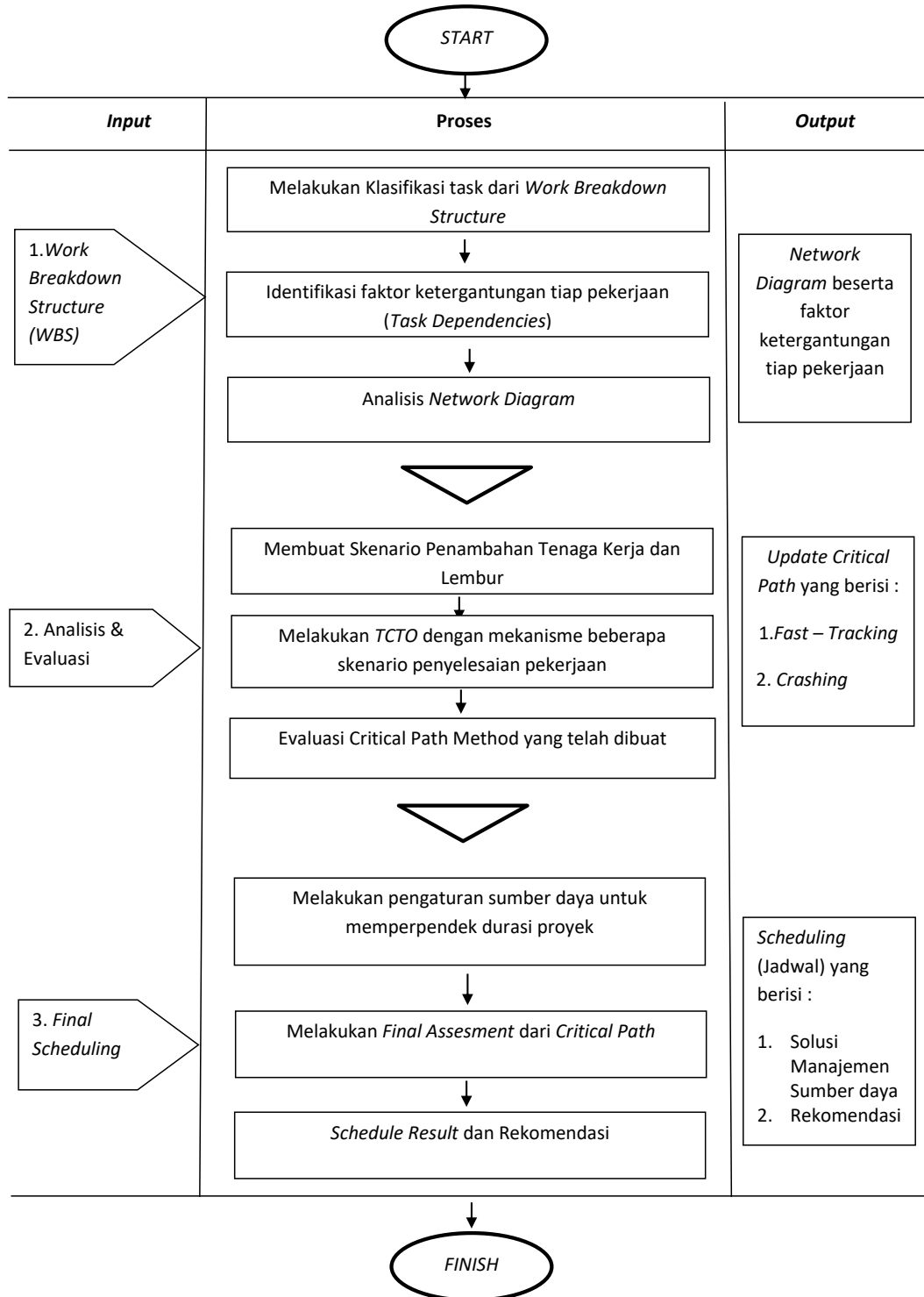
Gambar 3.1. Diagram *Work Breakdown Structure* (WBS)

Hasil dari proses tersebut ialah *Network Precedence Diagram* yang menggambarkan jaringan pekerjaan antar *Task*. Dari *Network Diagram* tersebut nantinya akan diidentifikasi titik kritis dari pekerjaan yang memiliki pengaruh paling tinggi terhadap durasi pekerjaan. Setelah dilakukan penentuan estimasi waktu dan evaluasi *Critical Path* yang telah dibuat maka selanjutnya adalah fase pengaturan sumber daya (*Resource Levelling*).



Gambar 3.2. Diagram Jaringan Pekerjaan (*Network Task Diagram*)

Hal ini dapat diperhatikan pada bagan alir metodologi penelitian berikut ini :



Gambar 3.3. *Flowchart* Penelitian

3.2. Pengumpulan Data

Penelitian analisa risiko rantai pasok ini merupakan studi kasus pada proyek pemeliharaan pembangkit di PT PJB. Dua studi kasus yang diambil adalah proyek yang berlangsung dalam rentan waktu antara bulan September hingga bulan Oktober. Pengumpulan data yang digunakan nantinya berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang dimaksud adalah dengan cara pengamatan langsung di site proyek sedangkan data sekunder adalah data dokumentasi yang tersedia di perusahaan.

3.2.1. Data Primer

Data Primer berupa pengamatan langsung serta pendataan jenis kegiatan yang dilakukan pada proyek pemeliharaan pembangkit listrik di PT. PJB.

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder berupa informasi dari material yang digunakan pada proyek pemeliharaan pembangkit listrik di PT. PJB yaitu berupa jadwal proyek (*Schedule*), biaya material dan *Spare Part*, jumlah personil, jumlah temuan pemeliharaan.

3.2.3. Work Breakdown Structure

Dari data primer dan sekunder yang didapat selanjutnya adalah membuat *Work Breakdown Structure (WBS)*. Fungsi dari *Work Breakdown Structure (WBS)* adalah mengelompokkan tiap item pekerjaan dalam proyek menjadi bagian yang lebih mudah untuk dilakukan pengaturan (*Manageable Sections*). Langkah pertama adalah dengan mengidentifikasi hasil atau tujuan kerja yang paling utama dari suatu proyek (*Main Deliverables*).

3.2.4. Urutan Aktifitas Sesuai Dependencies

Beberapa aktifitas pekerjaan dalam proyek memiliki ketergantungan dengan penyelesaian aktifitas pekerjaan yang lainnya. Membuat urutan dari aktifitas pekerjaan pendahulu akan sangat membantu penulis dalam mengidentifikasi urutan pekerjaan yang benar. Dalam memastikan proses

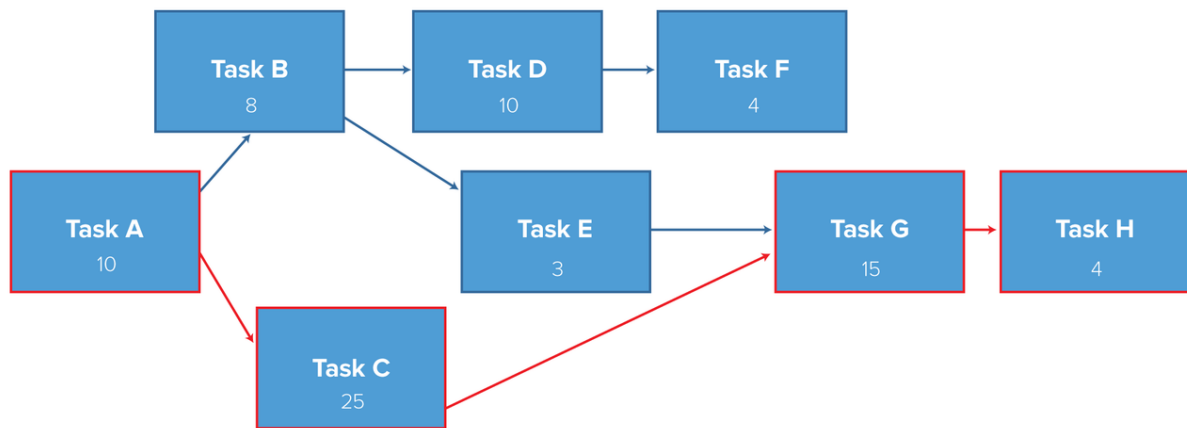
mengidentifikasi aktifitas pekerjaan dan pekerjaan pendahulu (*Precedence Task*), maka digunakan tiga acuan pertanyaan yaitu :

1. Pekerjaan mana yang harus dimulai sebelum pekerjaan yang lain?
2. Pekerjaan mana yang harus diselesaikan secara bersamaan dengan pekerjaan yang lain?
3. Pekerjaan mana yang harus dimulai sesaat setelah suatu pekerjaan selesai?

Setelah mengidentifikasi aktivitas dan dependensi suatu pekerjaan, penulis akan menggambar bagan analisis jalur kritis (*Critical Path Analysis*), yang dikenal sebagai diagram jaringan (*Network Diagram*). Diagram jaringan (*Network Diagram*) adalah representasi visual dari urutan aktivitas pekerjaan proyek berdasarkan pada ketergantungan pekerjaan satu dengan yang lain (*Dependencies*).

3.2.5. Identifikasi Jalur Kritis (*Identify the Critical Path*)

Ada dua cara untuk dapat mengidentifikasi jalur kritis. Cara pertama adalah dengan mengamati diagram jaringan yang telah dibuat (*Network Diagram*) dan hanya mengidentifikasi jalur terpanjang di seluruh jaringan dalam diagram (urutan aktivitas terpanjang pada jalur diagram). Dengan cara ini maka penulis akan mencari jalur terpanjang atau durasi terlama dengan satuan hari, bukan jalur dengan kotak atau simpul (*node*) paling banyak. Cara yang kedua adalah mengidentifikasi jalur kritis dengan teknik *Forward Pass* atau *Backward Pass*. Cara ini memerlukan identifikasi waktu mulai dan selesai paling awal (*Earliest Start And Finish Times*), dan waktu mulai dan selesai paling akhir (*Latest Start And Finish Times*) untuk setiap aktivitas.



Gambar 3.4 Diagram *Critical Path*

Saat proyek berlangsung, penulis akan mempelajari waktu penyelesaian kegiatan secara aktual. Diagram jaringan kemudian dapat diperbarui untuk memasukkan informasi mengenai waktu durasi (tidak lagi menggunakan estimasi). Dengan melakukan update diagram jaringan pada saat informasi baru muncul, penulis dapat menghitung ulang jalur kritis yang berbeda. Penulis juga akan memiliki pandangan yang lebih realistis tentang tanggal jatuh tempo penyelesaian proyek dan dapat mengetahui apakah proyek berada di jalur yang seharusnya (*On The Track*) atau tertinggal (*Lagging*).

3.3. Mempersingkat Jadwal Proyek

Pada saat melakukan analisa metode jalur kritis, penulis ingin untuk mempersingkat durasi proyek atau memampatkan jadwal proyek untuk memenuhi tenggat waktu penyelesaian proyek. Ada dua cara untuk melakukan ini: *Fast Tracking* atau *Crash Duration*.

3.3.1. *Fast Tracking*

Dalam metode *Fast Tracking*, dengan melihat jalur kritis maka dapat diputuskan kegiatan mana yang dapat dilakukan paralel satu sama lain, agar kegiatan proyek dapat berjalan lebih cepat. Hal yang perlu dilakukan adalah meninjau aktivitas di jalur kritis karena semua yang kegiatan lain dalam status

Floating (jika mempersingkat durasi kegiatan tersebut, maka kegiatan tersebut akan semakin *Floating*). Kekurangan dari metode *Fast-Tracking* adalah meskipun dapat mengurangi jangka waktu proyek, namun memperbesar risiko karena melakukan kegiatan paralel yang semula direncanakan akan dilakukan secara berurutan (seri).

3.3.2. *Crash Duration*

Crash Duration, mengacu pada waktu sesingkat mungkin untuk suatu kegiatan yang dapat dijadwalkan. Metode ini dilakukan dengan cara menambahkan lebih banyak sumber daya (*Resource*) untuk menyelesaikan aktivitas tertentu. Namun, menerapkan *crash duration* pada jalur kritis menghasilkan kualitas kerja yang lebih rendah karena sasaran dalam *Crash Duration* adalah kecepatan penyelesaian saja.

3.4. Mengelola Kendala Sumber Daya (*Resource Constraints*)

Dalam mengelola suatu proyek, ada kemungkinan untuk mengalami masalah kendala sumber daya yang dapat mengubah jalur kritis. Sebagai contoh apabila penulis mencoba menjadwalkan aktivitas tertentu pada saat yang bersamaan, terjadi konsekuensi bahwa untuk penyelesaian pekerjaan aktivitas tersebut membutuhkan lebih banyak pekerja tambahan atau jam lembur. Akibatnya, kegiatan-kegiatan itu perlu dijadwal ulang. Penyeimbangan sumber daya (*Resource Levelling*) adalah suatu proses yang dapat menyelesaikan konflik-konflik seperti ini. Pemuatan sumber daya (*Resource Loading*) menggambarkan jumlah sumber daya individual yang diperlukan oleh jadwal yang ada selama periode waktu tertentu. Oleh karena itu, tidak relevan apabila mempertimbangkan hanya satu unit kerja atau beberapa proyek karena beban pekerjaan dari setiap jenis sumber daya adalah sebagai fungsi fluktuatif dari periode waktu proyek. Pemuatan sumber daya memberikan pemahaman umum tentang beban kerja pada proyek yang akan dibebankan pada sumber daya perusahaan. Metode ini adalah sangat membantu untuk perencanaan proyek awal. Tentunya, ini juga merupakan langkah pertama dalam upaya mengurangi beban yang berlebihan pada sumber daya tertentu, terlepas dari teknik khusus yang digunakan untuk mengurangi permintaan. Dalam suatu proyek penggunaan sumber daya sering non-linear. Hal ini sering tidak

terdeteksi oleh *software* atau perangkat lunak yang sering digunakan untuk mensimulasikan manajemen proyek (Gilyutin, 1993).

3.4.1. Manajemen Sumber Daya Proyek

Untuk menyelesaikan konflik tentang pengalokasian sumber daya dapat digunakan penyamarataan sumber daya (*Resource Levelling*) yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah dilakukan hal tersebut maka akan didapat jadwal baru dengan informasi mengenai sumber daya (*Resource-Levelled Schedule*). Jadwal yang baru ini akan dilengkapi dengan lama penundaan (*Delay*) karena sumber daya mengalami *Bottleneck* (sumber daya tidak tersedia pada waktu yang diperlukan atau sedang mengerjakan aktivitas yang lain). Penyamarataan sumber daya (*Resource Levelling*) juga dapat menghasilkan jalur yang sebelumnya lebih pendek menjadi jalur terpanjang atau paling kritis sumber daya. Ini terjadi ketika tugas di jalur kritis dipengaruhi oleh kendala sumber daya. Hal tersebut sering disebut rantai kritis (*Critical Chain*). Rantai kritis (*Critical Chain*) melindungi aktivitas dan jangka waktu proyek dari penundaan tak terduga karena keterbatasan permasalahan sumber daya.

3.5. Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung (*Direct and Indirect Cost*)

Biaya langsung adalah biaya yang dapat langsung dikaitkan dengan proyek tertentu, sebagai contoh biaya tenaga kerja, bahan mentah, dan peralatan. Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak dapat secara langsung dikaitkan dengan proyek tertentu, sebagai contoh adalah manajemen, administrasi umum, biaya sewa dan utilitas. Dengan kata lain, biaya tidak langsung adalah untuk kegiatan atau layanan yang dapat dimanfaatkan lebih dari satu proyek. Berikut contoh dari biaya langsung dan biaya tidak langsung pada proyek pemeliharaan pembangkit listrik di PT.PJB :

Biaya Langsung (*Direct Cost*) :

- Biaya karyawan (*Employee Salaries And Benefits*)
- Biaya *Outsourcing* (*Labor Costs*)
- Biaya material yang digunakan saat proyek (*Consumable Materials Costs*)
- Biaya peralatan pemeliharaan sewa (*Equipment Rental Costs*)

- Biaya angkat dan angkut (*Project Related Travel Costs*)

Biaya tidak Langsung (Indirect Cost) :

- Pemeliharaan *Web* Sistem Manajemen Proyek
- Biaya Administrasi umum dan konsumsi (*General Administration*)
- Sewa Penginapan (*Building rental*)
- Kelistrikan, Internet dan Air (*Utilities*)
- Keamanan (*Security*)
- Asuransi (*Insurance*)
- Bantuan Hukum (*Legal*)

Unit	: GT 1.1 PLTGU Gresik
Jenis Inspection	: Turbine Inspection +

REALISASI BIAYA OVERHAUL

A. REALISASI BIAYA OVERHAUL

Parent	Type		Biaya	Anggaran
GCTI1117	material	IR	616,694,149	959,444,418
		PR	277,216,407	
	jasa OH	PR	851,437,000	
	jasa tenaga borongan	PR	1,713,108,493	1,800,941,613
TCTI1117	material	IR	70,642,257	2,745,919,798
		PR	61,500,000	
	jasa OH	PR		
	jasa tenaga borongan tmbhn	PR		
			3,590,598,306	5,506,305,828

Gambar 3.511. Contoh Realisasi Biaya Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik

3.6. Fleksibilitas dan Menilai Penundaan (*Assesing Delays*)

Jadwal yang dibuat dari metode jalur kritis secara alami melibatkan banyak fluktuasi karena harus menggunakan perkiraan untuk menghitung waktu. Jika satu kesalahan dibuat dalam memperkirakan waktu penyelesaian aktivitas, seluruh jadwal jalur kritis Anda dapat berubah. Hal ini juga bisa terjadi ketika perlu dengan

sengaja menunda suatu kegiatan proyek karena keterbatasan sumber daya. Menyortir penundaan ini dan menentukan apa yang menyebabkannya dapat membantu menghindari masalah serupa di masa mendatang. Dalam merencanakan durasi kegiatan diharapkan dapat menggunakan metode jalur kritis (*Critical Path Method*) agar diperoleh perencanaan durasi yang optimal serta dapat di jadikan sebagai acuan sebagai alat kontrol terhadap waktu proyek.

