



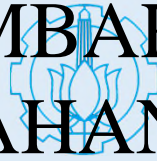
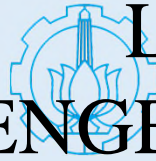
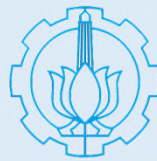
TESIS - BM185407

**KAJIAN DURASI PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP UNTUK MENINGKATKAN *EQUIVALENT
AVAILABILITY FACTOR***

DODY AWIN PURJANTO
09211650015027

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D.

Departemen Manajemen Teknologi
Fakultas Bisnis Dan Manajemen Teknologi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2019



**LEMBAR
PENGESAHAN**



LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dody Awin Purjanto

NRP: 09211650015027

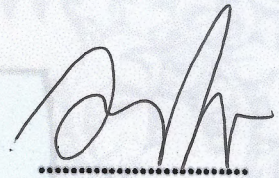
Tanggal Ujian: 12 Januari 2019

Periode Wisuda: September 2019

Disetujui oleh:

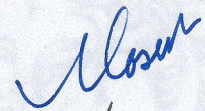
Pembimbing:

1. **Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D.**
NIP: 19690512 199402 1 001

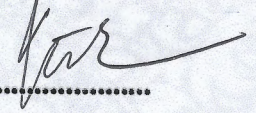


Penguji:

1. **Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU**
NIP: 19590817 198703 1 002
2. **Niniet Indah Arvitrida, ST., MT., Ph.D.**
NIP: 19840706 200912 2 007



.....



.....

Kepala Departemen Manajemen Teknologi

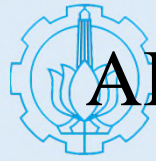
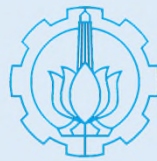
Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi



Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP

NIP: 196912311994121076

Halaman ini sengaja dikosongkan



ABSTRAK



KAJIAN DURASI PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP UNTUK MENINGKATKAN *EQUIVALENT AVAILABILITY FACTOR*

Mahasiswa Nama : Dody Awin Purjanto
Mahasiswa ID : 09211650015027
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

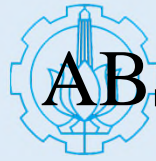
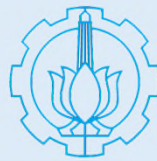
Pemeliharaan periodik (*overhaul*) pembangkit listrik tergolong sebagai sebuah proyek. Durasi penyelesaian proyek yang lebih cepat menandakan keberhasilan. Terlebih dalam industri kelistrikan, dimana semakin cepat beroperasi akan meningkatkan ketersediaan (*availability*) pembangkit listrik yang pada akhir juga memperbesar pendapatan dalam komersial tenaga listrik.

Standard job pemeliharaan dari pihak *owner* disusun menjadi *work breakdown structure* (WBS) proyek pemeliharaan. Dengan menggunakan teknik penjadwalan proyek berupa jaringan kerja (*network*), dengan didukung oleh data durasi penyelesaian pekerjaan, maka akan didapatkan lintasan kritis (*critical path*). Seluruh aktivitas yang berada pada *critical path* dapat dilakukan *crashing* untuk dapat mempercepat penyelesaian pekerjaan sehingga memperpendek durasi pemeliharaan. *Crashing* dilakukan dengan cara memanfaatkan nilai *cost slope* pada aktivitas kritis. Sehingga didapatkan informasi biaya pada beberapa durasi yang memungkinkan.

Kajian durasi pemeliharaan pembangkit listrik menggunakan *cost slope* mendapatkan durasi dipercepat dengan biaya terkecil, yaitu 28 hari. Dengan durasi pemeliharaan selama 28 hari tersebut total biaya sebesar Rp. 3.854.670.611,- dan dengan tambahan pendapatan sebesar Rp. 429.643.368,- dari pendapatan normal sebesar Rp. 21.404.712.886,-.

Kata kunci: *overhaul*, pembangkit listrik, *availability*, WBS, *critical path*, *crashing*, dan *cost slope*.

Halaman ini sengaja dikosongkan



ABSTRACT



STUDY THE DURATION OF STEAM POWER PLANT'S MAINTENANCE TO IMPROVE THE EQUIVALENT AVAILABILITY FACTOR

By : Dody Awin Purjanto
Student ID No. : 09211650015027
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

The maintenance period of a power plant is classified as a project. When project's duration is faster than scheduled then the project signifies success. For electricity industry, faster operate can increase availability, so that increase the income.

Standard jobs of maintenance from owner is prepared into a project's work breakdown structure (WBS). By using network technique to scheduling of project, also supported by data of work duration, it will get a critical path. All activities that are on the critical path can be crashed to speed up work in shortening the duration of maintenance. Crashing is done by utilizing the cost slope of critical activities. So that information can be obtained about the costs of several possible durations.

The study of the power plant's maintenance using a cost slope gets an accelerated duration with the smallest cost, which is 28 days. With the duration of maintenance for 28 days the total cost is 3,854,670,611 rupiahs and with an additional income of 429,643,368 rupiahs from normal income of 21,404,712,886 rupiahs.

Key Words: overhaul, power generation, availability, WBS, critical path, crashing, float time, and cost slope.

Halaman ini sengaja dikosongkan



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul “Kajian Durasi Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap untuk Meningkatkan *Equivalent Availability Factor*” ini dapat diselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Manajemen Teknologi (MMT) dalam bidang keahlian Manajemen Industri pada Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D.** selaku dosen pembimbing;
2. Bapak **Prof. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., IPU.**, dan Ibu **Niniet Indah Arvitrida, ST., MT., Ph.D.** selaku dosen penguji dalam sidang tesis; serta
3. Bapak **Dr. Mokh Suef, M.Sc. (Eng)** selaku dosen wali penulis;
4. Istri dan anak-anakku yang soliha dan solih, yang selalu memberikan semangat dan inspirasi dalam *tholibul ilmi*, dan
5. Ibu, Mami, Babeh, dan seluruh keluarga atas doa dan dukungannya; serta
6. Sahabatku Akhmad Al Fattah yang bersemangat.
7. Rekan-rekan di Konin-1, Konin-2, dan Rendal.

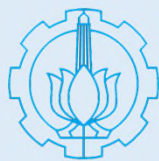
Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan pengembangan lanjut agar benar-benar bermanfaat. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk perbaikan penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, Juli 2019

Dody Awin Purjanto

Halaman ini sengaja dikosongkan



**DAFTAR ISI,
DAFTAR GAMBAR &
DAFTAR TABEL**



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Pembangkit Listrik.....	7
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	7
2.3 Pemeliharaan PLTU.....	8
2.4 Proyek	10
2.5 Manajemen Proyek	12
2.6 Teknik Penjadwalan.....	13
2.7 <i>Bar Chart (Gantt Chart)</i>	14
2.8 Jaringan Kerja (<i>Network</i>).....	14
2.9 <i>Program Evaluation Review Technique (PERT)</i>	15
2.10 <i>Critical Path Method (CPM)</i>	17
2.11 <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i>	19
2.12 <i>Earliest Event Time (EET)</i>	20
2.13 <i>Latest Event Time (LET)</i>	21
2.14 Percepatan Proyek.....	22
2.15 <i>Critical Path (CP)</i>	23
2.16 <i>Float Time</i>	23

2.17 Penelitian Terdahulu	24
2.18 Posisi Penelitian	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian	33
3.2 Studi Literatur	34
3.3 Pengumpulan Data	34
3.4 Pengolahan Data.....	34
3.5 Analisis.....	35
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	35
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Spesifikasi Proyek	37
4.2 <i>Work Breakdown Structure</i>	40
4.3 <i>Network Diagram</i>	41
4.4 <i>Critical Path</i>	44
4.5 <i>Cost Slope</i>	47
4.6 Mengurangi Durasi Proyek Pemeliharaan PLTU.....	50
4.7 Pendapatan Pihak <i>Owner</i>	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
BIODATA PENULIS.....	63
LAMPIRAN - LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

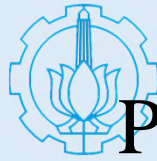
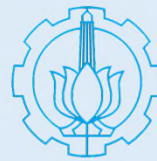
Tabel 2.1	Perbandingan (posisi) penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya.....	28
Tabel 4.1	<i>Standard job</i> ME PLTU 200 MW dengan bahan bakar gas (Sumber: PT PJB Unit Pembangkitan Gresik).....	37
Tabel 4.3	Ketersediaan peralatan kerja yang dimiliki oleh masing-masing bidang kerja dalam melaksanakan pekerjaan (Sumber: PT PJB – Unit Pelayanan Pemeliharaan Wilayah Timur).....	39
Tabel 4.4	Aktivitas pendukung pekerjaan ME mulai dari pasca <i>shut down</i> hingga menjelang sinkron ke jaringan listrik (jaring-jaring) beserta durasinya (Sumber: PT PJB – Unit Pelayanan Pemeliharaan Wilayah Timur).....	40
Tabel 4.5	<i>Work Breakdown Structure</i> pemeliharaan PLTU yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan pembuatan <i>network diagram</i>	41
Tabel 4.6	Perhitungan <i>total float</i> dari seluruh aktivitas pekerjaan pada proyek ME PLTU berdasarkan <i>network diagram</i> yang telah dibuat.....	44
Tabel 4.7	Perhitungan <i>cost slope</i> dari kondisi normal dan <i>crash</i> pada seluruh aktivitas proyek ME PLTU.	48
Tabel 4.8	Rangkuman pengurangan umur proyek yang dilengkapi dengan informasi biaya langsung yang terkait dengan proses tersebut.....	54
Tabel 4.9	Perhitungan total biaya proyek, dari biaya langsung dan biaya tidak langsung yang terkait dalam proyek pemeliharaan PLTU.....	55
Tabel 4.9	Simulasi pendapatan <i>owner</i> dengan menggunakan laman resmi milik <i>owner</i>	57

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh <i>Gantt Chart</i> untuk sebuah proyek (Klein, 2000)	14
Gambar 2.2	Contoh diagram <i>network</i> (Lester, 2007)	15
Gambar 2.3	Contoh <i>network PERT</i> (Fattah, 2018)	16
Gambar 2.4	Contoh <i>network CPM</i> (Sumber: NetMBA <i>Business Knowledge Center</i>)	18
Gambar 2.5	Diagram aktivitas AON	20
Gambar 2.6	Diagram aktivitas AOA	20
Gambar 2.7	Ilustrasi contoh perhitungan <i>float time</i> dan <i>slack time</i>	24
Gambar 2.8	<i>Influence diagram</i> penelitian “Kajian Durasi Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap untuk Meningkatkan <i>Equivalent Availability Factor</i> ”	31
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> penelitian “Kajian Durasi Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap untuk Meningkatkan <i>Equivalent Availability Factor</i> ” yang akan dilakukan.....	33
Gambar 4.1	Grafik Biaya-biaya (Langsung, Tidak Langsung, dan Total) Proyek Pemeliharaan PLTU berdasarkan Tabel 4.9	56
Gambar 4.2	Grafik Total Biaya Proyek Pemeliharaan PLTU dengan lingkup <i>mean inspection (ME)</i>	56
Gambar 4.3	Grafik pendapatan pihak <i>owner</i> dari simulasi menggunakan laman resmi milik <i>owner</i>	58
Gambar 4.4	Grafik keuntungan pihak <i>owner</i> dengan beberapa durasi pemeliharaan	58

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I

PENDAHULUAN



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aspek operasional merupakan salah satu faktor penilaian kinerja pembangkit listrik. Parameter kinerja operasional diantaranya pelayanan kepada pelanggan dan peningkatan efisiensi. Salah satu indikator kinerja pelayanan yaitu *Equivalent Availability Factor* (EAF). EAF merupakan skala kesiapan unit pembangkit listrik. Nilai EAF berupa perbandingan antara kesiapan pembangkit untuk beroperasi (baik dalam kondisi operasi maupun *standby*) terhadap satuan waktu (*declare*).

Selain sebagai salah satu parameter utama baik buruknya kinerja pembangkit listrik, EAF juga kontributor pada sumber pendapatan pemilik (*owner*) dari unit pembangkit. Hal tersebut dikarenakan bisnis kelistrikan di Indonesia menggunakan model komponen. Pada model komponen tersebut tarif listrik dari unit pembangkit kepada PLN dinilai dari dua aspek, yakni kesiapan unit pembangkit dan penjualan energi listrik. Unit pembangkit listrik sudah dibayar meskipun tidak beroperasi namun tidak dalam kondisi keluar jaringan (*outage*), kondisi demikian disebut dengan *standby*.

EAF dipengaruhi oleh *plant hour* yang di dalamnya termasuk *derating* dan juga *outage*. *Plant hour* didefinisikan sebagai jumlah jam unit pembangkit beroperasi dalam satu tahun. *Derating* yaitu penurunan kemampuan unit pembangkit dalam memproduksi listrik dibandingkan desain awal. Sedangkan *outage* diartikan sebagai kondisi dimana unit pembangkit listrik keluar dari jaringan listrik (distribusi) milik PLN dikarenakan tidak beroperasi. Penyebab *outage* bermacam-macam, salah satunya yaitu *maintenance outage* (pemeliharaan) dimana unit pembangkit harus *shut down*.

Pemeliharaan teratur diperlukan untuk menunjang kinerja unit pembangkit listrik agar dapat selalu beroperasi dengan baik. Pemeliharaan dapat mencegah kegagalan maupun untuk mengembalikan fungsi sistem pembangkit listrik jika suatu kerusakan telah terjadi.

Pada dasarnya kegiatan pemeliharaan dimaksudkan untuk mempertahankan kelangsungan operasional dan kinerja sistem pembangkit listrik agar berjalan sesuai dengan yang diharapkan (target). Kegiatan pemeliharaan periodik mempengaruhi nilai EAF dari pembangkit listrik tersebut, sehingga diperlukan sebuah sistem perencanaan pemeliharaan agar menghasilkan *availability* (ketersediaan) pembangkit listrik yang optimal.

Durasi waktu penyelesaian pemeliharaan yang lebih cepat, akan memungkinkan pembangkit listrik tersebut kembali beroperasi lebih awal dari jadwal yang direncanakan. Dengan beroperasinya pembangkit listrik lebih awal dari yang direncanakan maka akan meningkatkan nilai EAF. Pemenuhan target EAF memicu perusahaan jasa pelayanan pemeliharaan pembangkit listrik berupaya untuk dapat menyelesaikan pekerjaannya lebih cepat dibandingkan dengan standar yang ditentukan oleh pabrikan pembuat komponen utama.

Beberapa perusahaan penyedia jasa pemeliharaan periodik telah menawarkan kepada *owner* unit pembangkit listrik untuk dapat melakukan terobosan dalam pelaksanaan pemeliharaan. Terobosan tersebut berupa pelaksanaan pemeliharaan yang lebih cepat dibandingkan dengan standar dari pabrikan (*vendor*). Sebagai contoh pemeliharaan dengan lingkup *major*, yang secara standar memiliki durasi 45 hari, dapat diselesaikan selama 15 hingga 17 hari. Penawaran ini menjadi salah satu hal yang menarik bagi *owner* karena akan meningkatkan EAF. Namun di sisi lain menjadi ancaman bagi perusahaan sejenis yang masih mengacu standar *vendor* dalam durasi penyelesaian pekerjaan pemeliharaan pembangkit listrik. Sehingga diperlukan perencanaan yang lebih matang untuk dapat memberikan terobosan lain.

Pemeliharaan periodik pembangkit listrik tergolong sebagai sebuah proyek sehingga diperlukan pengaturan agar dapat mencapai target yang disepakati antara pelaksana dengan *owner*. Perhatian lebih terhadap waktu penyelesaian pekerjaan pemeliharaan bukan berarti mengabaikan faktor kualitas atau bahkan biaya. *Owner* menentukan lingkup pekerjaan pemeliharaan dengan anggaran yang telah ditentukan untuk mencapai target kualitas, waktu dan biaya.

Penjadwalan proyek membantu menunjukkan hubungan masing-masing aktivitas dan terhadap keseluruhan proyek. Selain itu, dengan penjadwalan proyek

dapat dilakukan identifikasi hubungan yang harus didahulukan diantara aktivitas-aktivitas dalam proyek dan dapat menunjukkan perkiraan durasi penyelesaian setiap pekerjaan (aktivitas). *Critical Path Method* (CPM) yang merupakan salah satu teknik penjadwalan yang banyak digunakan dalam proyek. Pada CPM mengasumsikan bahwa durasi aktivitas diketahui dengan pasti. CPM pada manajemen proyek lebih menekankan pada tepat biaya (*on cost*).

CPM dapat pula diterapkan pada proyek pemeliharaan periodik pembangkit listrik. Dengan menggunakan CPM diharapkan dapat menentukan minimasi biaya keseluruhan proyek dengan durasi penyelesaian yang lebih cepat. Analisis waktu penyelesaian proyek dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis proyek dengan menghitung total biaya masing-masing. Biaya tersebut meliputi biaya langsung dan biaya tidak langsung. *Trade-off* antara waktu dan biaya penyelesaian akan menghasilkan titik minimum, baik dari segi waktu maupun segi biaya, pada proyek pemeliharaan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini yaitu menentukan durasi pemeliharaan pembangkit listrik terpendek dengan biaya terkecil (*time cost trade off*) menggunakan *Critical Path Method* (CPM).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, antara lain:

1. Menentukan durasi pemeliharaan pembangkit listrik terpendek (tercepat) dengan biaya terkecil (termurah).
2. Menganalisis pendapatan yang didapatkan pihak *owner* dari pemendekan durasi pemeliharaan pembangkit listrik.

1.4 Manfaat Penelitian

Berawal dari latar belakang di atas, perumusan masalah, hingga tujuan penelitian, maka diharapkan penelitian ini memberikan manfaat antara lain:

1. Menjadi solusi bagi perusahaan penyedia jasa pemeliharaan pembangkit listrik dalam membuat penjadwalan proyek.
2. Memberikan pengetahuan mengenai metode yang tepat dalam membuat penjadwalan proyek pemeliharaan pembangkit listrik.
3. Menjadi dasar ilmiah pada pengambilan keputusan perusahaan penyedia jasa pemeliharaan pembangkit listrik dalam menentukan umur proyek yang ditangani.

1.5 Batasan Penelitian

Terdapat banyak faktor yang berpengaruh dalam proses pelaksanaan pemeliharaan pembangkit listrik, sehingga dengan adanya keterbatasan waktu dalam penyelesaian tesis ini, maka diperlukan pembatasan lingkup penelitian.

Batasan-batasan penelitian tersebut antara lain:

1. Penelitian dilakukan pada pemeliharaan periodik (*overhaul*) dengan lingkup pekerjaan (*scope*) *mean inspection* (ME).
2. Poin-poin pekerjaan berdasarkan *standard job* dari pihak *owner*.
3. Objek penelitian pada PLTU Unit 3 Gresik.
4. Tidak menghitung pekerjaan temuan di luar *standard job*.
5. Tidak membahas proses pekerjaan yang dilakukan oleh pihak *owner* (proyek, modifikasi, dan lain-lain) serta pekerjaan pihak eksternal dalam ME PLTU Unit 3 Gresik.
6. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dokumen pihak *owner* dan pihak pelaksana pekerjaan pemeliharaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Tesis ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisikan latar belakang penulis melakukan pengkajian (studi), perumusan masalah-masalah yang akan dibahas dan diselesaikan, tujuan dan manfaat dari studi, batasan dan asumsi serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

Bab ini memuat informasi mendasar mengenai pembangkit listrik dan pemeliharaan periodiknya. Pada bab ini juga disajikan dasar teori yang berkaitan dengan manajemen proyek, teknik penjadwalan proyek, dan pembahasan singkat beberapa penelitian serupa serta perbandingan posisi penelitian ini dengan penelitian-penelitian tersebut.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah dalam penyelesaian penelitian yang digambarkan dengan sebuah diagram alir. Langkah dalam diagram alir tersebut dijelaskan secara singkat pada bab ini.

