



UNIVERSITAS INDONESIA

**ALGORITMA PENGENDALIAN PROYEK *AUTOMATION SYSTEM*
MENGUNAKAN TEKNIK PERT/CPM DAN *EARNED VALUE*
DI INDUSTRI MINYAK DAN GAS BUMI**

TESIS

**RINA MAZIDA SIREGAR
0906578711**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JAKARTA
DESEMB**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ALGORITMA PENGENDALIAN PROYEK *AUTOMATION SYSTEM*
MENGUNAKAN TEKNIK PERT/CPM DAN *EARNED VALUE*
DI INDUSTRI MINYAK DAN GAS BUMI**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

**RINA MAZIDA SIREGAR
0906578711**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JAKARTA
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Rina Mazida Siregar

NPM : 0906578711

Tanda Tangan :



Tanggal : 30 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Rina Mazida Siregar
NPM : 0906578711
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tesis : Algoritma Pengendalian Proyek *Automation System*
Menggunakan Teknik PERT/CPM dan *Earned Value* di Industri Minyak dan Gas Bumi.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE, Ph.D

Pembimbing 2 : Ir. M. Dachyar M.Sc

Penguji 1 : Ir. Amar Rachman, MEIM

Penguji 2 : Ir. Erlinda Muslim, MEE

Penguji 3 : Ir. Dendi Prajadhiana MSIE

Penguji 4 : Arian Dhini, ST, MT

Ditetapkan di : Salemba

Tanggal : 30 Desember 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Pasca Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk dapat menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE, Ph.D dan Bapak Ir.M. Dachyar, MSc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
2. *Soulmate*, Ima, Niken, *Sweet 7 Team*, teman-teman seperjuangan Magister Teknik Industri 2009 Salemba yang telah banyak membantu saya dalam segi teknis maupun moral dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Riri, *my two princess* Ully dan Sasya serta keluarga yang menopang saya berdiri di saat sulit.

Akhir kata, saya berharap Allah yang Maha Kuasa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Dengan kesadaran akan banyaknya kekurangan dalam penulisan tesis ini, saya akan menerima setiap kritik dan saran yang membangun.

Depok, 30 Desember 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rina Mazida Siregar
NPM : 0906578711
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

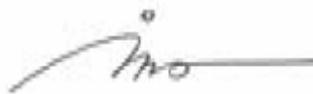
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ALGORITMA PENGENDALIAN PROYEK *AUTOMATION SYSTEM*
MENGUNAKAN TEKNIK PERT/CPM DAN *EARNED VALUE* DI
INDUSTRI MINYAK DAN GAS BUMI**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 30 Desember 2010
Yang menyatakan



(Rina Mazida Siregar)



ABSTRAK

Name : Rina Mazida Siregar
Study Program : Teknik Industri
Title : Algoritma Pengendalian Proyek Automation System menggunakan Teknik PERT/CPM dan Earned Value di Industri Minyak dan Gas Bumi

Industri Minyak dan Gas Bumi menjadi fokus bisnis dari suatu perusahaan Kontraktor *Automation System* yang berbasis pengadaan proyek, tempat penelitian ini berlangsung. Meminimalkan kerugian proyek (yang kelak dapat meningkatkan keuntungan perusahaan) dan memenuhi keinginan pemilik modal adalah tujuan yang harus dicapai, oleh karena itu Kontraktor harus memiliki sistem pengendalian dan pemantauan proyek yang baik dengan cara menyediakan laporan perkembangan proyek. PERT/CPM digunakan untuk perencanaan dan evaluasi pekerjaan dan jadwal. Sedangkan metode Earned Value dipakai untuk mengintegrasikan jadwal dan pengaturan personal dengan analisa biaya.

Teknik-teknik tersebut di atas digabungkan dengan Algoritma Heuristic untuk penghitungan mundur jadwal. Cara ini digunakan untuk mengantisipasi kebutuhan proyek di industri Minyak dan Gas Bumi yang mengharuskan ketepatan waktu penyelesaian proyek karena akan mengakibatkan biaya tambahan berupa penalti untuk setiap keterlambatan yang terjadi. Algoritma dibuat menggunakan VBA yang berbasis Microsoft Excel.

Sebagai Model digunakan data dari 3 proyek. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan CPM dan Earned Value. Hasilnya dapat dilihat dalam bentuk Kurva-S yang menyajikan BCWS (Budgeted Cost Work Scheduled), BCWP (Budgeted Cost Work Performed/Earned Value) dan ACWP (Actual Cost Work Performed).

Kata kunci: Project Management, PERT/CPM, Earned Value Analysis, Heuristic Algorithm

ABSTRACT

Name : Rina Mazida Siregar
Study Program : Industrial Engineering
Title : Algorithm for Automation System Project Control using
PERT/CPM and Earned Value Technique for Oil & Gas
Company

Oil and Gas industry is as business targeted by specific Automation System Contractor to run their projects. Minimizing the project lost (then increase company profit) and satisfying project stakeholder is goal to achieve, therefore Contractor has to have a better project control and monitoring system by having a project progress reporting document. PERT/CPM is using to have a planning and evaluating the appropriate task and schedule. Earned Value method is one of the answers to have combination between schedules with cost analysis.

All above techniques is combined with Heuristic Algorithm using for backward network counting. It is to elaborate need of Oil and Gas requirement in term of mandatory fix project schedule. Otherwise, extra cost known as penalty will be applied for any delay caused. This algorithm is written in VBA language in Microsoft Excel basis.

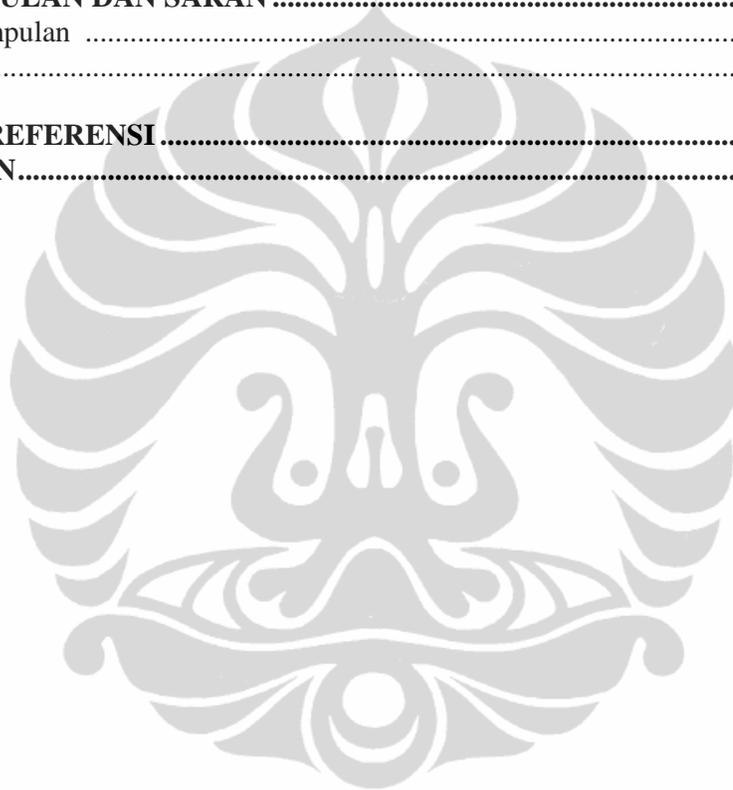
The model used 3 projects data. CPM and Earned Value is counted. Output will be seen as S-Curve that provide position of BCWS (Budgeted Cost Work Scheduled), BCWP (Budgeted Cost Work Performed/Earned Value) and ACWP (Actual Cost Work Performed).

Key words: Project Management, PERT/CPM, Earned Value Analysis, Heuristic Algorithm

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Diagram Keterkaitan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
2. KERANGKA TEORI DAN PEMODELAN.....	7
2.1 Manajemen Proyek	7
2.2 Hipotesis Penelitian	10
2.3 Metodologi Penelitian	11
2.3.1 Model Rumusan Masalah dan Pengambilan Keputusan	11
2.3.2 Studi Pustaka/Studi Literatur.....	11
2.3.2.1 PERT dan CPM.....	13
2.3.2.2 Earned Value Analysis (EVA)	24
2.3.2.3 Algoritma Heuristik	29
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	34
3.1 Profil Perusahaan	34
3.2 Proyek Otomatisasi di Industri <i>Oil & Gas</i>	35
3.2.1 Pelelangan (Tender).....	35
3.2.1.1 Health Safety Environment (HSE).....	37
3.2.1.2 Administrasi.....	38
3.2.2 Pelaksanaan Proyek	38
3.2.2.1 HSE dan Administrasi.....	38
3.2.2.2 Pemantauan dan Pengendalian Proyek	41
3.3 Pengumpulan Data	42
3.4 Pengolahan Data	42
3.4.1 Perumusan CPM	42
3.4.2 Perhitungan <i>Earned Value Analysis</i> (EVA).....	45
3.4.3 Penyusunan Algoritma	47

3.4.4 Validasi Algoritma	48
4.1 ANALISIS PENGOLAHAN DATA.....	50
4.1 Analisis <i>Critical Path Method (CPM)</i> dan <i>Earned Value Analysis (EVA)</i>	50
4.2 Analisa Proyek	51
4.2.1 Proyek-1	51
4.2.2 Proyek-2.....	54
4.2.3 Proyek-3.....	56
5. KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR REFERENSI	61
LAMPIRAN.....	63