3.7. *Schedule Result dan Rekomendasi*

Hasil akhir dari penelitian adalah *Schedule Result* yang dilengkapi dengan *Critical Path - As Built Diagram*. *Critical Path - As Built Diagram* adalah sebuah jadwal yang menunjukkan tanggal bahwa kegiatan benar-benar telah terjadi (selesai dilaksanakan) dan memaparkan pengalokasian waktu dengan menentukan penyebab utama atas keterlambatan di jalur kritis. Rekomendasi akan diberikan dengan disertakan evaluasi yang didapatkan dari penerapan metode jalur kritis (*Critical Path Method*). Rekomendasi yang telah dibuat diharapkan menjadi pertimbangan saat manajer proyek membuat evaluasi dan rencana pasca-proyek. Bagian penting dari rencana pasca-proyek adalah *Critical Path - As Built Diagram* tersebut. *Critical Path - As Built Diagram* sangat penting karena memiliki data hasil analisis penyebab dan dampak spesifik dari perubahan antara jadwal yang direncanakan dan jadwal yang aktual (*Actual Schedule Implemented*). Dengan hasil ini diharapkan penjadwalan dengan memperpendek durasi proyek dapat dijadikan rekomendasi untuk digunakan pada proyek berikutnya.

3.8. *Simulasi menggunakan software Microsoft Project 2013*

Aplikasi *Microsoft Project* digunakan untuk mengelola rencana atau waktu tugas sehingga sebuah proyek rekayasa konstruksi yang sedang berjalan dapat dievaluasi keseluruhan tahapan tugas proyeknya. *Microsoft Project 2013* memiliki keunggulan seperti kemampuannya untuk menangani perencanaan suatu kegiatan, pengorganisasian, dan pengendalian waktu serta biaya yang akan mengubah input data menjadi sebuah output data sesuai dengan tujuannya. Dalam penjadwalan dan pengendalian sebuah proyek perlu dipikirkan mengenai beberapa kegiatan yang

akan dilakukan, daftar peralatan dan material, daftar sumber daya manusia pada masing-masing pekerjaan termasuk biaya yang diperlukan selama proses pengerjaan proyek. Proyek pemeliharaan pembangkit listrik memiliki pola sumber daya manusia dan biaya yang unik karena keahlian dalam memelihara peralatan pembangkit memegang peranan penting. Berikut contoh plot penjadwalan proyek pemeliharaan pembangkit listrik menggunakan software *Microsoft Project 2013* :

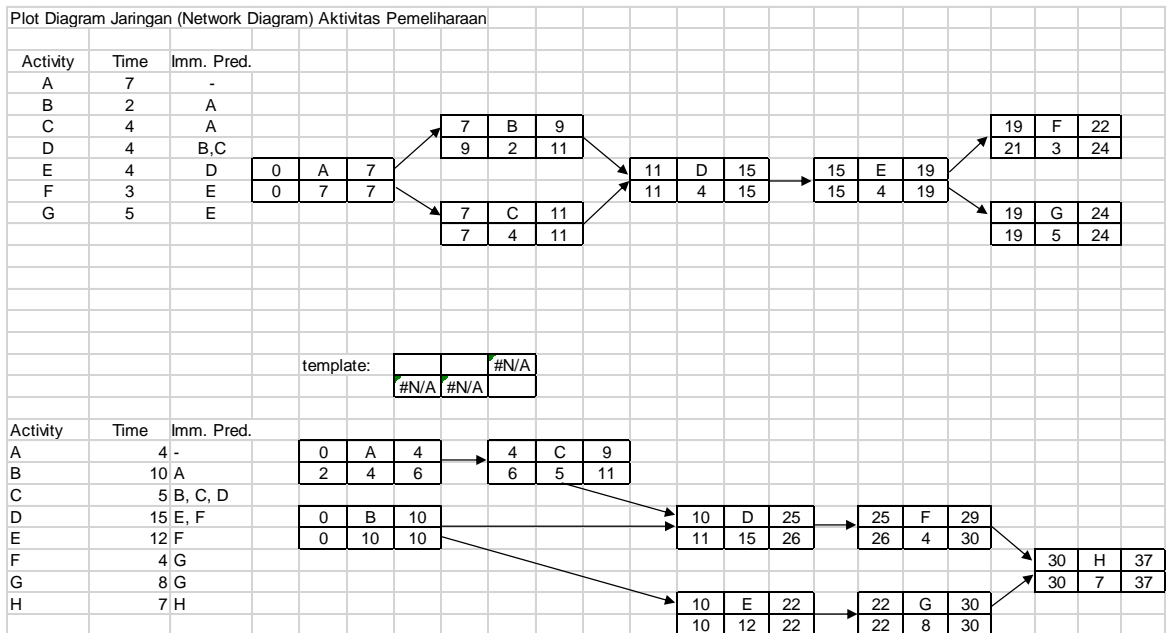
Tabel 3.2. Contoh List Pekerjaan Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik

NO	TANGGAL	URAIAN PEKERJAAN	KETERANGAN
1	3 Jul 17	Penataan <i>layout starting unit</i>	<i>Starting</i>
2	3 Jul 17	Angkat <i>enclosure</i>	<i>Starting</i>
3	3 Jul 17	Persiapan <i>transfer lube oil pump</i>	<i>Starting</i>
4	3 Jul 17	<i>Drain dirty tank ST</i>	<i>Starting</i>
5	3 Jul 17	<i>Cleaning area starting unit</i>	<i>Starting</i>
6	3 Jul 17	Prepared <i>tool dan layout</i>	GT
7	3 Jul 17	Buka <i>manhole IGV dan exhaust</i>	GT
8	3 Jul 17	Lepas <i>enclosure turbin-exhaust compressor</i>	GT
9	3 Jul 17	Lepas <i>pipa cooling turbin</i>	GT
10	3 Jul 17	Lepas pipa bahan bakar (gas dan minyak)	GT
11	3 Jul 17	Lepas <i>inlet duct</i>	GT
12	3 Jul 17	Lepas baut <i>casing redial turbin</i>	GT
13	3 Jul 17	Lepas <i>manhole exhaust</i>	GT
14	3 Jul 17	Lepas baut <i>casing exhaust sisi redial</i>	GT
15	3 Jul 17	Angkat <i>inlet duct</i>	GT
16	3 Jul 17	Lepas pipa <i>vapour bearing 1</i>	GT

NO	TANGGAL	URAIAN PEKERJAAN	KETERANGAN
17	3 Jul 17	Lepas header gas upper	GT
18	3 Jul 17	Lepas header minyak upper	GT
19	3 Jul 17	Lepas tangga compressor	GT
20	3 Jul 17	Lepas enclosure U	GT
21	3 Jul 17	Lepas baut casing turbin	GT
22	3 Jul 17	Lepas exhaust manifold baut	GT
23	3 Jul 17	Lepas baut inlet manifold	GT
24	3 Jul 17	Lepas baut parabola kecil	GT
25	3 Jul 17	Lepas baut parabola besar	GT
26	3 Jul 17	Persiapan alat-alat	HRSG
27	3 Jul 17	Ganti piston hidrolik damper bagian atas sisi timur	HRSG
28	3 Jul 17	Buka manhole HRSG	HRSG
29	3 Jul 17	Ganti gland packing manhole HRSG	HRSG

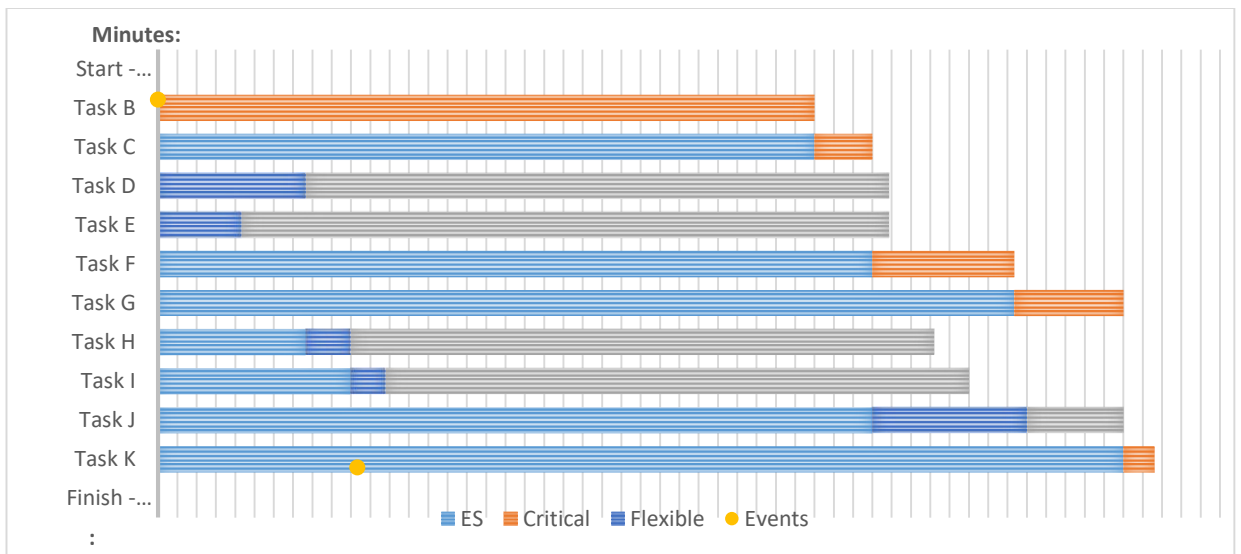
Duration = 32,0 days				Predecessors			Successors								
ID	Name	Activity Duration	Cost xRP 1,000	P1	P2	P3	S1	S2	S3	Delay	ES	EF	LS	LF	TF
1	A	4					4					4	10	14	10
2	B	6					6	7				6		6	
3	C	2					10					2	14	16	14
4	D	8		1			5				4	12	14	22	10
5	E	4		4			9				12	16	22	26	10
6	F	10		2			8				6	16	8	18	2
7	G	16		2			11				6	22	6	22	
8	H	8		6			9				16	24	18	26	2
9	I	6		5	8						24	30	26	32	2
10	J	6		3			11				2	8	16	22	14
11	K	10		7	10						22	32	22	32	

Gambar 3.612. Pembuatan tabel ID Task dan penentuan Predecessor – Successors sesuai WBS



Gambar 3.713. Drafting Precedence Network Diagram menggunakan Microsoft Excel

Selanjutnya akan di generate Gantt chart :



Gambar 3.8. Gantt Chart Menggunakan Microsoft Excel 2013

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Obyek Penelitian

Sejarah PJB bermula sejak tahun 1945, dimana didirikan Perusahaan Listrik dan Gas. Tahun 1965, perusahaan tersebut dibagi menjadi 2: Perusahaan Listrik Negara dan Perusahaan Gas Negara. Tahun 1972, status PLN menjadi Perusahaan umum (Perum). Tahun 1982, PLN dipecah lagi menjadi dua: Unit Divisi dan Unit Pembangkitan Tenaga Listrik dan Transmisi. Tahun 1994, status PLN menjadi Persero. Setahun kemudian, dilakukan restrukturisasi atas PT PLN (Persero) dengan pendirian subsider pembangkitan. Restrukturisasi ini dilakukan untuk memisahkan misi perusahaan atas sosial dan komersial. Pada tanggal 3 Oktober 1995, PT PLN (Persero) membentuk 2 (dua) anak perusahaan untuk mengelola pembangkit listrik yang memasok energi listrik di Pulau Jawa dan Bali. Pada tahun 2000, PT PLN PJB II diubah nama menjadi PT Pembangkitan Jawa-Bali atau singkatnya PT PJB. Sedangkan PT PLN Pembangkitan Jawa Bali I (PT PLN PJB I) berubah nama menjadi PT Indonesia Power. Berdasarkan kebutuhan listrik yang semakin meningkat, manajemen PT.PJB memiliki target peningkatan waktu penyelesaian pemeliharaan pembangkit listrik. Target yang ingin dicapai adalah penyelesaian pemeliharaan kurang dari 30 hari. Sesuai kesepakatan dan pertimbangan manajemen maka target penyelesaian pekerjaan pemeliharaan pembangkit listrik diputuskan menjadi 26 hari (dengan normal penyelesaian 32 hari). Atas keputusan tersebut berarti seorang manajer proyek pemeliharaan pembangkit listrik memiliki kewajiban untuk menyelesaikan pekerjaan 6 hari lebih cepat. Ada dua skenario dalam memenuhi target ini yaitu penambahan jumlah tenaga kerja atau penambahan jam kerja atau lembur. Batasan anggaran untuk percepatan yang diberikan adalah penambahan 85 % dari anggaran normal.

4.2. *Work Breakdown Structure* Pekerjaan Pemeliharaan Pembangkit Listrik

Work Breakdown Structure terlampir.

4.3. Simulasi penjadwalan untuk mengetahui *Critical Path* Menggunakan *Software Microsoft Project*

Hasil Simulasi menggunakan Software Microsoft Project Terlampir.

4.4. Analisa Data Proyek Pemeliharaan Pembangkit Listrik

Proyek pemeliharaan pembangkit listrik di PT. PJB memiliki standar waktu penyelesaian 32 hari. Proyek tersebut dipimpin oleh seorang manajer proyek dan bertanggung jawab langsung kepada manajer teknik. Berikut bagan organisasi proyek dan tanggung jawabnya :

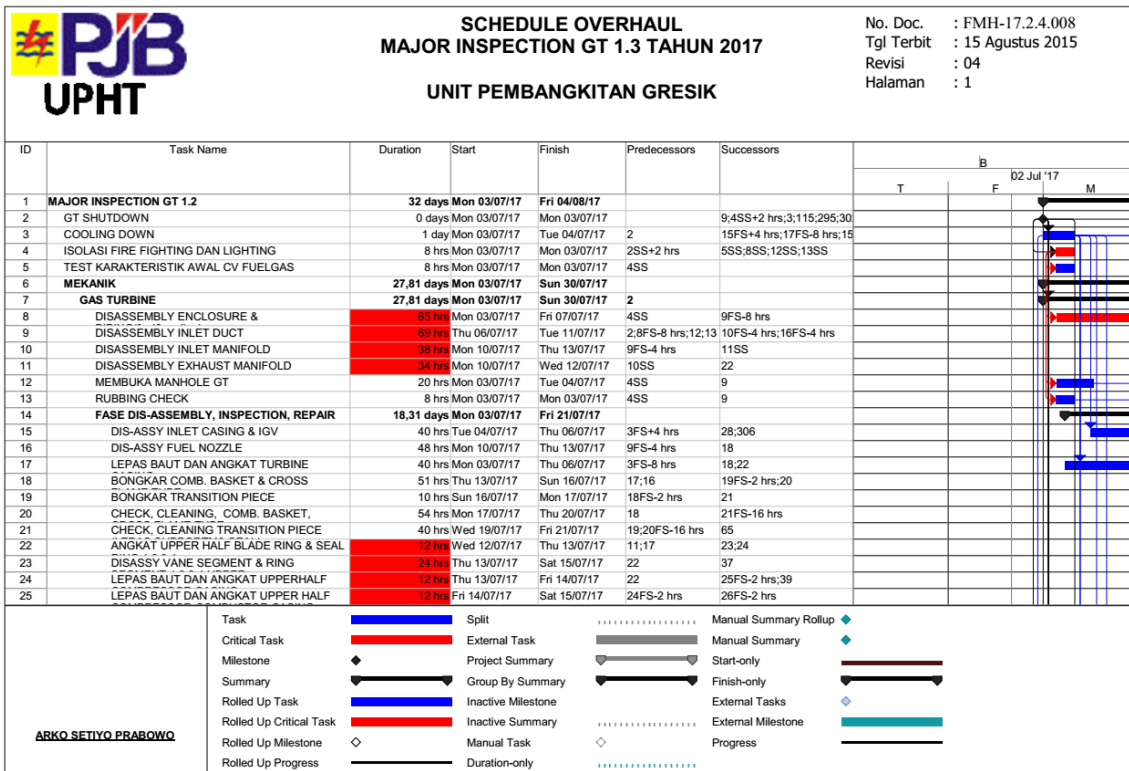


Gambar 4.1. Struktur Organisasi Proyek

Biaya Normal untuk pemeliharaan listrik selama 32 Hari adalah sebesar Rp 2.904.775.859,23 dengan rincian material sebesar Rp. 922.639.471,87, jasa tenaga kerja sebesar Rp. 1.951.974.816,00 dan peralatan sebesar Rp 120.000.000,00. Dari besar biaya tersebut, biaya tidak langsung memiliki porsi 3% dari nilai total proyek atau sekitar Rp.89.838.428,64 sehingga yang termasuk dalam biaya langsung adalah Rp. 2.904.775.859,23 . Selanjutnya jenis – jenis beserta *breakdown structure* pekerjaan di masukkan sebagai data pada *software Microsoft Project* yang digunakan menampilkan data pekerjaan yang memiliki jalur kritis dan dilakukan *crashing* (data *plotting Critical Path* terlampir). Dari hasil simulasi menggunakan *software Microsoft Project* didapatkan hasil satu paket pekerjaan yang memiliki *slack* paling besar dan dikategorikan sebagai pekerjaan kritis. Pekerjaan yang dikategorikan kritis tersebut adalah pekerjaan pada *Rotor Turbine* PLTGU. Berikut daftar pekerjaan – pekerjaan pada proyek pemeliharaan pembangkit listrik seperti ditunjukkan pada tabel :