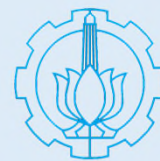
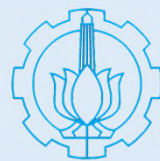
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, berikut pengolahannya. Pengolahan data disesuaikan dengan tahapan dalam manajemen proyek kemudian dilakukan analisis. Serta pembahasan yang berkaitan dalam pengambilan data, pengolahan data, dan juga hal-hal yang mempengaruhi dalam proses tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari analisis dan simulasi, dipaparkan pada bab 5 ini. Dimana hasil tersebut disajikan dalam bentuk kesimpulan dari pengalaman selama pengolahan hingga analisis data. Hal yang menjadi kelebihan dan kekurangan dalam penelitian akan dipaparkan sebagai saran bagi manajer proyek atau pun untuk keperluan riset.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Pembangkit Listrik

Istilah tersebut diperuntukkan kepada sebuah industri yang memproduksi (membangkitkan) tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga yang digunakan sebagai penggerak turbin agar berputar pada porosnya yang telah terkopel dengan rotor generator. Sumber tenaga tersebut dapat berupa uap untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), berupa gas untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), atau berupa aliran air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pembangkit listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer manusia karena kehidupan manusia pada jaman modern ini sangat tergantung dengan listrik.

Sistem utama dalam pembangkit listrik di antaranya yaitu generator dan turbin. Generator berfungsi untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Sedangkan turbin merupakan penggerak mula dari generator dan tenaga penggerak turbin inilah yang menjadi sebutan apakah pembangkit listrik tersebut tergolong PLTU, PLTG ataukah PLTA.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Disebut dengan PLTU karena pembangkit listrik tersebut menggunakan uap sebagai fluida kerja untuk memutar turbin. Fluida kerja uap air yang digunakan oleh PLTU bersirkulasi secara tertutup dimana fluida yang sama digunakan secara berulang dalam sistem tersebut.

Pertama air diisikan ke *boiler* hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Di dalam *boiler* air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap. Selanjutnya uap hasil produksi *boiler* dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi mekanik berupa putaran. Pada akhirnya generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan. Sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal

output generator. Uap yang keluar dari turbin masuk ke dalam kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi *boiler*. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang.

2.3 Pemeliharaan PLTU

Layaknya industri pada umumnya, pembangkit listrik juga memerlukan pemeliharaan. Pemeliharaan berupa kegiatan pekerjaan perawatan yang dilakukan terhadap peralatan PLTU dengan tujuan agar supaya peralatan tersebut dapat dioperasikan secara maksimal, andal, efisien, aman dan dapat mencapai umur pakai (life time) sesuai dengan yang direncanakan. Pemeliharaan diperlukan karena setiap peralatan yang dioperasikan akan mengalami kerusakan. Pemeliharaan yang baik akan mencegah atau memperlambat terjadinya kerusakan tersebut bahkan dapat meningkatkan kemampuan dari peralatan yang dipelihara. Pemeliharaan pembangkit listrik secara umum ada empat jenis, yaitu:

1. *Break Down* atau *Corrective Maintenance*

Mengoperasikan peralatan sampai terjadi kerusakan dan hanya memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak. Kekurangan perawatan jenis ini salah satunya merupakan jenis manajemen yang tidak terencana.

2. *Time-Based* atau *Preventive Maintenance*

Perawatan yang terjadwal dalam interval waktu tertentu, berdasarkan *calendar desk* atau *run-time hours* dari peralatan. Pada waktu tersebut dilakukan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak sebelum terjadi masalah.

3. *Condition-Based* atau *Predictive Maintenance*

Mengamati peralatan secara periodik yang dilakukan saat unit *pembangkit* beroperasi. Ketika terdeteksi *trend* yang berbahaya, komponen yang bermasalah pada peralatan diidentifikasi dan dijadwalkan untuk perbaikan. Peralatan tersebut akan di-nonaktif-kan saat itu juga apabila masalah yang terjadi sangat darurat dan komponen

yang rusak akan diganti. Pengamatan ini biasanya dilaksanakan setiap hari, setiap pekan atau setiap bulan dan setiap tahun. Bagian-bagian yang diamati antara lain:

- a. Tekanan bahan bakar pada *fuel nozzle*,
- b. *Differential pressure* pada seluruh *filter*,
- c. *Oil Bearing Temperature*,
- d. Kebocoran, dan
- e. Vibrasi.

4. *Proactive* atau *Prevention Maintenance*

Menganalisis kerusakan dan pengukuran secara proaktif agar kerusakan tidak terulang lagi.

Pemeliharaan PLTU yang meliputi boiler, turbin, generator dan *auxiliary* sebagai peralatan pendukung direkomendasikan oleh pabrik berupa *Periodic Inspection* yang terdiri atas beberapa lingkup (*scope*) pemeliharaan, antara lain:

1. *Simple Inspection*,
2. *Mean Inspection*, dan
3. *Serious Inspection*.

2.3.1 *Simple Inspection (SI)*

Pemeliharaan jenis SI dilakukan pada siklus kerja mesin mencapai 8000 jam dan 24000 jam dihitung sejak awal mesin dioperasikan. Sesuai dengan rekomendasi pabrikan, durasi pemeliharaan ini selama 25 hari. *Scope* pekerjaan pada jenis pemeliharaan ini hanya dilakukan pada alat-alat bantu dan perlengkapan mesin utama. Pekerjaan tersebut diantaranya yaitu:

1. Penggantian *gland packing*,
2. *Pemeriksaan* katup-katup,
3. Penggantian pelumas pada alat bantu,
4. Pembersihan pada alat pendingin dan pemanas,
5. Penyetelan alat pengatur,
6. Kalibrasi alat ukur, dan
7. Pengujian alat pengaman

2.3.2 Mean Inspection (ME)

Pemeliharaan jenis ME dilakukan setiap jam kerja mesin mencapai 16000. *Scoope* pekerjaan pada jenis pemeliharaan ME meliputi penggantian komponen pada alat-alat bantu yang ada batas jam kerjanya. Disamping pemeliharaan alat-alat bantu, pemeliharaan jenis ini juga dilakukan pemeriksaan komponen pada mesin utama. Sehingga di dalam ME PLTU terdapat pekerjaan yang sama dengan SI yang ditambah dengan beberapa pekerjaan lain yang diperlukan dengan durasi pemeliharaan standar pabrikan selama 35 hari.

2.3.3 Serious Inspection (SE)

Pemeliharaan jenis SE dilakukan pada setiap jam kerja mesin mencapai 32.000. *Scope* pekerjaan pada pemeliharaan jenis SE meliputi penggantian komponen pada alat-alat bantu dan komponen pada mesin utama yang dikerjakan selama 45 hari (standar pabrikan). Untuk siklus pemeliharaan periodik selanjutnya dimulai kembali dari 0 terhitung sejak pemeliharaan SE.

2.4 Proyek

“A project may be defined as a series of related jobs usually directed toward some major output and requiring a significant period of time to perform” (Chase, Jacobs dan Aquilano, 2006). Proyek adalah suatu usaha sementara yang dilaksanakan untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang unik (Project Management Institute, 2001). Dari kedua pengertian tersebut, sebuah proyek memiliki beberapa karakteristik penting yang terkandung di dalamnya.

Proyek bersifat sementara (*temporary*), yang berarti setiap proyek selalu memiliki jadwal yang jelas kapan dimulai dan kapan diselesaikan. Sebuah proyek berakhir jika tujuannya telah tercapai atau sudah tidak ada kebutuhan terhadap keberadaan proyek tersebut. Proyek bersifat unik, bahwa setiap proyek menghasilkan suatu produk, solusi, *service* atau *output* tertentu yang berbeda-beda satu sama lainnya dengan produk atau jasa sejenis. Tidak ada dua proyek yang seratus persen sama.

Progressive elaboration merupakan karakteristik proyek yang berhubungan dengan dua konsep sebelumnya (*temporary* 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 (Santosa, 2009).

Proyek harus memiliki awal (*start*) dan akhir (*finish*) yang jelas, memiliki sekumpulan aktivitas yang berurutan di antara dua kejadian tersebut, serta memiliki suatu sasaran tertentu. Berikut ciri-ciri proyek antara lain:

1. Bertujuan menghasilkan *scope* tertentu berupa produk akhir atau hasil kerja akhir,
2. Dalam rangka mewujudkan *scope* yang dimaksud maka ditentukan jumlah biaya, jadwal, kriteria mutu, serta sumber daya yang diperlukan,
3. Bersifat sementara karena adanya batasan waktu yang telah ditentukan yaitu adanya titik awal dan akhir yang jelas.
4. Non rutin dan tidak berulang, dimana jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Proyek yang dilaksanakan oleh suatu organisasi secara umum mempunyai mekanisme sebagai berikut:

1. Proyek ditentukan oleh manajemen melalui suatu kebijakan.
2. Penunjukan pimpinan atau manajer proyek (*project manager*) dan pembentukan tim proyek (*project team*).
3. Pendelegasian proyek dari manajemen kepada *project manager* (PM) untuk memimpin dan mengelola proyek dari awal sampai akhir. Seorang PM bertanggung jawab sepenuhnya atas keberhasilan proyek tersebut.
4. PM mengkoordinir timnya dan bertanggung jawab melaporkan setiap kegiatan proyek secara langsung kepada pihak manajemen.
5. Seluruh pihak yang terlibat dalam proyek harus bertanggung jawab terhadap keberhasilan proyek tersebut sampai dengan selesai sesuai dengan kapasitas masing-masing.

Terdapat empat hal penting yang mempengaruhi keberhasilan suatu proyek (Heryanto dan Triwibowo, 2013), antara lain:

1. Pengelolaan proyek melalui suatu mekanisme *life cycle project*;
2. Melakukan monitoring dan pengontrolan terhadap jadwal proyek, anggaran proyek, kualitas proyek, dan risiko di dalam suatu proyek;
3. Mengintegrasikan atau memadukan perangkat (*tools*) dan metode manajemen proyek untuk tujuan peningkatan produktivitas, kinerja tim dan komunikasi; dan
4. Komitmen manajemen dalam mendukung keberhasilan proyek.

2.5 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktifitas-aktifitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek (Project Management Institute, 2001). Manajemen proyek adalah perencanaan, pemantauan dan pengendalian terhadap semua aspek yang terdapat dalam sebuah proyek, serta motivasi yang ada di dalamnya untuk mencapai tujuan proyek dengan waktu, biaya, kualitas dan performansi yang telah ditentukan (Hedemen dan Seegers, 2009).

Dalam pelaksanaannya, setiap proyek selalu dibatasi oleh kendala-kendala yang sifatnya saling mempengaruhi dan disebut sebagai segitiga project constraint yaitu lingkup pekerjaan (scope), waktu dan biaya. Di mana keseimbangan ketiga konstrain tersebut akan menentukan kualitas suatu proyek (Santosa, 2009).

Scope proyek membahas jenis dan batasan-batasan yang ada pada suatu proyek. *Scope* merupakan hal utama dalam suatu proyek karena memberi dampak secara langsung pada kedua faktor lainnya yaitu waktu dan biaya pengerjaan proyek. Semakin besar *scope* proyek tersebut akan semakin bertambah juga waktu pengerjaan sehingga berdampak pada bertambahnya biaya proyek.

Waktu (*time*) merupakan target utama suatu proyek pada umumnya. Pada faktor ini, ditentukan durasi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek. Beberapa proyek dipaksa untuk dapat selesai pada waktu tertentu tanpa mempertimbangkan bertambahnya biaya, hal ini menjadikan *time* pada proyek suatu yang krusial.

Biaya merupakan faktor dalam proyek dalam menentukan seberapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk proyek tersebut. Faktor biaya dipengaruhi oleh dua faktor sebelumnya (*scope* dan *time*). Semakin besar *scope* pekerjaan dan semakin lama waktu penyelesaiannya maka akan semakin besar pula biaya suatu proyek.

Perubahan salah satu atau lebih diantara faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi setidaknya satu faktor lainnya (Project Management Institute, 2001). Optimasi *tripleconstraint* (*scope, time & cost*) diperlukan untuk mencapai keseimbangan dalam rangka pemenuhan target proyek.

2.6 Teknik Penjadwalan

Penjadwalan dapat diartikan sebagai kegiatan perencanaan pembagian waktu dan hubungan antar-pekerjaan dalam suatu proyek. Fungsi penjadwalan pada suatu proyek dapat membantu antara lain (Heizer dan Render, 2011):

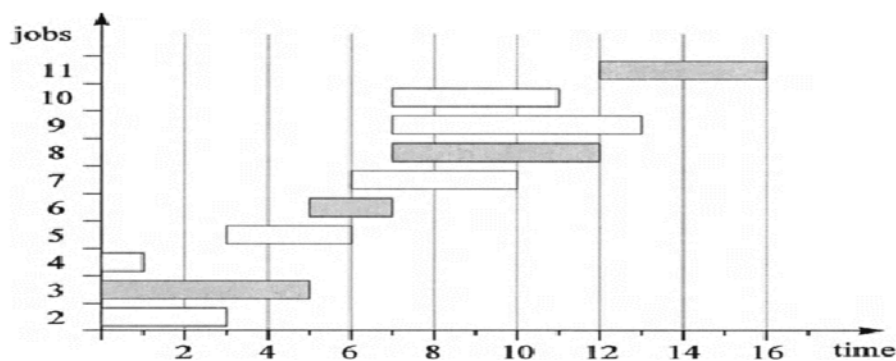
1. Menunjukkan hubungan tiap kegiatan dengan kegiatan lainnya dan terhadap keseluruhan proyek
2. Mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan di antara kegiatan
3. Menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk tiap kegiatan
4. Membantu mengetahui hal-hal yang mungkin menghambat suatu proyek

Terdapat beberapa teknik penjadwalan yang dapat dipilih sesuai dengan kondisi proyek yang hendak ditangani. Salah satu pendekatan penjadwalan proyek yang populer adalah diagram *gantt*, yaitu cara berbiaya rendah yang membantu para manajer memastikan bahwa semua kegiatan telah direncanakan, urutan kinerja telah diperhitungkan, perkiraan waktu kegiatan telah tercatat, dan keseluruhan waktu proyek telah dibuat (Rusdiana, 2014). Pencarian untuk alat bantu dalam manajemen proyek yang efektif telah menghasilkan pengembangan berbagai teknik penjadwalan. Teknik penjadwalan tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua kategori besar yaitu, *Bar Charts* dan Jaringan Kerja.

2.7 Bar Chart (Gantt Chart)

Gantt Chart merupakan alat untuk merencanakan penjadwalan dan memantau kegiatan pada suatu proyek, mengkomunikasikan kegiatan-kegiatan yang harus dilaksanakan dan juga status pelaksanaannya. Metode yang dikembangkan oleh Henry Laurence Gantt pada tahun 1910 ini pada dasarnya merupakan gambaran atas perencanaan, penjadwalan dan pemantauan (*monitoring*) kemajuan setiap kegiatan atau aktivitas pada suatu proyek.

Dalam *Gantt Chart* juga dapat dilihat urutan kegiatan ataupun tugas yang harus dilakukan berdasarkan prioritas waktu yang ditentukan. Pekerjaan yang akan dilaksanakan, dicacah pada sumbu vertikal sedangkan durasi waktu antara dua kegiatan digambarkan pada sumbu horizontal (Klein, 2000). Contoh *Gantt Chart* tampak pada Gambar 2.1 di bawah berikut.



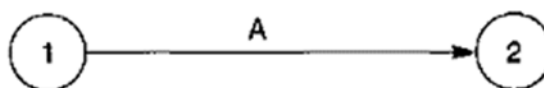
Gambar 2.1 Contoh *Gantt Chart* untuk sebuah proyek (Klein, 2000)

Gantt Chart pada umumnya digunakan untuk penjadwalan sederhana atau proyek-proyek yang kegiatannya tidak terlalu berkaitan atau proyek kecil, sedangkan untuk penjadwalan proyek yang rumit menggunakan jaringan kerja (Fattah, 2018).

2.8 Jaringan Kerja (Network)

Jaringan merupakan diagram aliran yang menunjukkan urutan operasi suatu proses (Lester, 2007). Setiap operasi individu dikenal sebagai aktivitas dan setiap titik pertemuan atau tahap transfer antara satu aktivitas dan lainnya adalah *node*. Kegiatan digambarkan dengan garis lurus sedangkan *node* dengan lingkaran

seperti tampak pada Gambar 2.2. Diagram hubungan antar-kegiatan secara grafis dikenal sebagai jaringan kerja (*network*).



Gambar 2.2 Contoh diagram *network* (Lester, 2007)

Suatu diagram jaringan kerja proyek selalu dimulai dengan suatu peristiwa yang menunjukkan saat dimulainya proyek dan diakhiri oleh suatu peristiwa yang menunjukkan saat berakhirnya proyek. Setiap proyek dapat terdiri dari beberapa lintasan atau jalur yang berasal dari peristiwa awal sampai peristiwa akhir. Tidak dibenarkan adanya suatu lintasan yang membentuk *loop*, dimana tidak memiliki akhiran yang jelas. Setiap peristiwa diberi nomor untuk membedakan anatara peristiwa satu dengan yang lain. Penomoran biasanya dilakukan secara *ascending order*, dari nomor kecil ke nomor besar.

Network merupakan salah satu teknik kuantitatif yang populer, karena model ini secara visual menggambarkan sistem yang sedang dianalisis. Hal ini memudahkan analisis untuk memahami dan memiliki interpretasi yang lebih jelas terhadap sistem tersebut. Mulai sekitar tahun 1957, dua pendekatan serupa untuk perencanaan dan pelacakan jaringan proyek berskala besar yaitu *Program Evaluation Review Technique* dan *Critical Path Method* (Gupta dan Starr, 2014).

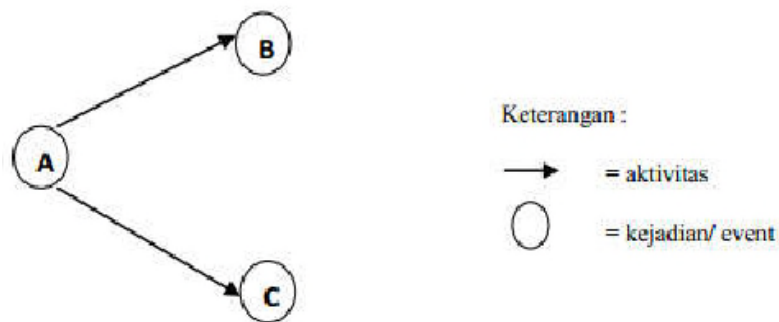
2.9 Program Evaluation Review Technique (PERT)

Metode PERT digunakan pertama kali dalam proyek Sistem Rudal Polaris di Angkatan Laut Amerika Serikat pada tahun 1958 (Kerzner, 2009), dimana proyek tersebut penuh dengan ketidakpastian dalam hal waktu kegiatan (Santosa, 2009). PERT digunakan untuk proyek-proyek yang baru dilaksanakan untuk pertama kali, di mana estimasi waktu lebih ditekankan dari pada biayanya.