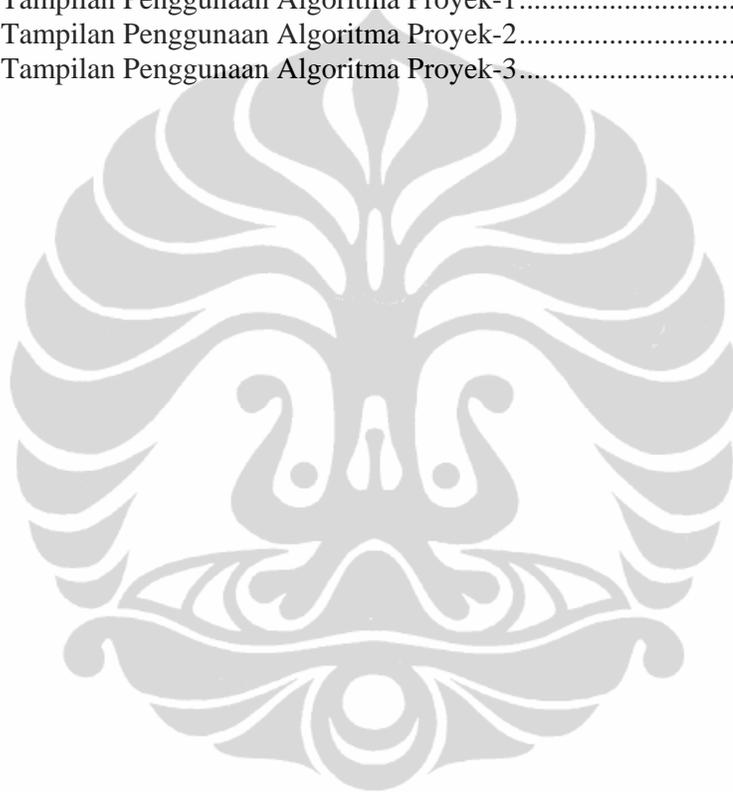


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Manajemen Proyek Menurut Gowan (2006).....	2
Gambar 1.2	Analogi Diagram PERT	3
Gambar 1.3	Model Pelaksanaan Pekerjaan Proyek dengan EVA (Gowan 2006)	3
Gambar 1.4	Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.5	Metodologi Penelitian	5
Gambar 2.1	Penggambaran <i>6-constraints</i> menurut PMBOK 2004	8
Gambar 2.2	Lima Unit Proses dalam Manajemen Proyek (PMBOK,2004).....	8
Gambar 2.3	Kontribusi Ilmu Manajemen Proyek Lima Dekade (Morris,2009)...	9
Gambar 2.4	<i>Network</i> suatu kegiatan	14
Gambar 2.5	Kegiatan A merupakan pendahulu kegiatan B	16
Gambar 2.6	Kegiatan C,D,E merupakan pendahulu kegiatan F	16
Gambar 2.7	Kegiatan G dan H merupakan pendahulu kegiatan I dan J	16
Gambar 2.8	Kegiatan L merupakan pendahulu kegiatan M dan N.....	17
Gambar 2.9	Gambar yang salah bila kegiatan P,Q dan R mulai dan selesai Kejadian yang sama	17
Gambar 2.10	Gambar yang salah bila kegiatan P,Q dan R mulai dan selesai pada kejadian yang sama.....	18
Gambar 2.11	Lingkaran Kejadian	20
Gambar 2.12	Mulainya Kejadian pada hari yang ke-nol	20
Gambar 2.13	Kejadian yang menggabungkan beberapa aktivitas	21
Gambar 2.14	Saat paling lambat untuk memulai dan saat paling lambat untuk Menyelesaikan suatu aktivitas	21
Gambar 2.15	Kejadian yang mengeluarkan aktivitas	22
Gambar 2.16	Perbandingan Manajemen Biaya Tradisional dengan Konsep <i>Earned Value</i>	25
Gambar 2.17	Grafik Kurva S <i>Earned Value</i>	26
Gambar 2.18	Jalur terpendek dan <i>planning</i> jalur yang akan ditambahkan	30
Gambar 2.19	Diagram Alir untuk <i>subroutine</i> analisa CPM.....	32
Gambar 2.20	Diagram Alir untuk <i>subroutine</i> data waktu dan analisa EVA.....	33
Gambar 3.1	Diagram Alir tinjauan tender dan kontrak	35
Gambar 3.2	Diagram Aliran Data Pemantauan dan Pengendalian Kerja Proyek (PMBOK Guide 4 th Edition).....	41
Gambar 3.3	Kurva S hasil validasi menggunakan data existing pada algoritma Di Tabel 3.6	49
Gambar 4.1	Kurva S hasil Perhitungan Algoritma Untuk Proyek-1	53
Gambar 4.2	Kurva S hasil Perhitungan Algoritma Untuk Proyek-2	55
Gambar 4.3	Kurva S hasil Perhitungan Algoritma Untuk Proyek-3	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Studi Literatur PERT/CPM yang digunakan Dalam Penelitian ini..	12
Tabel 2.2	Studi Literatur EVA yang digunakan Dalam Penelitian ini.....	12
Tabel 3.2	Rekapitulasi Hasil Pengolahan CPM	44
Tabel 3.3	Contoh Hasil Perhitungan BCWS	45
Tabel 3.4	Contoh Hasil Perhitungan ACWP.....	46
Tabel 3.5	Contoh Hasil Perhitungan BCWP	46
Tabel 3.6	Tabel Tampilan Algoritma CPM dan EVA dalam MS Excel.....	48
Tabel 4.1	Tampilan Penggunaan Algoritma Proyek-1.....	52
Tabel 4.2	Tampilan Penggunaan Algoritma Proyek-2.....	54
Tabel 4.3	Tampilan Penggunaan Algoritma Proyek-3.....	57



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Proyek-1
- Lampiran 2 Proyek-2
- Lampiran 3 Proyek-3
- Lampiran 4 Syntax Algoritma



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab 1 ini dijelaskan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, diagram keterkaitan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan setiap bab pada penelitian ini.

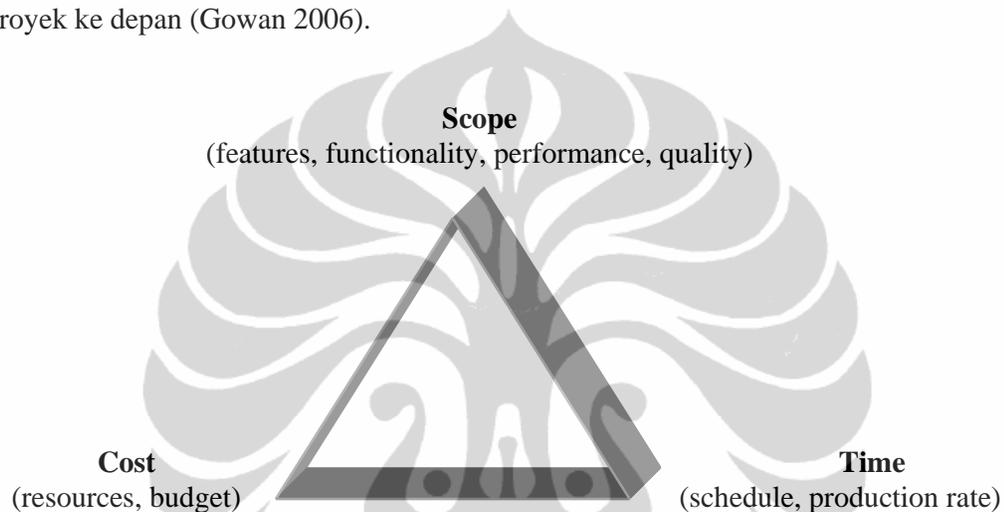
I.1 Latar Belakang

Minyak dan gas bumi diketahui masih menjadi sumber bahan bakar utama di seluruh dunia hingga saat ini. Kebutuhan konsumsi di segala sektor dirasakan masih tinggi untuk komoditas ini dan harganya di pasar dunia juga merangkak naik dari waktu ke waktu. Oleh sebab itu industri pertambangan minyak dan gas bumi ini dirasakan masih cukup bergairah di tanah air. Didukung oleh perusahaan-perusahaan pertambangan minyak dan gas bumi, baik perusahaan pemerintah maupun pihak swasta, sektor ini dipandang masih menjadi primadona devisa yang cukup diperhitungkan oleh pemerintah.

Untuk menunjang operasinya di tanah air, perusahaan-perusahaan *operator* minyak dan gas bumi ini tentu saja membutuhkan pengadaan berbagai jenis barang, jasa hingga sistem berbasis proyek. Kebutuhan proyek-proyek pengadaan inilah yang dipandang cukup potensial bagi pelaku bisnis di Indonesia. Perusahaan penyedia proyek-proyek pengadaan ini dikenal dengan sebutan Kontraktor.

Jasa Kontraktor di industri minyak dan gas bumi diketahui meliputi banyak bidang seperti konstruksi sipil, mekanikal, penyedia kapal atau tanker, pemasok pipa dan mesin-mesin pengeboran, penyuplai *Automation System* untuk proses produksi seperti kendali proses berbasis PLC (*Programmable Logic Control*), HMI (*Human-Machine Interface*) hingga ke sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) dan banyak lagi jenis pekerjaan yang bisa ditangani oleh pihak Kontraktor. Proyek pengadaan *Automation System* di industri perminyakan dan gas bumi oleh perusahaan Kontraktor inilah yang kemudian dijadikan bahan penelitian.

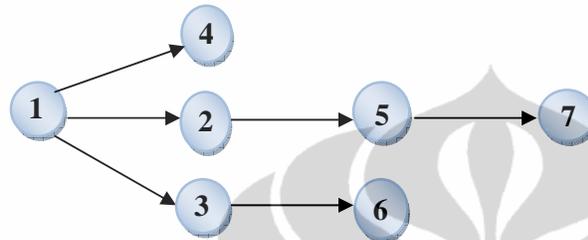
Dalam pelaksanaan suatu proyek, dibutuhkan kontrol pada sumber daya perusahaan agar tetap terjaga baik. dan para eksekutif dapat memperhatikan bagaimana aktifitas perusahaan tersebut dilaksanakan. Pengendalian terhadap suatu kegiatan tertentu dari perusahaan dikenal dengan manajemen proyek. Manajemen proyek adalah integrasi antar lingkup pekerjaan, penjadwalan dan pembiayaan dalam suatu sistem pengukuran yang bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang tepat dan menyesuaikannya dengan rencana proyek ke depan (Gowan 2006).



Gambar 1.1 Manajemen proyek menurut Gowan (2006)

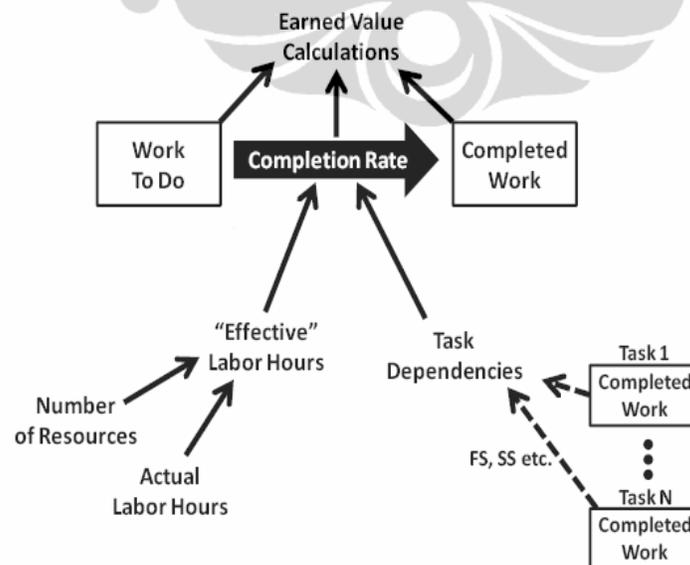
Ketika mengerjakan suatu proyek baru, tentunya perusahaan menginginkan keberhasilan dalam mencapai tujuan-tujuannya sehingga dibutuhkan *early warning system* yang mampu memberikan peringatan akan adanya masalah ataupun potensi masalah perihal uang dan waktu. Mengenai perencanaan dan penjadwalan (waktu) serta mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek, teknik yang paling sering digunakan adalah *Programme Evaluation Review Technique* dan *Critical Path Method* (PERT/CPM). Metode ini dikembangkan oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada tahun 1950 untuk mengatur program misil. Sedangkan CPM dikembangkan oleh DuPont sektor swasta yang bergerak di bidang kimia. CPM & PERT merupakan teknik yang paling umum digunakan untuk penjadwalan dan pemantauan proyek (Ahuja & Thiruvengadam, 2004).

Metodologi PERT biasanya divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (*nodes*) yang merepresentasikan kejadian (*event*) atau suatu titik tempuh (*milestone*). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang merepresentasikan suatu pekerjaan (*task*) dalam sebuah proyek. Arah dari vektor atau garis menunjukkan suatu urutan pekerjaan.



Gambar 1.2 Analogi Diagram PERT

Sedangkan peringatan dini perihal biaya digunakan metode *Earned Value Analysis* (EVA), suatu metode yang dituangkan dalam sebuah standar ANSI/EIA-748 Guide pada bulan Juli 1998. EVA merupakan suatu cara untuk mengukur kinerja suatu proyek dan merumuskan nilai (*value of money*) yang dihasilkan/didapat dari pekerjaan tersebut. Harold Kerzner (1998) menganggap EVA *differential* jatuh tempo yang relevan dalam manajemen proyek. EVA menyajikan pendekatan biaya untuk pengukuran berkelanjutan antara anggaran dan variasi jadwal sepanjang waktu proyek (Gowan 2006).



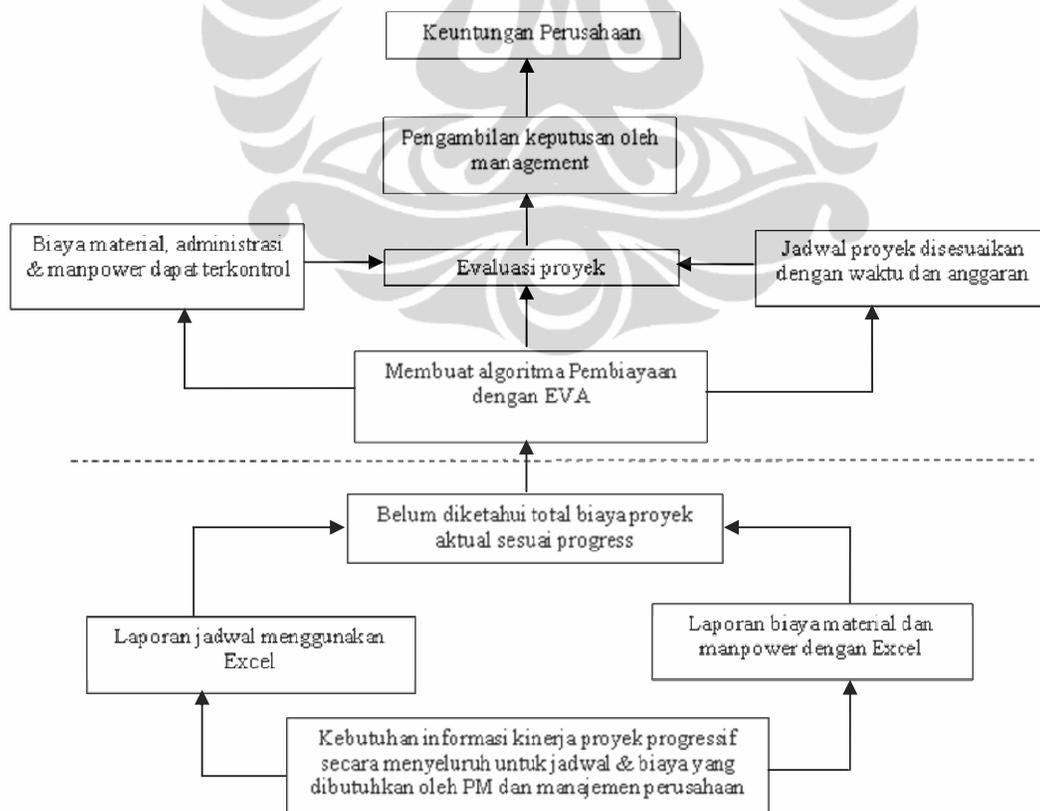
Gambar 1.3 Model pelaksanaan pekerjaan proyek dengan EVA (Gowan 2006)

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan bagaimana menentukan progress kinerja proyek yang terintegrasi antara penjadwalan (waktu) dan pembiayaan, yang dituangkan dalam bentuk algoritma menggunakan *Critical Path Method (CPM)* dan *Earned-Value Analysis (EVA)*

1.3 Diagram Keterkaitan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas, digambarkan Diagram Keterkaitan Masalah (DKM). DKM merupakan suatu alat penyederhana penyajian dari argumen-argumen yang menjadi alasan penulisan tesis dan apa efek yang diharapkan jika solusi dilaksanakan. DKM akan memberikan ulasan tentang latar belakang permasalahan akibat belum adanya laporan terintegrasi antara penjadwdalan dan biaya yang dapat memberikan analisa yang komprehensif untuk pengambilan keputusan. Adapun DKM penelitian ini adalah:



Gambar 1.4 Diagram Keterkaitan Masalah

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan perumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah: memperoleh informasi mengenai progress biaya dan waktu proyek yang dapat di diatur dan diawasi sesuai dengan anggaran.