Tabel 4.1. Daftar Pekerjaan Kritis pada Pemeliharaan Pembangkit Listrik

No	Task Name	Duration
1	DISASSEMBLY ENCLOSURE & PIPING	65 hrs
2	DISASSEMBLY INLET DUCT	69 hrs
3	DISASSEMBLY INLET MANIFOLD	38 hrs
4	DISASSEMBLY EXHAUST MANIFOLD	34 hrs
5	MEMBUKA MANHOLE GT	20 hrs
6	RUBBING CHECK	8 hrs
7	ANGKAT UPPER HALF BLADE RING & SEAL RING 1,2,3,4	12 hrs
8	DISASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT 1,2,3,4 UPPER	14 hrs
9	LEPAS BAUT DAN ANGGAT UPPERHALF COMPRESSOR CASING	12 hrs
10	LEPAS BAUT DAN ANGGAT UPPER HALF COMPRESSOR-COMBUSTOR CASING	12 hrs
11	LEPAS BAUT DAN ANGGAT COMPRESSOR DIFUSER & TORQUE TUBE	12 hrs
12	LEPAS BAUT DAN ANGGAT EXHAUST CYLINDER	12 hrs
13	DIS-ASSY TURBINE BEARING 2 UPPER & THRUST	10 hrs
14	DIS-ASSY TURBINE BEARING 1 UPPER	6 hrs
15	DIS-ASSY SEAL HOUSING	8 hrs
16	ANGKAT ROTOR	8 hrs
17	BONGKAR BEARING 1 & 2 LOWER	8 hrs
18	ANGKAT LOWER HALF BLADE RING & SEAL RING 1,2,3,4	8 hrs
19	DISASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT 1,2,3,4 LOWER	24 hrs
20	DISASSY BAFLE SEGMENT 2,3,4	24 hrs
21	ANGKAT LOWER DIAPH.COMPRESSOR	11 hrs
22	INSPEKSI VANE SEGMENT DAN RING SEGMENT	12 hrs
23	CLEANING DAN PEMERIKSAAN BLADE RING 1,2,3,4	12 hrs
24	DISASSY ,PEMERIKSAAN,PEMBERSIHAN UPPER DIAPH COMPRESOR	10 hrs
25	PEMERIKSAAN,PEMBERSIHAN LOWER DIAPH COMPRESOR	6 hrs
26	PEMERIKSAAN DAN PEMBERSIHAN BEARING 1,2	12 hrs
27	PEMERIKSAAN & PEMBERSIHAN SEAL HOUSING	12 hrs
28	ASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT ROW 1 & 2	3 hrs
29	ASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT ROW 3,4	12 hrs
30	ASSY BAFLE SEGMENT 2,3,4 & PENGECEKAN GAP SEAL HOUSING&BAFLE SEGMENT	24 hrs
31	PASANG COMPRESSOR DIAGHPRAM LOWER	18 hrs
32	TURBINE BEARING 1 & 2 LOWER	8 hrs
33	BLADE RING LOWER 1 ~ 4	10 hrs
34	INSTALL ROTOR	8 hrs
35	ASSY BEARING 1,2 UPPER & THRUST DAN UKUR/ADJUST CLEARANCE	12 hrs
36	ASSY COMPRESOR DIFFUSER & TORQUE TUBE	12 hrs
37	ASSY COMPRESSOR COMBUSTION CYLINDER	12 hrs
38	ASSY UPPER BLADE RING 1, 2, 3, & 4	12 hrs
39	ASSY SEAL HOUSING	12 hrs
40	ASSY EXHAUST CYLINDER	24 hrs
41	ASSY TURBINE CASING	24 hrs



Gambar 4.2 Jadwal Normal 32 Hari

Terlihat pada schedule tersebut besarnya *slack* terjadi pada pekerjaan *Disassembly Enclosure, Inlect Duck, Manifold* dan membuka *manhole*. Untuk memenuhi target tercapainya penyelesaian proyek maka direncanakan penambahan jam kerja lembur. Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 9 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00-16.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (18.00-22.00). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 standar upah untuk lembur adalah :

Pasal 7

- a. Membayar upah kerja lembur;
- b. Memberi kesempatan untuk istirahat secukupnya;
- c. Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 (tiga) jam atau lebih.

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya pengerjaan untuk tiap skenario. Terdapat 8 Skenario yang dilakukan untuk melakukan percepatan proyek pemeliharaan ini.

Selain dilakukan penambahan jam lembur, dilakukan pula penambahan tenaga kerja *outsourcing* atau biasa disebut *helper*. Setiap skenario memiliki komposisi jumlah penambahan tenaga kerja beserta durasi penyelesaian pekerjaan proyek pemeliharaan pembangkit tenaga listrik seperti terlihat pada tabel 4.2 :

Tabel 4.2. Metode tiap Skenario beserta hasil Durasi Penyelesaiannya

Nama Skenario	Metode	Durasi Penyelesaian (Hari)
Skenario 1	Penambahan 1 Tenaga Kerja	31
Skenario 2	Penambahan 2 Tenaga Kerja	30
Skenario 3	Penambahan 3 Tenaga Kerja	29
Skenario 4	Penambahan 4 Tenaga Kerja	28
Skenario 5	Penambahan 5 Tenaga Kerja	27
Skenario 6	Penambahan 6 Tenaga Kerja	26
Skenario 7	Penambahan 7 Tenaga Kerja	25
Skenario 8	Penambahan 8 Tenaga Kerja	24

Penambahan tenaga kerja berpengaruh pada percepatan penyelesaian sesuai pemeliharaan yang telah dilakukan. Namun, cara ini berpengaruh pada penambahan komponen biaya tenaga kerja yang berada pada biaya langsung. Dalam perhitungan biaya proyek, komponen – komponen penting terdiri dari material pemeliharaan, biaya tenaga kerja dan peralatan. Tabel 4.3 memperlihatkan anggaran total dari proyek pemeliharaan tenaga listrik (dalam satuan rupiah).

Tabel 4.3. Rincian Biaya Pemeliharaan

Rincian Biaya Pemeliharaan	
Material Pemeliharaan	922.639.471,87
Tenaga Kerja	1.862.136.387,00
Peralatan	120.000.000,00
TOTAL BIAYA NORMAL	2.904.775.858,87

Dari rincian tabel 4.3 diatas, masih dapat dilakukan pembagian poin – poin yang termasuk biaya langsung dan biaya tidak langsung. Dalam proyek pemeliharaan pembangkit listrik ini yang termasuk dalam biaya tidak langsung masih dibagi lagi menjadi dua yaitu biaya tetap (*Fixed Cost*) dan biaya tidak tetap (*Variable Cost*) . Biaya tetap terjadi dalam penyewaan tenda bagi pekerja. Biaya ini tidak berubah dari awal hingga akhir proyek selesai dan masih dapat menampung hingga penambahan 10 pekerja sehingga tidak terlalu dipengaruhi oleh skenario 1

hingga skenario 8 (penambahan 1 hingga 8 orang tenaga kerja dikenakan biaya *extra* tenda yang minimal). Biaya *Extra Fooding* merupakan biaya yang muncul akibat pemberian tambahan snack dan makan malam bagi pekerja. Untuk berkomunikasi, diberikan pula tambahan uang pulsa atau disebut juga uang komunikasi proyek. Selain itu biaya *Quality Control* muncul ketika membutuhkan *expert judgement* dalam menilai hasil pekerjaan. Seringkali dilakukan rapat dan pengukuran hasil pekerjaan di lapangan, dan kedua kegiatan ini menimbulkan biaya yang besarnya berubah tergantung dengan kondisi. Tabel 4.4 memperlihatkan detail biaya tidak langsung :

Tabel 4.4. Biaya tidak langsung beserta penjelasan komponen jenis biaya

Jenis Biaya	Nama Biaya	Jumlah
<i>Variabel</i>	Biaya <i>Extra Fooding</i>	195.360.000,00
<i>Fixed</i>	Biaya Penyewaan Tenda Istirahat (Pool Pekerja)	192.000.000,00
<i>Variabel</i>	Biaya Pulsa Komunikasi Proyek	163.680.000,00
<i>Variabel</i>	Biaya <i>Quality Control</i> Proyek	502.128.000,00
<i>Variabel</i>	Biaya Pengukuran dan Assesment	269.306.928,00
<i>Variabel</i>	Biaya Konsumsi Rapat di Lapangan	252.859.200,00
	TOTAL BIAYA (TANPA TENDA)	1.383.334.128,00
	TOTAL BIAYA DENGAN TENDA	1.575.334.128,00

Dari tabel 4.4 diatas maka dapat diketahui bahwa anggaran total yang ditunjukkan oleh tabel 4.3 masih berupa gabungan biaya. Maka dari itu perlu dilakukan pengurangan dengan komponen biaya tidak langsung yaitu material pemeliharaan dikurangi dengan biaya *extra fooding*, biaya penyewaan tenda istirahat (pool pekerja), biaya pulsa komunikasi proyek dan biaya pengukuran serta *assessment*. Sedangkan untuk tenaga kerja, dikurangi dengan biaya *Quality Control* proyek dan biaya konsumsi rapat di lapangan.

Tabel 4.5. Biaya langsung beserta penjelasan komponen jenis biaya

Biaya Langsung	
Material Pemeliharaan	102.292.544
Upah Tenaga Kerja	1.107.149.187
Peralatan	120.000.000
TOTAL BIAYA	1.329.441.731

Dari tabel 4.5 diketahui biaya langsung yang muncul setelah biaya gabungan dikurangi dengan komponen jenis biaya tidak langsung pada tabel 4.4.

Tabel 4.6. Biaya tidak langsung beserta penjelasan komponen jenis biaya

Day	Biaya <i>Extra Fooding</i>	Biaya Pulsa Komunikasi Proyek	<i>Quality Control</i> Proyek	Biaya Pengukuran dan <i>Assesment</i>	Biaya Konsumsi Rapat di Lapangan	TOTAL
1	370.000	310.000	951.000	510.051	478.900	2.619.951
2	740.000	620.000	1.902.000	1.020.102	957.800	5.239.902
3	1.110.000	930.000	2.853.000	1.530.153	1.436.700	7.859.853
4	1.480.000	1.240.000	3.804.000	2.040.204	1.915.600	10.479.804
5	1.850.000	1.550.000	4.755.000	2.550.255	2.394.500	13.099.755
6	2.220.000	1.860.000	5.706.000	3.060.306	2.873.400	15.719.706
7	2.590.000	2.170.000	6.657.000	3.570.357	3.352.300	18.339.657
8	2.960.000	2.480.000	7.608.000	4.080.408	3.831.200	20.959.608
9	3.330.000	2.790.000	8.559.000	4.590.459	4.310.100	23.579.559
10	3.700.000	3.100.000	9.510.000	5.100.510	4.789.000	26.199.510
11	4.070.000	3.410.000	10.461.000	5.610.561	5.267.900	28.819.461
12	4.440.000	3.720.000	11.412.000	6.120.612	5.746.800	31.439.412
13	4.810.000	4.030.000	12.363.000	6.630.663	6.225.700	34.059.363
14	5.180.000	4.340.000	13.314.000	7.140.714	6.704.600	36.679.314
15	5.550.000	4.650.000	14.265.000	7.650.765	7.183.500	39.299.265
16	5.920.000	4.960.000	15.216.000	8.160.816	7.662.400	41.919.216
17	6.290.000	5.270.000	16.167.000	8.670.867	8.141.300	44.539.167
18	6.660.000	5.580.000	17.118.000	9.180.918	8.620.200	47.159.118
19	7.030.000	5.890.000	18.069.000	9.690.969	9.099.100	49.779.069
20	7.400.000	6.200.000	19.020.000	10.201.020	9.578.000	52.399.020
21	7.770.000	6.510.000	19.971.000	10.711.071	10.056.900	55.018.971
22	8.140.000	6.820.000	20.922.000	11.221.122	10.535.800	57.638.922
23	8.510.000	7.130.000	21.873.000	11.731.173	11.014.700	60.258.873
24	8.880.000	7.440.000	22.824.000	12.241.224	11.493.600	62.878.824
25	9.250.000	7.750.000	23.775.000	12.751.275	11.972.500	65.498.775
26	9.620.000	8.060.000	24.726.000	13.261.326	12.451.400	68.118.726
27	9.990.000	8.370.000	25.677.000	13.771.377	12.930.300	70.738.677
28	10.360.000	8.680.000	26.628.000	14.281.428	13.409.200	73.358.628
29	10.730.000	8.990.000	27.579.000	14.791.479	13.888.100	75.978.579
30	11.100.000	9.300.000	28.530.000	15.301.530	14.367.000	78.598.530
31	11.470.000	9.610.000	29.481.000	15.811.581	14.845.900	81.218.481
32	11.840.000	9.920.000	30.432.000	16.321.632	15.324.800	83.838.432
TOTAL	195.360.000	163.680.000	502.128.000	269.306.928	252.859.200	1.383.334.128

Tabel 4.6 menunjukkan detail biaya dari extra fooding, biaya pulsa komunikasi proyek, quality control proyek, biaya pengukuran dan assessment serta biaya konsumsi rapat di lapangan sejak hari 1 hingga hari 32. Dengan adanya percepatan biaya untuk 32 hari tetap dihitung dijumlah dengan biaya percepatan. Menukar penambahan biaya dengan penyelesaian proyek yang lebih cepat merupakan prinsip dari *Time Cost Trade Off*. Kolom total paling kanan menambahkan biaya dari kiri hingga kanan. Dari tabel 4.6 diketahui bahwa total biaya tidak langsung adalah Rp 1.383.334.128,00.