Santosa (2009) menambahkan ciri utama PERT yaitu adanya tiga perkiraan waktu: waktu pesimis (*b*), waktu paling mungkin (*m*), dan waktu optimis (*a*). Ketiga waktu perkiraan itu selanjutnya digunakan untuk menghitung waktu

yang diharapkan (*expected time*). Hal tersebut dinyatakan juga dalam penelitian sebelumnya bahwa PERT metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik atau kemungkinan (Bustamin, 2015).

Diagram PERT memiliki dua komponen utama yaitu aktivitas (*activities*) dan tonggak *event*/acara (*milestones*) seperti tampak pada Gambar 2.3. Kedua komponen ini ditandai dengan busur dan titik. *Activities* digambarkan pada busur dan *milestones* digambarkan pada titik (lingkaran). Diagram PERT dikenal dengan istilah *activity-on-node* (AON).



Gambar 2.3 Contoh *network* PERT (Fattah, 2018)

Diagram *network* pada Gambar 2.3 di atas menunjukkan rangkaian kejadian untuk aktivitas A, B, dan C. Penyelesaian aktivitas A merupakan saat dimulainya aktivitas B dan C. Dalam diagram *network* ini setiap aktivitas harus dimulai pada suatu kejadian dimana aktivitas sebelumnya berakhir (selesai). Sebagai contoh, pada gambar diatas, aktivitas A dimulai pada kejadian 1. Akan tetapi, karena kejadian 1 merupakan awal dari seluruh aktivitas dalam *network*, maka tidak ada aktivitas yang mendahuluinya.

Proses perencanaan PERT meliputi langkah-langkah berikut:

1. Mengidentifikasi kegiatan (*activities*) dan tonggak proyek (*milestones*) yang spesifik,
2. Menentukan urutan yang tepat dari kegiatan-kegiatan,
3. Menyusun model diagram jaringan,
4. Memperkirakan waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan,

5. Menentukan tahapan dan jalur kritis,
6. Melakukan pemantauan dan evaluasi serta koreksi pada diagram PERT selama proyek berlangsung.

Diagram PERT sangat bermanfaat bagi pengelolaan sebuah proyek karena menyediakan informasi berikut:

1. Jangka waktu penyelesaian proyek,
2. Kemungkinan penyelesaian proyek sebelum tanggal yang ditentukan,
3. Tahapan kegiatan yang kritis, yang dapat berdampak langsung terhadap waktu penyelesaian proyek,
4. Kegiatan yang memiliki tenggat waktu relatif longgar yang seharusnya dapat dikelola sebagai tambahan waktu bagi tahapan kegiatan kritis,
5. Tanggal kegiatan dimulai dan tanggal kegiatan berakhir (periode program).

Keterbatasan dan kelemahan diagram PERT secara umum yaitu perkiraan atas waktu yang dibutuhkan bagi masing-masing kegiatan bersifat subyektif dan tergantung pada asumsi. Sehingga secara umum PERT cenderung terlalu optimis dalam menetapkan waktu penyelesaian sebuah proyek.

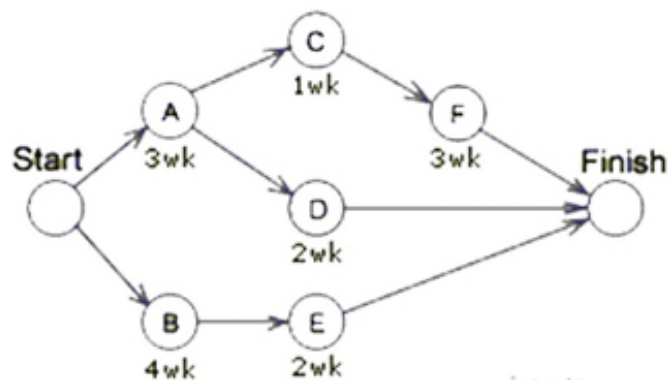
2.10 Critical Path Method (CPM)

Bila metode PERT berorientasi pada waktu perkiraan (probabilitas) dalam menentukan suatu proyek dapat diselesaikan pada suatu waktu tertentu, maka CPM menggunakan perkiraan waktu aktivitas deterministik. CPM digunakan jika waktu penyelesaian setiap kegiatan diketahui dengan pasti, di mana tingkat deviasi realisasi penyelesaian dibanding rencana, relatif kecil atau bahkan dapat diabaikan. Sedangkan PERT digunakan pada kegiatan yang waktu penyelesaiannya tidak dapat dipastikan karena belum pernah dilakukan sebelumnya atau kegiatan tersebut memiliki variasi perkiraan waktu penyelesaian yang lebar.

CPM pertama kali dikembangkan oleh J. E. Kelly dari *Remington-Rand* dan M. R. Walker dari DuPont pada tahun 1957 untuk membantu penjadwalan *shutdown* pemeliharaan di pabrik pengolahan kimia. CPM banyak digunakan pada hampir seluruh bentuk proyek, antara lain konstruksi, dirgantara dan pertahanan, pengembangan perangkat lunak, proyek penelitian, produk pengembangan,

rekayasa, dan pemeliharaan tanaman. CPM lebih banyak digunakan dibandingkan penjadwalan menggunakan metode network yang lain. Hal tersebut didasarkan pada konsep jalur kritis dan dirancang untuk fokus waktu dan sumber daya, terutama biaya, yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan proyek.

CPM merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan berupa garis antara titik seperti tampak pada Gambar 2.4 di bawah berikut sehingga diagram CPM dikenal dengan *activity-on-arch* (AOA).



Gambar 2.4 Contoh *network* CPM (Sumber: NetMBA *Business Knowledge Center*)

Langkah pertama dalam CPM yaitu menentukan rincian kegiatan. Rincian kegiatan yang harus dilakukan dalam sebuah proyek, ditambahkan informasi mengenai durasi dan identifikasi prasyarat kegiatan sebelumnya yang harus terselesaikan terlebih dahulu.

Langkah ke-dua menentukan urutan kegiatan dan gambarkan dalam bentuk jaringan. Beberapa kegiatan hanya dapat dimulai dengan sangat tergantung pada penyelesaian kegiatan lain yang mendahuluinya. Relasi antar kegiatan ini harus diidentifikasi dan digambarkan secara berurutan dalam bentuk titik dan garis.

Langkah ke-tiga menyusun perkiraan waktu penyelesaian untuk masing-masing kegiatan. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan dapat diestimasi dengan menggunakan pengalaman masa lalu atau perkiraan dari

para praktisi. CPM tidak memperhitungkan variasi waktu penyelesaian, sehingga hanya satu perkiraan yang akan digunakan untuk memperkirakan waktu setiap kegiatan.

Langkah ke-empat mengidentifikasi *critical path* (CP). CP merupakan jalur yang memiliki durasi terpanjang pada *network*. Aktivitas yang terletak pada CP tersebut tertunda, maka waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan juga akan tertunda. Pada jalur selain CP akan ditemui waktu longgar atau waktu toleransi (*slack time*), waktu dimana sebuah kegiatan dapat ditunda tanpa menunda penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Langkah ke-lima melakukan *update* diagram CPM. Pada saat proyek berlangsung, waktu penyelesaian kegiatan dapat diperbarui sesuai dengan diperolehnya informasi dan asumsi baru. Sebuah CP baru mungkin akan muncul dan perubahan bentuk jaringan sangat mungkin harus dilakukan.

Beberapa manfaat dari CPM antara lain:

1. Memberikan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek,
2. Memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek,
3. Menunjukkan alur kegiatan mana saja yang penting diperhatikan dalam menjaga jadwal penyelesaian proyek.

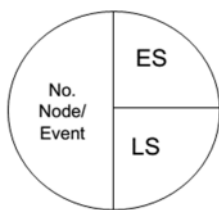
Kelemahan CPM terdapat pada penggunaan satu angka perkiraan waktu penyelesaian bagi setiap kegiatan. Jika memang dibutuhkan perencanaan proyek yang lebih kompleks, metode PERT dengan tiga varian waktu perkiraan akan dapat memberikan alternatif perkiraan waktu penyelesaian proyek yang lebih terbuka.

2.11 Work Breakdown Structure (WBS)

Analisis aktivitas dengan diagram *network* diawali dengan mempersiapkan dan menyusun daftar kegiatan atau pekerjaan dalam proyek tersebut. Setelah seluruh ruang lingkup diidentifikasi, pekerjaan proyek dapat dibagi menjadi elemen kerja yang lebih kecil dimana hirarki proses tersebut dikenal dengan *work breakdown structure* - WBS (Larson dan Gray, 2011). WBS sebagai peta proyek membantu memastikan seluruh elemen kerja teridentifikasi dan terintegrasi sebagai dasar dalam mengendalikan proyek

Pada WBS, setiap aktivitas diidentifikasi termasuk mengenai aktivitas yang harus mendahuluinya (*predecessor*) dan berapa lama aktivitas tersebut harus dilakukan (durasi). Durasi setiap aktivitas akan memberikan informasi mengenai waktu terpendek dan terpanjang seluruh aktivitas dalam proyek tersebut, yang secara berurutan dikenal dengan *earliest event time* dan *latest event time*.

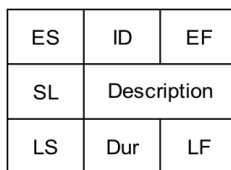
Detail aktivitas apabila digambarkan dalam diagram AON dan AOA seperti tampak pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 di bawah berikut.



Keterangan:

- No. *Node/Event* : Nomor Identitas Aktivitas Proyek
- ES : *Earliest Start*
- LS : *Latest Start*

Gambar 2.5 Diagram aktivitas AON



Keterangan:

- Description* : Nama Aktivitas Proyek
- ES : *Earliest Start*
- ID : Nomor Identitas Aktivitas
- EF : *Earliest Finish*
- SL : *Slack*
- LS : *Latest Start*
- Dur : *Duration*
- LF : *Latest Finish*

Gambar 2.6 Diagram aktivitas AOA

2.12 Earliest Event Time (EET)

Cara menentukan EET pada setiap *node* yaitu dengan menggunakan perhitungan ke muka (*forward*), diawali perhitungan dari *node* pertama dengan asumsi waktu mulai sama dengan nol, selanjutnya bergerak dalam jaringan untuk menghitung:

1. EET yang terjadi (E_i),
2. Waktu mulai tercepat atau *earliest start* (ES), dan

3. Waktu selesai tercepat atau *earliest finish* (EF).

Perhitungan EET setiap aktivitas dalam *network*, dari awal hingga akhir menggunakan metode perhitungan sebagai berikut:

1. EET pada permulaan proyek sama dengan nol,

$$E_1 = 0 \quad (2.1)$$

2. ES pada setiap aktivitas (i, j) sama dengan E_i pada peristiwa sebelumnya,

$$ES_{ij} = E_i \quad (2.2)$$

3. EF setiap aktivitas (i, j) sama dengan ES ditambah durasi kegiatan,

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij} = E_i + D_{ij} \quad (2.3)$$

4. EET untuk peristiwa j adalah maksimum EF dari seluruh aktivitas yang berakhir pada peristiwa tersebut.

$$\begin{aligned} E_j &= \max\{E_{ij} \text{ untuk semua predecessor } (i, j)\} \\ E_j &= \max\{E_i + D_{ij}\} \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.13 Latest Event Time (LET)

LET pada setiap node ditentukan menggunakan perhitungan ke belakang (*backward*). Perhitungan antara LS dan LF untuk setiap aktivitas dalam jaringan dimulai dari *node* terakhir dengan $L_n = E_n$ pada *node* terakhir dari hasil perhitungan *forward* (EET). Perhitungan akan berakhir pada *node* pertama dalam *network* tersebut.

Ketentuan-ketentuan dalam perhitungan LET antara lain:

1. Pada aktivitas paling akhir berlaku:

$$E_n = L_n \quad (2.5)$$

dengan ES telah dihitung pada perhitungan *forward*,

2. LF untuk setiap aktivitas (i, j) sama dengan LET dari peristiwa j ,

$$LF_{ij} = L_j \quad (2.6)$$

3. LS setiap aktivitas (i, j) sama dengan LF dikurang durasi kegiatan,

$$LS_{ij} = LF_{ij} - D_{ij} = L_j - D_{ij} \quad (2.7)$$

4. LET untuk peristiwa i adalah minimum LS dari seluruh aktivitas yang berasal dari peristiwa tersebut.

$$\begin{aligned} L_i &= \min\{LS_{ij} \text{ untuk semua successor } (i, j)\} \\ L_i &= \min\{LF_{ij} - D_{ij}\} \\ L_i &= \min\{L_j - D_{ij}\} \end{aligned} \quad (2.8)$$

2.14 Percepatan Proyek

Definisi keberhasilan proyek telah mengalami perubahan selama dua puluh tahun ini, dimana proyek dikatakan sukses mencakup kriteria (Kerzner, 2009):

1. Dalam periode waktu yang dialokasikan,
2. Dalam biaya yang dianggarkan,
3. Pada tingkat kinerja atau spesifikasi yang tepat,
4. Dengan penerimaan oleh pelanggan / pengguna,
5. Dengan perubahan ruang lingkup minimum yang disepakati bersama,
6. Tanpa mengganggu alur kerja utama organisasi, dan
7. Tanpa mengubah bua perusahaan

Waktu merupakan parameter penting dalam suatu proyek pada saat ini (Gupta dan Starr, 2014). Gupta dan Starr (2014) menambahkan bahwa hal tersebut bertujuan untuk menentukan durasi proyek dengan target mencapai waktu penyelesaian proyek terpendek dengan jalan mengendalikan kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis.

PERT berorientasi pada elemen waktu proyek dan menggunakan perkiraan waktu aktivitas probabilistik untuk membantu dalam menentukan probabilitas bahwa proyek dapat diselesaikan pada suatu tanggal tertentu sedangkan CPM menggunakan perkiraan waktu aktivitas deterministik dan dirancang untuk mengontrol aspek waktu dan biaya proyek, khususnya *trade off* antara waktu dan biaya (Meredith dan Mantel, 2009). Dinyatakan juga dalam referensi tersebut bahwa aktivitas pada CPM dapat dipercepat dengan biaya tambahan sebagai kompensasinya.

Kedua teknik, PERT dan CPM, mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) proyek dengan kegiatan yang tidak bisa ditunda, dan juga menunjukkan kegiatan

dengan kelonggaran (*float*) yang dapat sedikit tertunda tanpa memperpanjang waktu penyelesaian proyek sehingga dapat memperkirakan waktu probabilistik dari CPM dan mampu memangkas *network* PERT (Meredith dan Mantel, 2009).

2.15 Critical Path (CP)

Critical path (CP) merupakan jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dimulai dari peristiwa awal sampai peristiwa yang terakhir dalam *activity network diagram*. Sehingga sebuah CP menunjukkan kegiatan-kegiatan kritis di dalam suatu proyek dimana bila terdapat penundaan waktu (*delay*) pada kegiatan tersebut maka akan mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan dari proyek. Suatu kegiatan disebut tidak kritis bila kegiatan tersebut mempunyai *delay*. *Delay* pada kegiatan tidak kritis dikenal dengan istilah *slack* atau *float time*.

2.16 Float Time

Konsep *float time* memberikan fleksibilitas sebagai media modifikasi pada penjadwalan suatu proyek untuk menyelesaikan beberapa pekerjaan tertentu sehingga terdapat suatu periode waktu dimana durasi kegiatan dapat melebihi dari rencana namun tidak mempengaruhi CP dan jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Menurut Hendrickson dan Au (2000) terdapat tiga kategori *float time*, yaitu:

1. Free float

Banyaknya *delay* yang dapat ditugaskan untuk setiap satu kegiatan tanpa menunda kegiatan selanjutnya. *Free float* dinotasikan dengan FF_{ij} , dimana:

$$FF_{ij} = E_j - E_i - D_{ij} \quad (2.9)$$

2. Independent float

Banyaknya *delay* yang dapat ditugaskan untuk setiap satu kegiatan tanpa menunda kegiatan selanjutnya atau membatasi penjadwalan kegiatan sebelumnya. Independen float dinotasikan dengan IF_{ij} dengan:

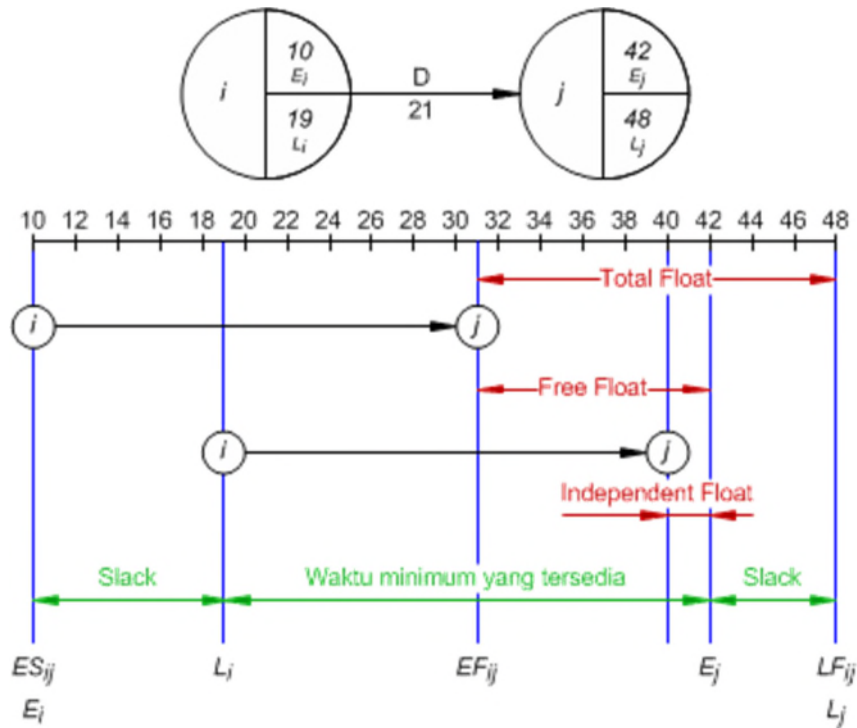
$$IF_{ij} = \begin{cases} 0 \\ E_j - L_i - D_{ij} \end{cases} \quad (2.10)$$

3. Total float

Maksimum banyaknya *delay* yang dapat ditugaskan untuk setiap kegiatan tanpa menunda keseluruhan proyek. *Total float* dinotasikan dengan TF_{ij} , dimana:

$$TF_{ij} = L_j - E_i - D_{ij} \quad (2.11)$$

Secara grafis, ketiga macam *float time* dan *slack time* diilustrasikan pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Ilustrasi contoh perhitungan *float time* dan *slack time*

2.17 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai durasi proyek atau percepatannya telah dilakukan oleh banyak peneliti dengan berbagai macam metode maupun pendekatan analisisnya. Berikut akan dibahas secara sekilas mengenai beberapa penelitian tersebut.

Bustamin (2015) melakukan kajian terhadap percepatan penjadwalan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) dengan metode simulasi *Monte Carlo*.