Penelitian ini akan membawa manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan output berupa penjadwalan yang terintegrasi dengan biaya dalam suatu proyek
2. Analisa penjadwalan dan biaya tersebut digunakan untuk pengambilan keputusan mengenai penanganan langkah-langkah yang harus di ambil untuk kelanjutan proyek untuk mengurangi resiko kerugian proyek.

1.5 Batasan Masalah

Dalam perhitungan terdapat beberapa keterbatasan sehingga dilakukan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut:

Penelitian dilakukan dibidang proyek *Automation System*.

1. Penyusunan algoritma dibuat dan divalidasi berdasarkan data-data dari 3 proyek, 2 data proyek *Oil & Gas* serta 1 data proyek *Mining*.
2. Durasi maksimum yang digunakan dalam proyek ini mengacu kepada masa akhir perjanjian kontrak

1.6 Langkah-langkah dan Metodologi Penelitian

a.Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini diidentifikasi akan adanya masalah pada laporan analisa kinerja proyek yang belum dapat memberikan peringatan dini akan kondisi aktual proyek serta tidak adanya analisa terintegrasi antara jadwal dan biaya.

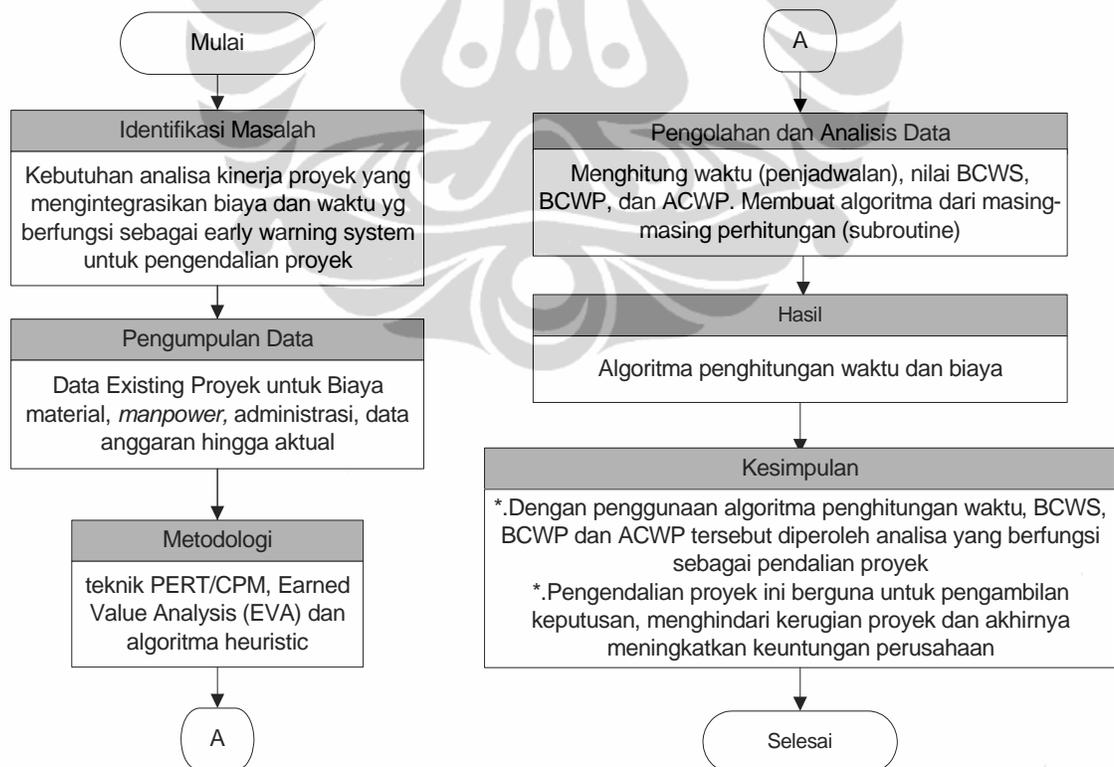
2. Pengumpulan Data

Data proyek diperoleh dari perusahaan penyedia jasa proyek di bidang *Automation System*. Data-data yang diperoleh adalah data dari proyek *Oil & Gas* seperti data biaya material, administrasi durasi dan *manpower*.

3. Memilih metodologi yaitu teknik PERT/CPM, EVA dan menyusunnya dalam bentuk algoritma heuristik
4. Pengolahan dan Analisis Data
Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang dimulai dengan penghitungan CPM, menghitung nilai-nilai parameter EVA serta mengintegrasikannya dengan durasi pada CPM. Menggabungkan kedua teknik di atas dan menyusunnya dalam bentuk algoritma menggunakan VBA *language*.
5. Hasil yang diperoleh berupa algoritma penghitungan penjadwalan dan biaya dengan tampilan akhir berupa Kurva-S. Kemudian dilakukan juga analisa dari 3 proyek yang tersedia sebagai bagian dari validasi.
6. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

b. Metodologi Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan adalah:



Gambar 1.5 Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan, berisi tentang latar belakang permasalahan, pokok permasalahan yang dibahas dan dikaji dalam penelitian, diagram keterkaitan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan. Diharapkan setelah membaca bab satu ini, pembaca akan mengetahui dan memahami terutama apa tujuan penelitian, apa pokok permasalahan yang dibahas serta bagaimana dan dengan cara apa permasalahan tersebut dijawab.

Bab II Tinjauan Pustaka, dalam bab ini akan ditinjau kerangka teori yang mendukung penelitian, meliputi manajemen proyek, teknik PERT & CPM, EVA yang menentukan nilai BCWS (PV), BCWP (EV), ACWP, SPI & CPI, AEC dan pembahasan teori mengenai algoritma. Pemahaman akan konsep-konsep yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tujuan dari pemaparan dalam bab II.

Bab III Pengumpulan dan Pengolahan Data, berisikan informasi dan gambaran tentang proyek yang bersangkutan di perusahaan Kontraktor. Selain itu dalam bab ini, dipaparkan pengumpulan dan pengolahan data.

Bab IV Analisa dan Pembahasan, berisikan analisa terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada bab III diatas. Diharapkan bab ini akan menjelaskan bagaimana diketahui jenis pembiayaan yang *significant* dari proyek tersebut, tata kelola biaya dan kinerja proyek secara keseluruhan.

Bab V Kesimpulan dan Saran, merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan penelitian serta saran-saran mengenai hal yang dapat dilakukan selanjutnya oleh pihak-pihak yang berkepentingan. Kesimpulan yang didapat, sesuai dengan tujuan penelitian yang dirumuskan pada bab I. Dalam bab terakhir ini juga diharapkan dapat diambil kesimpulan tentang aplikasi algoritma untuk sumbangsih terhadap tujuan utama yaitu meningkatkan keuntungan perusahaan.

BAB 2

KERANGKA TEORI DAN PEMODELAN

Pada Bab 2 ini dibahas mengenai landasan teori terkait dengan penelitian ini yaitu manajemen proyek, PERT/CPM, teori biaya EVA (BCWS (PV), BCWP (EV), ACWP, dan juga mengenai algoritma.

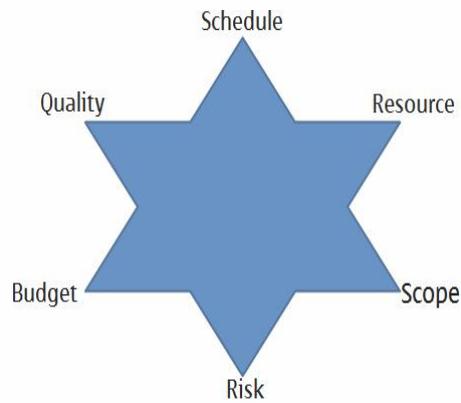
2.1 Manajemen Proyek

Definisi proyek menurut *Project Management Body of Knowledge* adalah kegiatan atau usaha bersifat sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, jasa atau hasil yang unik (PMBOK, 2004). Contoh cakupan dari suatu proyek adalah sebagai berikut serta tidak terbatas pada

1. Membangun suatu jenis produk atau jasa baru
2. Mempengaruhi perubahan dalam struktur, sumber daya manusia atau gaya dari suatu organisasi
3. Mengembangkan atau memperoleh suatu sistem informasi baru atau dimodifikasi
4. Membangun sebuah bangunan atau infrastruktur, atau
5. Implementasi proses bisnis baru atau prosedur.

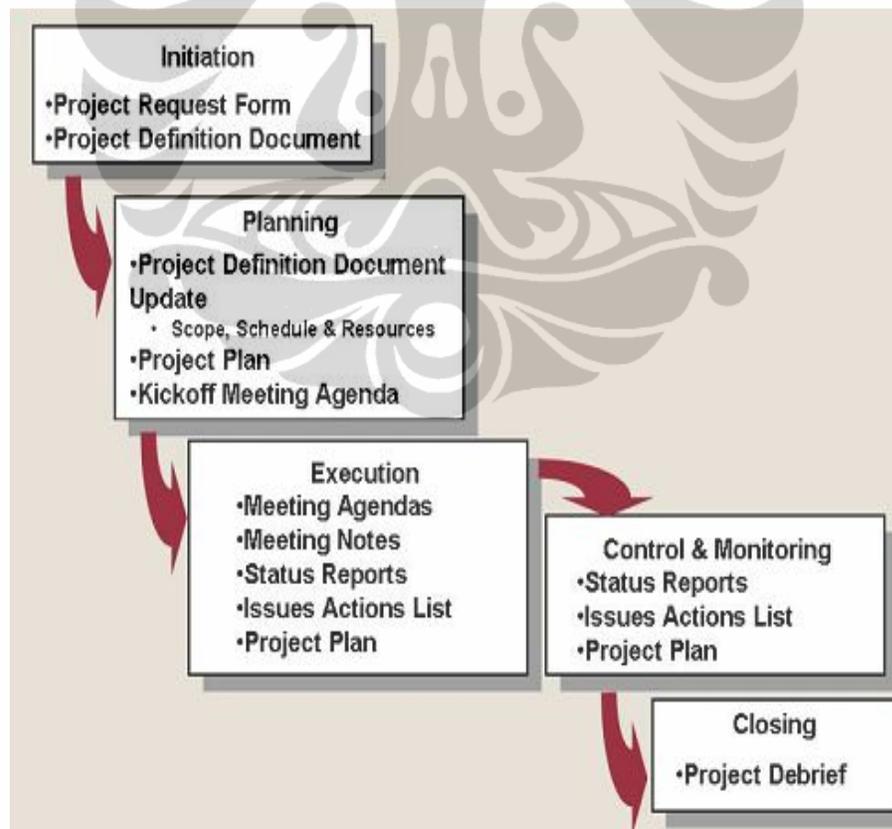
Sedangkan manajemen proyek (PMBOK, 2004) adalah penerapan dari pengetahuan, keahlian, peralatan dan teknik dari aktifitas proyek untuk memenuhi persyaratan-persyaratan yang ada pada suatu proyek. Mengelola proyek meliputi:

1. Mengidentifikasi persyaratan
2. Mengatasi berbagai kebutuhan, keprihatinan, dan harapan para pemangku kepentingan sebagai proyek direncanakan dan dilaksanakan
3. Menyeimbangkan kendala-kendala yang termasuk namun tidak terbatas di dalam proyek yaitu (*6 constraint*) :
 - a. *Scope* (lingkup pekerjaan)
 - b. *Quality* (Kualitas)
 - c. *Schedule* (jadwal)
 - d. *Budget* (anggaran)
 - e. *Resources* (sumber daya)
 - f. *Risk* (resiko)



Gambar 2.1 Penggambaran *6-constraint* menurut PMBOK 2004

Manajemen proyek merupakan perencanaan dan pengawasan (Jamshid Parvizia, 2004). Manajemen proyek juga menjadi penjadwalan dan pengawasan dari kegiatan-kegiatan proyek untuk mencapai tujuan performansi, biaya dan waktu, untuk lingkup kerja yang telah ditentukan dengan menggunakan sumber daya secara efisien dan efektif.