Tabel 4.7. Biaya langsung beserta penjelasan komponen jenis biaya

Day	Material Proyek	Upah Tenaga Kerja	Peralatan	Total
1	6.393.284	105.800.000	7.806.716	120.000.000
2	4.000.000	102.090.888	7.000.000	113.090.888
3	3.987.650	101.000.000	6.900.000	111.887.650
4	2.800.000	98.099.000	6.801.090	107.700.090
5	2.750.000	88.773.440	6.700.000	98.223.440
6	2.750.000	88.773.440	6.700.000	98.223.440
7	2.600.000	87.730.000	6.670.000	97.000.000
8	2.600.340	86.830.000	6.570.000	96.000.340
9	2.599.660	80.000.000	6.744.420	89.344.080
10	2.400.000	53.050.000	5.000.000	60.450.000
11	3.100.370	14.000.000	3.900.000	21.000.370
12	3.100.370	13.200.000	3.900.000	20.200.370
13	3.100.370	13.004.000	3.900.000	20.004.370
14	4.100.370	12.900.000	3.000.000	20.000.370
15	4.100.370	12.900.000	3.000.000	20.000.370
16	4.100.370	12.900.000	3.000.000	20.000.370
17	4.100.370	12.900.000	3.000.000	20.000.370
18	4.100.370	12.900.000	3.000.000	20.000.370
19	3.100.370	13.900.000	3.000.000	20.000.370
20	3.100.370	13.900.000	3.000.000	20.000.370
21	3.100.370	13.900.000	3.000.000	20.000.370
22	3.100.370	13.900.000	3.000.000	20.000.370
23	3.100.370	13.900.000	2.999.827	20.000.197
24	3.100.370	13.900.000	2.999.630	20.000.000
25	3.100.370	6.090.000	1.142.706	10.333.076
26	3.100.370	6.090.000	1.142.706	10.333.076
27	3.100.370	5.090.000	1.142.706	9.333.076
28	3.100.370	4.090.583	1.142.706	8.333.659
29	3.100.370	3.200.000	1.142.706	7.443.076
30	2.540.000	1.000.000	1.142.706	4.682.706
31	1.980.000	1.000.000	775.000	3.755.000
32	984.580	337.836	777.081	2.099.497
TOTAL	102.292.544	1.107.149.187	120.000.000	1.329.441.731

Dari tabel 4.7 diatas dapat diketahui bahwa upah tenaga kerja memiliki prosentase jumlah biaya paling besar di antara biaya pemeliharaan yang lain. Dari hasil penjabaran biaya ini maka kita dapat mengetahui perhitungan skenario 1 sampai dengan 8 yaitu sebagai berikut :

4.4.1. Kondisi Normal Eksisting (32 Hari)

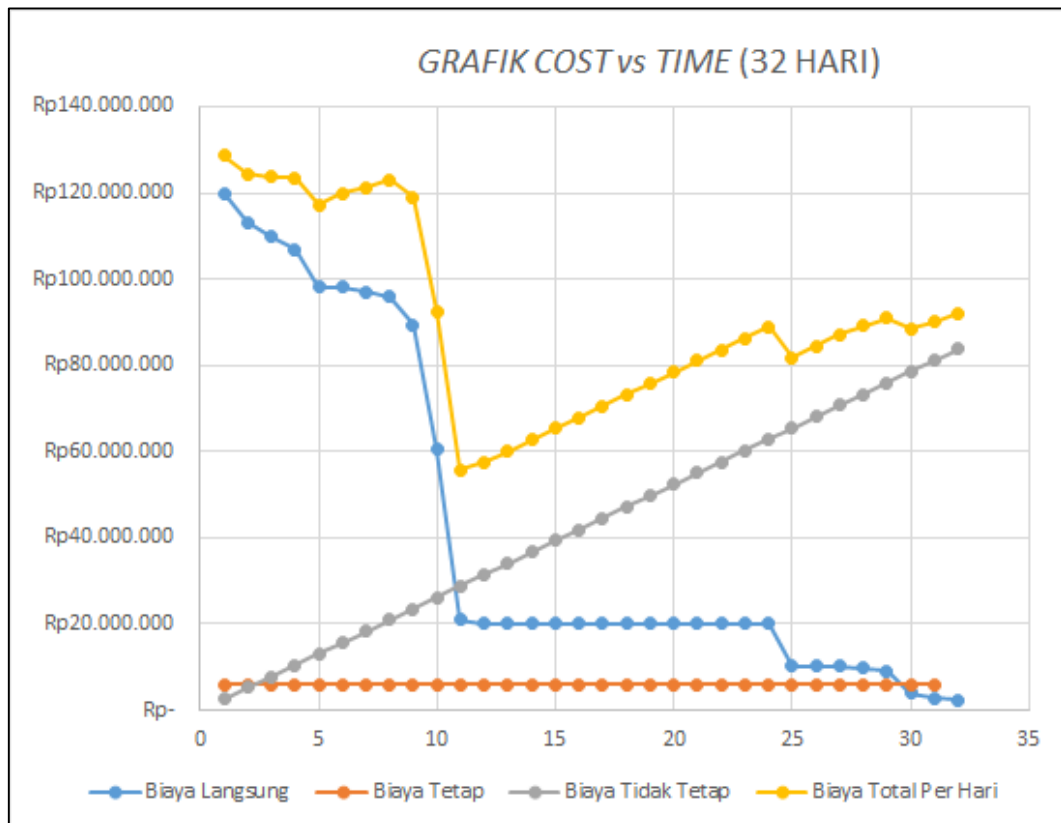
Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan normal 32 hari :

Tabel 4.8. Perhitungan Biaya Kondisi Normal Eksisting (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario Normal (32 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	TOTAL	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859

Pada Tabel 4.8 diketahui biaya langsung berkurang seiring semakin lamanya proyek berlangsung, namun untuk biaya tidak langsung semakin bertambah.

Kemudian ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.3 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 32.



Gambar 4.3 Grafik *Cost Versus Time* 32 Hari

Dari gambar 4.3 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar atau sekitar Rp 120.000.000,00. Biaya ini semakin turun pada hari ke-12 dan kurang lebih konstan pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja tidak kerja lembur sedangkan untuk hari ke 31 hingga penyelesaian hari ke 32, jumlah pekerja dikurangi hanya untuk *standby*. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai

proyek (hari 1 hingga hari 32) sebesar Rp 6.000.000,00 tidak berubah meski terjadi pengurangan tenaga kerja karena sudah termasuk harga paket penyewaan. Terlihat biaya total mengalami penurunan pada hari ke 11.

4.4.2. Skenario 1 (31 Hari)

Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 1 (31 hari) :

Tabel 4.9. Perhitungan Biaya Skenario 1 (31 Hari) dibanding skenario normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 1 (31 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	566.485.089	-	- 229.229.190	
	Biaya Setelah Percepatan	1.895.926.875	192.000.000	1.154.104.883	
	Total Biaya Setelah Percepatan				3.242.031.758

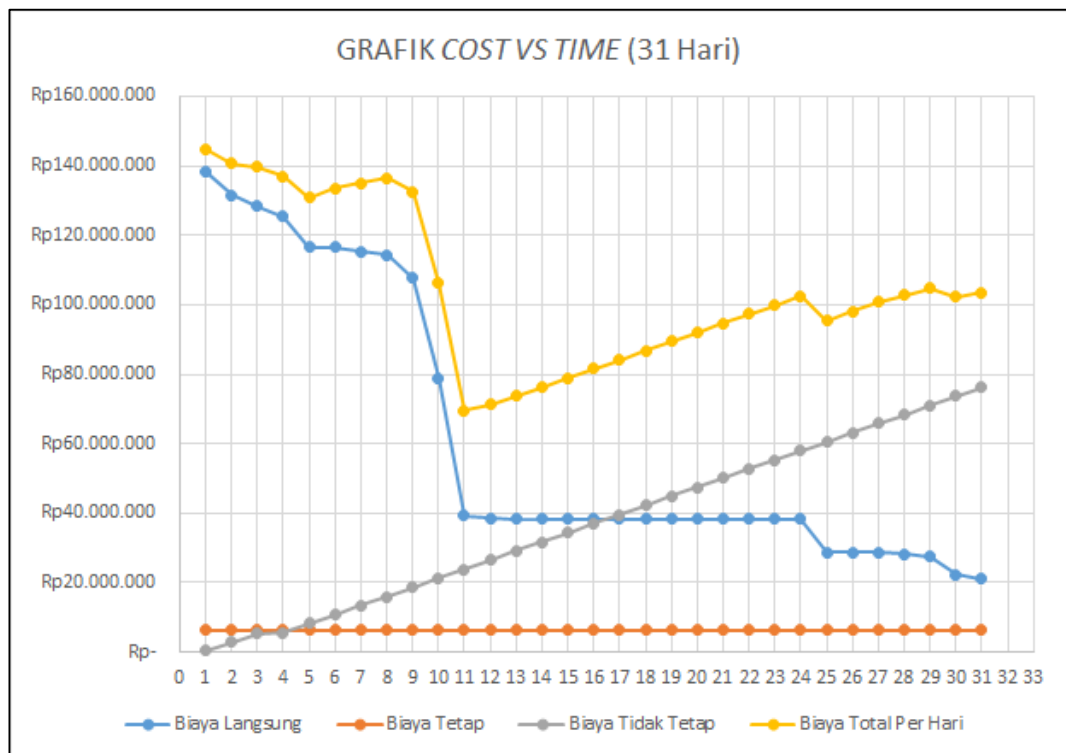
Pada Tabel 4.9 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 566.485.089 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 1 (penambahan 1 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 1 hari), dan harga satuan jasa. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan Rp 229.229.190 karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Setelah diketahui besarnya biaya percepatan maka besarnya biaya akan meningkat berdasarkan semakin pendeknya umur proyek (percepatan). Berikut tabel 4.10 yang menggambarkan pemampatan biaya sesuai durasi skenario 1 yaitu 31 hari :

Tabel 4.10. Perhitungan Biaya Skenario 1 (31 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
	1	138.347.918	6.193.548	303.395	144.844.861
	2	131.438.806	6.193.548	2.923.345	140.555.699
	3	128.235.568	6.193.548	5.324.416	139.753.532
	4	125.348.008	6.193.548	5.543.296	137.084.852
	5	116.571.358	6.193.548	8.163.247	130.928.153
	6	116.571.358	6.193.548	10.783.198	133.548.104
	7	115.347.918	6.193.548	13.403.149	134.944.615
	8	114.348.258	6.193.548	16.023.100	136.564.906
	9	107.691.998	6.193.548	18.643.051	132.528.596
	10	78.797.918	6.193.548	21.263.001	106.254.467
	11	39.348.288	6.193.548	23.882.952	69.424.788
	12	38.548.288	6.193.548	26.502.903	71.244.739
	13	38.352.288	6.193.548	29.122.854	73.668.690
	14	38.348.288	6.193.548	31.742.805	76.284.641
	15	38.348.288	6.193.548	34.362.756	78.904.592
	16	38.348.288	6.193.548	36.982.707	81.524.543
	17	38.348.288	6.193.548	39.602.658	84.144.494
	18	38.348.288	6.193.548	42.222.609	86.764.445
	19	38.348.288	6.193.548	44.842.559	89.384.395
	20	38.348.288	6.193.548	47.462.510	92.004.346
	21	38.348.288	6.193.548	50.082.461	94.624.297
	22	38.348.288	6.193.548	52.702.412	97.244.248
	23	38.348.115	6.193.548	55.322.363	99.864.026
	24	38.347.918	6.193.548	57.942.314	102.483.780
	25	28.680.994	6.193.548	60.562.265	95.436.807
	26	28.680.994	6.193.548	63.182.216	98.056.758
	27	28.680.994	6.193.548	65.802.167	100.676.709
	28	28.225.577	6.193.548	68.422.118	102.841.243
	29	27.427.918	6.193.548	71.042.068	104.663.534
	30	22.348.895	6.193.548	73.662.019	102.204.462
	31	21.102.918	6.193.548	76.281.970	103.578.436
	Biaya 31 Hari	1.895.926.875	192.000.000	1.154.104.883	3.242.031.758

Pada Tabel 4.10 diketahui biaya langsung yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 1 (penambahan 1 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 1 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari pertama, biaya tidak tetap di angka Rp 303.395 karena biaya *extra feeding* belum diberlakukan (mulai diberlakukan di hari kedua).

Kemudian ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.4 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 31.



Gambar 4.4 Grafik *Cost Versus Time* 31 Hari

Dari gambar 4.4 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar atau sekitar Rp 138.000.000,00. Biaya ini semakin turun pada hari ke-11 dan kurang lebih konstan pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja

tidak kerja lembur sedangkan untuk hari ke 25 hingga penyelesaian hari ke 31, jumlah pekerja dikurangi hanya untuk standby. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 31) berubah menjadi sebesar Rp 6.193.548,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra*. Terlihat biaya total mengalami penurunan pada hari ke 11. Pada akhir hari ke 31 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.3. Skenario 2 (30 Hari)

Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 2 (30 hari) :

Tabel 4.11. Perhitungan Biaya Skenario 2 (30 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak tetap	
Skenario 2 (30 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	910.677.634	-	- 266.458.380	
	Biaya Setelah Percepatan	2.240.119.420	192.000.000	1.116.875.693	
	Total Biaya Setelah Percepatan				3.548.995.113

Pada Tabel 4.11 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 910.677.634 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 2 (penambahan 2 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 2 hari), dan harga satuan jasa. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan Rp 266.458.380 karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Setelah diketahui besarnya biaya percepatan maka besarnya biaya akan meningkat berdasarkan

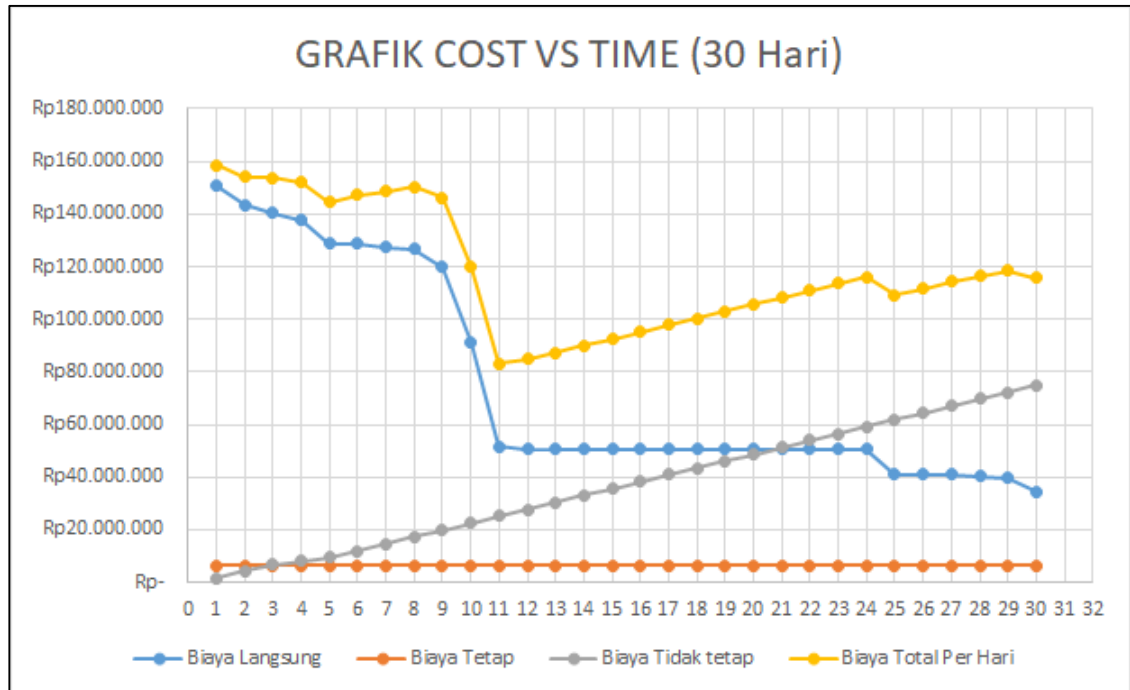
semakin pendeknya umur proyek (percepatan). Berikut tabel 4.12 yang menggambarkan pemampatan biaya sesuai durasi skenario 2 yaitu 30 hari :

Tabel 4.12. Perhitungan Biaya Skenario 2 (30 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak tetap	
Skenario 2 (30 Hari)	1	150.524.433	6.400.000	1.553.579	158.478.012
	2	143.615.321	6.400.000	4.173.530	154.188.851
	3	140.412.083	6.400.000	6.793.480	153.605.564
	4	137.524.523	6.400.000	8.121.848	152.046.371
	5	128.747.873	6.400.000	9.413.431	144.561.304
	6	128.747.873	6.400.000	12.033.382	147.181.255
	7	127.524.433	6.400.000	14.653.333	148.577.766
	8	126.524.773	6.400.000	17.273.284	150.198.057
	9	119.868.513	6.400.000	19.893.235	146.161.748
	10	90.974.433	6.400.000	22.513.186	119.887.619
	11	51.524.803	6.400.000	25.133.137	83.057.940
	12	50.724.803	6.400.000	27.753.088	84.877.891
	13	50.528.803	6.400.000	30.373.039	87.301.842
	14	50.524.803	6.400.000	32.992.989	89.917.792
	15	50.524.803	6.400.000	35.612.940	92.537.743
	16	50.524.803	6.400.000	38.232.891	95.157.694
	17	50.524.803	6.400.000	40.852.842	97.777.645
	18	50.524.803	6.400.000	43.472.793	100.397.596
	19	50.524.803	6.400.000	46.092.744	103.017.547
	20	50.524.803	6.400.000	48.712.695	105.637.498
	21	50.524.803	6.400.000	51.332.646	108.257.449
	22	50.524.803	6.400.000	53.952.597	110.877.400
	23	50.524.630	6.400.000	56.572.547	113.497.178
	24	50.524.433	6.400.000	59.192.498	116.116.931
	25	40.857.509	6.400.000	61.812.449	109.069.958
	26	40.857.509	6.400.000	64.432.400	111.689.909
	27	40.857.509	6.400.000	67.052.351	114.309.860
	28	40.402.092	6.400.000	69.672.302	116.474.394
	29	39.604.433	6.400.000	72.292.253	118.296.686
	30	34.525.410	6.400.000	74.912.204	115.837.614
	Biaya 30 Hari	2.240.119.420	192.000.000	1.116.875.693	3.548.995.113

Pada Tabel 4.12 diketahui biaya langsung yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 2 (penambahan 2 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 2 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari pertama, biaya tidak tetap di angka Rp 1.553.579 karena biaya *extra feeding* sudah diberlakukan (mulai diberlakukan sejak ada penambahan 2 tenaga kerja).

Kemudian ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.5 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 30.