Penelitian ini mengenai penjadwalan probabilistik yang akan diaplikasikan pada proyek pembangunan kapal LCU. Tahapan dalam penelitian tersebut antara lain mengumpulkan data penjadwalan proyek, menentukan hubungan antar aktivitas proyek, melakukan estimasi durasi aktivitas proyek serta melakukan simulasi dengan menggunakan *Monte Carlo*. Penelitian tersebut menyimpulkan durasi optimal pembangunan LCU selama 94 hari (percepatan selama 8 hari) dari durasi normal 120 hari dengan penambahan biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan sebesar Rp 27.300.000,- atau sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya.

Wahyudi dan Santosa (2009) melakukan penelitian mengenai perkiraan durasi proyek dengan menggunakan metode berbasis *Earned Value Management* (EVM). EVM digunakan sebagai metoda dalam menganalisa manajemen proyek yang telah dilakukan oleh perusahaan objek penelitian tersebut. Komparasi tiga metoda EVM pada penelitian tersebut menyimpulkan bahwa earned schedule method merupakan metode terbaik dalam meramalkan durasi proyek berikutnya.

Stefanus, Wijatmiko dan Suryo (2017) melakukan analisis percepatan waktu penyelesaian proyek menggunakan metode *fast-track* dan *crash program*. Tujuan analisis tersebut untuk mengetahui percepatan waktu dan biaya yang dapat dihemat pada proyek Hotel Dewarna Tahap II Bojonegoro. Untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek agar tidak terjadi keterlambatan digunakan metode *fast-track* dan *crash program* untuk kemudian dibandingkan hasilnya. Dari segi biaya dengan metode *fast-track* membutuhkan biaya sebesar Rp 26.376.440.619, sedangkan dengan metode *crash program* membutuhkan biaya sebesar Rp 26.504.146.817. Kedua metode tersebut mampu mengurangi biaya akibat keterlambatan proyek yang awalnya sebesar Rp 27.059.140.712. Dari segi biaya metode *fast-track* lebih murah, akan tetapi memiliki resiko yang lebih besar karena apabila salah satu pekerjaan yang berada pada lintasan kritis mengalami keterlambatan maka akan mempengaruhi pekerjaan lainnya.

Priyo dan Aulia (2015) melakukan penelitian dengan mengaplikasikan metode *time cost trade off* pada proyek konstruksi dengan objek studi proyek pembangunan Gedung Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *trade-off* antara biaya dan percepatan proyek karena terdapat keterlambatan di awal proyek. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pilihan terbaik dalam mengejar

keterlambatan yaitu dengan menambahkan waktu kerja (lembur), karena biaya proyek (termasuk upah lembur) lebih murah daripada biaya yang harus dibayarkan jika proyek gagal dan harus bayar dendanya.

Arianie dan Puspitasari (2017) merencanakan manajemen proyek untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas sumber a perusahaan. Perencanaan proyek tersebut disusun menggunakan *Work Breakdown Structure (WBS)*, *Critical Path Method (CPM)* dan *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*. Dengan ketiga *tool* tersebut, manajemen proyek dapat memperkirakan adanya percepatan proyek (*crashing*). Perencanaan manajemen proyek yang dilakukan menghasilkan estimasi percepatan pengerjaan proyek selama enam hari, dengan penambahan biaya sebesar 2,8 juta rupiah.

Saputra, Munawir dan Wijatmiko (2017) menganalisis percepatan aktifitas pada proyek jalan dengan menggunakan metode *fast track*, *crash program* dan *what-if*. Proyek mengalami keterlambatan, dengan kondisi di pekan ke-27 realisasi pencapaian hanya sekitar 13% dari rencana 53%. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan percepatan pelaksanaan, untuk mengevaluasi efektifitas percepatan, dan untuk mengevaluasi pelaksanaan proyek jalan berdasarkan pengendalian waktu dan biaya. Metode *fast track* dapat mempercepat 78 hari, metode *crash program* dapat mempercepat 31 hari, dan metode *what-if* dapat mempercepat hingga 7 hari dari sebelum percepatan, yaitu 110 hari terlambat. Ketiga metode tidak dapat mempercepat proyek berdasarkan rencana. Metode *fast track* merupakan metode yang paling cepat mendekati rencana awal. Kemudian kombinasi percepatan antara *fast track* dan *crash program* menghasilkan durasi total sesuai jadwal. Kesimpulannya adalah kombinasi metode dapat mengembalikan jadwal sesuai rencana.

Winanto, Kustamar dan Iskandar (2013) melakukan penelitian untuk mengatasi keterlambatan pembangunan gedung menggunakan metode *fast track*. Dalam penelitian lebih lanjut untuk mengetahui besarnya biaya yang dapat dihemat dengan menggunakan metode *fast track*. Metode penelitian yang dilakukan adalah menggunakan penjadwalan dengan CPM, melakukan percepatan pada aktivitas yang berada di lintasan kritis, melakukan *fast track* pada lintasan kritis sampai mendapatkan waktu jenuh dan mendapatkan waktu optimum dengan biaya yang

minimum. Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa besarnya waktu yang diperoleh adalah 23 hari kalender atau 50,0% dari waktu normal 46 hari atau lebih cepat 23 hari dan biaya yang bisa dihemat adalah Rp. 48.325.539,- dari biaya normal Rp. 2.029.672.351 atau terjadi penghematan 2,38%.

Frederika (2010) menganalisis percepatan pelaksanaan proyek dengan menambah jam kerja optimum. Perhitungan dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan *Microsoft Project* kemudian dilakukan *crashing* untuk mendapatkan *cost slope* kegiatan yang berada pada lintasan kritis, selanjutnya dilakukan analisis dengan metode *Time Cost Trade Off Analysis*. Percepatan dengan biaya optimum didapat pada penambahan satu jam kerja dan waktu optimum didapat pada penambahan dua jam kerja.

Na, Wuliang dan Hua (2014) melakukan simulasi kekokohan (*robustness*) pada jadwal proyek menggunakan metode *Monte Carlo*. *Robustness* rencana proyek dievaluasi sebagaimana kemungkinan penyelesaian proyek pada perencanaan durasi. Metode *Monte Carlo* digunakan untuk mensimulasikan pelaksanaan secara praktis dari rencana proyek dalam menentukan karakteristik distribusi durasi pekerjaan, sehingga rencana proyek telah disajikan secara lengkap dengan pendekatan estimasi. Pendekatan ini dapat membantu manajer proyek untuk menentukan risiko durasi proyek dan mengidentifikasi tugas-tugas utama yang benar-benar mempengaruhi *robustness* rencana proyek pada awal perencanaan proyek.

Namun dari studi literatur tersebut, tidak terdapat kesamaan objek penelitian yang berupa durasi dari *periodic inspection* pada unit pembangkit listrik. Hal tersebut menjadi dasar pada penelitian ini dilakukan pendekatan dengan mengkaji durasi proyek pada umumnya.

2.18 Posisi Penelitian

Dari penjabaran singkat mengenai penelitian sebelumnya pada sub-bab di atas, dapat disusun tabel perbandingan seperti tampak pada Tabel 2.1 berikut. Dimana pada tabel tersebut akan memudahkan menentukan letak perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 2.1 Perbandingan (posisi) penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya

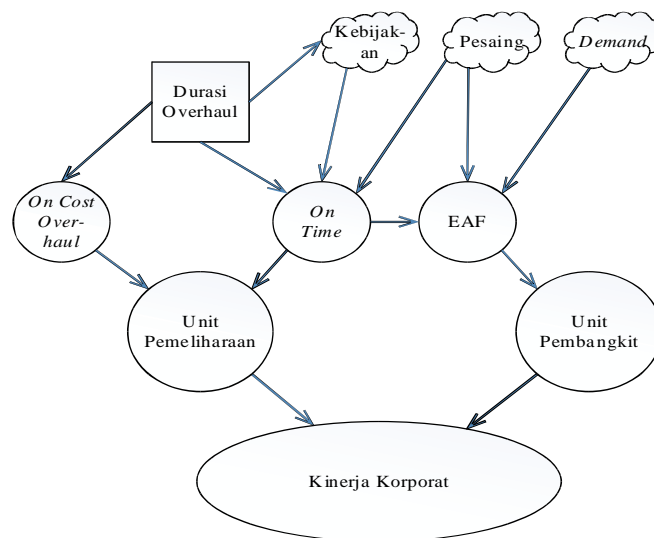
No.	Judul	Penulis / Peneliti	Objek Penelitian (Proyek)			Metode Penelitian (Percepatan)				Analisis	
			Infrastruktur	Sarana	Jasa	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Tenaga Kerja	Paralel Kerja	Simulasi	Penjadwalan	Biaya
1.	Kajian Percepatan Penjadwalan Pembangunan <i>Landing Craft Utility</i> (LCU) dengan Metode Simulasi <i>Monte Carlo</i>	Bustamin, M.O. (2015)		√					√	√	√
2.	Perkiraan Durasi Proyek dengan Menggunakan Metode Berbasis <i>Earned Value Management</i>	Wahyudi, M.S. (2009)			√				√	√	√
3.	Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode <i>Fast-Track</i> dan <i>Crash Program</i>	Stefanus, Y. Wijatmiko, I. Suryo, E.A. (2017)	√			√		√			√

No.	Judul	Penulis / Peneliti	Objek Penelitian (Proyek)			Metode Penelitian (Percepatan)				Analisis	
			Infrastruktur	Sarana	Jasa	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Tenaga Kerja	Paralel Kerja	Simulasi	Penjadwalan	Biaya
4.	Aplikasi Metode <i>Time Cost Trade Off</i> pada Proyek Konstruksi Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia	Aulia, M.R. (2015)	√			√	√			√	√
5.	Perencanaan Manajemen Proyek dalam Meningkatkan Efisiensi dan Efektifitas Sumber Daya Perusahaan (Studi Kasus: Qiscus Pte Ltd)	Arianie, G.P. Puspitasari, N.B. (2017)			√		√			√	√
6.	Analisis Percepatan Akatifitas pada Proyek Jalan dengan Menggunakan Metode <i>Fast Track, Crash Program</i> , dan <i>What-If</i>	Saputra, A.A.P. Munawir, A. Wijatmiko, I. (2017)	√			√	√	√		√	√

No.	Judul	Penulis / Peneliti	Objek Penelitian (Proyek)			Metode Penelitian (Percepatan)				Analisis	
			Infrastruktur	Sarana	Jasa	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Tenaga Kerja	Paralel Kerja	Simulasi	Penjadwalan	Biaya
7.	Penerapan Metode <i>Fast Track</i> untuk Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung ICU, ICCU, dan NICU RSUD dr. Saiful Anwar Malang	Winanto, E. Kustamar Iskandar, T. (2013)	√					√		√	√
8.	Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung)	Frederika, A. (2010)	√			√				√	√
9.	<i>A Robustness Simulation Method of Project Schedule based on the Monte Carlo Method</i>	Na, W. Hua, G. Wuliang, P. (2014)			√				√	√	

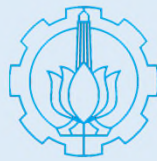
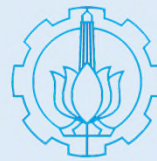
No.	Judul	Penulis / Peneliti	Objek Penelitian (Proyek)			Metode Penelitian (Percepatan)				Analisis	
			Infrastruktur	Sarana	Jasa	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Tenaga Kerja	Paralel Kerja	Simulasi	Penjadwalan	Biaya
10.	Kajian Durasi Pemeliharaan Menggunakan Simulasi <i>Monte Carlo</i> untuk Meningkatkan <i>Availability</i> Pembangkit Listrik	Purjanto, D.A. (2019)			√				√	√	

Untuk dapat lebih memahami peranan penelitian ini, maka digunakan *influence diagram* seperti pada Gambar 2.8 di bawah berikut.



Gambar 2.8 *Influence diagram* penelitian “Kajian Durasi Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap untuk Meningkatkan *Equivalent Availability Factor*”.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III
METODOLOGI
PENELITIAN

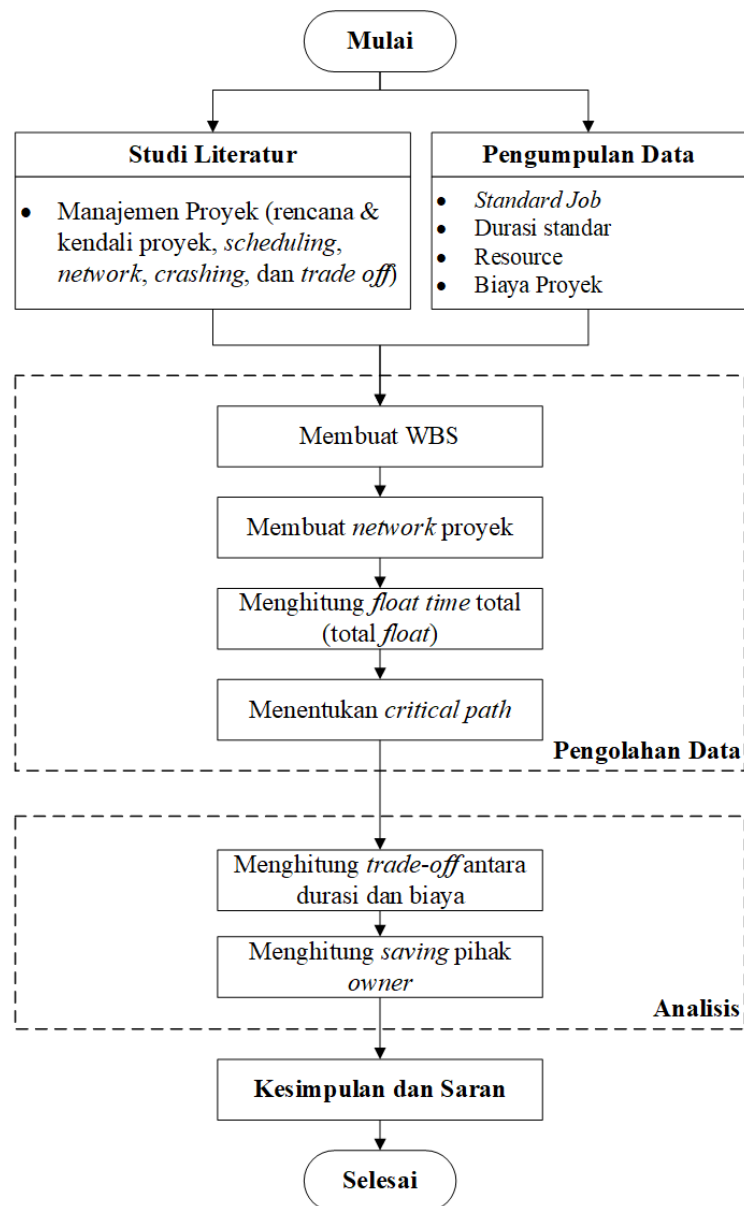


BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian

Gambar 3.1 di bawah menyajikan *flowchart* dari tahapan penelitian ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian “Kajian Durasi Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap untuk Meningkatkan *Equivalent Availability Factor*” yang akan dilakukan

3.2 Studi Literatur

Literatur yang digunakan sebagai dasar penelitian ini yaitu manajemen proyek yang di dalamnya terdapat perencanaan dan pengendalian proyek, penjadwalan, jaringan kerja (*network*), percepatan durasi proyek (*crashing*) dan juga *trade-off* antara biaya dan waktu proyek.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang dapat mendukung penelitian ini antara lain *standard job* pemeliharaan, jumlah tenaga kerja yang terlibat, tarif upah tenaga kerja, dan juga daftar peralatan yang digunakan dalam proyek pemeliharaan tersebut. Daftar peralatan tersebut akan memberikan pengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan dan pembagian tim dalam proyek pemeliharaan.

Data durasi pekerjaan juga didapatkan dari bidang perencanaan yang biasanya masih mengacu pada durasi standar pemeliharaan dari pabrikan. Para teknisi yang melakukan pekerjaan di bidangnya masing-masing juga dimintai data mengenai waktu penyelesaian pekerjaan selama terlibat dalam proyek pemeliharaan.

3.4 Pengolahan Data

Tahap mengolah data diawali dengan membuat WBS proyek pemeliharaan sesuai dengan *standard job* dari *owner*. WBS yang telah dibuat sebagai dasar untuk pembuatan *network* dari setiap aktivitas proyek. *Network* yang telah dibangun dan telah dilengkapi dengan informasi durasi aktivitas proyek akan memberikan informasi mengenai lintasan kritis proyek pemeliharaan pembangkit listrik.

Pada aktivitas kritis (aktivitas yang berada pada lintasan kritis) dilakukan perhitungan mengenai biayanya. Dimulai dari durasi normal hingga durasi diperpendek yang memungkinkan pada aktivitas tersebut. Durasi terpendek berdasarkan hasil survei teknisi berpengalaman dalam pemeliharaan pembangkit listrik. Dasar perhitungan biaya tersebut dibedakan dalam dua kategori, biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung meliputi biaya tenaga kerja. Sedangkan biaya tidak langsung yaitu segala biaya yang berkaitan dengan logistik selama proyek pemeliharaan.

3.5 Analisis

Penelitian dilakukan dalam rangka melakukan pemendekan durasi pemeliharaan pembangkit listrik untuk meningkatkan tingkat ketersediaan. Analisis dilakukan terhadap hasil pengolahan data yang berhubungan dengan biaya proyek. Analisis biaya yang timbul atas masing-masing durasi hasil dihitung berdasarkan aktivitas kritis dalam proyek.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan memaparkan hal-hal yang telah dibahas pada bab sebelumnya yang berhubungan dengan pertanyaan rumusan masalah. Beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam proses penelitian mulai dari pengumpulan data hingga analisis akhir juga disajikan dalam kesimpulan ini.

Pelaksanaan penelitian ini tentunya memberikan hasil yang positif, dan juga terdapat hal-hal yang menjadi kekurangan dalam suatu proyek yang dilakukan. Kekurangan dan kelebihan pada penelitian ini akan menjadi saran bagi manajer proyek atau pun keperluan riset lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN



BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Proyek

Penelitian ini mempunyai objek pada proyek pemeliharaan periodik pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar utama berupa gas alam. Lingkup dari pemeliharaan periodik ini yaitu *mean inspection* (ME). *Standard job* dari ME tersebut seperti tampak pada Tabel 4.1 yang dilengkapi dengan notasi identitas masing-masing *job* untuk mempermudah dalam identifikasi.

Tabel 4.1 *Standard job* ME PLTU 200 MW dengan bahan bakar gas (Sumber: PT PJB Unit Pembangkitan Gresik).