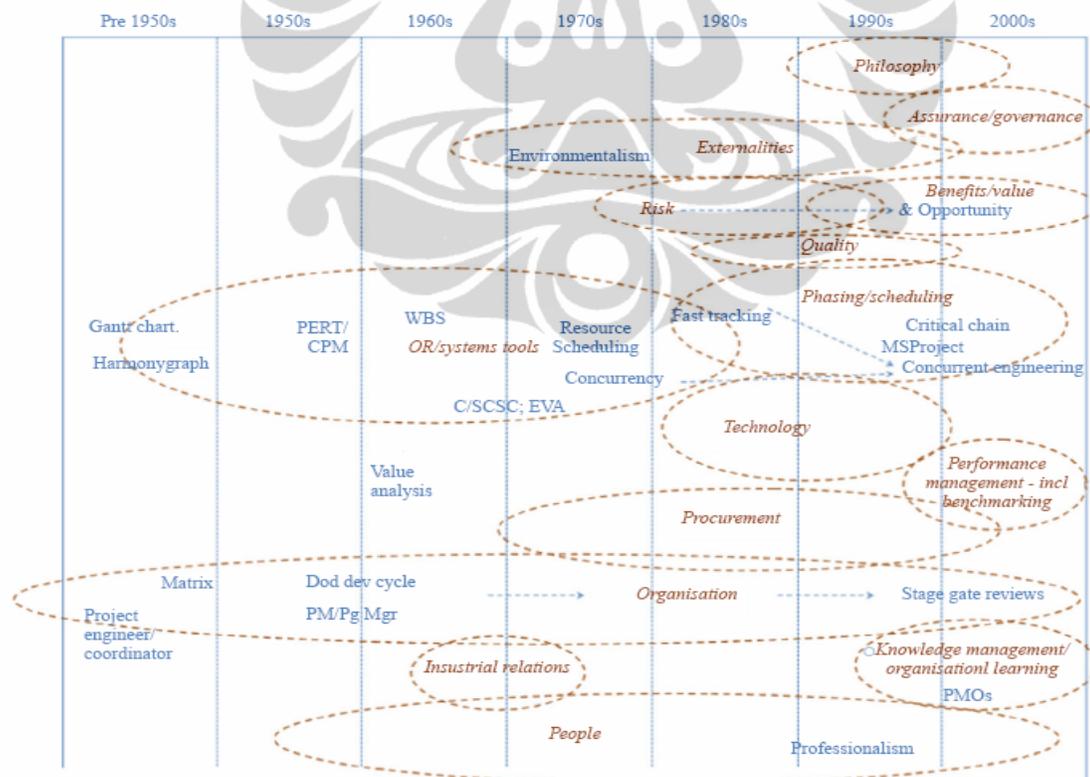


Gambar 2.2 Lima unit proses dalam manajemen proyek (PMBOK, 2004)

Ada 5 unit proses dalam manajemen proyek pada gambar di atas yaitu :

1. *Initiating* (Inisiasi)
2. *Planning* (Perencanaan)
3. *Executing* (Pelaksanaan)
4. *Monitoring and Controlling* (Pemantauan dan pengaturan)
5. *Closing* (Penyelesaian)

Disiplin ilmu manajemen proyek dikembangkan dari berbagai bidang aplikasi seperti konstruksi, teknik dan pertahanan. Dimulai di Amerika Serikat, dua orang pelopor manajemen proyek yaitu Henry Laurence Gantt (Insinyur mesin asal Amerika) yang dikenal dengan teknik perencanaan dan pengendalian proyek yang mengenalkan penggunaan Gantt Chart sebagai alat manajemen proyek. Kemudian Henry Fayol (teoris manajemen dan administrasi asal Perancis) atas penemuannya yaitu enam fungsi manajemen yang merupakan dasar pengetahuan manajemen proyek. Keduanya kemudian dikenal sebagai sejawat yang banyak melakukan pekerjaan-pekerjaan pelopor manajemen proyek.



Gambar 2.3 Kontribusi ilmu manajemen proyek lima dekade (Morris, 2009)

Adapun kontribusi penelitian yang terkait dengan manajemen proyek selama lima dekade terakhir terlihat pada *mapping* di atas yang penelitiannya dilakukan oleh Morris, 2009.

Hal penting yang membuat orang mulai melihat pentingnya disiplin ilmu manajemen proyek adalah disaat Amerika mengalami kegagalan serius di mega proyeknya yang terkenal dengan petikan kalimat “*Houston we have problem*”. Kalimat yang diucapkan awak Appolo 13 yang gagal ini membuka mata NASA akan pentingnya manajemen proyek. Tonggak sejarah inilah yang mengawali perkembangan manajemen proyek yang notabene dimulai dari industri konstruksi (*civil engineering*).

Tahun 1950an ditandai sebagai awal era dari manajemen proyek. Sebelum tahun tersebut, proyek-proyek kebanyakan menggunakan *Gantt Chart* serta alat-alat dan teknik informal. Kemudian dikembangkanlah dua model matematika untuk penjadwalan proyek yang kita kenal dengan *Programme Evaluation Review Technique* (PERT) dan *Critical Path Method* (CPM).

2.2 Hipotesis Penelitian

Arti kata hipotesis berasal dari dua penggalan kata “HYPO” yang artinya “DI BAWAH” dan “THESA” yang artinya “KEBENARAN” jadi hipotesis yang kemudian cara penulisnya disesuaikan dengan ejaan bahasa Indonesia menjadi hipotesa, dan berkembang menjadi hipotesis.

Pada penelitian ini hipotesis dikemukakan adalah membuktikan algoritma pembiayaan proyek *Automation System* menggunakan metode *Earned Value Analysis* adalah dapat atau tidak dapat menjawab kebutuhan pengawasan dan pengendalian proyek tersebut di atas. Algoritma ini diharapkan akan berguna karena dapat menyajikan perhitungan biaya secara periodik dan cepat. Perolehan data yang cepat dan akurat tentu saja sangat membantu proses pengambilan keputusan oleh pimpinan proyek, *Project Controller* hingga level manajemen mengenai kelanjutan proyek tersebut. Keadaan seperti ini masuk dalam kriteria pengendalian dan pengawasan proyek.

2.3 Metodologi Penelitian

Untuk pemecahan masalah pada penelitian ini dibutuhkan metodologi yang agar menyelesaikan masalah dengan sistematis dan memberikan solusi yang terarah sesuai dengan tujuan penelitian.

2.3.1 Studi Pustaka/Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mencari buku-buku referensi baik berupa *text book* maupun sumber lainnya seperti jurnal, tesis, dan internet untuk digunakan sebagai pedoman dalam memecahkan masalah yang ada..

Secara umum penelitian ini dibangun dari hasil studi literatur berupa jurnal internasional yang berlandaskan metode PERT/CPM serta EVA yang kemudian dituangkan dalam bentuk algoritma. PERT dan CPM merupakan teknik yang umum digunakan untuk penjadwalan dan pengawasan proyek terutama di bidang konstruksi (Ahuja dan Thiruvengadam, 2004).

Pada gambar berikut ini dapat dilihat bagaimana PERT/CPM digunakan dan digabungkan bersama dengan *network technique* (sebagai bagian ilmu dari *Operation Research*), kemudian di jurnal lain PERT/CPM juga dikombinasikan penggunaannya dengan algoritma genetic.

Tabel 2.1 Studi literatur PERT/CPM yang digunakan dalam penelitian ini

Penulis Jurnal	Topik
Fischer dan Aalami (1996)	Keterbatasan CPM & PERT adalah tidak menyediakan koneksi antara estimasi biaya dan jadwal pekerjaan terkait
Senior dan Halpin (1998)	Memperkenalkan suatu sistem yang disebut PICASSO yang merupakan kombinasi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Algoritma yang menggunakan teknik CYCLONE (<i>cyclic operation network technique</i>) 2. Kemudian dibandingkan dengan tradisional CPM
Feng et al. (2000)	Kombinasi teknik simulasi dan algoritma genetic
Further reasearch (Ahuja dan Thiruvengadam, 2004)	Menyarankan peningkatan penggunaan model matematika untuk menangani masalah penjadwalan seperti <i>linear scheduling, simulation techniques, fuzzy theory, genetic algorithms and compare with CPM/PERT.</i>

Pada gambar berikut ini dapat dilihat bagaimana PERT dan CPM digunakan yang digabungkan bersama dengan *network technique* (sebagai bagian ilmu dari *Operation Research*), kemudian di jurnal lain PERT CPM juga dikombinasikan penggunaannya dengan algoritma genetic.

Perbedaan penelitian sebelumnya seperti yang tersebut di atas dengan penelitian ini yaitu pada penelitian ini digunakan *Further Research* Ahuja dan Thiruvengadam (2004), yang menyarankan peningkatan penggunaan model matematika untuk menangani masalah penjadwalan seperti *linear scheduling, simulation techniques*, algoritma yang juga, menggunakan CPM/PERT.

Sementara itu digunakan analisa proyek menggunakan *Earned Value Analysis* (EVA). Seperti kita ketahui bahwa *Earned Value* sendiri secara umum berarti nilai perolehan. EVA digunakan untuk membidik biaya yang diselaraskan dengan jadwal (waktu) serta penggunaan *resources* yang dapat menginformasikan posisi progress biaya, waktu dan pekerjaan (scope). Adapun referensi mengenai EVA seperti tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Studi literatur yang EVA digunakan dalam penelitian ini

PENULIS	TOPIK
Gowan (2006)	Pengujian EVA pada implementasi data warehouse (IT)
Alvarado (2004)	Analisa EVA pada industry konstruksi dan renovasi fasilitas publik di proyek <i>Public Building Service</i>
Jigeesh (2006)	Software Project Monitoring (IT)
Yang (2007)	Pengaturan progress harian proyek konstruksi <i>multiple apartment</i> menggunakan EVA dan <i>Project Management System</i> (PMS)

Secara garis besar, penelitian ini menggabungkan teknik CPM/PERT untuk penentuan penjadwalannya yang dikombinasikan dengan EVA untuk menghitung sisi biayanya yang kemudian disusun sebagai sebuah algoritma. Jenis algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah *algoritma heuristic* tepatnya *Backward Algorithm* yang digunakan untuk menyelesaikan masalah *scheduling*.

2.3.2 Metode Penelitian

Adapun metode, teknik maupun teori yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang diuraikan dalam sub judul di bawah ini:

2.3.2.1 PERT dan CPM

PERT adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penjadwalan, mengatur dan mengkoordinasi bagian-bagian pekerjaan yang ada didalam suatu proyek. Model yang dibuat menggunakan PERT dan CPM memiliki karakter yang rigid mengenai asumsi keterkaitan antara estimasi aktifitas dan reserches (Pundir et al,2008).

PERT dikembangkan oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada tahun 1950 tersebut untuk mengatur program persenjataan yang dikenal dengan *Polaris Missile*. Sedangkan metodologi CPM yang dikembangkan pada tahun 1957 oleh suatu lembaga swasta yaitu E I DuPont de Nemours saat itu digunakan untuk konstruksi dan pemeliharaan di pabrik kimia. Walau PERT dan CPM juga memiliki kelemahan yaitu keterbatasan metode ini yang tidak menyediakan koneksi antara estimasi biaya dan jadwal pekerjaan terkait (Fischer & Alami, 1996).

PERT dirancang untuk membantu dalam perencanaan dan pengendalian sehingga tidak langsung terlibat dalam optimasi. Dalam PERT digunakan *expected time*, yang merupakan kombinasi dari ketiga waktu sebagai berikut :

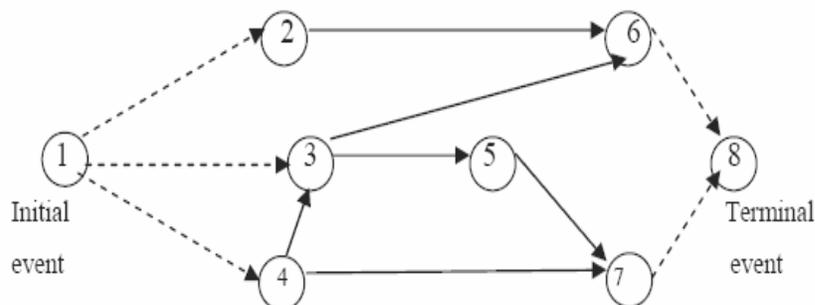
- a. Waktu optimistik : adalah waktu kegiatan apabila semua berjalan dengan lancar tanpa hambatan atau penundaan
- b. Waktu realistik : waktu kegiatan yang akan terjadi apabila suatu kegiatan berjalan dengan normal, dengan hambatan atau penundaan yang wajar dan dapat diterima

c. Waktu pesimistik : waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, apabila terjadi hambatan atau penundaan yang melebihi semestinya.