Gambar 4.5 Grafik Cost Versus Time 30 Hari

Dari gambar 4.5 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar atau sekitar Rp 150.524.433,00. Biaya ini semakin turun pada hari ke-10 dan kurang lebih konstan pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja tidak kerja lembur sedangkan untuk hari ke 25 hingga hari ke 28, untuk hari 29 dan 30 jumlah pekerja dikurangi hanya untuk standby. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 31) berubah menjadi sebesar Rp 6.400.000,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra charge*. Terlihat biaya total mengalami penurunan pada hari ke 11. Pada akhir hari ke 30 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.4. Skenario 3 (29 Hari)

Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 3 (29 hari) :

Tabel 4.13. Perhitungan Biaya Skenario 3 (29 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 3 (29 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	1.254.870.179	-	- 303.687.569	
	Biaya Setelah Percepatan	2.584.311.965	192.000.000	1.079.646.503	
	Total Biaya Setelah Percepatan				3.855.958.468

Pada Tabel 4.13 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 1.254.870.179 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 3 (penambahan 3 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 3 hari), dan harga satuan jasa. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami

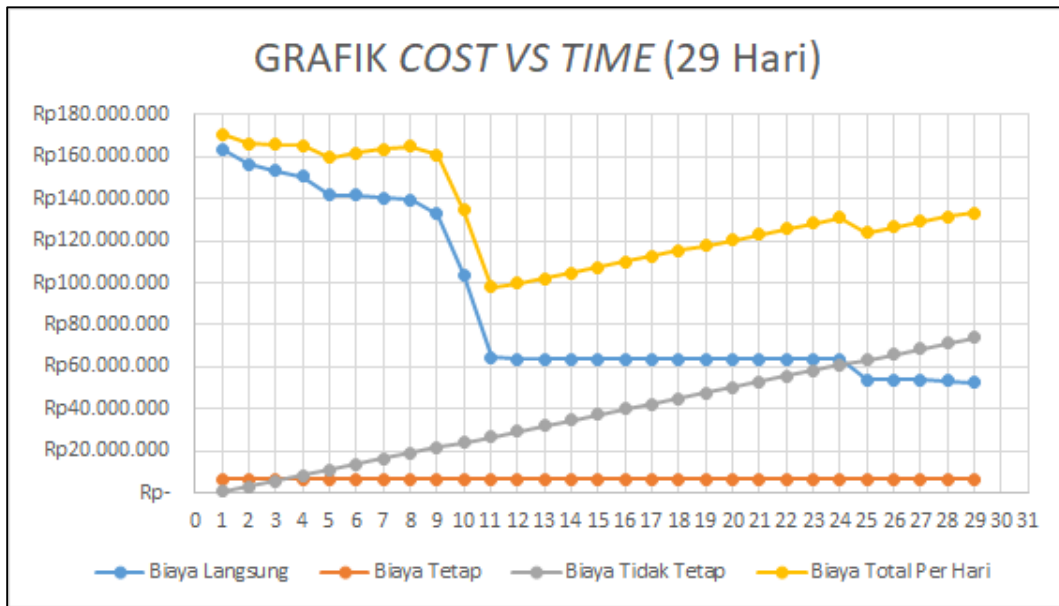
penghematan Rp 303.687.569 karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Setelah diketahui besarnya biaya percepatan maka besarnya biaya akan meningkat berdasarkan semakin pendeknya umur proyek (percepatan). Berikut tabel 4.14 yang menggambarkan pemampatan biaya sesuai durasi skenario 3 yaitu 29 hari :

Tabel 4.14. Perhitungan Biaya Skenario 3 (29 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 3 (29 Hari)	1	163.583.673	6.620.690	549.877	170.754.240
	2	156.674.561	6.620.690	3.169.828	166.465.079
	3	153.471.323	6.620.690	5.789.779	165.881.792
	4	150.583.763	6.620.690	8.409.730	165.614.182
	5	141.807.113	6.620.690	11.029.681	159.457.483
	6	141.807.113	6.620.690	13.649.632	162.077.434
	7	140.583.673	6.620.690	16.269.583	163.473.945
	8	139.584.013	6.620.690	18.889.534	165.094.236
	9	132.927.753	6.620.690	21.509.484	161.057.927
	10	104.033.673	6.620.690	24.129.435	134.783.798
	11	64.584.043	6.620.690	26.749.386	97.954.119
	12	63.784.043	6.620.690	29.369.337	99.774.070
	13	63.588.043	6.620.690	31.989.288	102.198.020
	14	63.584.043	6.620.690	34.609.239	104.813.971
	15	63.584.043	6.620.690	37.229.190	107.433.922
	16	63.584.043	6.620.690	39.849.141	110.053.873
	17	63.584.043	6.620.690	42.469.092	112.673.824
	18	63.584.043	6.620.690	45.089.042	115.293.775
	19	63.584.043	6.620.690	47.708.993	117.913.726
	20	63.584.043	6.620.690	50.328.944	120.533.677
	21	63.584.043	6.620.690	52.948.895	123.153.628
	22	63.584.043	6.620.690	55.568.846	125.773.579
	23	63.583.870	6.620.690	58.188.797	128.393.356
	24	63.583.673	6.620.690	60.808.748	131.013.110
	25	53.916.749	6.620.690	63.428.699	123.966.137
	26	53.916.749	6.620.690	66.048.650	126.586.088
	27	53.916.749	6.620.690	68.668.601	129.206.039
	28	53.461.332	6.620.690	71.288.551	131.370.573
	29	52.663.673	6.620.690	73.908.502	133.192.865
	Biaya 29 Hari	2.584.311.965	192.000.000	1.079.646.503	3.855.958.468

Pada Tabel 4.14 diketahui biaya langsung yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 3 (penambahan 3 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 3 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap

mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari pertama, biaya tidak tetap di angka Rp 549.877 karena biaya *extra fooding* baru diberlakukan pada hari kedua . Kemudian ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 46 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 29.



Gambar 4.6 Grafik Cost Versus Time 29 Hari

Dari gambar 4.6 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar atau sekitar Rp 163.583.673,00. Biaya ini semakin turun pada hari ke-11 dan kurang lebih konstan pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja tidak kerja lembur sedangkan untuk hari ke 25 hingga hari ke 29 dilakukan lembur 4 jam perhari. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 29) berubah menjadi sebesar Rp 6.620.290,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra charge*. Terlihat biaya total mengalami penurunan pada hari ke 11. Pada akhir hari ke 29 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.5. Skenario 4 (28 Hari)

Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 4 (28 hari) :

Tabel 4.15. Perhitungan Biaya Skenario 4 (28 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 4 (28 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	1.599.062.724	-	- 340.916.759	
	Biaya Setelah Percepatan	2.928.504.510	192.000.000	1.042.417.313	
	Total Biaya Setelah Percepatan				4.162.921.823

Pada Tabel 4.15 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 1.599.062.724 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 4 (penambahan 4 tenaga kerja), produktifitas crash (percepatan 4 hari), dan harga satuan jasa. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami

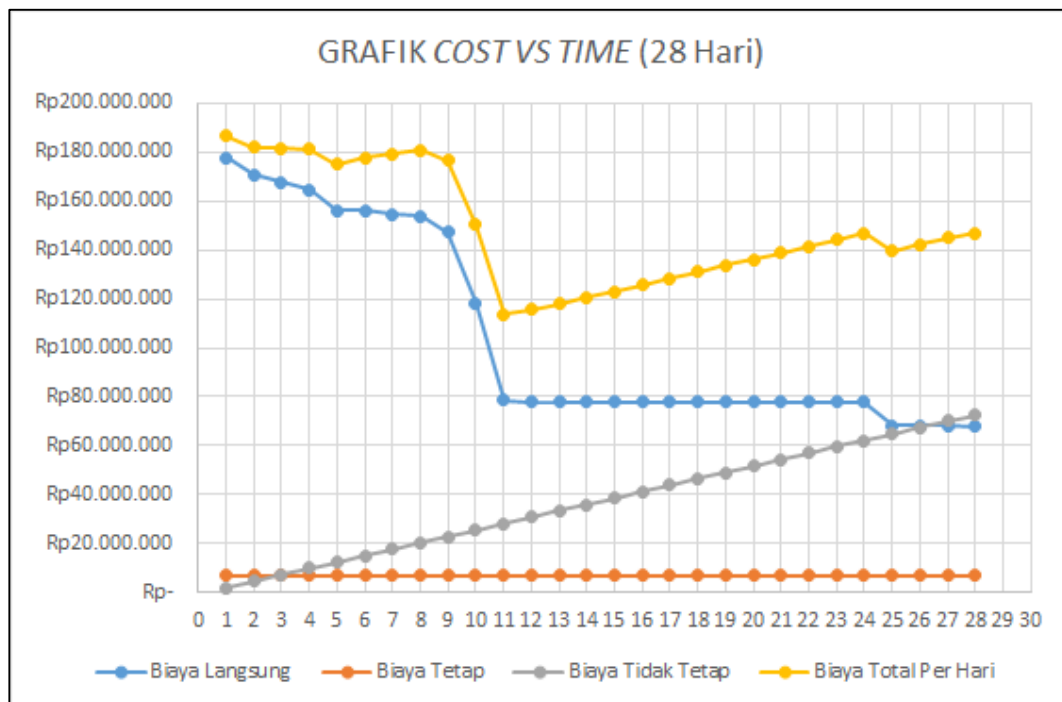
penghematan Rp 340.916.759 karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Setelah diketahui besarnya biaya percepatan maka besarnya biaya akan meningkat berdasarkan semakin pendeknya umur proyek (percepatan). Berikut tabel 4.16 yang menggambarkan pemampatan biaya sesuai durasi skenario 4 yaitu 28 hari :

Tabel 4.16. Perhitungan Biaya Skenario 4 (28 Hari)

Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
		Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
1	177.757.109	6.857.143	1.859.853	186.474.105
2	170.847.997	6.857.143	4.479.804	182.184.944
3	167.644.759	6.857.143	7.099.754	181.601.657
4	164.757.199	6.857.143	9.719.705	181.334.047
5	155.980.549	6.857.143	12.339.656	175.177.348
6	155.980.549	6.857.143	14.959.607	177.797.299
7	154.757.109	6.857.143	17.579.558	179.193.810
8	153.757.449	6.857.143	20.199.509	180.814.101
9	147.101.189	6.857.143	22.819.460	176.777.792
10	118.207.109	6.857.143	25.439.411	150.503.663
11	78.757.479	6.857.143	28.059.362	113.673.984
12	77.957.479	6.857.143	30.679.313	115.493.935
13	77.761.479	6.857.143	33.299.263	117.917.885
14	77.757.479	6.857.143	35.919.214	120.533.836
15	77.757.479	6.857.143	38.539.165	123.153.787
16	77.757.479	6.857.143	41.159.116	125.773.738
17	77.757.479	6.857.143	43.779.067	128.393.689
18	77.757.479	6.857.143	46.399.018	131.013.640
19	77.757.479	6.857.143	49.018.969	133.633.591
20	77.757.479	6.857.143	51.638.920	136.253.542
21	77.757.479	6.857.143	54.258.871	138.873.493
22	77.757.479	6.857.143	56.878.821	141.493.444
23	77.757.306	6.857.143	59.498.772	144.113.221
24	77.757.109	6.857.143	62.118.723	146.732.975
25	68.090.185	6.857.143	64.738.674	139.686.002
26	68.090.185	6.857.143	67.358.625	142.305.953
27	68.090.185	6.857.143	69.978.576	144.925.904
28	67.634.768	6.857.143	72.598.527	147.090.438
				-
				-
				-
				-
Biaya 28 Hari	2.928.504.510	192.000.000	1.042.417.313	4.162.921.823

Pada Tabel 4.16 diketahui biaya langsung yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 4 (penambahan 4 tenaga

kerja), produktifitas *crash* (percepatan 4 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari kedua, biaya tidak tetap di angka Rp 4.479.804 karena biaya *extra feeding* baru diberlakukan pada hari kedua. Kemudian hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.7 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 28.



Gambar 4.7 Grafik *Cost Versus Time* 28 Hari

Dari gambar 4.7 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar atau sekitar Rp 177.757.109,00. Biaya ini semakin turun pada hari ke-11 dan kurang lebih konstan pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja tidak kerja lembur sedangkan untuk hari ke 25 hingga hari ke 28 dilakukan lembur 4 jam perhari. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 28) berubah menjadi sebesar Rp 6.857.143,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra*

charge. Terlihat biaya total mengalami penurunan pada hari ke 11. Pada akhir hari ke 28 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.6. Skenario 5 (27 Hari)

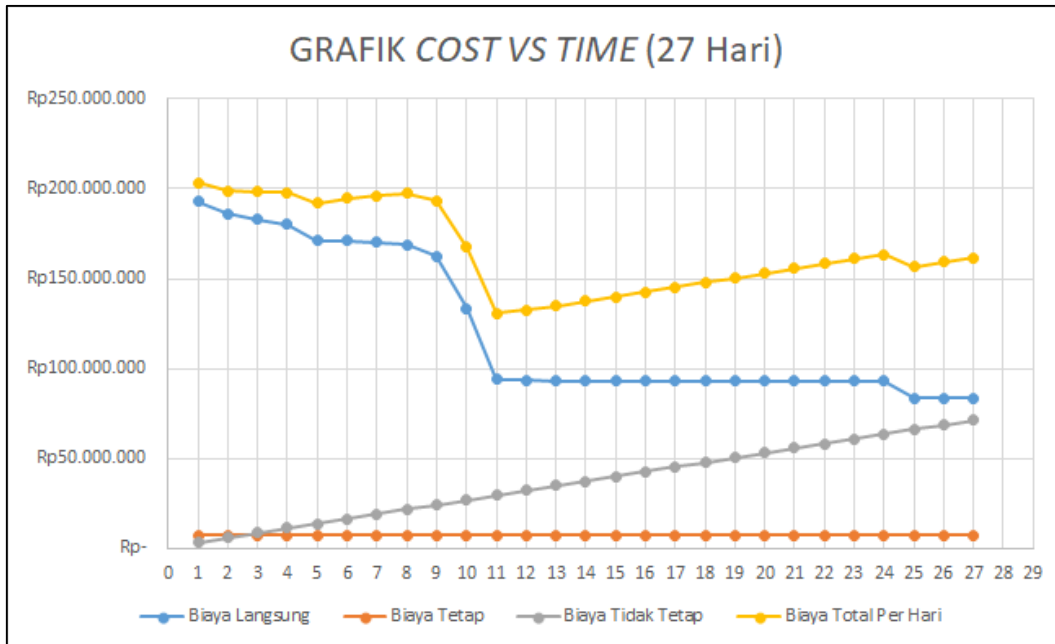
Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 5 (27 hari) :

Tabel 4.17. Perhitungan Biaya Skenario 5 (27 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 5 (27 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	1.943.255.269	-	- 378.145.949	
	Biaya Setelah Percepatan	3.272.697.055	192.000.000	1.005.188.124	
	Total Biaya Setelah Percepatan				4.469.885.179

Pada Tabel 4.17 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 1.943.225.269 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 5 (penambahan 5 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 5

baru diberlakukan pada hari kedua. Kemudian hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.8 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 27.



Gambar 4.8 Grafik Cost Versus Time 27 Hari

Dari gambar 4.8 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar atau sekitar Rp 120.000.000,00. Biaya ini semakin turun pada hari ke-11 dan kurang lebih konstan pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja tidak kerja lembur sedangkan untuk hari ke 25 hingga hari ke 27 dilakukan lembur 4 jam perhari. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 27) berubah menjadi sebesar Rp 7.111.111,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra charge*. Terlihat biaya total mengalami penurunan pada hari ke 11. Pada akhir hari ke 27 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.7. Skenario 6 (26 Hari)

Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 6 (26 hari) :

Tabel 4.19. Perhitungan Biaya Skenario 6 (26 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 6 (26 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	2.287.447.814	-	- 415.375.139	
	Biaya Setelah Percepatan	3.616.889.600	192.000.000	967.958.934	
	Total Biaya Setelah Percepatan				4.776.848.534

Pada Tabel 4.19 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 2.287.447.814 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 6 (penambahan 6 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 6 hari), dan harga satuan jasa. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami

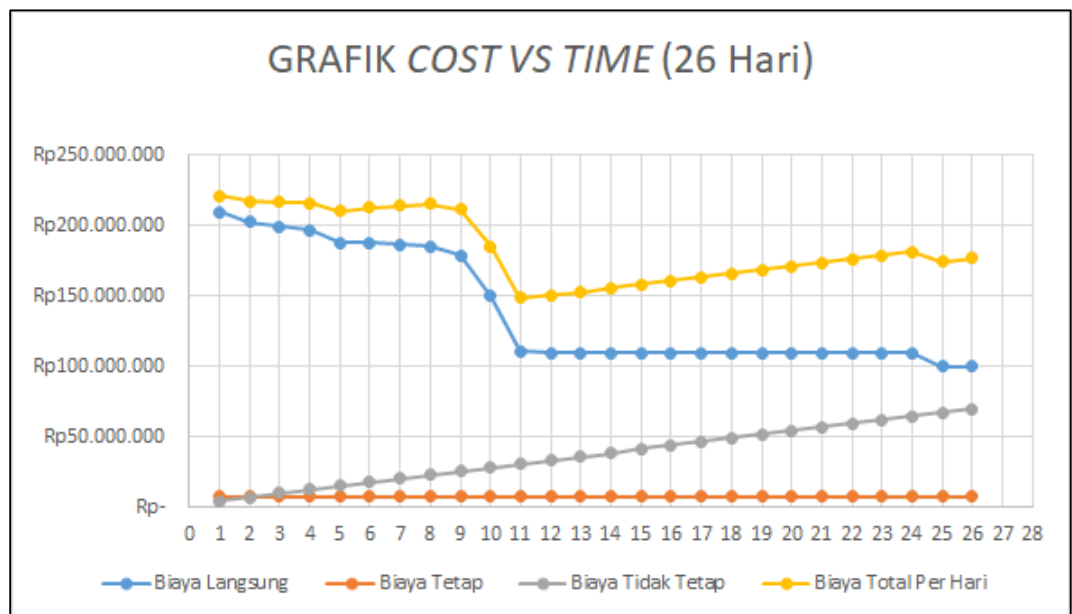
penghematan Rp 415.375.139 karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Setelah diketahui besarnya biaya percepatan maka besarnya biaya akan meningkat berdasarkan semakin pendeknya umur proyek (percepatan). Berikut tabel 4.20 yang menggambarkan pemampatan biaya sesuai durasi skenario 6 yaitu 26 hari :