No.	Pekerjaan (<i>Job</i>)	ID
1	Pemeliharaan MSV	G
2	Pemeliharaan CV	H
3	Pemeliharaan CRV	I
4	Pemeliharaan LP <i>Turbine</i>	J
5	Pemeliharaan HIP <i>Turbine</i>	K
6	Pemeliharaan <i>Crossover Pipe</i>	L
7	Pemeliharaan <i>Condensor & Ball Cleaning System</i>	M
8	Pemeliharaan <i>Gland Steam System</i>	N
9	Pemeliharaan LP <i>Turbine Bypass System</i>	O
10	Pemeliharaan Air Ejector (SJAE, SAE)	P
11	Pemeliharaan CP (1 unit)	Q
12	Pemeliharaan LPH (1 unit)	R
13	Pemeliharaan ERCV	S
14	Pemeliharaan <i>Deaerator</i>	T
15	Pemeliharaan MOT & <i>Oil Conditioner</i>	U
16	Pemeliharaan <i>Seal Oil Unit</i>	V
17	Pemeliharaan <i>Cooling Water System</i>	W
18	Penataan <i>Tube 2nd SH</i>	Z
19	RLA <i>Tube Boiler</i>	AA
20	Pemeliharaan <i>Main Steam Pipe</i>	AB
21	Pemeliharaan GIF	AC
22	Pemeliharaan <i>Gas Duct</i>	AD

No.	Pekerjaan (<i>Job</i>)	ID
23	Pemeliharaan BFP (1 unit)	AE
24	Pemeliharaan <i>Booster Pump</i>	AF
25	Pemeliharaan <i>Air Duct</i>	AG
26	Pemeliharaan FDF (1 unit)	AH
27	Pemeliharaan SCAH	AI
28	Pemeliharaan <i>Air Heater</i>	AJ
29	Pemeliharaan <i>Burner System</i>	AK
30	Pemeliharaan <i>valve HP, steam, & burner drain system</i>	AL
31	Pemeliharaan LSB R & L	AM
32	Pemeliharaan HPH (1 unit)	AN
33	Pemeliharaan <i>Cold/Hot Reheat Pipe & Damper</i>	AO
34	Pemeliharaan PCV	AP
35	Pemeliharaan <i>Header</i>	AQ
36	Pemeliharaan <i>Blowdown System</i>	AR
37	Pemeliharaan <i>Steam Drum</i>	AS
38	Pemeliharaan <i>Generator</i>	AT
39	Pemeliharaan AVR	AU
40	Pemeliharaan <i>Electric Control Panel</i>	AV
41	Pemeliharaan Motor-motor	AW
42	Pemeliharaan Trafo	AX
43	Pemeliharaan ABS	AY
44	Pemeliharaan ABC	AZ
45	Pemeliharaan BLC	BA
46	Pemeliharaan TSI & D-EHC	BB
47	Pemeliharaan TLC	BC
48	Pemeliharaan CWP	BE
49	Pemeliharaan <i>Bar & Travelling Screen</i>	BF
50	Pemeliharaan <i>Intake & Pressure Tunnel</i>	BG

Terdapat dua macam biaya yang berkaitan dengan aktivitas pekerjaan ME PLTU tersebut, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung meliputi biaya tenaga kerja penunjang beserta upah *overtime*. Biaya *overtime* ini termasuk untuk *engineer* yang terlibat pada proyek ini. Tenaga kerja penunjang tersebut mempunyai dua klasifikasi, antara lain teknisi senior dan teknisi junior. Sedangkan untuk biaya tidak langsung meliputi keseluruhan biaya yang berkaitan

dengan logistik (makan, air minum, air bersih, tempat tinggal dan lain-lain) dan kesekretariatan (kertas, tinta, alat tulis kantor / ATK, biaya komunikasi dan lain-lain). Tabel 4.2 memberikan informasi biaya-biaya pada proyek pemeliharaan yang dimaksudkan di atas.

Table 4.2 Biaya yang terkait dengan proyek pemeliharaan PLTU dengan lingkup *mean inspection* (Sumber: PT PJB – Unit Pelayanan Pemeliharaan Wilayah Timur).

Spesifikasi Tenaga Kerja	Biaya Langsung		Biaya Tidak Langsung (Rp/hari/orang)
	Upah Harian (Rp/hari)	Overtime (Rp/jam)	
Engineer	-	50.475,-	224.375,-
Teknisi Senior	186.688,-	22.662,-	
Teknisi Yuniior	170.494,-	20.696,-	

Pekerjaan pemeliharaan ini didukung dengan kesiapan peralatan pekerjaan, baik peralatan umum, khusus maupun spesifik. Peralatan yang memadai memungkinkan pekerjaan dilakukan secara paralel karena *human resource* yang kompeten telah dimiliki oleh unit pelayanan pemeliharaan. Peralatan tersebut diklasifikasikan menurut bidang kerja yang menggunakannya, antara lain mekanik, listrik, dan kontrol instrumen. Selain ketiga bidang tersebut terdapat satu bidang yang khusus menangani *assessment* pada *plant equipment*, yaitu bidang laboratorium. Tabel 4.3 memberikan informasi mengenai ketersediaan peralatan dalam mendukung pekerjaan ME PLTU.

Tabel 4.3 Ketersediaan peralatan kerja yang dimiliki oleh masing-masing bidang kerja dalam melaksanakan pekerjaan (Sumber: PT PJB – Unit Pelayanan Pemeliharaan Wilayah Timur).

Bidang	Jumlah			Total
	Umum	Khusus	Spesifik	
Mekanik	4142	17	360	4519
Listrik	327	19	95	441
Kontrol Instrumen	132	13	173	318
Laboratorium	-	3	2	5

Peralatan umum merupakan peralatan yang digunakan pada umumnya pekerjaan lapangan yang tidak memerlukan keahlian khusus, meliputi alat: angkat dan angkut, pemotong, *cleaning*, *assembly* dan *disassembly*, pelubang, penjepit, pengikis, pemukul, pembengkok pipa, dan pengikat.

Peralatan khusus tingkatannya sedikit di atas peralatan umum karena dalam pengoperasiannya diperlukan keahlian khusus yang mendasar seperti halnya pembacaan alat ukur dan semacamnya. Jenis peralatan khusus diantaranya: alat ukur, *detector*, dan alat pengetesan.

Peralatan spesifik merupakan peralatan yang pengoperasiannya memerlukan keahlian khusus dalam tingkatan mahir atau bahkan bersertifikat bila diperlukan. Yang termasuk dalam peralatan spesifik ini yaitu: alat kalibrasi, pemanas, pengelasan, pengukur vibrasi, dan pengukur tegangan tinggi.

Durasi ME berdasarkan instruksi manual dari *vendor* yaitu selama 30 hari. Durasi tersebut sudah termasuk proses pendinginan (*cooling down*), *flushing* minyak pelumas, *hydrostatic test boiler* (hidro-tes), dan *start up (firing)* dengan total durasi selama kurang lebih sepuluh hari. Sehingga pelaksanaan pemeliharaan secara efektif kurang lebih selama dua puluh hari.

4.2 Work Breakdown Structure

Standard job pada Tabel 4.1 berikutnya diperinci menjadi work breakdown structure (WBS). Terdapat beberapa aktivitas pendukung dalam penyelesaian *standard job* tersebut mulai dari pasca *shut down* hingga beroperasi kembali. Aktivitas-aktivitas tersebut dimasukkan dalam WBS yang akan disusun karena memerlukan waktu (memiliki durasi) yang termasuk dalam durasi standar ME. Aktivitas tersebut antara lain seperti pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Aktivitas pendukung pekerjaan ME mulai dari pasca *shut down* hingga menjelang sinkron ke jaringan listrik (jaring-jaring) beserta durasinya (Sumber: PT PJB – Unit Pelayanan Pemeliharaan Wilayah Timur).

No.	Aktivitas	ID	Durasi (Hari)
1	<i>Cooling Down</i>	B	3

No.	Aktivitas	ID	Durasi (Hari)
2	Karakteristik (<i>Before</i>)	C	2
3	Angkat <i>cross-over pipe</i>	D	1
4	Angkat <i>turbine housing, lagging & isolasi</i>	E	1
5	Angkat <i>turning device & pedestal</i>	F	1
6	<i>Boiler cooling down</i>	X	3
7	Pemasangan <i>scaffolding</i> pada <i>boiler</i> utama	Y	2
8	<i>Assembly cross-over pipe, turning device & pedestal</i>	BI	1
9	<i>Assembly MOP & pedestal, bearing cover</i>	BJ	1
10	<i>Filling Hotwell</i>	BK	1
11	<i>Boiler Hydrostatic Test</i>	BL	4
12	<i>Flushing</i>	BM	3
13	Karakteristik (<i>After</i>)	BN	1
14	<i>Interlock Test</i>	BO	1
15	<i>Start Up (Firing)</i>	BQ	1

4.3 Network Diagram

Pembuatan *network diagram* ini selalu saling berhubungan dengan WBS yang telah disusun. Apabila terdapat kekurangan pada WBS ketika pembuatan *network diagram*, maka informasi pada WBS langsung dilakukan koreksi. Hal ini lebih sering mengenai *predecessor*, karena informasi tersebut sangat diperlukan dalam menyusun *network diagram*.

Kekurangan atau kesalahan informasi pada WBS akan tampak ketika *network diagram* sedang atau telah terbangun. *Network diagram* akan memperjelas saling keterkaitan antar-aktivitas dalam proyek, sehingga akan tampak janggal apabila WBS kurang lengkap. Dasar pembuatan *network* pada Tabel 4.5 di bawah berikut.

Tabel 4.5 *Work Breakdown Structure* pemeliharaan PLTU yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan pembuatan *network diagram*.

ID	Aktivitas	Durasi (hari)	<i>Predecessor</i>
A	<i>Shut Down</i>	0	-
B	<i>Cooling Down</i>	3	A
C	Karakteristik (<i>Before</i>)	2	B

ID	Aktivitas	Durasi (hari)	Predecessor
D	<i>Disassembly Crossover Pipe</i>	1	E
E	<i>Disassembly Turbine Housing Lagging & Isolation</i>	1	A
F	<i>Disassembly Turning Device & Pedestal</i>	1	C, D
G	Pemeliharaan MSV	15	C
H	Pemeliharaan CV	20	C
I	Pemeliharaan CRV	14	C
J	Pemeliharaan LP Turbine	20	D
K	Pemeliharaan HIP Turbine	17	F
L	Pemeliharaan <i>Crossover Pipe</i>	6	F
M	Pemeliharaan <i>Condensor & Ball Cleaning System</i>	19	B
N	Pemeliharaan <i>Gland Steam System</i>	5	P
O	Pemeliharaan LP Turbine Bypass System	4	B
P	Pemeliharaan <i>Air Ejector (SJAE, SAE)</i>	4	O
Q	Pemeliharaan CP (1 unit)	8	P
R	Pemeliharaan LPH (1 unit)	7	P
S	Pemeliharaan ERCV	2	N
T	Pemeliharaan <i>Deaerator</i>	16	A
U	Pemeliharaan MOT & <i>Oil Conditioner</i>	14	C
V	Pemeliharaan <i>Seal Oil Unit</i>	14	C
W	Pemeliharaan <i>Cooling Water System</i>	21	B
X	<i>Boiler Cooling Down</i>	3	A
Y	Pemasangan <i>Scaffolding</i>	2	X
Z	Penataan <i>Tube 2nd SH</i>	17	Y
AA	RLA <i>Tube Boiler</i>	15	Y
AB	Pemeliharaan <i>Main Steam Pipe</i>	5	A
AC	Pemeliharaan GIF	15	A
AD	Pemeliharaan <i>Gas Duct</i>	8	AC
AE	Pemeliharaan BFP (1 unit)	21	A
AF	Pemeliharaan <i>Booster Pump</i>	6	AE

ID	Aktivitas	Durasi (hari)	Predecessor
AG	Pemeliharaan <i>Air Duct</i>	15	AB
AH	Pemeliharaan FDF (1 unit)	25	A
AI	Pemeliharaan SCAH	25	X
AJ	Pemeliharaan <i>Air Heater</i>	17	X
AK	Pemeliharaan <i>Burner System</i>	19	X
AL	Pemeliharaan <i>valve HP, steam, & burner drain system</i>	14	X
AM	Pemeliharaan LSB R & L	10	AL
AN	Pemeliharaan HPH (1 unit)	9	X
AO	Pemeliharaan <i>Cold/Hot Reheat Pipe & Damper</i>	10	AN
AP	Pemeliharaan PCV	10	AN
AQ	Pemeliharaan <i>Header</i>	14	X
AR	Pemeliharaan <i>Blowdown System</i>	5	AQ
AS	Pemeliharaan <i>Steam Drum</i>	19	X
AT	Pemeliharaan <i>Generator</i>	20	C
AU	Pemeliharaan AVR	4	B
AV	Pemeliharaan <i>Electric Control Panel</i>	20	AU
AW	Pemeliharaan Motor-motor	22	A
AX	Pemeliharaan Trafo	22	B
AY	Pemeliharaan ABS	26	A
AZ	Pemeliharaan ABC	22	C
BA	Pemeliharaan BLC	22	B
BB	Pemeliharaan TSI & D-EHC	20	C
BC	Pemeliharaan TLC	18	C
BD	Pemasangan <i>Stop Block</i>	2	A
BE	Pemeliharaan CWP	21	BD
BF	Pemeliharaan <i>Bar & Travelling Screen</i>	20	BD
BG	Pemeliharaan <i>Intake & Pressure Tunnel</i>	15	BD
BH	Pengangkatan <i>Stop Block</i>	1	BE, BF, BG

ID	Aktivitas	Durasi (hari)	Predecessor
BI	<i>Assembly Crossover Pipe, Turning Device & Pedestal</i>	1	L, BJ
BJ	<i>Assembly MOP, Pedestal & Bearing Cover</i>	1	K, J
BK	<i>Filling Hot-well</i>	1	M, Q, R, AW
BL	<i>Hydro Test Boiler</i>	4	Z, AA, AR, AS, T, BK
BM	<i>Flushing</i>	3	BJ, V, BC, U
BN	<i>Karakteristik (After)</i>	1	BL, S, AV, G, H, I, BB, BI, BM
BO	<i>Interlock Test</i>	1	AD, AF, AG, AH, AY, AI, AJ, AK, AM, AO, AP, BN, AT, AZ, AX, BA, W
BP	<i>Start Up</i>	1	BO, BH

4.4 Critical Path

Critical path ditentukan berdasarkan perhitungan total *float* masing-masing aktivitas pada WBS selain dari *network diagram* yang telah dibuat. Tabel 4.6 di bawah berikut menyajikan hasil perhitungan *total float* dari seluruh aktivitas ME PLTU.

Tabel 4.6 Perhitungan *total float* dari seluruh aktivitas pekerjaan pada proyek ME PLTU berdasarkan *network diagram* yang telah dibuat.

ID	Durasi	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Total Float
A	0	0	0	0	0	0
B	3	0	3	0	3	0
C	2	3	5	3	5	0
D	1	1	2	2	3	1
E	1	0	1	1	2	1
F	1	5	6	5	6	0
G	15	5	20	12	27	7

<i>ID</i>	<i>Durasi</i>	<i>Earliest Start</i>	<i>Earliest Finish</i>	<i>Latest Start</i>	<i>Latest Finish</i>	<i>Total Float</i>
H	20	5	25	7	27	2
I	14	5	19	13	27	8
J	20	2	22	3	23	1
K	17	6	23	6	23	0
L	6	6	12	20	26	14
M	19	3	22	3	22	0
N	5	11	16	20	25	9
O	4	3	7	6	10	3
P	4	7	11	10	14	3
Q	8	11	19	14	22	3
R	7	11	18	15	22	4
S	2	16	18	25	27	9
T	16	0	16	7	23	7
U	14	5	19	10	24	5
V	14	5	19	10	24	5
W	21	3	24	8	29	5
X	3	0	3	0	3	0
Y	2	3	5	4	6	1
Z	17	5	22	6	23	1
AA	15	5	20	8	23	3
AB	5	0	5	8	13	8
AC	15	0	15	5	20	5
AD	8	15	23	20	28	5
AE	21	0	21	1	22	1
AF	6	21	27	22	28	1
AG	15	5	20	13	28	8
AH	25	0	25	3	28	3
AI	25	3	28	3	28	0
AJ	17	3	20	11	28	8
AK	19	3	22	9	28	6
AL	14	3	17	4	18	1
AM	10	17	27	18	28	1

<i>ID</i>	<i>Durasi</i>	<i>Earliest Start</i>	<i>Earliest Finish</i>	<i>Latest Start</i>	<i>Latest Finish</i>	<i>Total Float</i>
AN	9	3	12	9	18	6
AO	10	12	22	18	28	6
AP	10	12	22	18	28	6
AQ	14	3	17	4	18	1
AR	5	17	22	18	23	1
AS	19	3	22	4	23	1
AT	20	5	25	8	28	3
AU	4	3	7	3	7	0
AV	20	7	27	7	27	0
AW	22	0	22	0	22	0
AX	22	3	25	6	28	3
AY	26	0	26	2	28	2
AZ	22	5	27	6	28	1
BA	22	3	25	6	28	3
BB	20	5	25	7	27	2
BC	18	5	23	6	24	1
BD	2	0	2	5	7	5
BE	21	2	23	7	28	5
BF	20	2	22	8	28	6
BG	15	2	17	13	28	11
BH	1	23	24	28	29	5
BI	1	24	25	26	27	2
BJ	1	23	24	23	24	0
BK	1	22	23	22	23	0
BL	4	23	27	23	27	0
BM	3	24	27	24	27	0
BN	1	27	28	27	28	0
BO	1	28	29	28	29	0
BQ	1	29	30	29	30	0

Dari perhitungan tersebut dapat ditentukan aktivitas-aktivitas yang mempunyai waktu kritis dalam pelaksanaannya. Aktivitas-aktivitas kritis tersebut terbagi dalam lima lintasan kritis, antara lain:

1. A – B – C – F – K – BJ – BM – BN – BO – BP : 30 hari
2. A – X – AI – BO – BP : 30 hari
3. A – AW – BK – BL – BN – BO – BP : 30 hari
4. A- B – M – BK – BL – BN – BO – BP : 30 hari
5. A – B – AU – AV – BN – BO – BP : 30 hari

Aktivitas-aktivitas tersebut dalam perhitungan mempunyai nilai *total float* sama dengan nol, yang artinya bahwa aktivitas tersebut tidak mempunyai waktu tunda. Yang berarti pula penundaan pada aktivitas-aktivitas tersebut akan mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Dengan kata lain total waktu lintasan kritis akan sama dengan umur proyek. Hal ini berarti lintasan kritis merupakan lintasan yang memiliki waktu terpanjang dari semua lintasan yang dimulai dari aktivitas awal hingga aktivitas yang terakhir dalam *network diagram*.

4.5 Cost Slope

Nilai *cost slope* dari seluruh aktivitas pekerjaan dalam proyek ME PLTU ditentukan dengan cara membandingkan biaya pada durasi normal dan durasi *crash*. Dimana kondisi *crash* merupakan waktu paling cepat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut atau dapat dikatakan sebagai durasi terkecil yang memungkinkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Tabel 4.7 berikut menyajikan hasil perhitungan *cost slope* dari seluruh aktivitas pada proyek ME PLTU.

Tabel 4.7 Perhitungan *cost slope* dari kondisi normal dan *crash* pada seluruh aktivitas proyek ME PLTU.