Hubungan antar kegiatan dalam suatu proyek dapat berupa hubungan mendahului, hubungan sejajar atau hubungan didahului. Begitu ketiga hal tersebut terpenuhi, maka suatu model network yang sesuai dapat digunakan untuk menganalisis jadwal pelaksanaan dari seluruh kegiatan proyek. Untuk menandai kapan suatu kegiatan dimulai dan kapan diakhiri dapat dilakukan dengan menggambar **anak panah** yang berawal di satu titik dan berakhir di titik lain yang kegiatan tersebut diidentifikasi dengan (i,j). Titik-titik ini berujud lingkaran dengan label angka di tengahnya yang disebut *event*.

Network

Tim riset operasi mengembangkan sistem pengambilan keputusan yang didasarkan pada optimasi dengan menggunakan metode jaringan kerja (Hiller, 1990). Jaringan kerja (model *network*) adalah suatu diagram yang digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah matematika yang cukup rumit agar menjadi lebih sederhana dan mudah diamati. Masalah-masalah yang dapat diatasi dengan *network* antara lain masalah penjadwalan (*network planing*), masalah transportasi, masalah penugasan, masalah penggantian peralatan, dan masalah lintasan terpendek. *Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan atau variable yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, bila perlu dilembur atau tambah biaya. Contoh *network* dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 2.4 *Network* suatu kegiatan

Langkah-langkah dalam menggambar jaringan kerja adalah sebagai berikut:

1. Lukislah anak panah dengan garis penuh dari kiri ke kanan dan garis putus untuk dummy.
2. Dalam menggambarkan anak panah, usahakan adanya bagian yang mendatar untuk tempat keterangan kegiatan dan kurun waktu.
3. Keterangan kegiatan ditulis diatas anak panah, sedangkan kurun waktu di bawahnya.
4. Hindarkan sejauh mungkin garis yang saling menyilang.
5. Kecuali untuk hal yang khusus, panjang anak panah tidak ada kaitannya dengan lamanya kurun waktu.
6. Peristiwa/kejadian dilukiskan sebagai lingkaran dengan nomor yang bersangkutan jika mungkin berada di dalamnya.
7. Nomor peristiwa sebelah kanan lebih besar dari sebelah kiri.

Dalam menggambarkan suatu *network* digunakan simbol sebagai berikut:

- Anak panah = *arrow (arc)*, menyatakan sebuah kegiatan atau aktivitas. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan *duration* (jangka waktu tertentu). Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini sama sekali tidak mempunyai arti, jadi tidak selalu menggunakan skala. Kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap aktivitas, yang menunjukkan bahwa suatu aktivitas dimulai dari permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan.
- Lingkaran kecil = *node*, menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa atau *event*. Kejadian (*event*) di sini didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
- Anak panah terputus-putus, menyatakan kegiatan / aktivitas semu atau *dummy*. *Dummy* di sini berguna untuk membatasi mulainya aktivitas. Seperti halnya aktivitas biasa, panjang dan kemiringan *dummy* ini juga tidak berarti apa-apa sehingga tidak perlu menggunakan skala, hanya pada *dummy* tidak mempunyai *duration* (jangka waktu tertentu).
- Anak panah tebal merupakan kegiatan pada lintasan kritis.

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut.

1. Di antara dua kejadian (*event*) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
2. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian
3. Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
4. Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (*initial event*) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (*terminal event*).

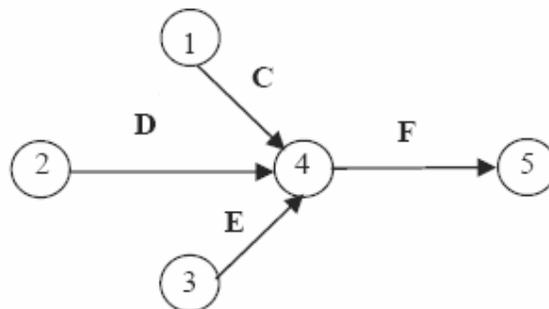
Adapun logika kebergantungan kegiatan-kegiatan itu dinyatakan sebagai berikut.

1. Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai, maka hubungan antara kedua kegiatan tersebut dapat di lihat pada gambar berikut



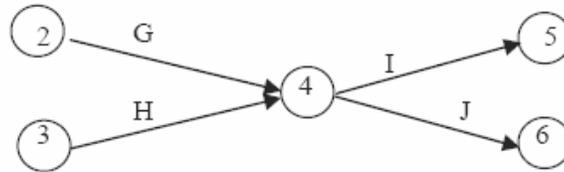
Gambar 2.5 Kegiatan A merupakan pendahulu kegiatan B
Kegiatan A bisa juga ditulis (1,2) dan kegiatan B(2,3)

2. Jika kegiatan C,D dan E harus selesai sebelum kegiatan F dapat dimulai, maka dapat di lihat pada gambar berikut



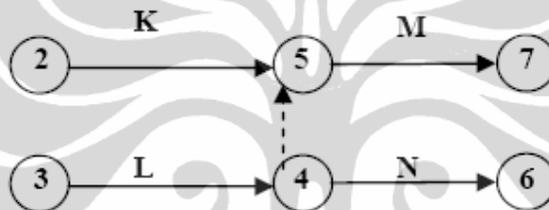
Gambar 2.6 Kegiatan C, D dan E merupakan pendahulu kegiatan F

3. Jika kegiatan G dan H harus dimulai sebelum kegiatan I dan J maka dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 2.7 Kegiatan G dan H merupakan pendahulu kegiatan I dan J

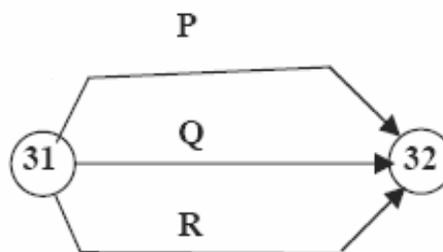
4. Jika kegiatan K dan L harus selesai sebelum kegiatan M dapat dimulai, tetapi N sudah dapat dimulai bila kegiatan L sudah selesai, maka dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 2.8 Kegiatan L merupakan pendahulu kegiatan M dan N

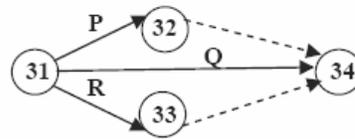
Fungsi *dummy* di atas adalah memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan L dari lingkungan kejadian no. 4 ke lingkungan kejadian no. 5.

5. Jika kegiatan P, Q, dan R mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama maka kita tidak boleh menggambarannya seperti pada gambar 6.

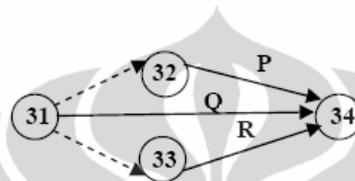


Gambar 2.9 Gambar yang salah bila kegiatan P, Q dan R mulai dan selesai pada kejadian yang sama

Untuk membedakan ketiga kegiatan itu, maka masing-masing harus digambarkan *dummy* seperti pada gambar berikut.



atau



Gambar 2.10 Gambar yang salah bila kegiatan P, Q dan R mulai dan selesai pada kejadian yang sama

Kegiatan P, Q dan R mulai dan selesai pada kejadian yang sama

Kegiatan P = (31,32) P = (32,34)

Q = (31,34) atau Q = (31,34)

R = (31,33) R = (33,34)

Dalam hal ini tidak menjadi soal di mana saja diletakkannya *dummy* tersebut, pada permulaan ataupun pada akhir kegiatan-kegiatan tersebut.

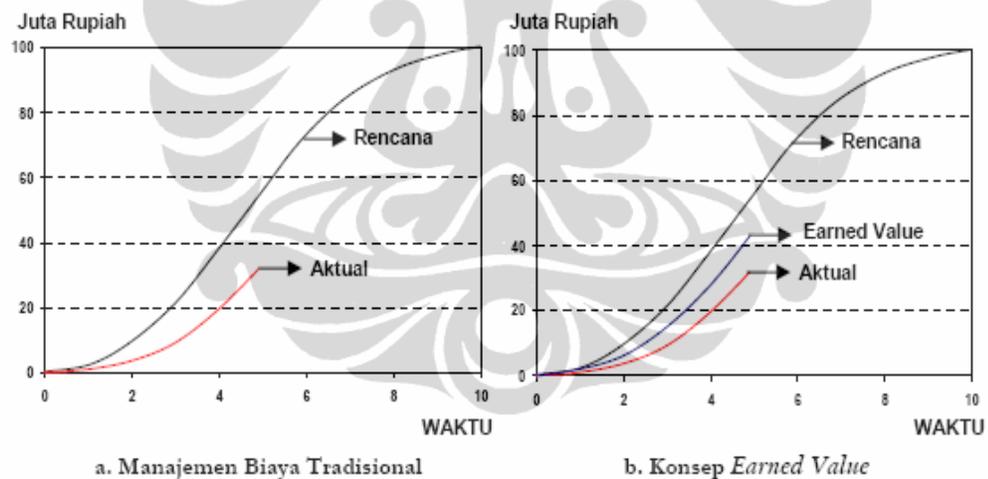
2.3.2.2 *Earned Value Analysis* (EVA)

Earned Value Analysis (EVA) atau *Earned Value Management* (EVM) adalah metode untuk mengukur dan mengkomunikasikan progress dari kinerja suatu project. EVM selama 40 tahun digunakan untuk menjajaki perhitungan jadwal dan biaya aktual pada setiap capaian dibandingkan terhadap perencanaan proyek (Alvarado, 2004).

Penggunaan konsep earned value di Amerika Serikat dimulai pada akhir abad 20 di industri manufaktur. Pada tahun 1960an Departemen Pertahanan Amerika Serikat mulai mengembangkan konsep ini (Abba, 2000). Ada 35 kriteria yang disebut *Cost/Schedule System Criteria* (C/SCSC). Namun, C/SCSC lebih dipertimbangkan sebagai alat pengendalian finansial yang memerlukan keahlian analitis yang kuat dalam menggunakannya. Pada tahun 1995 hingga 1998 *Earned*

Value Management (EVM) ditransfer untuk kepentingan industri menjadi suatu standar pengelolaan proyek (ANSI/EIA 748-A). Semenjak itu EVM tidak hanya digunakan oleh Department of Defence, namun juga digunakan oleh kalangan industri lainnya seperti NASA dan United States Department of Energy. Tinjauan EVM juga dimasukkan dalam PMBOK Guide First Edition pada tahun 1987 dan edisi-edisi berikutnya. Usaha untuk menyederhanakan EVM mencapai titik momentumnya pada tahun 2000, yaitu ketika beberapa pemerintah Negara bagian di Amerika Serikat mengharuskan penggunaan EVM untuk semua proyek pemerintah.

Flemming dan Koppelman (1994) menjelaskan konsep earned value dibandingkan manajemen biaya tradisional. Seperti dijelaskan pada Gambar 2.14.a, manajemen biaya tradisional hanya menyajikan dua dimensi saja yaitu hubungan yang sederhana antara biaya aktual dengan biaya rencana. Dengan manajemen biaya tradisional, status kinerja tidak dapat diketahui.



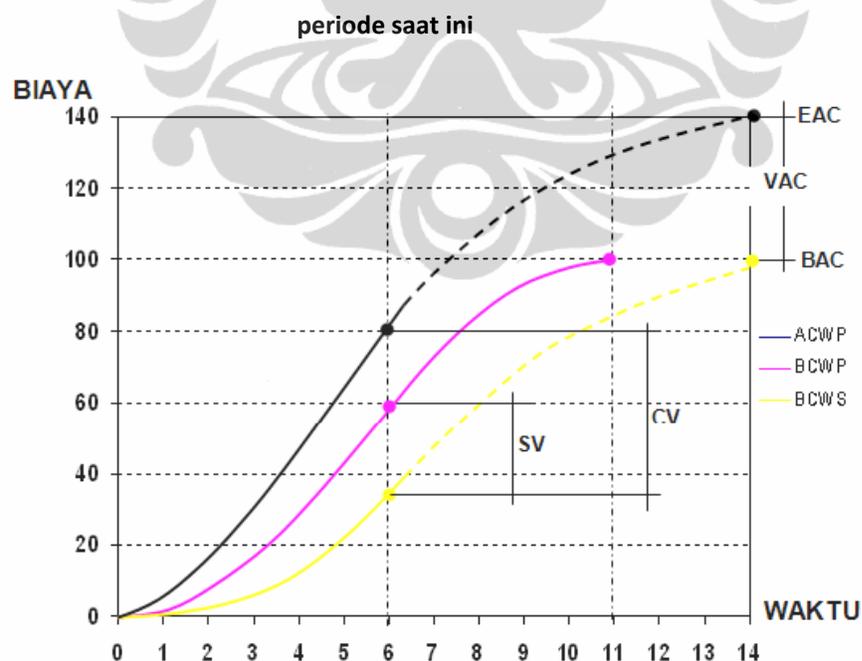
Gambar 2.11 Perbandingan Manajemen Biaya tradisional dengan Konsep *Earned Value*

Pada Gambar 2.1.4.a dapat diketahui bahwa biaya aktual memang lebih rendah, namun kenyataan bahwa biaya aktual yang lebih rendah dari rencana ini tidak dapat menunjukkan bahwa kinerja yang telah dilakukan telah sesuai dengan target rencana. Sebaliknya, konsep earned value memberikan dimensi yang ketiga selain biaya aktual dan biaya rencana. Dimensi yang ketiga ini adalah besarnya pekerjaan secara fisik yang telah diselesaikan atau disebut earned value/percent

complete. Dengan adanya dimensi ketiga ini, seorang manajer proyek akan dapat lebih memahami seberapa besar kinerja yang dihasilkan dari sejumlah biaya yang telah dikeluarkan (Gambar 2.17.b).