Tabel 4.20. Perhitungan Biaya Skenario 6 (26 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 6 (26 Hari)	1	209.453.649	7.384.615	4.479.804	221.318.068
	2	202.544.537	7.384.615	7.099.754	217.028.907
	3	199.341.299	7.384.615	9.719.705	216.445.620
	4	196.453.739	7.384.615	12.339.656	216.178.011
	5	187.677.089	7.384.615	14.959.607	210.021.312
	6	187.677.089	7.384.615	17.579.558	212.641.263
	7	186.453.649	7.384.615	20.199.509	214.037.774
	8	185.453.989	7.384.615	22.819.460	215.658.065
	9	178.797.729	7.384.615	25.439.411	211.621.755
	10	149.903.649	7.384.615	28.059.362	185.347.626
	11	110.454.019	7.384.615	30.679.313	148.517.947
	12	109.654.019	7.384.615	33.299.263	150.337.898
	13	109.458.019	7.384.615	35.919.214	152.761.849
	14	109.454.019	7.384.615	38.539.165	155.377.800
	15	109.454.019	7.384.615	41.159.116	157.997.751
	16	109.454.019	7.384.615	43.779.067	160.617.702
	17	109.454.019	7.384.615	46.399.018	163.237.653
	18	109.454.019	7.384.615	49.018.969	165.857.604
	19	109.454.019	7.384.615	51.638.920	168.477.554
	20	109.454.019	7.384.615	54.258.871	171.097.505
	21	109.454.019	7.384.615	56.878.821	173.717.456
	22	109.454.019	7.384.615	59.498.772	176.337.407
	23	109.453.846	7.384.615	62.118.723	178.957.185
	24	109.453.649	7.384.615	64.738.674	181.576.939
	25	99.786.725	7.384.615	67.358.625	174.529.966
	26	99.786.725	7.384.615	69.978.576	177.149.917
	Biaya 27 Hari	3.616.889.600	192.000.000	967.958.934	4.776.848.534

Pada Tabel 4.120 diketahui biaya langsung yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 6 (penambahan 6 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 6 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap

mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari pertama, biaya tidak tetap sudah berada di angka Rp 4.479.804 karena biaya *extra feeding* baru diberlakukan pada hari kedua. Kemudian hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.9 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 26.



Gambar 4.9 Grafik Cost Versus Time 26 Hari

Dari gambar 4.9 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki biaya besar serta mulai menyentuh angka dua ratus juta rupiah atau sekitar Rp 209.000.000,00. Biaya ini kurang lebih konstan hingga pada hari ke-25 karena pada interval hari tersebut pekerja terus kerja lembur 4 jam perhari sedangkan untuk hari ke 25 hingga hari ke 26 dilakukan *standby* menjelang penyelesaian. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 26) berubah menjadi sebesar Rp 7.384.615,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra charge*. Terlihat biaya total

mengalami penurunan kemudian naik kembali beberapa saat. Pada akhir hari ke 26 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.8. Skenario 7 (25 Hari)

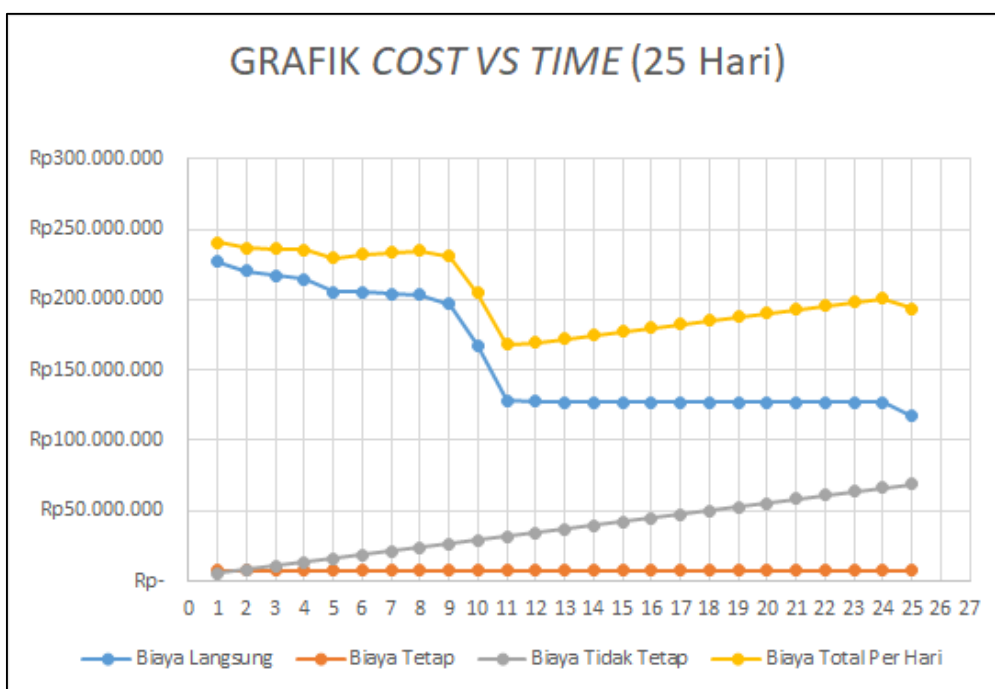
Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 7 (25 hari) :

Tabel 4.21. Perhitungan Biaya Skenario 7 (25 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 7 (25 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	2.631.640.359	-	- 452.604.328	
	Biaya Setelah Percepatan	3.961.082.145	192.000.000	930.729.744	
	Total Biaya Setelah Percepatan				5.083.811.889

Pada Tabel 4.21 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 2.631.640.359 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara

kerja), produktifitas *crash* (percepatan 7 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari pertama, biaya tidak tetap sudah berada di angka Rp 5.578.779 karena biaya *extra footing* sudah diberlakukan pada hari pertama. Kemudian hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.10 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 25.



Gambar 4.10 Grafik *Cost Versus Time* 25 Hari

Dari gambar 4.10 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah memiliki Rp 227.212.820,00. Biaya ini kurang lebih konstan hingga pada hari ke-24 karena pada interval hari tersebut pekerja terus kerja lembur 4 jam perhari sedangkan untuk hari ke 25 dilakukan *standby* menjelang penyelesaian. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari 25) berubah menjadi sebesar Rp 7.680.000,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra charge*. Terlihat biaya total mengalami penurunan

kemudian naik kembali beberapa saat. Pada akhir hari ke 25 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.9. Skenario 8 (24 Hari)

Berikut hasil perhitungan biaya pengerjaan sesuai skenario 8 (24 hari) :

Tabel 4.23. Perhitungan Biaya Skenario 8 (24 Hari) dibanding Skenario Normal (32 Hari)

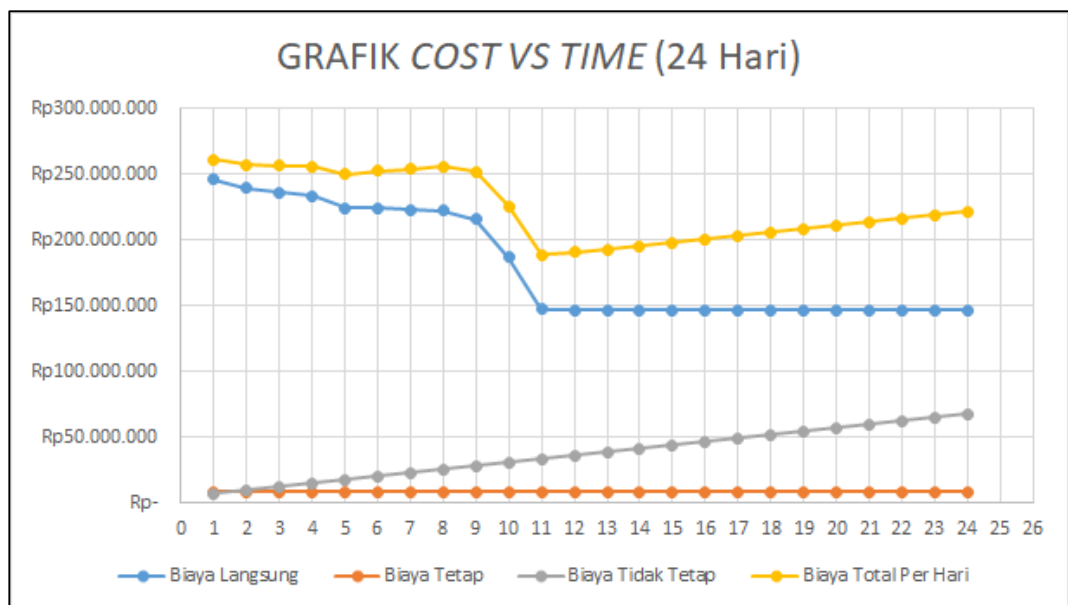
	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 8 (24 Hari)	1	120.000.000	6.000.000	2.619.951	128.619.951
	2	113.090.888	6.000.000	5.239.902	124.330.790
	3	109.887.650	6.000.000	7.859.853	123.747.503
	4	107.000.090	6.000.000	10.479.804	123.479.894
	5	98.223.440	6.000.000	13.099.754	117.323.194
	6	98.223.440	6.000.000	15.719.705	119.943.145
	7	97.000.000	6.000.000	18.339.656	121.339.656
	8	96.000.340	6.000.000	20.959.607	122.959.947
	9	89.344.080	6.000.000	23.579.558	118.923.638
	10	60.450.000	6.000.000	26.199.509	92.649.509
	11	21.000.370	6.000.000	28.819.460	55.819.830
	12	20.200.370	6.000.000	31.439.411	57.639.781
	13	20.004.370	6.000.000	34.059.362	60.063.732
	14	20.000.370	6.000.000	36.679.313	62.679.683
	15	20.000.370	6.000.000	39.299.263	65.299.633
	16	20.000.370	6.000.000	41.919.214	67.919.584
	17	20.000.370	6.000.000	44.539.165	70.539.535
	18	20.000.370	6.000.000	47.159.116	73.159.486
	19	20.000.370	6.000.000	49.779.067	75.779.437
	20	20.000.370	6.000.000	52.399.018	78.399.388
	21	20.000.370	6.000.000	55.018.969	81.019.339
	22	20.000.370	6.000.000	57.638.920	83.639.290
	23	20.000.197	6.000.000	60.258.871	86.259.068
	24	20.000.000	6.000.000	62.878.821	88.878.821
	25	10.333.076	6.000.000	65.498.772	81.831.848
	26	10.333.076	6.000.000	68.118.723	84.451.799
	27	10.333.076	6.000.000	70.738.674	87.071.750
	28	9.877.659	6.000.000	73.358.625	89.236.284
	29	9.080.000	6.000.000	75.978.576	91.058.576
	30	4.000.977	6.000.000	78.598.527	88.599.504
	31	2.755.000	6.000.000	81.218.478	89.973.478
	32	2.300.357	6.000.000	83.838.429	92.138.786
	Biaya 32 Hari	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859
	Biaya Percepatan	2.975.832.904	-	- 489.833.518	
	Biaya Setelah Percepatan	4.305.274.690	192.000.000	893.500.554	
	Total Biaya Setelah Percepatan				5.390.775.244

Pada Tabel 4.23 diketahui muncul biaya percepatan sebesar Rp 2.975.832.904 yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 8 (penambahan 8 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 8 hari), dan harga satuan jasa. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan Rp 489.833.518 karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Setelah diketahui besarnya biaya percepatan maka besarnya biaya akan meningkat berdasarkan semakin pendeknya umur proyek (percepatan). Berikut tabel 4.24 yang menggambarkan pemampatan biaya sesuai durasi skenario 8 yaitu 24 hari :

Tabel 4.24. Perhitungan Biaya Skenario 8 (24 Hari)

	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total Per Hari
			Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap	
Skenario 8 (24 Hari)	1	246.451.922	8.000.000	7.099.754	261.551.676
	2	239.542.810	8.000.000	9.719.705	257.262.515
	3	236.339.572	8.000.000	12.339.656	256.679.228
	4	233.452.012	8.000.000	14.959.607	256.411.619
	5	224.675.362	8.000.000	17.579.558	250.254.920
	6	224.675.362	8.000.000	20.199.509	252.874.871
	7	223.451.922	8.000.000	22.819.460	254.271.382
	8	222.452.262	8.000.000	25.439.411	255.891.673
	9	215.796.002	8.000.000	28.059.362	251.855.364
	10	186.901.922	8.000.000	30.679.313	225.581.234
	11	147.452.292	8.000.000	33.299.263	188.751.555
	12	146.652.292	8.000.000	35.919.214	190.571.506
	13	146.456.292	8.000.000	38.539.165	192.995.457
	14	146.452.292	8.000.000	41.159.116	195.611.408
	15	146.452.292	8.000.000	43.779.067	198.231.359
	16	146.452.292	8.000.000	46.399.018	200.851.310
	17	146.452.292	8.000.000	49.018.969	203.471.261
	18	146.452.292	8.000.000	51.638.920	206.091.212
	19	146.452.292	8.000.000	54.258.871	208.711.162
	20	146.452.292	8.000.000	56.878.821	211.331.113
	21	146.452.292	8.000.000	59.498.772	213.951.064
	22	146.452.292	8.000.000	62.118.723	216.571.015
	23	146.452.119	8.000.000	64.738.674	219.190.793
	24	146.451.922	8.000.000	67.358.625	221.810.547
				-	
	Biaya 24 Hari	4.305.274.690	192.000.000	893.500.554	5.390.775.244

Pada Tabel 4.24 diketahui biaya langsung yang terdiri dari harga material ditambah dengan pengalihan antara biaya skenario 8 (penambahan 8 tenaga kerja), produktifitas *crash* (percepatan 7 hari), dan harga satuan jasa sudah naik sesuai penambahan yang telah dilakukan. Sedangkan untuk biaya tidak tetap mengalami penghematan karena berkurangnya biaya tidak tetap per hari. Pada hari pertama, biaya tidak tetap sudah berada di angka Rp 7.099.754 karena biaya *extra fooding* sudah diberlakukan pada hari pertama. Kemudian hasil perhitungan ditampilkan dalam grafik biaya *versus* waktu atau *cost versus time*. Dari gambar 4.11 terlihat jelas tren grafik biaya proyek dari hari 1 hingga hari ke 24.



Gambar 4.11 Grafik Cost Versus Time 24 Hari

Dari gambar 4.11 didapat kesimpulan bahwa pada pengerjaan proyek ini untuk biaya tidak tetap (*variable cost*) semakin lama semakin naik. Sedangkan untuk biaya langsung (grafik warna biru) pada awal hari ke 1 sudah berada di angka Rp 246.451.922,00. Biaya ini kurang lebih konstan hingga pada hari ke-23 karena pada interval hari tersebut pekerja terus kerja lembur 4 jam perhari sedangkan untuk hari ke 24 dilakukan *standby* menjelang penyelesaian. Untuk biaya tetap yaitu penyewaan tenda pekerja tetap dari awal hingga selesai proyek (hari 1 hingga hari

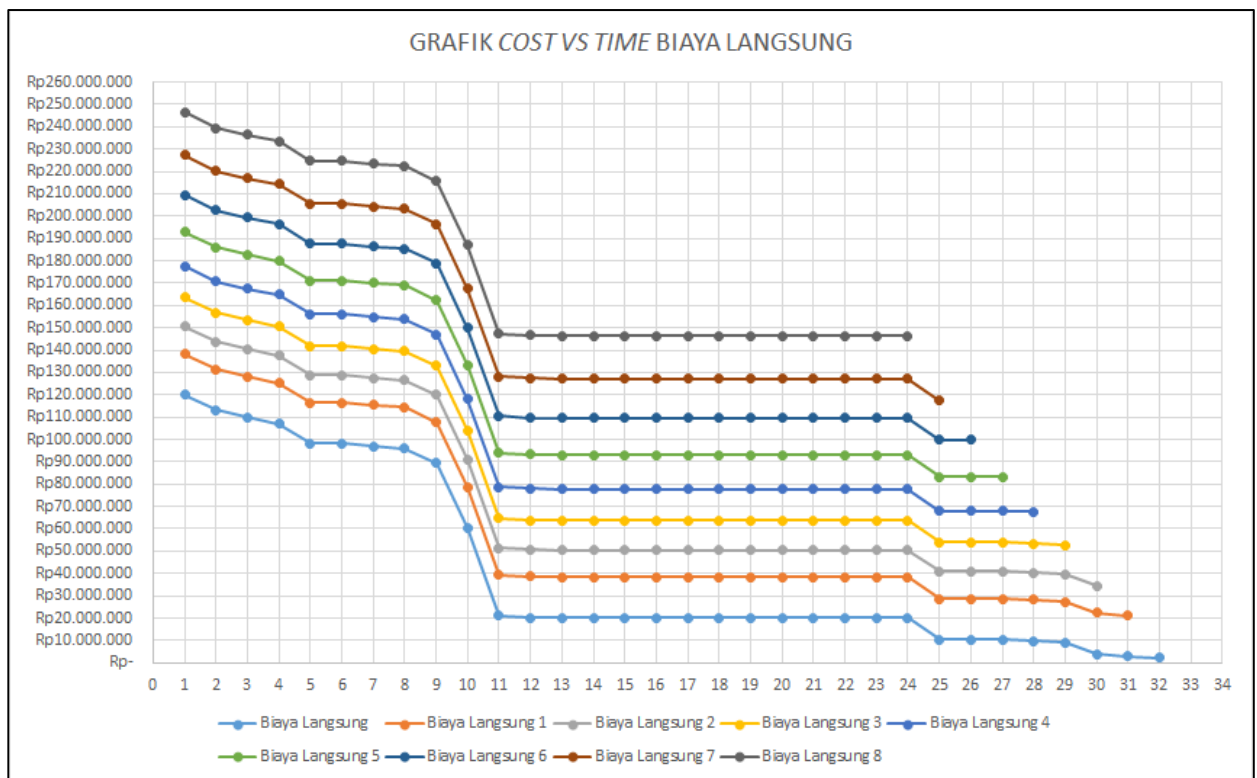
24) berubah menjadi sebesar Rp 8.000.000,00 karena sudah termasuk harga paket penyewaan ditambah *extra charge*. Terlihat biaya total mengalami penurunan kemudian naik kembali beberapa saat. Pada akhir hari ke 24 biaya total sudah termasuk biaya percepatan.