ID	Normal		Crash		Cost Slope (Rp)
	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	
A	0	0	0	0	0
B	3	0	2	18.883.600	18.883.600
C	2	4.870.996	1	9.271.266	4.400.270
D	1	1.721.134	1	1.721.134	0
E	1	1.721.134	1	1.721.134	0
F	1	1.721.134	1	1.721.134	0
G	15	25.817.010	13	38.488.294	6.335.642
H	20	34.422.680	17	50.330.846	5.302.722
I	14	24.095.876	9	26.645.742	509.973
J	20	34.422.680	18	162.924.243	64.250.782
K	17	29.259.278	13	133.536.187	26.069.227
L	6	10.326.804	4	11.842.552	757.874
M	19	32.701.546	15	44.409.570	2.927.006
N	5	8.605.670	4	11.842.552	3.236.882
O	4	6.884.536	3	8.881.914	1.997.378
P	4	6.884.536	3	8.881.914	1.997.378
Q	8	13.769.072	6	17.763.828	1.997.378
R	7	12.047.938	5	14.803.190	1.377.626
S	2	3.442.268	2	3.442.268	0
T	16	27.538.144	13	38.488.294	3.650.050
U	14	24.095.876	12	35.527.656	5.715.890
V	14	24.095.876	10	29.606.380	1.377.626
W	21	36.143.814	16	47.370.208	2.245.279
X	3	0	2	20.248.421	20.248.421
Y	2	0	2	0	0
Z	17	93.299.332	15	131.380.680	19.040.674
AA	15	14.001.600	14	22.240.120	8.238.520
AB	5	27.440.980	4	35.034.848	7.593.868

ID	Normal		Crash		Cost Slope (Rp)
	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	
AC	15	51.634.020	11	58.471.336	1.709.329
AD	8	27.538.144	6	31.893.456	2.177.656
AE	21	32.563.440	16	43.317.760	2.150.864
AF	6	9.303.840	4	10.829.440	762.800
AG	15	51.634.020	11	58.471.336	1.709.329
AH	25	86.056.700	19	100.995.944	2.489.874
AI	25	86.056.700	22	116.942.672	10.295.324
AJ	17	58.518.556	15	79.733.640	10.607.542
AK	19	104.275.724	16	140.139.392	11.954.556
AL	14	76.834.744	9	78.828.408	398.733
AM	10	54.881.960	7	61.310.984	2.143.008
AN	9	30.980.412	7	37.209.032	3.114.310
AO	10	34.422.680	8	42.524.608	4.050.964
AP	10	34.422.680	7	37.209.032	928.784
AQ	14	76.834.744	10	87.587.120	2.688.094
AR	5	27.440.980	4	35.034.848	7.593.868
AS	19	104.275.724	18	157.656.816	53.381.092
AT	20	17.373.280	18	30.496.464	6.561.592
AU	4	4.156.632	3	6.448.278	2.291.646
AV	20	20.783.160	14	30.091.964	1.551.467
AW	22	34.826.616	18	64.135.368	7.327.188
AX	22	22.861.476	19	37.002.994	4.713.839
AY	26	13.719.576	22	30.571.024	4.212.862
AZ	22	7.501.736	19	17.296.764	3.265.009
BA	22	7.501.736	17	15.476.052	1.594.863
BB	20	13.963.400	16	29.516.320	3.888.230
BC	18	9.498.168	12	16.675.104	1.196.156
BD	2	11.034.952	2	11.034.952	0
BE	21	72.287.628	18	99.314.568	9.008.980
BF	20	68.845.360	15	82.762.140	2.783.356
BG	15	51.634.020	11	60.692.236	2.264.554

ID	Normal		Crash		Cost Slope (Rp)
	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	Durasi (Hari)	Biaya (Rp)	
BH	1	3.442.268	1	3.442.268	0
BI	1	1.721.134	1	1.721.134	0
BJ	1	1.721.134	1	1.721.134	0
BK	1	0	1	0	0
BL	4	0	2	15.546.300	7.773.150
BM	3	0	2	15.546.300	15.546.300
BN	1	2.435.498	1	2.435.498	0
BO	1	3.474.656	1	3.474.656	0
BP	1	115.043.552	1	115.043.552	0

4.6 Mengurangi Durasi Proyek Pemeliharaan PLTU

Cost slope membantu menentukan durasi paling efisien yang dikaitkan dengan biaya proyek. Karena akan terdapat titik dalam durasi proyek yang mempunyai biaya minimum. Pengurangan durasi proyek dengan cara mengurangi durasi aktivitas kritis dimulai dari aktivitas dengan *cost slope* paling kecil. Dalam praktek di lapangan, pengurangan ini durasi dengan menambah jam kerja. Penambahan jam kerja dapat dilakukan berupa *overtime* atau pola kerja *shift*. Dengan penambahan jam kerja maka akan menambah biaya langsung pada proyek. Penambahan biaya langsung ini yang kemudian digunakan untuk menghitung *cost slope*.

Pertama kali dilakukan pengurangan durasi pada aktivitas C, AI, AW, M, dan AV masing-masing satu hari. Pengurangan ini menghasilkan durasi total proyek menjadi 29 hari. Ketika umur proyek menjadi 29 hari, maka akan menghasilkan lintasan kritis yang baru, lintasan tersebut antara lain:

1. A – B – C – F – K – BJ – BM – BN – BO – BP : 29 hari
2. A – X – AI – BO – BP : 29 hari
3. A – AE – AF – BO – BP : 29 hari

4. A – X – AL – AM – BO – BP : 29 hari
5. A – X – Y – Z – BL – BN – BO – BP : 29 hari
6. A – X – AQ – AR – BL – BN – BO – BP : 29 hari
7. A – X – AS – BL – BN – BO – BP : 29 hari
8. A – AW – BK – BL – BN – BO – BP : 29 hari
9. A – B – M – BK – BL – BN – BO – BP : 29 hari
10. A – B – AU – AV – BN – BO – BP : 29 hari
11. A – E – D – J – BJ – BM – BN – BO – BP : 29 hari

Pada umur proyek 29 hari, masih dapat dilakukan pengurangan durasi lagi dengan cara mempercepat masing-masing satu hari pada pekerjaan atau aktivitas BM, AI, AF, AL, Z, AQ, BL, dan AV. Dengan mempercepat pekerjaan satu hari pada aktivitas-aktivitas tersebut, umur proyek menjadi 28 hari dengan lintasan kritis baru:

1. A – B – C – F – K – BJ – BM – BN – BO – BP : 28 hari
2. A – X – AI – BO – BP : 28 hari
3. A – AE – AF – BO – BP : 28 hari
4. A – X – AL – AM – BO – BP : 28 hari
5. A – AY – BO – BP : 28 hari
6. A – X – AS – BL – BN – BO – BP : 28 hari
7. A – AW – BK – BL – BN – BO – BP : 28 hari
8. A – B – M – BK – BL – BN – BO – BP : 28 hari

9. A – E – D – J – BJ – BM – BN – BO – BP : 28 hari
10. A – B – C – AZ – BO – BP : 28 hari

Umur proyek 28 hari masih memungkinkan untuk dilakukan pengurangan durasi dengan cara mempercepat satu hari penyelesaian pekerjaan pada beberapa aktivitas. Aktivitas tersebut tentunya terdapat pada lintasan kritis di atas, antara lain: B, AI, AF, AL, AY, BL, dan J. Mempercepat penyelesaian satu hari pada aktivitas-aktivitas tersebut menghasilkan umur proyek 27 hari dengan lintasan kritis sebagai berikut:

1. A – B – C – F – K – BJ – BM – BN – BO – BP : 27 hari
2. A – X – AI – BO – BP : 27 hari
3. A – X – AL – AM – BO – BP : 27 hari
4. A – AE – AF – BO – BP : 27 hari
5. A – AH – BO – BP : 27 hari
6. A – AY – BO – BP : 27 hari
7. A – X – AS – BL – BN – BO – BP : 27 hari
8. A – AW – BK – BL – BN – BO – BP : 27 hari
9. A – B – AU – AV – BN – BO – BP : 27 hari
10. A – E – D – F – K – BJ – BM – BN – BO – BP : 27 hari
11. A – E – D – J – BJ – BM – BN – BO – BP : 27 hari
12. A – B – C – AZ – BO – BP : 27 hari

Pengurangan umur proyek 27 hari menjadi 26 hari masih memungkinkan untuk dilakukan, dengan mempercepat satu hari penyelesaian pekerjaan pada

aktivitas-aktivitas kritis di atas. Aktivitas-aktivitas tersebut antara lain: K, X, AL, AE, AH, AY, AS, AW, AV, J, dan AZ. Pada umur proyek 26 yang dihasilkan, lintasan kritis baru menjadi:

1. A – B – C – H – BN – BO – BP : 26 hari
2. A – X – AI – BO – BP : 26 hari
3. A – AE – AF – BO – BP : 26 hari
4. A – AH – BO – BP : 26 hari
5. A – AY – BO – BP : 26 hari
6. A – AW – BK – BL – BN – BO – BP : 26 hari
7. A – B – M – BK – BL – BN – BO – BP : 26 hari
8. A – B – AU – AV – BN – BO – BP : 26 hari
9. A – B – C – BB – BN – BO – BP : 26 hari
10. A – E – D – J – BJ – BM – BN – BO – BP : 26 hari
11. A – E – D – F – K – BJ – BM – BN – BO – BP : 26 hari
12. A – B – C – BC – BM – BN – BO – BP : 26 hari
13. A – B – C – AZ – BO – BP : 26 hari
14. A – B – AX – BO – BP : 26 hari
15. A – B – BA – BO – BP : 26 hari

Pada umur proyek 26 hari tersebut, pengurangan durasi total sudah tidak memungkinkan dilakukan karena aktivitas pada beberapa lintasan kritis sudah dalam kondisi *crash*. Dimana kondisi tersebut tidak memungkinkan aktivitas

tersebut selesai lebih cepat lagi. Sedangkan untuk mengurangi umur proyek diperlukan pengurangan masing-masing durasi dari seluruh lintasan kritis proyek.

Tabel 4.8 memberikan rangkuman pengurangan umur proyek di atas. Dalam tabel tersebut juga memberikan informasi mengenai biaya langsung yang berkaitan dengan proses pengurangan umur proyek.

Tabel 4.8 Rangkuman pengurangan umur proyek yang dilengkapi dengan informasi biaya langsung yang terkait dengan proses tersebut

Umur Proyek (Hari)	Biaya Normal (Rp)	Aktivitas Yang Dipercepat	Durasi (Hari)	Biaya Tambahan (Rp)	Biaya Normal + Biaya Tambahan (Rp)
30	1.930.830.964	-	-	0	1.930.830.964
29		C	1	4.400.270	1.957.332.219
		AI	1	10.295.324	
		AW	1	7.327.188	
		M	1	2.927.006	
		AV	1	1.551.467	
28		BM	1	15.546.300	2.007.615.611
		AI	1	10.295.324	
		AF	1	762.800	
		AL	1	398.733	
		Z	1	19.040.674	
		AQ	1	2.688.094	
		BL	1	7.773.150	
		AV	1	1.551.467	
27		B	1	18.883.600	2.101.808.117
		AI	1	10.295.324	
		AF	1	762.800	
		AL	1	398.733	
		AY	1	4.212.862	
		BL	1	7.773.150	
		J	1	64.250.782	
26		K	1	26.069.227	2.204.271.790

Umur Proyek (Hari)	Biaya Normal (Rp)	Aktivitas Yang Dipercepat	Durasi (Hari)	Biaya Tambahan (Rp)	Biaya Normal + Biaya Tambahan (Rp)
		X	1	20.248.421	
		AL	1	398.733	
		AE	1	2.150.864	
		AH	1	2.489.874	
		AY	1	4.212.862	
		AS	1	53.381.092	
		AW	1	7.327.188	
		AV	1	1.551.467	
		J	1	64.250.782	
		AZ	1	3.265.009	

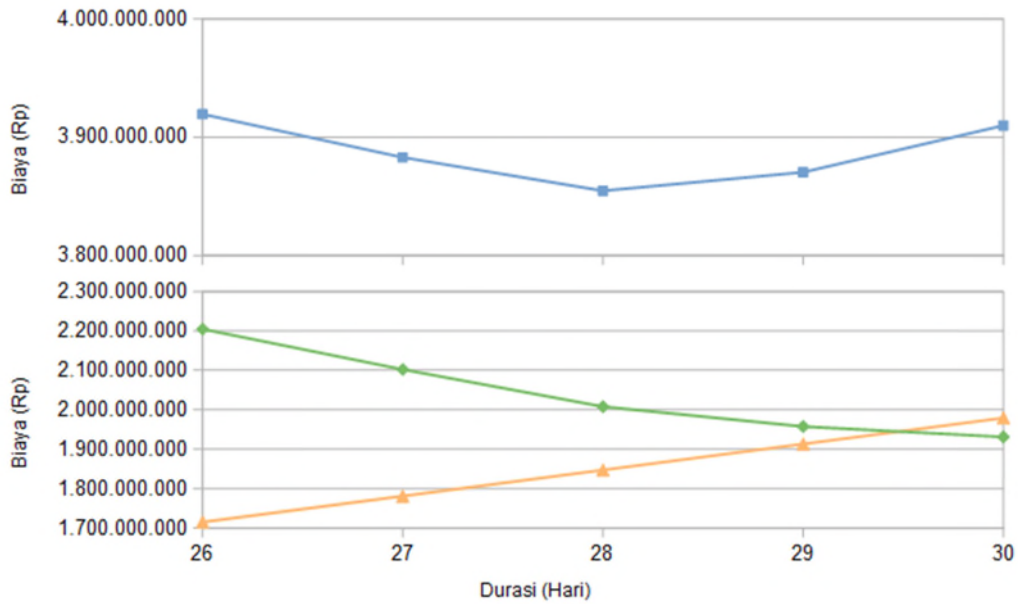
Tampak pada Tabel 4.8 di atas bahwa pengurangan (pemendekan) durasi proyek pemeliharaan akan menambah biaya langsung pada proyek tersebut. Berikutnya menghitung biaya tidak langsung sekaligus menjumlahkannya dengan biaya langsung untuk mendapatkan nilai total dari biaya proyek. Tabel 4.9 akan menyajikan perhitungan total biaya proyek.

Tabel 4.9 Perhitungan total biaya proyek, dari biaya langsung dan biaya tidak langsung yang terkait dalam proyek pemeliharaan PLTU.

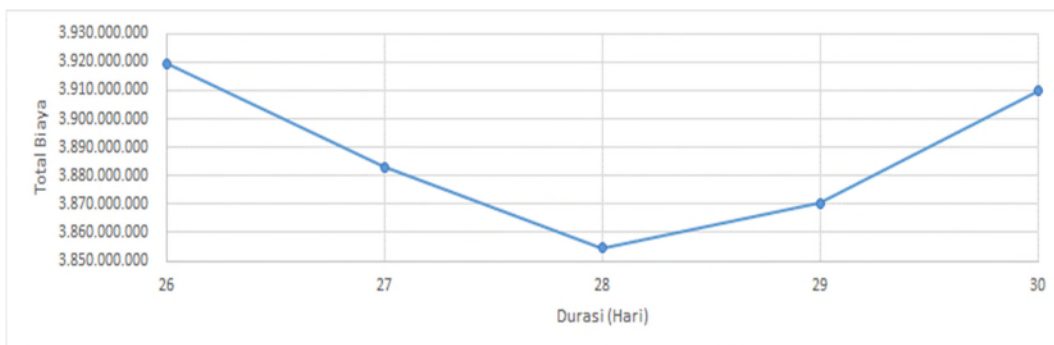
Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung Total	Biaya Total
30	1.930.830.964	1.978.987.500	3.909.818.464
29	1.957.332.219	1.913.021.250	3.870.353.469
28	2.007.615.611	1.847.055.000	3.854.670.611
27	2.101.808.117	1.781.088.750	3.882.896.867
26	2.204.271.790	1.715.122.500	3.919.394.290

Dari Tabel 4.9 di atas bahwa kondisi biaya tidak langsung justru turun ketika durasi proyek diperpendek, hal ini bekebalikan dengan biaya langsung. Gambar 4.1 berikut merupakan grafik dari Tabel 4.9.

Gambar 4.1 Grafik Biaya-biaya (Langsung, Tidak Langsung, dan Total) Proyek Pemeliharaan PLTU berdasarkan Tabel 4.9



Pada Gambar 4.1 tersebut tampak pada durasi 28 hari total biaya proyek paling rendah. Gambar 4.2 berikut akan memperjelas total biaya proyek pemeliharaan PLTU.



Gambar 4.2 Grafik Total Biaya Proyek Pemeliharaan PLTU dengan lingkup *mean inspection* (ME)

Gambar 4.2 di atas menjadi sangat jelas bahwa durasi 28 merupakan titik minimum dalam hal biaya. Sehingga dapat diartikan bahwa durasi 28 hari merupakan durasi terpendek yang terbaik.

4.7 Pendapatan Pihak *Owner*

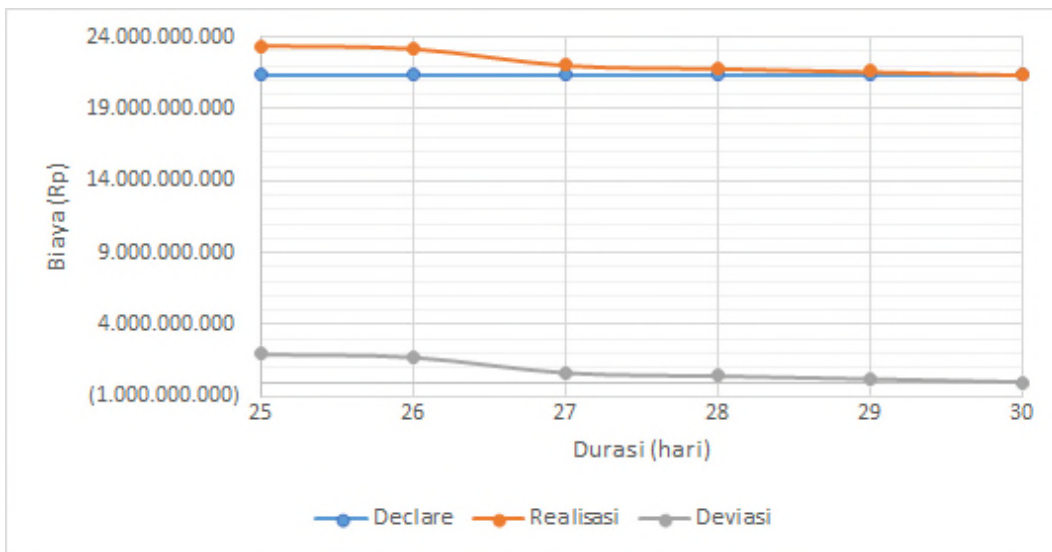
Pada awal tahun, *owner* telah melakukan *declare* jadwal pemeliharaan periodik unit pembangkit yang dimiliki berikut durasinya. Dengan melakukan *declare* tersebut telah dapat dihitung pendapatan dari jumlah jam operasi dalam setahun.

Kondisi dimana pendapatan realisasi lebih besar daripada *declare* maka *owner* akan mendapatkan tambahan keuntungan. Pendapatan realisasi lebih besar salah satunya terjadi ketika durasi realisasi pemeliharaan lebih pendek dari durasi yang direncanakan. Tabel 4.9 berikut menunjukkan hasil simulasi pendapatan berdasarkan *declare* dan realisasi durasi pemeliharaan periodik menggunakan laman resmi milik *owner*.