Varibel penting dalam metodologi ini adalah: waktu (schedule), biaya (cost), pekerjaan (work). Tujuan yang ingin dicapai dari metodologi ini adalah proyek yang efisien, yang berarti menyelesaikan pekerjaan dengan waktu yang ditelah ditentukan dengan meminimalisasi biaya atau materi yang dikeluarkan untuk proyek. Tujuan tersebut diharapkan dapat dicapai dengan cara mengevaluasi dan mengontrol resiko proyek dengan cara mengukur progress secara berkala. Seringkali juga dibuat pemodelan dan simulasi menggunakan EVA pada pekerjaan yang sedang berlangsung (Jigeesh, 2006).

EVA dihitung dengan cara mengalikan biaya yang dianggarkan per pekerjaan dengan persentase penyelesaian dari pekerjaan dan menjumlahkan hasil dari semua pekerjaan dalam proyek. Proses ini lebih sulit daripada yang dibayangkan. Persentase aktual dari anggaran suatu aktivitas pada suatu saat tertentu, secara umum, bukan merupakan indikator persentase penyelesaian aktivitas tersebut.



Gambar 2.12 Grafik Kurva S *Earned Value*

Contohnya, biaya terbesar dari suatu pekerjaan adalah pengadaan alat, suatu biaya yang terjadi sebelum adanya kemajuan dalam pekerjaan tersebut. Atau mungkin biaya terbesar akan dibebankan pada saat pekerjaan selesai. Untuk pengetahuan kita bersama, tidak ada cara yang sempurna untuk mengukur secara tepat persentase penyelesaian suatu pekerjaan, yang digunakan untuk mengukur persentase penyelesaian proyek secara keseluruhan. (Mantel, Meredith, 2001).

Penggunaan konsep earned value dalam penilaian kinerja proyek dijelaskan melalui Gambar 2.18. Beberapa istilah yang terkait dengan penilaian ini adalah *BCWS* atau *PV*, *BCWP* atau *EV*, *ACWP*, *Cost Variance*, *Schedule Variance*, *Cost Performance Index*, *Schedule Performance Index*, *Estimate at Completion*, dan *Variance at Completion*.

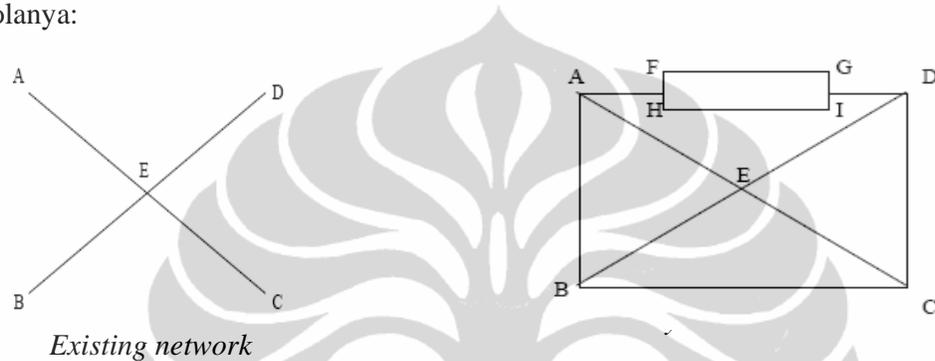
2.3.2.3 Algoritma Heuristik

Pengertian algoritma heuristik adalah algoritma dengan aturan memilih cabang-cabang yang paling mungkin menyebabkan penyelesaian permasalahan dapat diterima, dimana aturan penulisan algoritma ini dibangun oleh iterasi penjadwalan yang menerapkan penjadwalan secara maju dan mundur (Ozdamar, 1998). Kata heuristic berasal dari bahasa Yunani *heuriskein* dari kata dasar *eureka* atau *heurika* yang berarti mengungkap atau menemukan. Dalam *Artificial Intelligence*, heuristic diperkenalkan sebagai suatu teknik yang meningkatkan efisiensi proses pencarian, yang dimungkinkan dengan mengorbankan kelengkapan.

Heuristic juga merupakan algoritma yang berbasis kira-kira, yang berusaha mencari solusi optimal secepat mungkin. Secara garis besar, metode *heuristic* dapat dikategorikan menjadi dua bagian besar, yaitu *heuristic* klasik yang berkembang antara tahun 1960 dan 1990, dan *metaheuristic* yang berkembang mulai 1990 (Laporte, Gendreu And Semet, 2000). Metode *metaheuristic* jauh lebih efektif dibandingkan metode *heuristic* klasik. Metode-metode *metaheuristic* menggabungkan *Neighbourhood Search*, *Memory Structure*, dan *Recombination* pada tiap solusi untuk menghasilkan solusi yang lebih baik. Akan tetapi, waktu proses yang dibutuhkan *metaheuristic* tidak dapat

diketahui secara pasti, dan biasanya lebih lama dibandingkan *heuristic* klasik. Selain itu *metaheuristic* juga melibatkan lebih banyak parameter daripada *heuristic* klasik.

Teori dasar Algoritma heuristic dapat digunakan untuk mencari jalur optimum dari pembangunan jalan dengan menghitung jalur mana yang paling menguntungkan di tiap-tiap area, tanpa memperhitungkan pengaruh dari keputusan pada level selanjutnya (Weng et al, 2009). Di bawah ini adalah polanya:



Gambar 2.13 Jalur terpendek *existing* dan *planning* jalur yang akan ditambahkan

Gambar di atas menunjukkan bahwasanya pada setiap rencana penambahan suatu jalur, maka jalur terpendek *existing* harus diperhitungkan, agar tidak terjadi penghitungan ganda. Teknik Pencarian metode heuristic dilakukan:

1. Maju, bermula dari keadaan awal (*start state*)
2. Mundur, diawali dari keadaan tujuan (*goal state*)

Topologi proses pencarian ditentukan dua macam penggambaran problem, yaitu:

1. Pohon (*tree*)

Untuk menghindari kemungkinan adanya proses pencarian suatu node secara berulang, maka digunakan struktur pohon. Struktur pohon digunakan untuk menggambarkan keadaan secara hirarkis. Pohon juga terdiri dari beberapa node. Node yang terletak pada level-0 disebut juga “akar”. Node akar menunjukkan keadaan awal yang biasanya merupakan topik atau obyek. Node akar ini terletak pada level ke-0. Node akar mempunyai beberapa percabangan yang terdiri atas beberapa node successor yang sering disebut dengan nama “anak” dan merupakan node-node perantara. Namun jika dilakukan pencarian mundur, (backtracking/backward) maka dapat dikatakan bahwa node tersebut memiliki

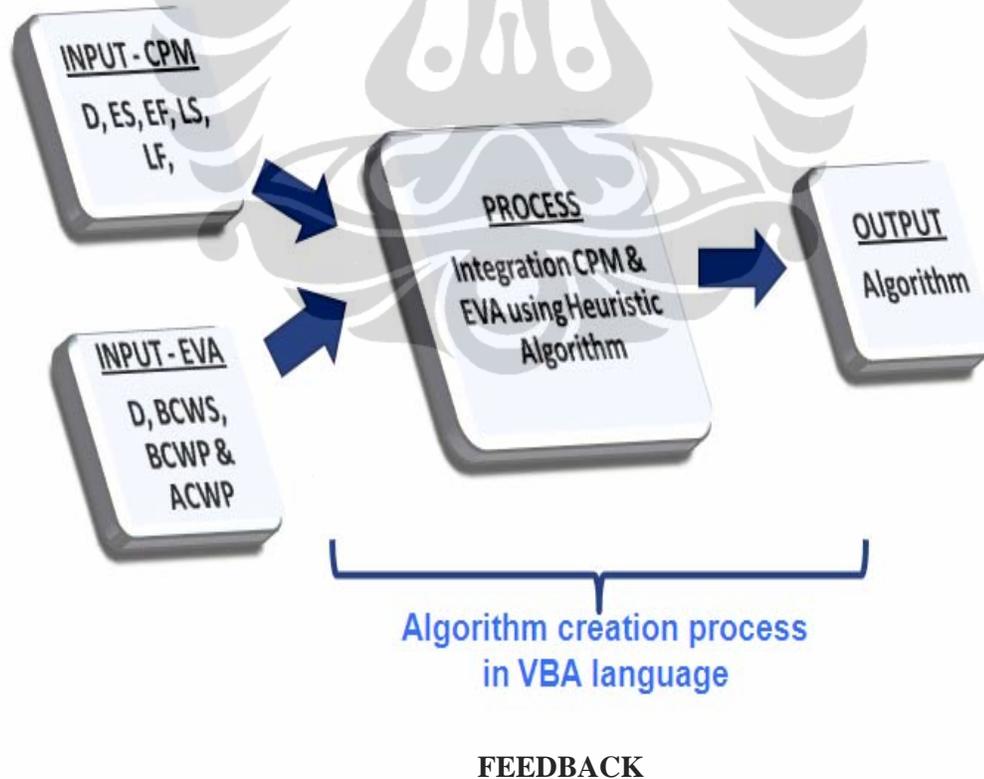
predecessor. Node-node yang tidak mempunyai anak sering disebut dengan nama node “daun” yang menunjukkan akhir dari suatu pencarian, dapat berupa tujuan yang diharapkan (goal) atau jalan buntu (dead end).

2. Graf (*graph*) : graf berarah dan graf tidak berarah

Graf terdiri dari *node-node* yang menunjukkan keadaan awal dan keadaan baru yang akan dicapai dengan penjadwalan secara mundur bertujuan untuk menarik semua aktifitas sesuai ketentuan mengacu kepada waktu mulai terlama (*Late Start Time*).

2.4. Pemodelan

Penelitian ini menggunakan pemodelan untuk memperoleh penjadwalan dan pembiayaan proyek secara progresif dan aktual menggunakan teknik CPM yang diintegrasikan dengan EVA. Model tersebut disusun dalam bentuk algoritma heuristic yang terlihat dari adanya beberapa parameter yang diumpan balik ke input. Secara garis besar model yang digunakan dalam penelitian ini disusun menurut tahapan berikut:



Gambar 2.14 Gambaran pemodelan secara umum

2.4.1 Model CPM dan EVA

Critical Path Method (CPM) dan PERT sebagai teknik yang paling umum digunakan dalam manajemen proyek, digunakan sebagai model untuk perhitungan penjadwalan. *Earned Value Analysis* (EVA) yang diketahui sebagai teknik perumusan biaya baik sejak penghitungan anggaran hingga aktual kemudian diintegrasikan dengan model CPM.

Adapun input dan model yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan di bawah ini:

2.4.2 Input Model

Suatu masukan yang akan mempengaruhi jalannya suatu model disebut dengan input. Input dapat berupa angka ataupun parameter seperti dalam penelitian ini adalah durasi (waktu).

a. CPM

Penentuan Waktu

Tahapan ini adalah menentukan waktu masing-masing aktivitas, dan menganalisis seluruh diagram *network* untuk menentukan waktu terjadinya masing-masing kejadian (*event*). Dalam mengestimasi dan menganalisis waktu ini, akan kita dapatkan satu atau beberapa lintasan tertentu dari kegiatan-kegiatan pada *network* tersebut yang menentukan jangka waktu penyelesaian seluruh proyek. Lintasan ini disebut lintasan kritis. Di samping lintasan kritis ini terdapat lintasan-lintasan lain yang mempunyai jangka waktu yang lebih pendek daripada lintasan kritis. Dengan demikian, maka lintasan yang tidak kritis ini mempunyai waktu untuk bisa terlambat yang dinamakan *float*.