4.4.10. Perbandingan Biaya Langsung Semua Skenario (1 sd 8)

Tabel 4.25. Perbandingan Biaya Langsung Semua Skenario (1 sd 8)

Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Langsung 1	Biaya Langsung 2	Biaya Langsung 3	Biaya Langsung 4	Biaya Langsung 5	Biaya Langsung 6	Biaya Langsung 7	Biaya Langsung 8
1	120.000.000	138.347.918	150.524.433	163.583.673	177.757.109	193.009.973	209.453.649	227.212.820	246.451.922
2	113.090.888	131.438.806	143.615.321	156.674.561	170.847.997	186.100.861	202.544.537	220.303.708	239.542.810
3	109.887.650	128.235.568	140.412.083	153.471.323	167.644.759	182.897.623	199.341.299	217.100.470	236.339.572
4	107.000.090	125.348.008	137.524.523	150.583.763	164.757.199	180.010.063	196.453.739	214.212.910	233.452.012
5	98.223.440	116.571.358	128.747.873	141.807.113	155.980.549	171.233.413	187.677.089	205.436.260	224.675.362
6	98.223.440	116.571.358	128.747.873	141.807.113	155.980.549	171.233.413	187.677.089	205.436.260	224.675.362
7	97.000.000	115.347.918	127.524.433	140.583.673	154.757.109	170.009.973	186.453.649	204.212.820	223.451.922
8	96.000.340	114.348.258	126.524.773	139.584.013	153.757.449	169.010.313	185.453.989	203.213.160	222.452.262
9	89.344.080	107.691.998	119.868.513	132.927.753	147.101.189	162.354.053	178.797.729	196.556.900	215.796.002
10	60.450.000	78.797.918	90.974.433	104.033.673	118.207.109	133.459.973	149.903.649	167.662.820	186.901.922
11	21.000.370	39.348.288	51.524.803	64.584.043	78.757.479	94.010.343	110.454.019	128.213.190	147.452.292
12	20.200.370	38.548.288	50.724.803	63.784.043	77.957.479	93.210.343	109.654.019	127.413.190	146.652.292
13	20.004.370	38.352.288	50.528.803	63.588.043	77.761.479	93.014.343	109.458.019	127.217.190	146.456.292
14	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
15	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
16	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
17	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
18	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
19	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
20	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
21	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
22	20.000.370	38.348.288	50.524.803	63.584.043	77.757.479	93.010.343	109.454.019	127.213.190	146.452.292
23	20.000.197	38.348.115	50.524.630	63.583.870	77.757.306	93.010.170	109.453.846	127.213.017	146.452.119
24	20.000.000	38.347.918	50.524.433	63.583.673	77.757.109	93.009.973	109.453.649	127.212.820	146.451.922
25	10.333.076	28.680.994	40.857.509	53.916.749	68.090.185	83.343.049	99.786.725	117.545.896	
26	10.333.076	28.680.994	40.857.509	53.916.749	68.090.185	83.343.049	99.786.725		
27	10.333.076	28.680.994	40.857.509	53.916.749	68.090.185	83.343.049			
28	9.877.659	28.225.577	40.402.092	53.461.332	67.634.768				
29	9.080.000	27.427.918	39.604.433	52.663.673					
30	4.000.977	22.348.895	34.525.410						
31	2.755.000	21.102.918							
32	2.300.357								

Dari tabel 4.26 dapat dilihat bahwa pada durasi penyelesaian proyek secara normal (32 hari), biaya langsung cenderung besar di hari pertama dan turun seiring proyek berlangsung semakin lama hingga menyentuh biaya sekitar dua juta rupiah. Seiring bertambah cepatnya penyelesaian proyek maka biaya langsung akan semakin besar 5 hari pertama dikarenakan besarnya biaya kompensasi lembur yang diberikan kepada pekerja. Semakin mampatnya durasi penyelesaian berpengaruh kepada besaran biaya langsung. Bahkan bila dibandingkan antara biaya langsung skenario 8 (penyelesaian 24 hari) adalah dua kali lipat dari biaya langsung durasi normal. Gambar 4.12 menunjukkan tren dari biaya langsung dibandingkan dengan durasi penyelesaian proyek.



Gambar 4.12 Grafik *Cost Versus Time* antara durasi normal dengan Skenario 1 sampai dengan skenario 8

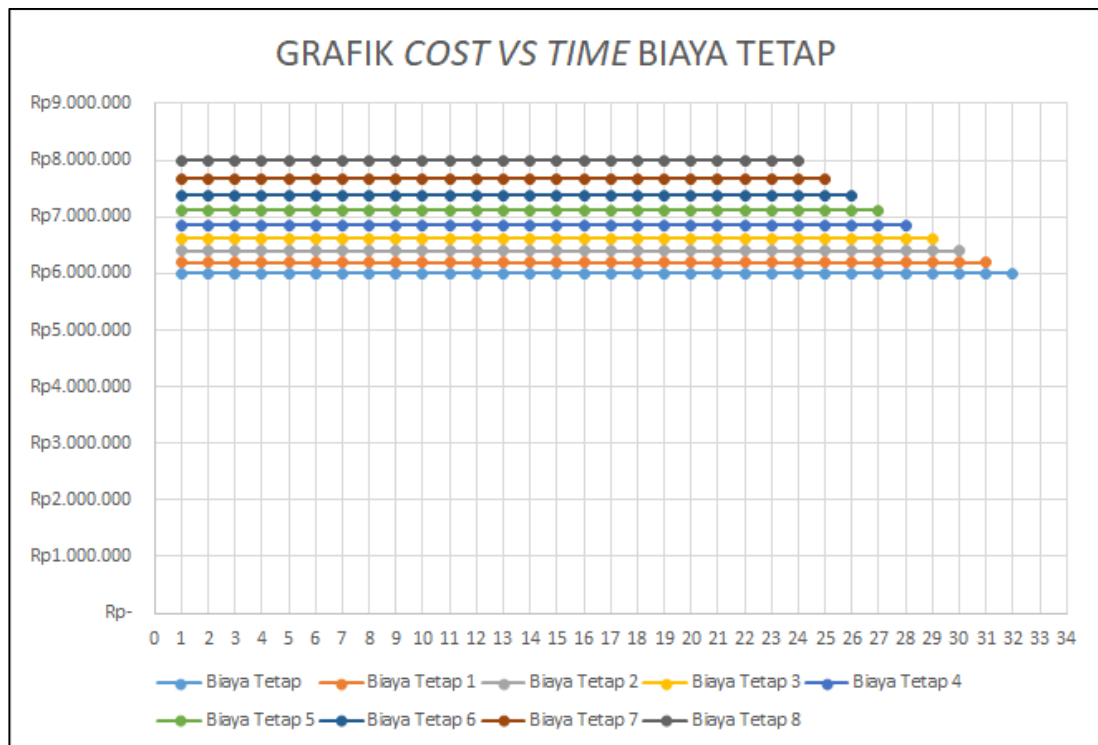
Dari gambar diatas terlihat untuk skenario 8 biaya akan konstan dan tidak berubah hingga penyelesaian proyek. Hal ini menunjukkan bahwa semakin durasi proyek dimampatkan maka biaya langsung akan semakin besar namun akan cenderung konstan. Sebaliknya bila semakin lama durasi proyek maka biaya langsung akan semakin turun.

4.4.11. Perbandingan Biaya Tetap Semua Skenario (1 sd 8)

Tabel 4.26. Perbandingan Biaya Tetap Semua Skenario (1 sd 8)

Durasi (Hari)	Biaya Tetap	Biaya Tetap 1	Biaya Tetap 2	Biaya Tetap 3	Biaya Tetap 4	Biaya Tetap 5	Biaya Tetap 6	Biaya Tetap 7	Biaya Tetap 8
1	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
2	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
3	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
4	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
5	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
6	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
7	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
8	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
9	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
10	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
11	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
12	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
13	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
14	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
15	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
16	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
17	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
18	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
19	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
20	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
21	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
22	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
23	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
24	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	8.000.000
25	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615	7.680.000	
26	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111	7.384.615		
27	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143	7.111.111			
28	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690	6.857.143				
29	6.000.000	6.193.548	6.400.000	6.620.690					
30	6.000.000	6.193.548	6.400.000						
31	6.000.000	6.193.548							
32	6.000.000								

Dari tabel 4.27 dapat dilihat bahwa pada durasi penyelesaian proyek secara normal (32 hari), biaya tetap cenderung tetap dari awal proyek hingga penyelesaian proyek. Seiring bertambah cepatnya penyelesaian proyek maka biaya tetap akan semakin besar dibandingkan dengan biaya tetap dari durasi proyek normal. Hal ini dikarenakan semakin besarnya biaya penyewaan tenda istirahat yang diberikan kepada banyaknya pekerja. Semakin mampatnya durasi penyelesaian berpengaruh kepada besaran biaya tetap. Bahkan bila dibandingkan antara biaya tetap skenario 8 (penyelesaian 24 hari) adalah selisih dua juta rupiah dari biaya tetap durasi normal. Gambar 4.13 menunjukkan tren dari biaya tetap dibandingkan dengan durasi penyelesaian proyek



Gambar 4.13 Grafik *Cost Versus Time* Biaya Tetap antara durasi normal dengan Skenario 1 sampai dengan skenario 8

Dari gambar diatas terlihat untuk skenario 8 biaya akan konstan dan tidak berubah hingga penyelesaian proyek. Hal ini menunjukkan bahwa semakin durasi proyek dimampatkan maka biaya tetap akan semakin besar namun akan cenderung konstan. Sebaliknya bila semakin lama durasi proyek maka biaya tetap akan lebih murah.

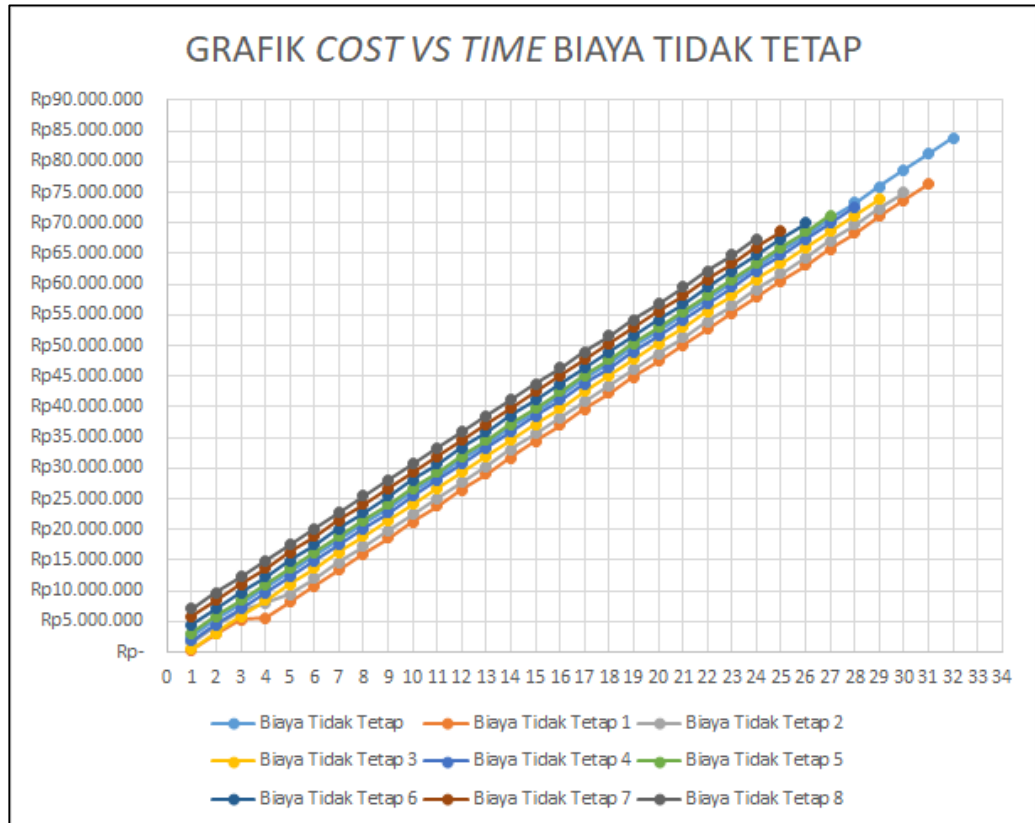
4.4.12. Perbandingan Biaya Tidak Tetap Semua Skenario (1 sd 8)

Tabel 4.27. Perbandingan Biaya Tidak Tetap Semua Skenario (1 sd 8)

Durasi (Hari)	Biaya Tidak Tetap	Biaya Tidak Tetap 1	Biaya Tidak Tetap 2	Biaya Tidak Tetap 3	Biaya Tidak Tetap 4	Biaya Tidak Tetap 5	Biaya Tidak Tetap 6	Biaya Tidak Tetap 7	Biaya Tidak Tetap 8
1	2.619.951	303.395	1.553.579	549.877	1.859.853	3.169.828	4.479.804	5.789.779	7.099.754
2	5.239.902	2.923.345	4.173.530	3.169.828	4.479.804	5.789.779	7.099.754	8.409.730	9.719.705
3	7.859.853	5.324.416	6.793.480	5.789.779	7.099.754	8.409.730	9.719.705	11.029.681	12.339.656
4	10.479.804	5.543.296	8.121.848	8.409.730	9.719.705	11.029.681	12.339.656	13.649.632	14.959.607
5	13.099.754	8.163.247	9.413.431	11.029.681	12.339.656	13.649.632	14.959.607	16.269.583	17.579.558
6	15.719.705	10.783.198	12.033.382	13.649.632	14.959.607	16.269.583	17.579.558	18.889.534	20.199.509
7	18.339.656	13.403.149	14.653.333	16.269.583	17.579.558	18.889.534	20.199.509	21.509.484	22.819.460
8	20.959.607	16.023.100	17.273.284	18.889.534	20.199.509	21.509.484	22.819.460	24.129.435	25.439.411
9	23.579.558	18.643.051	19.893.235	21.509.484	22.819.460	24.129.435	25.439.411	26.749.386	28.059.362
10	26.199.509	21.263.001	22.513.186	24.129.435	25.439.411	26.749.386	28.059.362	29.369.337	30.679.313
11	28.819.460	23.882.952	25.133.137	26.749.386	28.059.362	29.369.337	30.679.313	31.989.288	33.299.263
12	31.439.411	26.502.903	27.753.088	29.369.337	30.679.313	31.989.288	33.299.263	34.609.239	35.919.214
13	34.059.362	29.122.854	30.373.039	31.989.288	33.299.263	34.609.239	35.919.214	37.229.190	38.539.165
14	36.679.313	31.742.805	32.992.989	34.609.239	35.919.214	37.229.190	38.539.165	39.849.141	41.159.116
15	39.299.263	34.362.756	35.612.940	37.229.190	38.539.165	39.849.141	41.159.116	42.469.092	43.779.067
16	41.919.214	36.982.707	38.232.891	39.849.141	41.159.116	42.469.092	43.779.067	45.089.042	46.399.018
17	44.539.165	39.602.658	40.852.842	42.469.092	43.779.067	45.089.042	46.399.018	47.708.993	49.018.969
18	47.159.116	42.222.609	43.472.793	45.089.042	46.399.018	47.708.993	49.018.969	50.328.944	51.638.920
19	49.779.067	44.842.559	46.092.744	47.708.993	49.018.969	50.328.944	51.638.920	52.948.895	54.258.871
20	52.399.018	47.462.510	48.712.695	50.328.944	51.638.920	52.948.895	54.258.871	55.568.846	56.878.821
21	55.018.969	50.082.461	51.332.646	52.948.895	54.258.871	55.568.846	56.878.821	58.188.797	59.498.772
22	57.638.920	52.702.412	53.952.597	55.568.846	56.878.821	58.188.797	59.498.772	60.808.748	62.118.723
23	60.258.871	55.322.363	56.572.547	58.188.797	59.498.772	60.808.748	62.118.723	63.428.699	64.738.674
24	62.878.821	57.942.314	59.192.498	60.808.748	62.118.723	63.428.699	64.738.674	66.048.650	67.358.625
25	65.498.772	60.562.265	61.812.449	63.428.699	64.738.674	66.048.650	67.358.625	68.668.601	
26	68.118.723	63.182.216	64.432.400	66.048.650	67.358.625	68.668.601	69.978.576		
27	70.738.674	65.802.167	67.052.351	68.668.601	69.978.576	71.288.551			
28	73.358.625	68.422.118	69.672.302	71.288.551	72.598.527				
29	75.978.576	71.042.068	72.292.253	73.908.502					
30	78.598.527	73.662.019	74.912.204						
31	81.218.478	76.281.970							
32	83.838.429								