Tabel 4.9 Simulasi pendapatan *owner* dengan menggunakan laman resmi milik *owner*

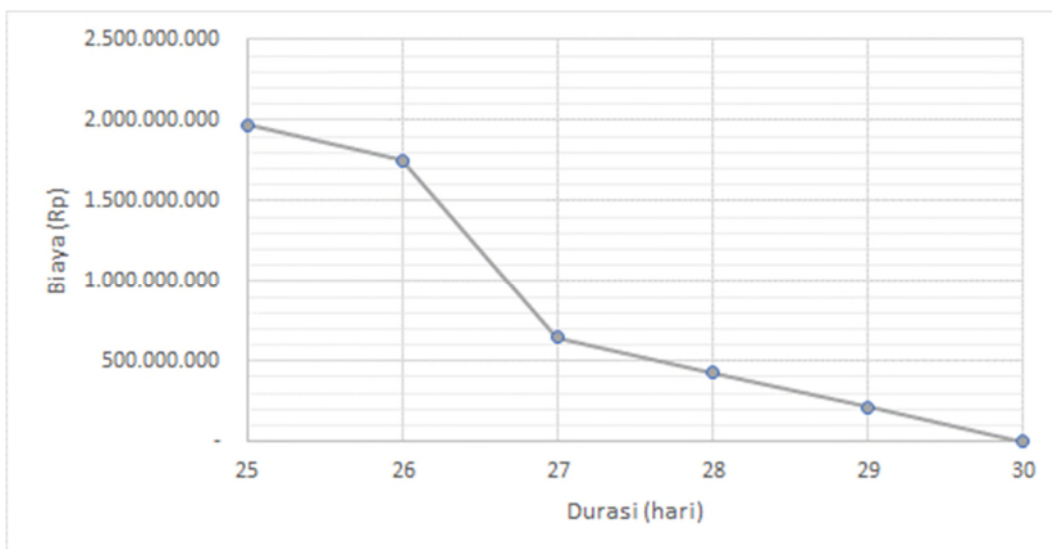
Durasi (Hari)	<i>Declare</i> (Rp)	Realisasi (Rp)	Keuntungan (Rp)
25	21.404.712.886	23.373.911.684	1.969.198.799
26	21.404.712.886	23.159.090.000	1.754.377.115
27	21.404.712.886	22.049.177.938	644.465.053
28	21.404.712.886	21.834.356.254	429.643.368
29	21.404.712.886	21.619.534.570	214.821.684
30	21.404.712.886	21.404.712.886	-

Gambar 4.3 di bawah berikut merupakan grafik dari Tabel 4.9 di atas yang membandingkan pendapatan *declare* dan realisasi hingga keuntungannya.

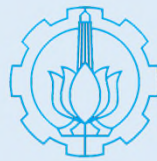


Gambar 4.3 Grafik pendapatan pihak *owner* dari simulasi menggunakan laman resmi milik *owner*

Gambar 4.4 berikutnya akan memperlihatkan kenaikan pendapatan yang drastis, yaitu pada durasi 26 hari. Dimana kenaikan pendapatannya jauh lebih besar dibandingkan kenaikan pendapatan pada durasi yang lain. Hal ini bisa menjadi koreksi atau pertimbangan dalam penentuan durasi proyek pemeliharaan oleh penyedia jasa pemeliharaan dengan *owner*.



Gambar 4.4 Grafik keuntungan pihak *owner* dengan beberapa durasi pemeliharaan



BAB V
KESIMPULAN &
SARAN

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari tahapan-tahapan penelitian ini terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan. antara lain:

1. Berdasarkan dari perhitungan menggunakan *cost slope* didapatkan bahwa pemeliharaan periodik PLTU, lingkup *mean inspection*, dengan durasi 28 hari merupakan titik terkecil dalam hal biaya sebesar Rp. 3.854.670.611,-.
2. Dengan durasi pemeliharaan 28 hari, pihak *owner* mendapatkan tambahan pendapatan sebesar Rp. 429.643.368,- dari pendapatan rencana sebesar Rp.21.404.712.886,- apabila pemeliharaan sesuai standar 30 hari.

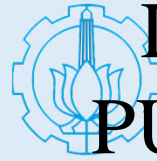
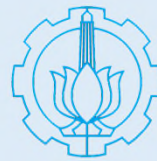
5.2 Saran

Terdapat beberapa hal yang dapat disarankan dari selama penelitian ini dilakukan. antara lain

1. Pembuatan *network diagram* dari WBS yang telah disusun harus benar-benar memperhatikan kesiapan tool dan juga tersedianya personel sesuai dengan bidang kerja masing-masing sehingga akan dapat menghasilkan perhitungan durasi terbaik sehingga akan meningkatkan kepercayaan pihak *owner* selaku *client* terhadap komitmen pelaksana pekerjaan.
2. Aktivitas yang berada pada lintasan kritis sebaiknya diberikan perhatian khusus dengan mengoptimalkan fungsi *quality control* dengan memperhatikan kualitas hasil pekerjaan dan juga kedisiplinan terhadap penjadwalan yang telah dibuat bidang perencanaan.
3. Masih terdapat peluang perbaikan dalam penjadwalan proyek terutama untuk Bidang Kontrol Instrumen. yaitu penyusunan struktur tim proyek dengan mempertimbangkan kebutuhan peralatan pada saat pelaksanaan

pekerjaan sehingga akan mempermudah dalam melakukan paralel pekerjaan tanpa harus menambah tenaga kerja maupun jam kerja.

4. Perencanaan dengan menggunakan metode yang benar pada penelitian ini. apabila dapat dilakukan pada tahun sebelum tahun pelaksanaan proyek pemeliharaan akan dapat menghemat nilai kontrak dengan pihak penyedia tenaga kerja.
5. Diperlukan strategi yang lebih khusus lagi agar pekerjaan pemeliharaan dapat diselesaikan lebih cepat (26 hari) mengingat hasil simulasi pada laman resmi owner maksimal kenaikannya pada titik durasi 26 hari.



DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

- Arianie, G. P. and Puspitasari, N. B. (2017) 'Meningkatkan Efisiensi dan Efektifitas Sumber Daya Perusahaan (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd)', *Jurnal Teknik Industri*, 12(3), pp. 189–196.
- Bustamin, M. O. (2015) *Kajian Percepatan Penjadwalan Pembangunan Landing Craft Utility (LCU) Dengan Metode Simulasi Monte Carlo*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. and Aquilano, N. J. (2006) *Operations Management for Competitive Advantage*. Eleventh. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Fattah, A. Al (2018) *Analisa Perubahan Pola Beban Kerja Berdasarkan Value Added, Non-Value Added, Necessary Added Aktivitas Overhaul dan Dampaknya Terhadap Aspek Kualitas, Biaya, dan Waktu*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Frederika, A. (2010) 'Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung)', *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2), pp. 113–126. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.07.004.
- Gupta, S. and Starr, M. (2014) *Production and Operations Management Systems*. Boca Raton: CRC Press.
- Hedemen, B. and Seegers, R. (2009) *PRINCE2(TM) 2009 Edition - A Pocket Guide*. 2009th edn. Edited by S. Newton. Zaltbommel: Van Haren Publishing.
- Heizer, J. and Render, B. (2011) *Operations Management*. Tenth. New Jersey: Prentice Hall.
- Hendrickson, C. and Au, T. (2000) *Project Management for Construction - Fundamental Concept for Owner, Engineers, Architects and Builders*. Second.
- Heryanto, I. and Triwibowo, T. (2013) *Manajemen Proyek Berbasis Teknologi Informasi*. Revisi. Bandung: Informatika.
- Kerzner, H. (2009) *Project Management: A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. Tenth. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Klein, R. (2000) *Scheduling of Resource-Constrained Projects*. 1st Editio. Edited by R. Sharda and S. VoB. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Larson, E. W. and Gray, C. F. (2011) *Project Management: The Managerial Process*.
- Lester, A. (2007) *Project Management, Planning and Control*. Fifth Edit. Great

Britain: Elsevier Ltd.

Meredith, J. R. and Mantel, S. J. (2009) *Project Management A Managerial Approach*. Seventh Ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Na, W., Wuliang, P. and Hua, G. (2014) 'A Robustness Simulation Method of Project Schedule based on the Monte Carlo Method', *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 8, pp. 254–258.

Priyo, M. and Aulia, M. R. (2015) 'Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia', *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 18(1), pp. 30–43.

Project Management Institute (2001) *A Guide to the Project Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 2000th edn. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Rusdiana, H. A. (2014) *Manajemen Operasi*. I. Edited by B. A. Saebeni. Bandung: CV Pustaka Setia.

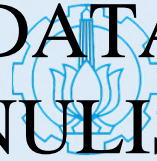
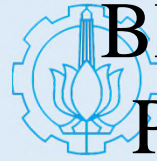
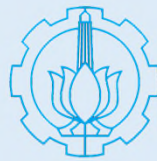
Santosa, B. (2009) *Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi*. Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Saputra, A., Munawir, A. and Wijatmiko, I. (2017) 'Analisis Percepatan Aktifitas pada Proyek Jalan dengan Menggunakan Metode Fast Track, Crash Program, dan What-If', *Rekayasa Sipil*, 11(1), pp. 1–8.

Stefanus, Y., Wijatmiko, I. and Suryo, E. A. (2017) 'Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode Fast-Track dan Crash Program', *Media Teknik Sipil*, 15(1), pp. 74–81.

Wahyudi, M. S. and Santosa, B. (2009) 'Perkiraan Durasi Proyek dengan Menggunakan Metoda Berbasis Earned Value Management', *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi X*, pp. 1–9.

Winanto, E., Kustamar and Iskandar, T. (2013) 'Penerapan Metode Fast Track Untuk Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung ICU, ICCU, dan NICU RSUD Saiful Anwar Malang', *Jurnal Info Manajemen Proyek*, pp. 1–10.



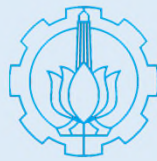
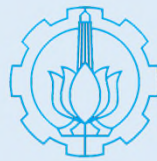
**BIODATA
PENULIS**



BIODATA PENULIS



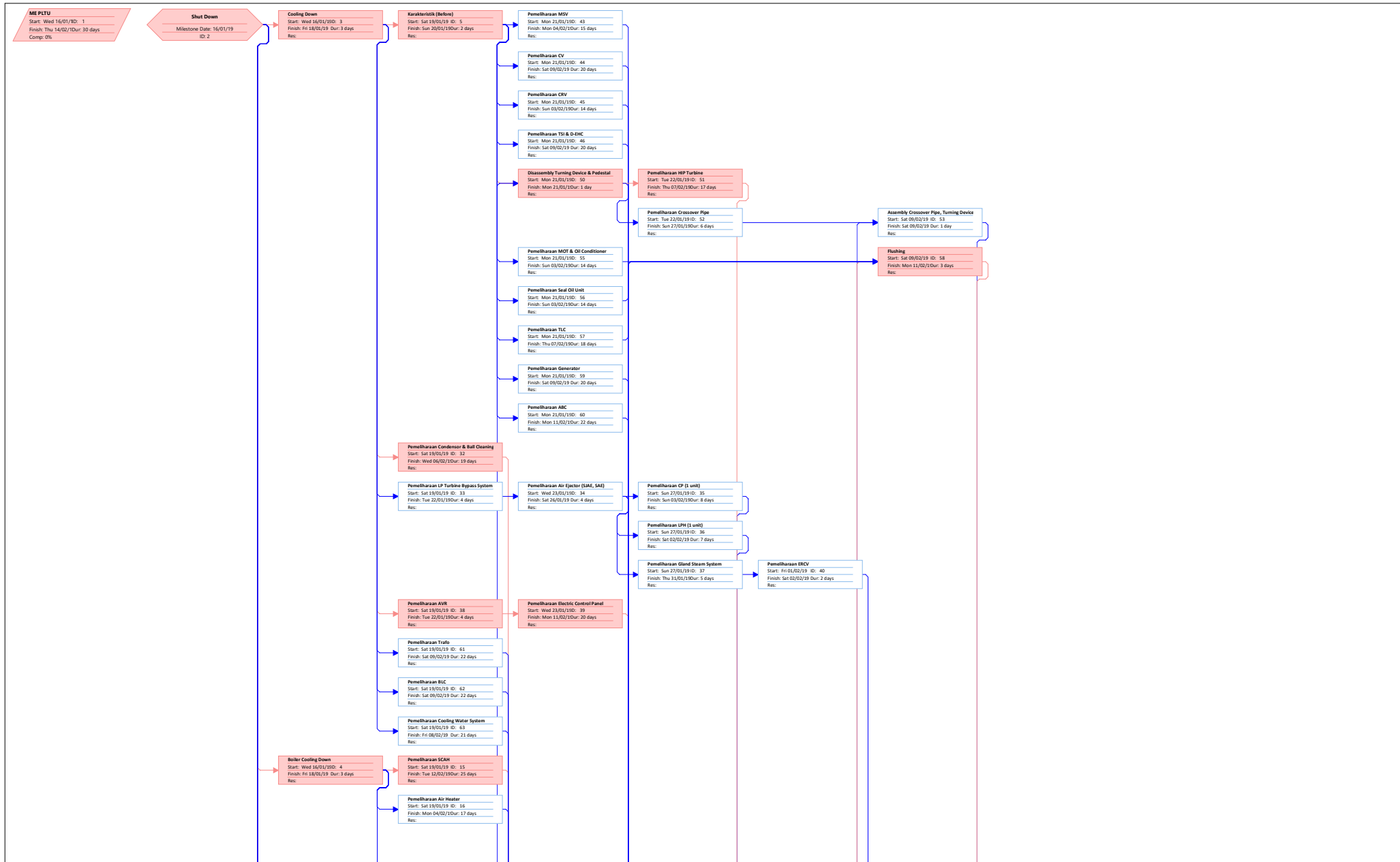
Dody Awin Purjanto merupakan anak ke-dua dari dua bersaudara. Dilahirkan di Kediri pada tanggal 21 Juni 1982. Mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.) dari Universitas Gadjah Mada pada tahun 2007. Melanjutkan pasca sarjana pada program studi Manajemen Industri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kebutuhan dalam bidang kerja yang ditekuni, penulis berinisiatif mengambil tema tesis dalam hal manajemen proyek. Tesis yang telah diselesaikan penulis masih memerlukan penyempurnaan. Saran maupun pertanyaan mengenai tesis dapat dilayangkan melalui e-mail dodyawinpurjanto@yahoo.com.