Float memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah *network* dan ini dipakai pada waktu penggunaan *network* dalam praktek atau digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan, dan tenaga kerja. *Float* ini terbagi atas dua jenis, yaitu *total float* dan *free float*.

Untuk memudahkan perhitungan waktu digunakan notasi-notasi sebagai berikut:

TE : *earliest event occurrence time*, yaitu saat tercepat terjadinya kejadian atau *event*.

TL : *latest event occurrence time*, yaitu saat paling lambat terjadinya kejadian.

- ES : *earliest activity start time*, yaitu saat tercepat dimulainya kegiatan atau aktifitas.
- EF : *earliest activity finish time*, yaitu saat tercepat diselesaikannya kegiatan.
- LS : *latest activity start time*, yaitu saat paling lambat dimulainya kegiatan.
- LF : *latest activity finish time*, yaitu saat paling lambat diselesaikannya kegiatan.
- t : *activity duration time*, yaitu waktu yang diperlukan untuk suatu kegiatan (biasanya dinyatakan dalam hari).
- S : *total slack/total float*.
- SF : *free slack/free float*.

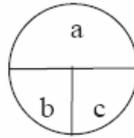
Asumsi dan cara perhitungan waktu

Dalam melakukan perhitungan penentuan waktu ini digunakan tiga buah asumsi dasar, yaitu sebagai berikut.

- a. Proyek hanya memiliki satu *initial event* dan satu *terminal event*.
- b. Saat tercepat terjadinya *initial event* adalah hari ke-nol
- c. Saat paling lambat terjadinya *terminal event* adalah $TL = TE$ untuk *event* ini.

Adapun perhitungan yang harus dilakukan terdiri atas dua cara, yaitu cara perhitungan maju (*forward computation*) dan perhitungan mundur (*backward computation*). Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju *terminal event* maksudnya ialah menghitung saat yang paling tercepat terjadinya *events* dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TE, ES dan EF).

Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari *terminal event* menuju ke *initial event*. Tujuannya ialah untuk menghitung saat paling lambat terjadinya *events* dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS, dan LF). Dengan selesainya kedua perhitungan ini, barulah *float* dapat dihitung. Untuk melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur ini, lingkaran kejadian (*event*) dibagi atas tiga bagian seperti pada gambar berikut:.



Gambar 2.15 Lingkaran kejadian

Keterangan :

a = ruang untuk nomor *event*

b = ruang untuk menunjukkan saat paling cepat terjadinya *event* (TE), yang merupakan hasil perhitungan maju.

c = ruang untuk menunjukkan saat paling lambat terjadinya *event* (TL), yang merupakan hasil perhitungan mundur.

Perhitungan maju

Ada tiga langkah yang harus dilakukan pada perhitungan maju, yaitu:

- Saat tercepat terjadinya *initial event* ditentukan pada hari ke nol sehingga untuk *initial event* berlaku $TE=0$ (Asumsi ini tidak benar untuk proyek yang berhubungan dengan proyek-proyek lain).
- Kalau *initial event* terjadi pada hari yang ke-nol, maka dapat di lihat pada gambar berikut



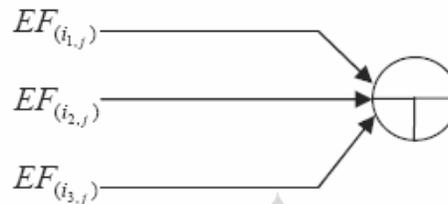
Gambar 2.16 Mulainya kejadian pada hari yang ke-nol

$$ES_{(i,j)} = TE_{(j)} = 0$$

$$EF_{(i,j)} = ES_{(i,j)} + t_{(i,j)}$$

$$= TE_{(i,j)} + t_{(i,j)}$$

- c. Event yang menggabungkan beberapa aktivitas (*merge event*), dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 2.17 Kejadian yang menggabungkan beberapa aktivitas

- d. Sebuah event hanya dapat terjadi jika aktivitas-aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan. Maka saat paling cepat terjadinya sebuah *event* sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas yang berakhir pada *event* tersebut.

$$TE_{(j)} = \max(EF_{(i_1,j)}, EF_{(i_2,j)}, \dots, EF_{(i_n,j)})$$

Perhitungan Mundur

Seperti halnya pada perhitungan maju, pada perhitungan mundur ini pun terdapat tiga langkah, yaitu sebagai berikut:

1. Pada *terminal event* berlaku $TL=TE$.
2. Saat paling lambat untuk memulai suatu aktivitas sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan *duration* aktivitas tersebut, dapat di lihat pada gambar berikut:



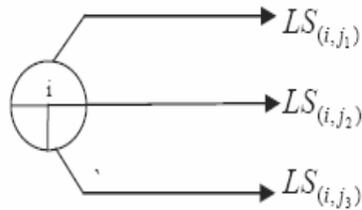
Gambar 2.18 Saat paling lambat untuk memulai dan saat paling lambat untuk menyelesaikan suatu aktivitas

$$LS = LF - t$$

$$LF_{(i,i)} = TL \text{ di mana } TL=TE, \text{ maka}$$

$$LS_{(i,j)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)}$$

3. Event yang “mengeluarkan” beberapa aktivitas (*burst event*), dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 2.19 Kejadian yang mengeluarkan beberapa aktivitas

Setiap aktivitas hanya dapat dimulai apabila *event* yang mendahuluinya telah terjadi. Oleh karena itu, saat paling lambat terjadinya sebuah *event* sama dengan nilai terkecil dari saat-saat paling lambat untuk memulai aktivitas-aktivitas yang berpangkal pada *event* tersebut.

$$TL_{(i)} = \min(LS_{(i,j_1)}, LS_{(i,j_2)}, \dots, LS_{(i,j_n)}).$$

Lintasan Kritis

Dalam mengestimasi dan menganalisis waktu, akan di dapatkan satu atau beberapa lintasan tertentu dari kegiatan-kegiatan pada *network* tersebut yang menentukan jangka waktu penyelesaian seluruh proyek.

Lintasan kritis adalah jalur atau jalan yang dilintasi atau dilalui yang paling menentukan berhasil atau gagalnya suatu pekerjaan. Dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Untuk menentukan lintasan kritis diperlukan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Perhitungan Maju (*forward computation*).

Pada perhitungan maju, perhitungan bergerak mulai dari *initial event* menuju ke terminal *event*. Tujuannya ialah menghitung saat yang paling cepat terjadinya *event* dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TE, ES, dan EF).

- b. Perhitungan Mundur (*backward computation*).

Pada perhitungan mundur, perhitungan bergerak dari terminal event

menuju ke initial *event*. Tujuannya ialah untuk menghitung saat paling lambat terjadinya *event* dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS, dan LF).

c. Perhitungan kelonggaran waktu (*float* atau *slack*)

Float memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja, ini dapat dipakai pada waktu penggunaan jaringan kerja dalam praktek dan memungkinkan digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan dan tenaga kerja. *Float* ini terbagi atas dua jenis yaitu *total float* dan *free float*.

Total Float (kelambanan suatu kegiatan) adalah jumlah waktu di mana waktu penyelesaian suatu kegiatan dapat diundur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Karena itu, *total float* dihitung dengan cara mencari selisih antara saat paling lambat dimulainya aktivitas dengan saat paling cepat dimulainya aktivitas.

Float memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada kegiatan (LS-ES), atau dapat pula dengan mencari selisih antara saat paling lambat diselesaikannya kegiatan dan saat paling cepat diselesaikannya kegiatan (LF-EF). Dalam hal ini cukup dipilih salah satu saja.

Jika akan menggunakan persamaan $S = LS - ES$, maka total float kegiatan (i,j) adalah $S(i,j) = LS(i,j) - ES(i,j)$. Dari perhitungan mundur diketahui bahwa $LS(i,j) = TL(i,j) - t(i,j)$, sedangkan dari perhitungan maju $ES(i,j) = TE(i)$. Maka $S(i,j) = TL(j) - t(i,j) - TE(i)$. Jika menggunakan persamaan $S = LF - EF$, maka total float kegiatan (i,j) adalah $S(i,j) = LF(i,j) - EF(i,j)$. Dari perhitungan maju diketahui bahwa $EF(i,j) = TE(i,j) + t(i,j)$, sedangkan dari perhitungan mundur $LF(i,j) = TL(i,j)$, maka $S(i,j) = TL(j) - TE(i) - t(i,j)$.

Free float adalah jumlah waktu dimana penyelesaian suatu kegiatan dapat diukur tanpa mempengaruhi saat paling cepat dimulainya kegiatan yang lain atau saat paling cepat terjadinya kejadian lain pada jaringan kerja. *Free float* kegiatan (i,j) dihitung dengan cara mencari selisih antara saat tercepat terjadinya kejadian diujung kegiatan dengan saat tercepat diselesaikannya kegiatan (i,j) tersebut. Atau $SF(i,j) = TE(i,j) - EF(i,j)$. Dari perhitungan maju diperoleh $EF(i,j) = TE(i) + t(i,j)$, maka $SF(i,j) = TE(j) - TE(i) - t(i,j)$. *Free Float* ini yang sering digunakan untuk mengetahui

waktu penyelesaian yang proper sesuai dengan kebutuhan, target maupun jenis pekerjaannya.

b.EVA

Elemen dasar yang dibutuhkan untuk Earned Value Analysis seperti pada grafik di atas adalah:

1. *Budgeted Cost for Work Scheduled (BCWS)* atau *Present Value (PV)* merupakan anggaran biaya yang dialokasikan berdasarkan rencana kerja yang telah disusun terhadap waktu. BCWS dihitung dari akumulasi anggaran biaya yang direncanakan untuk pekerjaan dalam periode waktu tertentu. BCWS pada akhir proyek (penyelesaian 100 %) disebut Budget at Completion (BAC). BCWS juga menjadi tolak ukur kinerja waktu dari pelaksanaan proyek. BCWS merefleksikan penyerapan biaya rencana secara kumulatif untuk setiap paket-paket pekerjaan berdasarkan urutannya sesuai jadwal yang direncanakan.
2. *Actual Cost for Work Performed (ACWP)* adalah representasi dari keseluruhan pengeluaran yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam periode tertentu. ACWP dapat berupa kumulatif hingga periode perhitungan kinerja atau jumlah biaya pengeluaran dalam periode waktu tertentu.
3. *Budgeted Cost for Work Performed (BCWP)* atau *Earned Value (EV)* adalah nilai yang diterima dari penyelesaian pekerjaan selama periode waktu tertentu. BCWP inilah yang disebut *earned value*. BCWP ini dihitung berdasarkan akumulasi dari pekerjaan-pekerjaan yang telah diselesaikan. Ada beberapa cara untuk menghitung BCWP diantaranya adalah: *Fixed formula, Milestone weights, Milestone weights with percent complete, Unit complete, Percent complete, Level of effort*.
4. **Cost Variance (CV)** Cost variance merupakan selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan paket-paket pekerjaan dengan biaya aktual yang terjadi selama pelaksanaan proyek. Cost variance positif menunjukkan bahwa nilai paket-paket pekerjaan yang diperoleh lebih

besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk mengerjakan paket-paket pekerjaan tersebut. Sebaliknya nilai negatif menunjukkan bahwa nilai paket-paket pekerjaan yang diselesaikan lebih rendah dibandingkan dengan biaya yang sudah dikeluarkan.

$$CV = BCWP - ACWP \dots\dots\dots (1)$$

5. Schedule Variance (SV)

Schedule variance digunakan untuk menghitung penyimpangan antara BCWS dengan BCWP. Nilai positif menunjukkan bahwa paket-paket pekerjaan proyek yang terlaksana lebih banyak dibanding rencana. Sebaliknya nilai negatif menunjukkan kinerja pekerjaan yang buruk karena paket-paket pekerjaan yang terlaksana lebih sedikit dari jadwal yang direncanakan.

$$SV = BCWP - BCWS \dots\dots\dots (2)$$

6. Cost Performance Index (CPI)

- a. Faktor efisiensi biaya yang telah dikeluarkan dapat diperlihatkan dengan membandingkan nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan biaya yang telah dikeluarkan dalam periode yang sama (ACWP).

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \dots\dots\dots (3)$$

- b. Nilai CPI ini menunjukkan bobot nilai yang diperoleh (relatif terhadap nilai proyek keseluruhan) terhadap biaya yang dikeluarkan. CPI kurang dari 1 menunjukkan kinerja biaya yang buruk, karena biaya yang dikeluarkan (ACWP) lebih besar dibandingkan dengan nilai yang didapat (BCWP) atau dengan kata lain terjadi pemborosan.