Dari tabel 4.28 dapat dilihat bahwa pada durasi penyelesaian proyek secara normal (32 hari), biaya tidak tetap cenderung naik dari awal proyek hingga penyelesaian proyek. Seiring bertambah cepatnya penyelesaian proyek maka biaya tidak tetap akan semakin besar dibandingkan dengan biaya tidak tetap dari durasi proyek normal. Hal ini dikarenakan semakin besarnya biaya *extra feeding* dan *quality control* yang diberikan kepada banyaknya pekerja. Semakin mampatnya durasi penyelesaian berpengaruh kepada besaran biaya tetap. Bahkan bila dibandingkan antara biaya tidak tetap skenario 8 (penyelesaian 24 hari) dengan

biaya tidak tetap dari durasi normal adalah hamper tiga kali lipat dari biaya tidak tetap durasi normal. Gambar 4.14 menunjukkan tren dari biaya tetap dibandingkan dengan durasi penyelesaian proyek



Gambar 4.14 Grafik *Cost Versus Time* Biaya Tidak Tetap antara durasi normal dengan Skenario 1 sampai dengan skenario 8

Dari gambar diatas terlihat, perbedaan atau kenaikan biaya tidak tetap antar skenario tidak terlalu signifikan sehingga grafik terlihat menghimpit. Untuk skenario 1 dan 3, biaya tidak tetap di hari 1 kecil karena lembur belum dilakukan.

Berdasarkan hasil pengolahan data maka berikut perhtungan secara detail beserta rumus perhitungannya :

- Total durasi pekerjaan *critical* adalah = 670 Jam = 27,9 Hari
- Volume pekerjaan di area Turbin PLTGU adalah 2.662,28 m³
- Volume pekerjaan Total sebesar 82.264,00 m³
- Harga satuan tenaga kerja turbin = Rp 2.414.844,00

- Harga satuan tenaga material turbin = Rp 922.639.471,87 x (3,236%) =
Rp 29.856.613,31
- Harga satuan peralatan turbin = Rp 120.000.000,00 x (3,26%) =
Rp 3.912.000,00
- Produktivitas Normal = Volume / Durasi = 2662,28 m³ / 27,9 Hari =
95,422 m³/hari

Dengan penambahan jam lembur selama 4 jam, dan diketahui jam kerja normal 8 jam maka dapat dihitung :

- Produktivitas Lembur = 4/8 x 95,422 = 47,71 m³/hari
- Produktivitas setelah Lembur = Produktivitas Normal + Produktivitas Lembur

$$= 95,422 \text{ m}^3/\text{hari} + 47,71 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 142,5322 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Crash Duration

Setelah produktivitas meningkat maka waktu yang diperlukan menyelesaikan aktivitas akan lebih cepat bila dibandingkan dengan sebelumnya

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration} &= \text{Volume} / \text{Produktivitas setelah lembur} \\ &= 2662,28 \text{ m}^3 / 142,532 \\ &= 18,67 \text{ hari (19 Hari)} \end{aligned}$$

Crash Cost

Merupakan jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat. Biaya ini dikeluarkan setelah dilakukan percepatan. Diketahui untuk biaya satuan material adalah Berikut perhitungan *crash cost* :

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= (\text{Harga Material}) + (\text{Harga satuan jasa} \times (\text{prod. Crash}) \\ &\quad \times \text{durasi crash}) + (\text{Harga Biaya Peralatan}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp. } 29.856.613,31 + (\text{Rp. } 2.414.844,00 \times 142,532 \times 19 \\
&\quad \text{hari}) + \text{Rp. } 3.912.000,00 \\
&= \text{Rp } 6.744.873.336,83
\end{aligned}$$

Cost Slope

Dengan adanya percepatan durasi pelaksanaan pada aktivitas tertentu, maka akan terjadi pertambahan biaya akibat percepatan durasi tersebut.

$$\begin{aligned}
\text{Cost Slope} &= (\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}) / (\text{Normal Duration} - \text{Crash} \\
&\quad \text{Duration}) \\
&= (\text{Rp } 6.744.873.336,83 - \text{Rp } 2.994.614.287,87) / (32 - 19) \\
&= \text{Rp } 288.481.465,3
\end{aligned}$$

Waktu dan Biaya hasil percepatan

- a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*) = Tempat Tinggal Sementara untuk tenaga kerja (Rp 6.000.000,00)
- b. Biaya Tidak Tetap (*Variable Cost*)

Perhitungan dari biaya tidak tetap (*Variable Cost*) adalah :

$$\begin{aligned}
\text{Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost)} &= \text{Biaya Tetap} + (\text{Biaya Tidak} \\
&\quad \text{Tetap/hari} \times \text{Durasi Proyek}) \\
\text{Rp. } 89.838.428,64 &= \text{Rp } 6.000.000,00 + (\text{Biaya Tidak} \\
&\quad \text{Tetap / hari} \times 32) \\
\text{Biaya Tidak Tetap / hari} &= (\text{Rp. } 89.838.428,64 - \text{Rp} \\
&\quad 6.000.000) / 32 \\
&= \text{Rp. } 2.619.950,895
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui besarnya biaya tidak langsung yang akan terus bertambah seiring bertambahnya durasi proyek. Nantinya akan diketahui Total Biaya *Crash* = Biaya Langsung + Biaya Tidak Langsung. Setelah proses perhitungan diatas dilakukan maka selanjutnya dipilih 5 Skenario atau skema

percepatan yang memiliki durasi penyelesaian proyek tersendiri. Berikut hasil pengolahan data :

Tabel 4.28. Hasil Perhitungan *Growth of Cost*

Skenario	Durasi (Hari)	Biaya Percepatan	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung		Biaya Total	Kenaikan Biaya
				Biaya Tetap	Biaya Tidak Tetap		
Normal	32	-	1.329.441.786	192.000.000	1.383.334.073	2.904.775.859	0,0%
Skenario 1	31	566.485.089	1.895.926.875	192.000.000	1.154.104.883	3.242.031.758	11,6%
Skenario 2	30	910.677.634	2.240.119.420	192.000.000	1.116.875.693	3.548.995.113	22,2%
Skenario 3	29	1.254.870.179	2.584.311.965	192.000.000	1.079.646.503	3.855.958.468	32,7%
Skenario 4	28	1.599.062.724	2.928.504.510	192.000.000	1.042.417.313	4.162.921.823	43,3%
Skenario 5	27	1.943.255.269	3.272.697.055	192.000.000	1.005.188.124	4.469.885.179	53,9%
Skenario 6	26	2.287.447.814	3.616.889.600	192.000.000	967.958.934	4.776.848.534	64,4%
Skenario 7	25	2.631.640.359	3.961.082.145	192.000.000	930.729.744	5.083.811.889	75,0%
Skenario 8	24	2.975.832.904	4.305.274.690	192.000.000	893.500.554	5.390.775.244	85,6%

Dari hasil olahan data diatas di dapatkan bahwa Skenario 7 (25 Hari) memiliki kenaikan biaya 75% dan dalam batasan kenaikan anggaran yang diizinkan Manajemen (80%). Sedangkan untuk skenario 6 (26 hari) selain tidak ada spare waktu, kenaikan anggaran dirasa tidak *optimum* (menggunakan anggaran yang diizinkan). Penjadwalan lengkap skenario 7 (25 hari) terdapat pada lampiran. Berikut tabel hasil penjadwalan skenario 7 (25 hari) dilakukan, pekerjaan kritis dari 27 hari dapat ditekan menjadi 19 hari. Sehingga bila ditambah dengan pekerjaan lain (5-6 hari) maka durasi total menjadi 25 hari :

Tabel 4.29. Hasil Penerapan Skenario 7 (*Crashing* 25 Hari)

No	Task Name	Duration
1	<i>DISASSEMBLY ENCLOSURE & PIPING</i>	33 hrs
2	<i>DISASSEMBLY INLET DUCT</i>	31 hrs
3	<i>DISASSEMBLY INLET MANIFOLD</i>	14 hrs
4	<i>DISASSEMBLY EXHAUST MANIFOLD</i>	12 hrs
5	MEMBUKA <i>MANHOLE GT</i>	10 hrs
6	<i>RUBBING CHECK</i>	4 hrs
7	ANGKAT <i>UPPER HALF BLADE RING & SEAL RING 1,2,3,4</i>	12 hrs
8	<i>DISASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT 1,2,3,4 UPPER</i>	12 hrs
9	LEPAS BAUT DAN ANGGAT <i>UPPERHALF COMPRESSOR CASING</i>	12 hrs
10	LEPAS BAUT DAN ANGGAT <i>UPPER HALF COMPRESSOR-COMBUSTOR CASING</i>	12 hrs
11	LEPAS BAUT DAN ANGGAT <i>COMPRESSOR DIFUSER & TORQUE TUBE</i>	12 hrs
12	LEPAS BAUT DAN ANGGAT <i>EXHAUST CYLINDER</i>	12 hrs
13	<i>DIS-ASSY TURBINE BEARING 2 UPPER & THRUST</i>	7 hrs
14	<i>DIS-ASSY TURBINE BEARING 1 UPPER</i>	6 hrs
15	<i>DIS-ASSY SEAL HOUSING</i>	8 hrs
16	ANGKAT ROTOR	8 hrs
17	BONGKAR <i>BEARING 1 & 2 LOWER</i>	8 hrs
18	ANGKAT <i>LOWER HALF BLADE RING & SEAL RING 1,2,3,4</i>	8 hrs
19	<i>DISASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT 1,2,3,4 LOWER</i>	24 hrs
20	<i>DISASSY BAFLE SEGMENT 2,3,4</i>	24 hrs
21	ANGKAT <i>LOWER DIAPH.COMPRESSOR</i>	11 hrs
22	INSPEKSI <i>VANE SEGMENT DAN RING SEGMENT</i>	12 hrs
23	<i>CLEANING DAN PEMERIKSAAN BLADE RING 1,2,3,4</i>	12 hrs
24	<i>DISASSY,PEMERIKSAAN,PEMBERSIHAN UPPER DIAPH COMPRESOR</i>	10 hrs
25	<i>PEMERIKSAAN,PEMBERSIHAN LOWER DIAPH COMPRESOR</i>	6 hrs
26	<i>PEMERIKSAAN DAN PEMBERSIHAN BEARING 1,2</i>	12 hrs
27	<i>PEMERIKSAAN & PEMBERSIHAN SEAL HOUSING</i>	12 hrs
28	<i>ASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT ROW 1 & 2</i>	3 hrs
29	<i>ASSY VANE SEGMENT & RING SEGMENT ROW 3,4</i>	8 hrs
30	<i>ASSY BAFLE SEGMENT 2,3,4 & PENGECEKAN GAP SEAL HOUSING&BAFLE SEGMENT</i>	16 hrs
31	PASANG <i>COMPRESSOR DIAGHPRAM LOWER</i>	12 hrs
32	<i>TURBINE BEARING 1 & 2 LOWER</i>	4 hrs
33	<i>BLADE RING LOWER 1 ~ 4</i>	8 hrs
34	INSTALL ROTOR	8 hrs
35	<i>ASSY BEARING 1,2 UPPER & THRUST DAN UKUR/ADJUST CLEARANCE</i>	8 hrs
36	<i>ASSY COMPRESOR DIFFUSER & TORQUE TUBE</i>	8 hrs
37	<i>ASSY COMPRESSOR COMBUSTION CYLINDER</i>	12 hrs
38	<i>ASSY UPPER BLADE RING 1, 2, 3, & 4</i>	8 hrs
39	<i>ASSY SEAL HOUSING</i>	8 hrs
40	<i>ASSY EXHAUST CYLINDER</i>	23 hrs
41	<i>ASSY TURBINE CASING</i>	24 hrs

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. *Time - Cost Trade - Off* (T-C T-O) dilakukan melalui 8 skenario dengan penambahan jumlah tenaga kerja dan jam lembur. Dari 8 skenario tersebut diperoleh skenario optimal sesuai dengan batasan biaya perusahaan yaitu skenario 7 dengan waktu penyelesaian proyek selama 25 hari dan kenaikan biaya sebesar 75%.
2. Durasi pekerjaan kritis pada proyek yang dapat ditekan yaitu dari 27 hari menjadi 19 hari melalui penambahan jam kerja 4 jam dan 7 karyawan.
3. Melalui skenario penjadwalan baru yaitu skenario 7 dengan waktu penyelesaian proyek pemeliharaan selama 25 hari kerja didapatkan jadwal percepatan proyek sebagai rekomendasi penjadwalan proyek berikutnya.

5.2. SARAN

1. Manajemen atau pimpinan suatu proyek memiliki peranan penting dalam memberikan *initial data* berupa target dan batasan. Setelah itu initial data akan diolah dan dicari skenario pekerjaan yang sesuai dengan target dan batasan tersebut.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menambah skenario kombinasi antara penambahan tenaga kerja, penambahan peralatan dan/atau penambahan pihak ketiga (*sub-kontraktor*).

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Alhomady. (2011). The Predictability of Fast-Tracks Projects . *The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction*.
- Boyce, M. P. (2002). *Gas Turbine Engineering Book*. Gulf Professional Publishing.
- Chassiakos, A. P. (2005). Time-Cost Optimization of Construction Projects with Generalized Activity Constraints. *Journal of Construction Engineering and Management* .
- Chitkara, K. (2014). *Construction Project Management: Planning, Scheduling and Controlling*. India: McGraw-Hill Education.
- Corder, A. (1976). *Maintenance Management Techniques*. New York: Mc Graw Hill.
- Froger, A. (2014). Maintenance Scheduling in the Electricity Industry. *Maintenance in the Industry*.
- Gilyutin. (1993). Managing Resources for a Construction Project in a Mixed (PC - Mainframe) . *Project Management Journal*, 34-40.
- Kaming, P. F. (1997). Factors influencing construction time and cost overruns on high-rise projects in Indonesia. *Construction Management & Economics*, I(15), 83-94.
- Keyte, B. (2004). *The Complete Lean Enterprise*. Productivity Press.
- Kharbanda, O. P. (1995). *What Made Gertie Gallop? Learning from Project Failures*. Van Nostrand Reinhold.
- Kim, J. (2017). 4D Scheduling: A Visualization Tool for Construction Field Operations. *53rd ASC Annual International Conference Proceedings*.
- Krawjeski, L. (2010). *Operation Management*. South Carolina: Pearson.
- Kruger, L. (2015). *The Impact Of The Maintenance Management System: A Case Study Of The Petrosa GTL Refinery*. The South African Journal of Industrial Engineering.
- Larson, E., & Gray, C. (2011). *Project Management: The Managerial Process*. The Mcgraw-hill Series Operations and Decision Sciences.
- Marsudi, I. D. (2005). *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Menesi, W. (2010). Construction Scheduling Using Critical Path Analysis with Separate Time Segments.

- Moder, J. (1983). *Project Management With Cpm, Pert and Precedence Diagramming*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- Mubarak, S. (2015). *Construction Project Scheduling and Control*. Wiley.
- Patton, J. (1988). *Maintainability and maintenance management*. . Instrument Society of America.
- PMI. (2017). *The Project Management Body of Knowledge*. PMI.
- Rother, M. (1999). *Learning to See*. The Lean Enterprise Institute.
- Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance*. Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Terziovski, M. (2014). The impact of operations and maintenance practices on power plant. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 1148-1173.
- Twumasi, H. (2015). Construction Planning And Scheduling Practices In Road. *The Department Of Building Technology*.
- Wilmott, P. (1994). Total Quality with Teeth. *The TQM Magazine*, 48 - 50.
- Wolf, M. B. (2007). *Faster Construction Project with CPM*. Mc Graw-Hill.
- Womack, J. (2000). *Lean Thinking*. Massachusetts Institute of Technology.