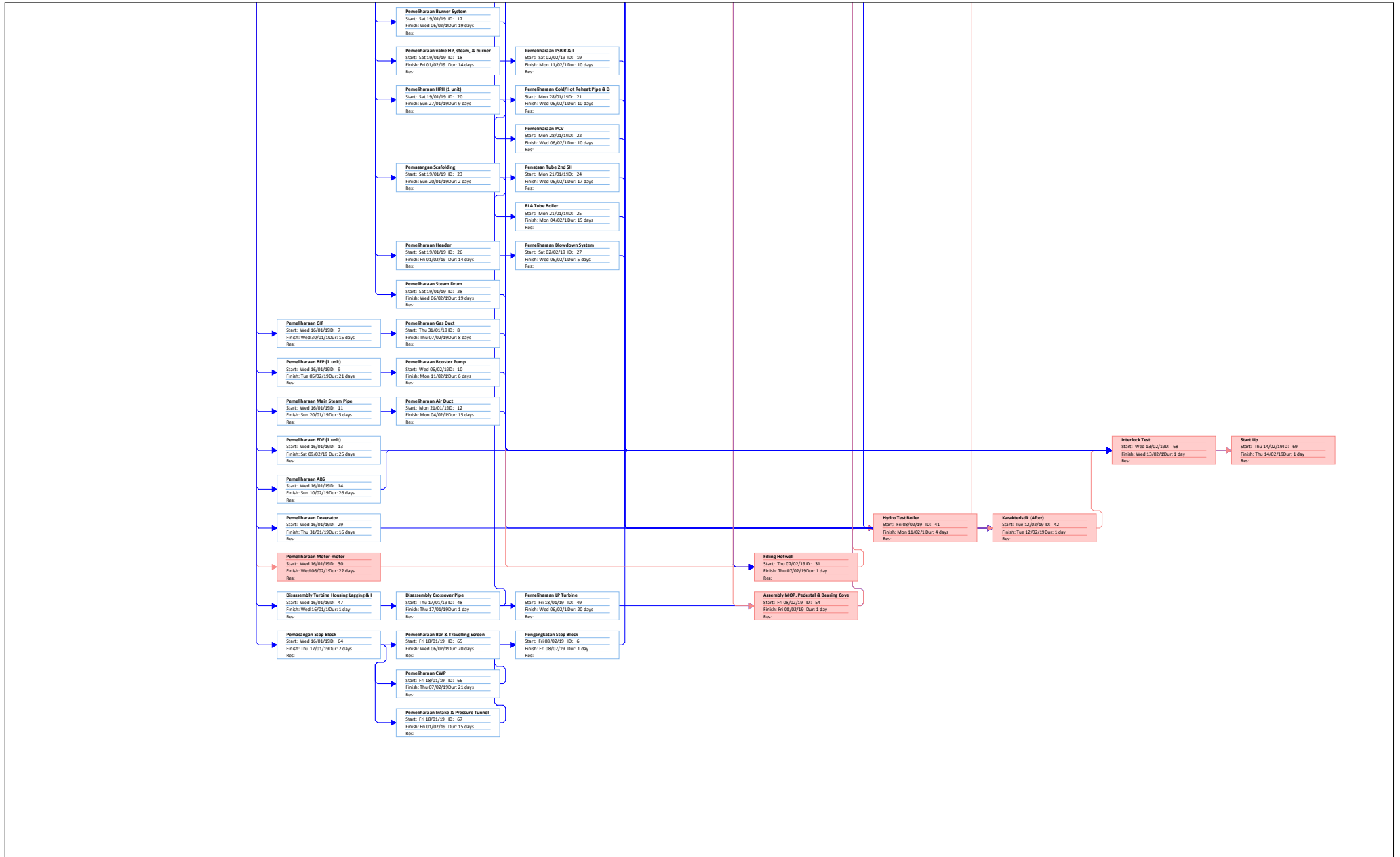


LAMPIRAN

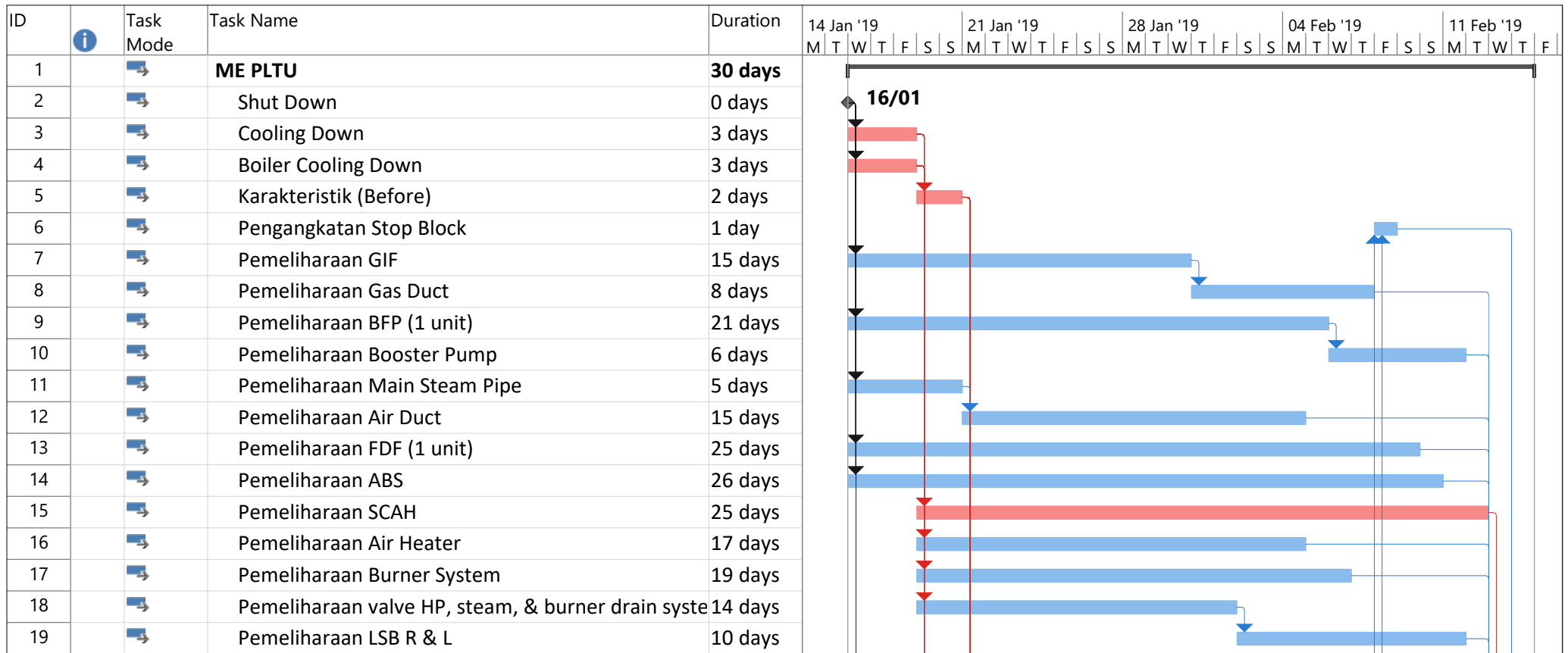






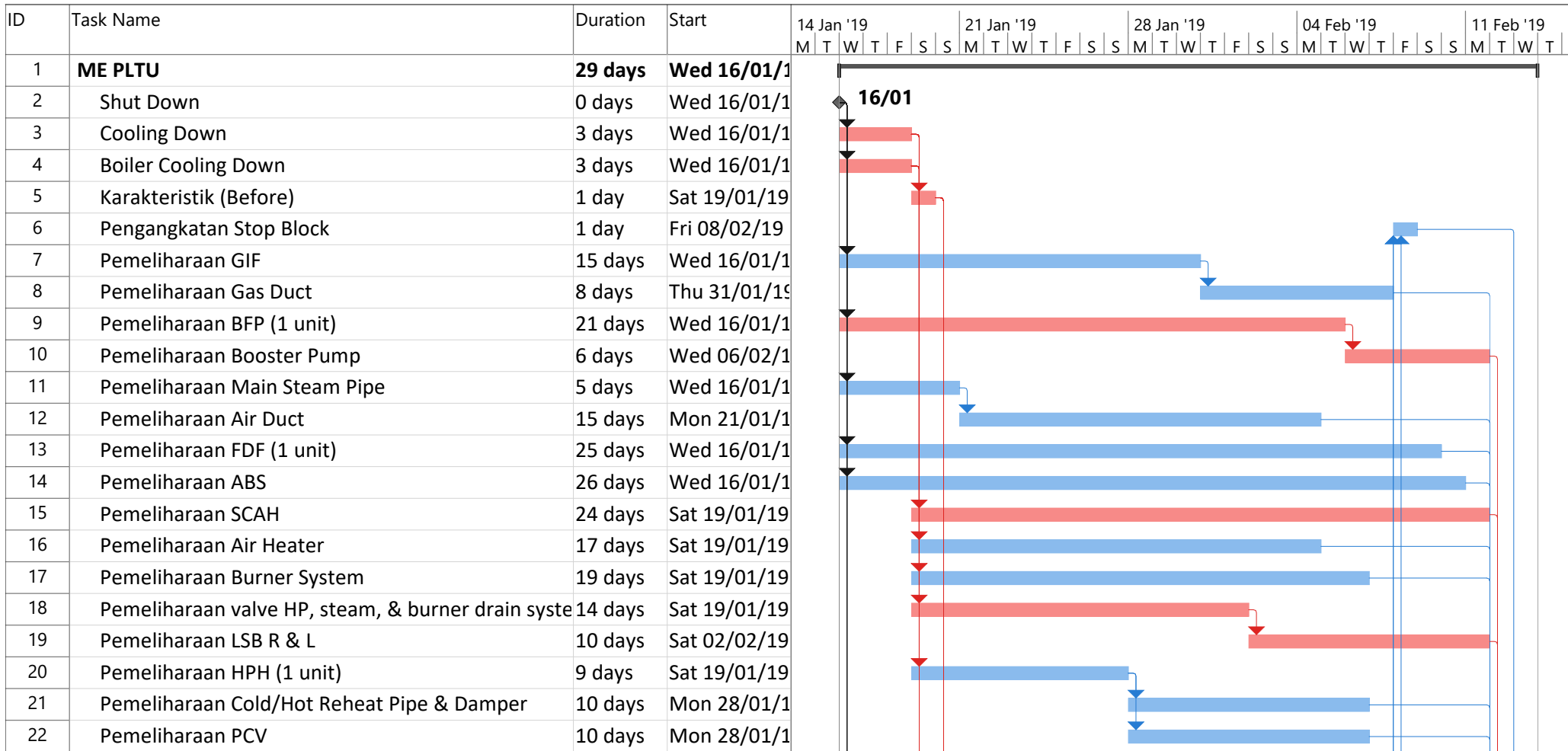




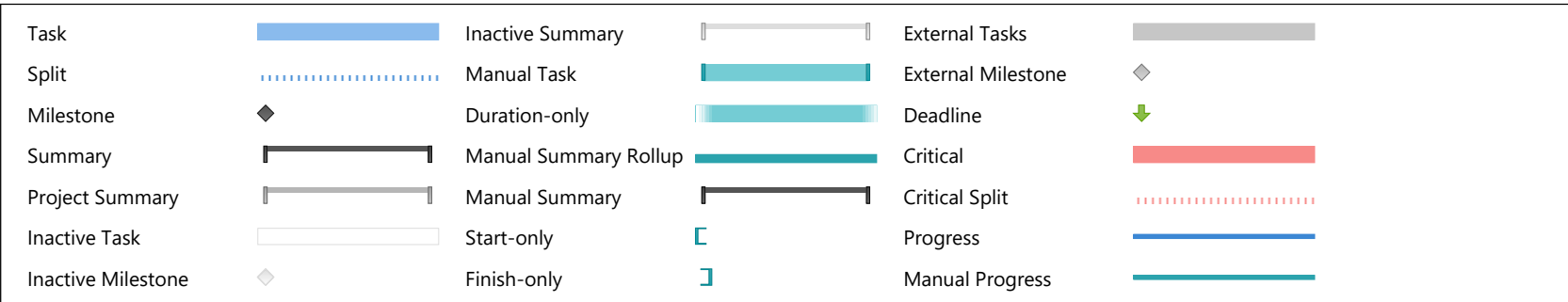


LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200 MW
29 Hari

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Critical	
Project Summary		Manual Summary		Critical Split	
Inactive Task		Start-only		Progress	
Inactive Milestone		Finish-only		Manual Progress	



LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200MW
29 Hari

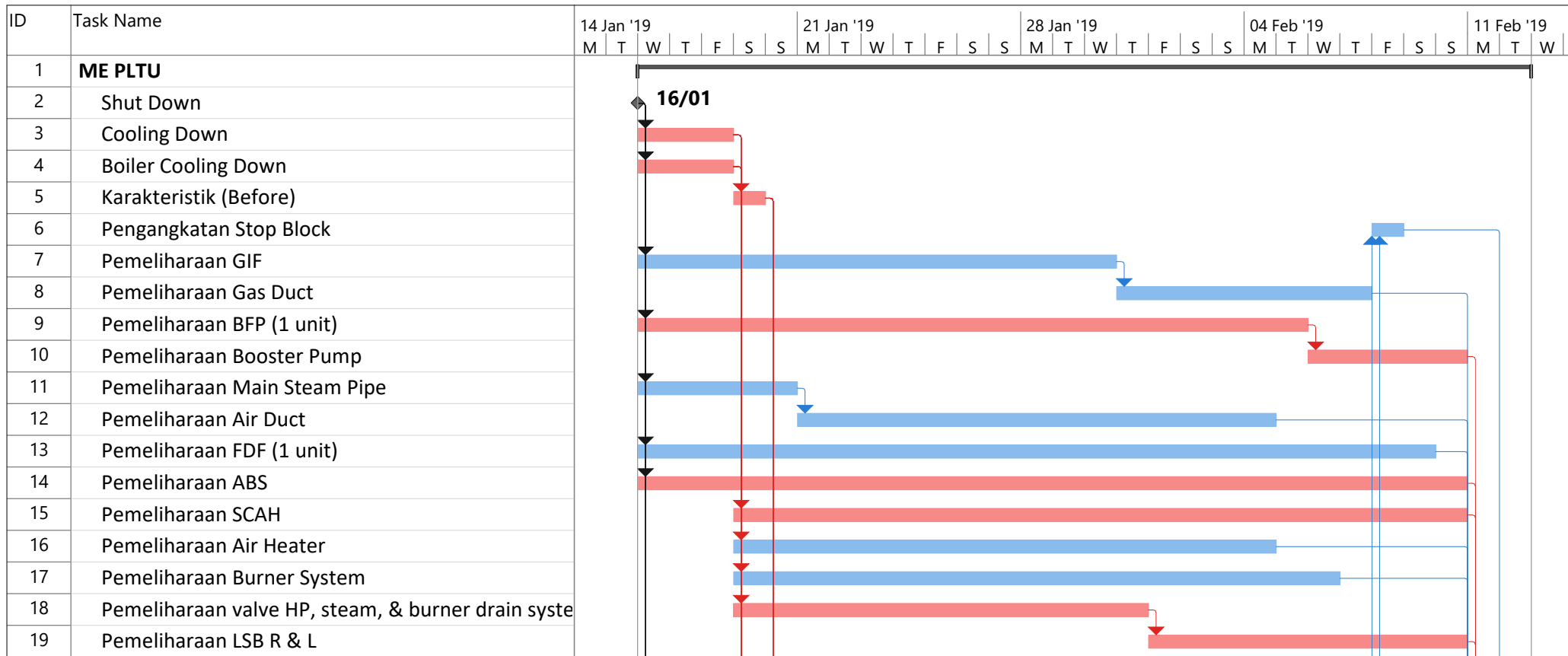


ID	Task Name	Duration	Start	14 Jan '19				21 Jan '19				28 Jan '19				04 Feb '19				11 Feb '19											
				M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T			
67	Pemeliharaan Intake & Pressure Tunnel	15 days	Fri 18/01/19																												
68	Interlock Test	1 day	Tue 12/02/19																												
69	Start Up	1 day	Wed 13/02/19																												



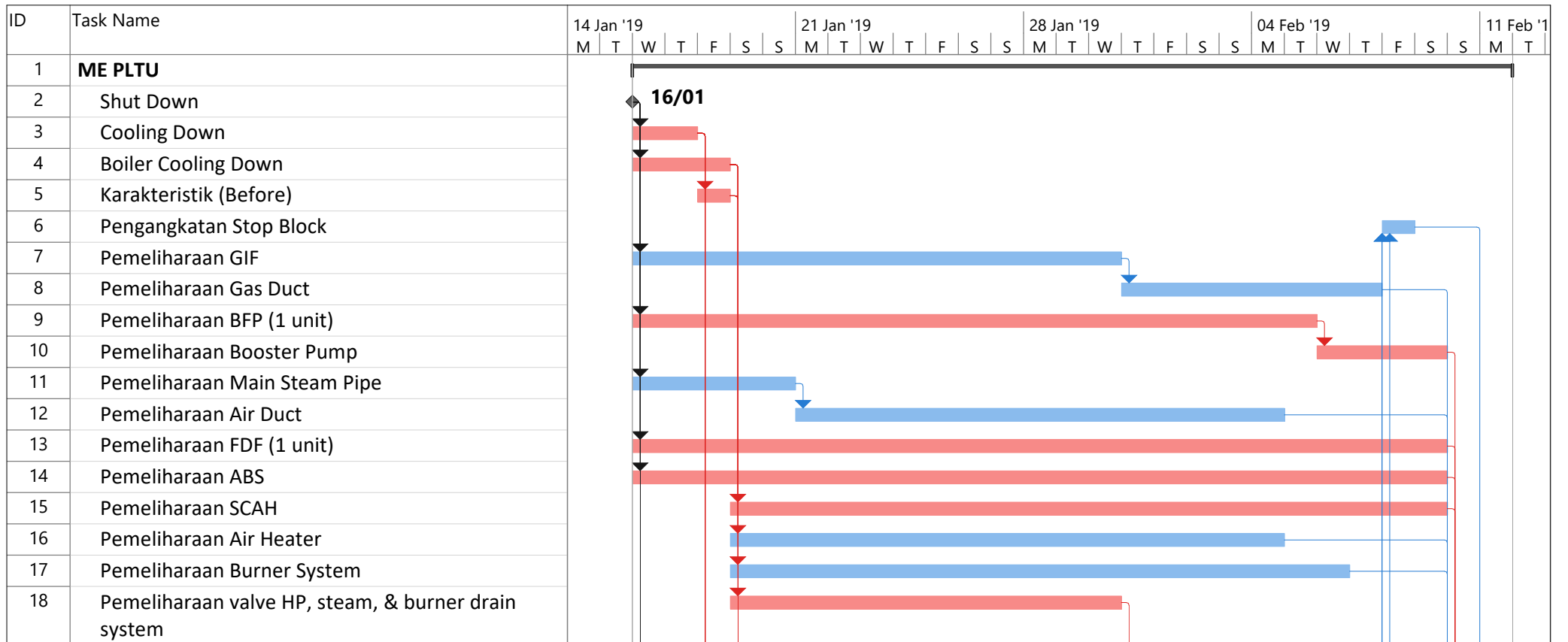
LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200MW
29 Hari

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Critical	
Project Summary		Manual Summary		Critical Split	
Inactive Task		Start-only		Progress	
Inactive Milestone		Finish-only		Manual Progress	



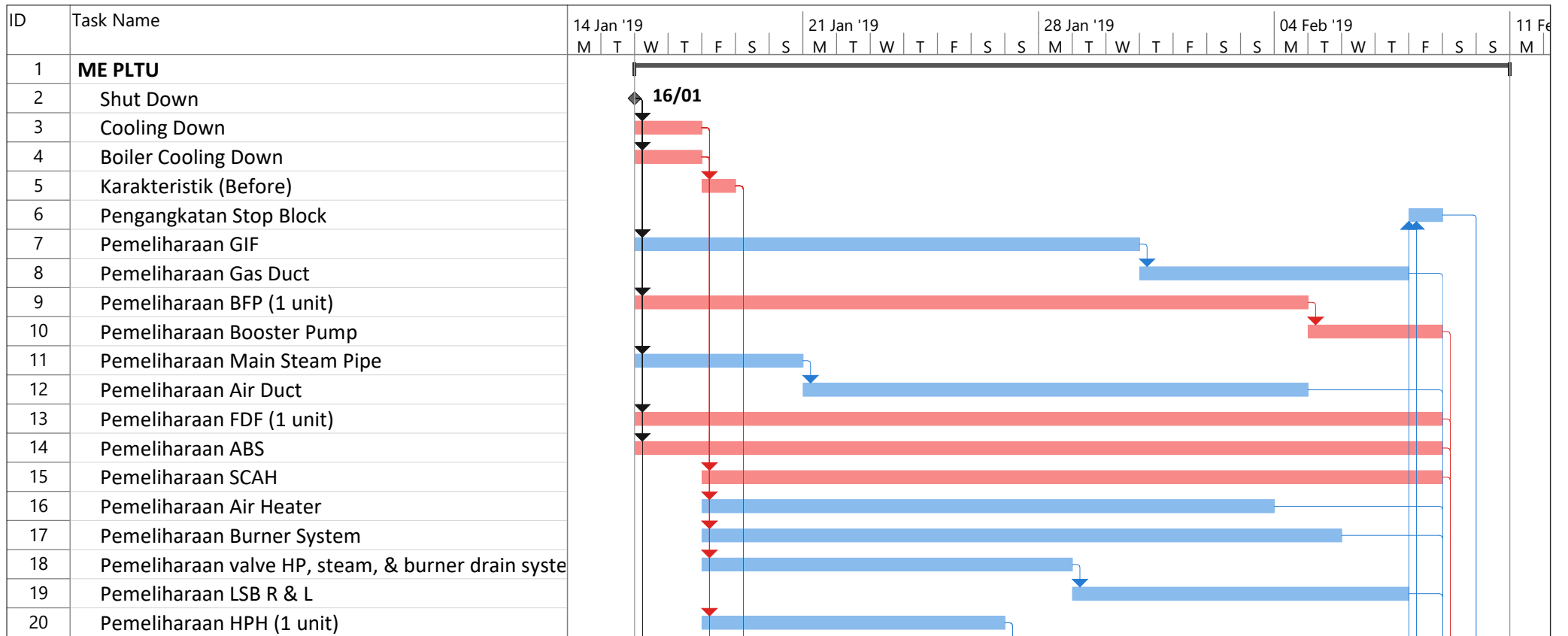
LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200MW
28 Hari

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Critical	
Project Summary		Manual Summary		Critical Split	
Inactive Task		Start-only		Progress	
Inactive Milestone		Finish-only		Manual Progress	



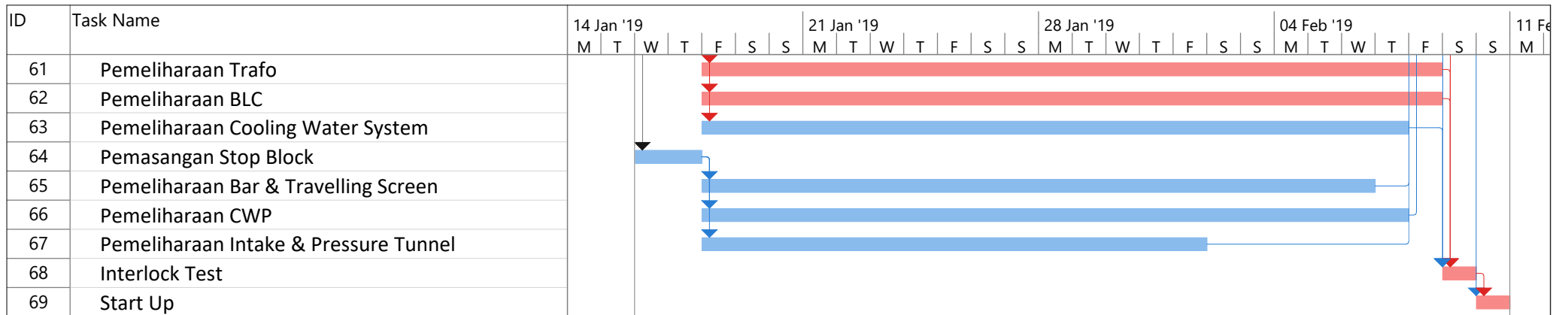
LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200 MW
27 Hari

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Critical	
Project Summary		Manual Summary		Critical Split	
Inactive Task		Start-only		Progress	
Inactive Milestone		Finish-only		Manual Progress	



LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200 MW
26 Hari

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Critical	
Project Summary		Manual Summary		Critical Split	
Inactive Task		Start-only		Progress	
Inactive Milestone		Finish-only		Manual Progress	



LAMPIRAN
Gantt Chart ME PLTU 200 MW
26 Hari

Task		Inactive Summary		External Tasks	
Split		Manual Task		External Milestone	
Milestone		Duration-only		Deadline	
Summary		Manual Summary Rollup		Critical	
Project Summary		Manual Summary		Critical Split	
Inactive Task		Start-only		Progress	
Inactive Milestone		Finish-only		Manual Progress	