7. Schedule Performance Index (SPI)

- a. Faktor efisiensi kinerja dalam menyelesaikan pekerjaan dapat diperlihatkan oleh perbandingan antara nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan rencana pengeluaran biaya yang dikeluarkan berdasar rencana pekerjaan (BCWS).

$$PI = \frac{BCWP}{BCWS} \dots\dots\dots (4)$$

- b. Nilai SPI menunjukkan seberapa besar pekerjaan yang mampu diselesaikan (relatif terhadap proyek keseluruhan) terhadap satuan pekerjaan yang direncanakan. Nilai SPI kurang dari 1 menunjukkan bahwa kinerja pekerjaan tidak sesuai dengan yang diharapkan karena tidak mampu mencapai target pekerjaan yang sudah direncanakan.

8. Prediksi Biaya Penyelesaian Akhir Proyek/Estimate at Completion (EAC)

- a. Pentingnya menghitung CPI dan SPI adalah untuk memprediksi secara statistik biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Ada banyak metode dalam memprediksi biaya penyelesaian proyek (EAC). Namun perhitungan EAC dengan SPI dan CPI lebih mudah dan cepat penggunaannya. Ada beberapa rumus perhitungan EAC, salah satunya adalah sebagai berikut :

$$EAC = ACWP + \frac{(BAC - ACWP)}{CPI \times SPI} \dots\dots\dots (5)$$

- b. Perhitungan EAC merupakan penjumlahan biaya aktual yang sudah dikeluarkan dan sisa biaya yang akan dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Sisa biaya yang akan dibutuhkan diprediksi secara statistik dengan memperhitungkan efektifitas penggunaan biaya (CPI) dan kinerja pekerjaan terhadap rencana (SPI). Dari nilai EAC dapat diperoleh perkiraan selisih antara biaya rencana

penyelesaian proyek (BAC) dengan biaya penyelesaian proyek berdasarkan kinerja pekerjaan yang telah dicapai (EAC) atau yang disebut variance at completion (VAC).

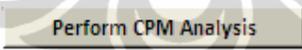
$$VAC = BAC - EAC \dots\dots\dots (6)$$

- c. Indikator CPI dan SPI lebih sering digunakan untuk penilaian kinerja proyek dibanding SV dan CV. Nilai CPI dan SPI merupakan bobot nilai yang tidak memiliki dimensi sehingga dapat dilakukan perbandingan antara kinerja proyek satu dengan lainnya. Selain itu nilai SPI dan CPI memberikan perbandingan relatif terhadap BCWS.

2.4.3 Penyelesaian Model

Kedua model CPM dan EVA di atas kemudian diselesaikan dengan cara diintegrasikan dan disusun kedalam suatu bentuk algoritma. Pada penelitian ini digunakan metode algoritma heuristik dengan teknik backward/backtrack. Adapun penyusunan algoritma tersebut diurutkan tahapannya sebagai berikut:

1. Inisiasi : memasukkan waktu tiap *milestone* dan menentukan jumlah node
2. Mutasi : konversi beberapa node terpilih menjadi jalur kritis dan replikasi
3. Iterasi : iterasi jumlah node $I \leq N$

Selanjutnya tekan tombol  untuk menampilkan hasil CPM jadwal dan *milestone (node)*

4. Terminasi : masukkan parameter penghitungan nilai-nilai EVA

Selanjutnya tekan tombol  untuk menampilkan nilai-nilai biaya yang langsung diikuti dengan tampilnya kurva-S

2.4.4 Output Model

Setelah program dijalankan menggunakan VBA, output yang diperoleh adalah Kurva-S yang menyajikan posisi progresif waktu (durasi) serta biaya-biaya terkait.

BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai hasil kegiatan pengumpulan data dan proses pengolahan data yang dilakukan.

3.1 Profil Perusahaan

PT. Transavia Otomasi Pratama (TOP), mengkhususkan diri dalam bisnis penyediaan sistem otomasi industri sistem. Didirikan pada tahun 1997, TOP ditunjuk sebagai distributor resmi untuk pemegang merek Rockwell Automation di Indonesia. Berkantor pusat di daerah Kuningan Jakarta Selatan dan memiliki 3 kantor cabang di Duri-Riau, Surabaya-Jawa Timur, Balikpapan-Kalimantan Timur serta satu workshop di daerah Slipi-Jakarta Barat. Perusahaan ini bersertifikasi ISO 9001:2008. Solusi otomatisasi industri yang disediakan perusahaan ini berupa barang, jasa, *Project Design and Implementation System* khusus di bidang *Control & Automation* seperti pengendalian otomatis mesin berbasis *Programmable Logic Control* (PLC), software control, *Human-Machine Interface* (HMI) hingga sistem *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA).

Penyediaan sistem otomatisasi seperti yang disebutkan di atas diperuntukkan bagi jenis-jenis industri seperti *Oil & Gas, Mining & Cement, Automotive Industry, Food & Beverage Industry, Entertainment Industry, Fibers & Textiles Industry, Infrastructure, Household, Personal Care & Chemicals Industry, Life Sciences, Material Handling & Logistics, Marine, Metals, Packaging, Printing & Publishing, Semiconductor & Electronics, Tire & Rubber, Water and Wastewater.*

Adapun **kebijakan mutu perusahaan** adalah “Kami selalu berusaha untuk berkembang sebagai komitmen kami kepada pemilik saham, supplier dan karyawan yang loyal dan berdedikasi. Kami selalu berusaha bekerja secara sempurna dengan mengirim produk dan sistem yang berkualitas tinggi tepat waktu dan senantiasa meningkatkan pelayanan untuk memenuhi kepuasan pelanggan yang termotivasi dan professional.”

Sedangkan **sasaran mutu perusahaan** adalah:

1. Peningkatan *profit*

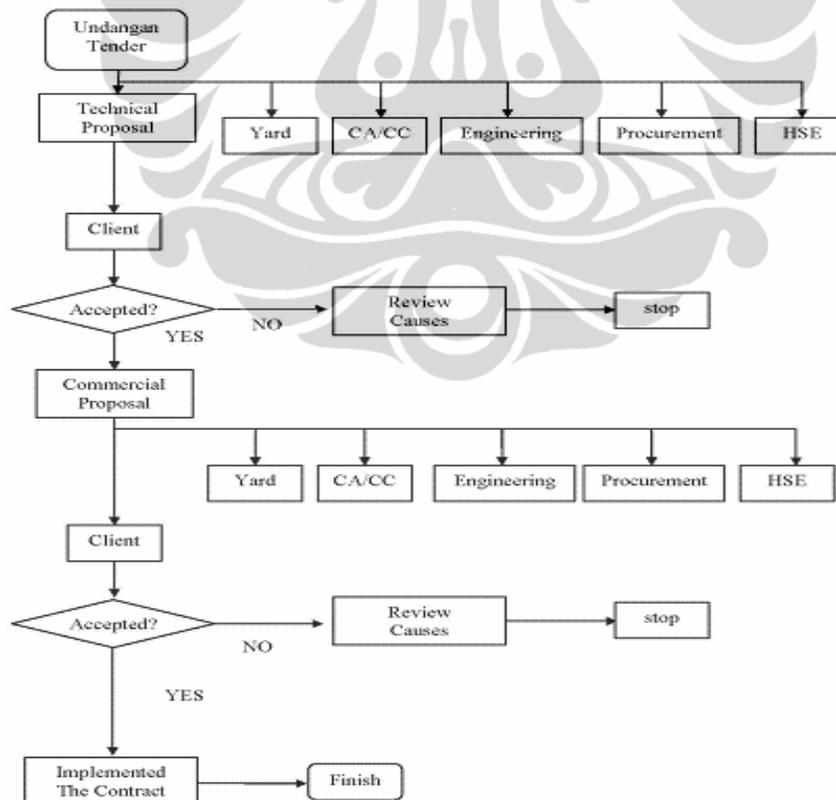
2. Ketepatan Pengiriman
3. Kepuasan Pelanggan
4. Meningkatkan jumlah *improvement*

3.2 Proyek Otomatisasi di Industri Oil & Gas

Pengadaan proyek otomatisasi di industri perminyakan dan gas bumi terbilang menjadi fokus perusahaan (TOP) terbilang lima tahun belakangan ini, disebabkan sektor ini dipandang sebagai industri yang rentan terhadap krisis sehingga mendatangkan *revenue* dan *profit* yang cukup menjanjikan bagi perusahaan pengadaan solusi seperti TOP. Oleh karena itu penelitian ini difokuskan pada sektor tersebut.

3.2.1 Pelelangan (Tender)

Pada perusahaan perminyakan dan gas bumi (selanjutnya disebut Perusahaan), pembelian atau pengadaan barang, jasa atau sistem harus dilakukan dengan mekanisme pelelangan.



Grafik 3.1 Diagram Alir tinjauan tender dan kontrak

Prinsipnya, pelelangan adalah proses dimana Perusahaan memilih *vendor* penyedia barang, jasa dan sistem (selanjutnya disebut Kontraktor). Proses pelelangan ini sepenuhnya diawasi oleh BP MIGAS (Badan Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi) sejak dari pengajuan anggaran, proses Pra-Kualifikasi (PQ) atau seleksi Kontraktor peserta lelang, keputusan pemenang lelang, pelaksanaan hingga penyelesaian proyek.

Diagram alir diatas menggambarkan proses pelelangan umum di perusahaan minyak dan gas bumi sesuai peraturan BP Migas. Penanganan pelelangan di Perusahaan ditangani oleh pihak *Procurement/SCM* (Supply Chain Management). Departemen *Procurement* memberikan gambaran mengenai aspek permintaan penawaran harga material dari beberapa vendor, serta estimasi jadwal pengiriman jadwal sesuai dengan *Bid of Material* yang dikeluarkan oleh *Engineering*. Keterlibatan *Procurement* tidak hanya pada saat proyek di mulai tapi jauh hari yaitu ketika dokumen lelang diterima oleh *bidding committee* dari pihak pengguna (user). Dokumen tersebut berisikan deskripsi proyek, syarat-syarat pekerjaan, lingkup pekerjaan, spesifikasi teknik, jadwal, dan dokumen penunjang lainnya. Setelah dokumen lelang diterima *Procurement*, selanjutnya diserahkan kepada *bidding committee* untuk dipelajari dan melakukan persiapan pembuatan proposal teknis. Dalam hal ini diperlukan masukan dari masing-masing departemen terkait baik itu CA/CC departemen, Engineering departemen, Procurement department, QA departemen, Yard departemen, HSE departemen (nama department dapat berbeda-beda di tiap Perusahaan). Apabila klien menilai bahwa Technical Proposal sudah layak dan dinyatakan lulus, maka klien mengirim berita untuk mengikuti tahapan berikutnya yaitu *commercial proposal*. Dalam hal ini *procurement manager* memperkirakan biaya-biaya material berdasarkan penawaran-penawaran *vendor* sesuai *vendor list*, transportasi dan biaya administrasi import (*costume clereance*). Setelah dinyatakan lulus maka kontrak ditandatangani oleh kedua belah pihak. Kemudian diserahkan kepada *operation director* untuk ditindaklanjuti.

Beberapa aspek yang membedakan proyek-proyek di industry perminyakan dan gas bumi dengan industry lain adalah adanya kebutuhan akan hal-hal berikut:

3.2.1.1 *Health Safety Environment (HSE)*

Definisi tentang HSE atau dalam bahasa Indonesianya dikenal dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah seperti yang dirumuskan oleh *ILO/WHO Joint safety and Health Committee* yaitu kegiatan promosi dan pemeliharaan yang tertinggi untuk fisik, mental dan kesejahteraan sosial untuk semua jenis pekerjaan; tindakan pencegahan atas menurunnya kesehatan yang disebabkan kondisi tempat kerja; perlindungan terhadap pekerja dari resiko pekerjaan yang dapat merugikan kesehatannya; penempatan dan pemeliharaan pekerja dalam lingkungan kerjanya yang disesuaikan dengan peralatan baik secara fisiologis dan psikologis dan untuk merangkum penerapan pekerjaan untuk manusia dan setiap manusia untuk pekerjaannya.

HSE yang diterapkan beberapa Perusahaan kepada para Kontraktor dikenal juga dengan Contractor Safety Management System (CSMS), yaitu suatu sistem manajemen K3 yang diterapkan kepada Kontraktor meliputi beberapa elemen K3 yang sesuai dengan standar yang diacu (ISRS, ANSI, OHSAS, dll). CSMS sebagai bahan pertimbangan awal oleh Perusahaan untuk menilai kinerja Kontraktor yang akan diterimanya. Perusahaan wajib menerapkan CSMS untuk:

1. Syarat untuk dapat lolos prakualifikasi di beberapa Perusahaan *Oil & Gas*
2. Meningkatkan Profit perusahaan.
3. Mengurangi angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja.
4. Membangun citra positif perusahaan

Waktu dimana Perusahaan wajib menerapkan CSMS adalah saat:

1. Tahap Pra-Kualifikasi
 - 1.1. Penilaian Resiko
 - 1.2. Pra-kualifikasi
 - 1.3. Pemilihan
2. Tahap Pelaksanaan
 - 2.1. Aktivitas awal pekerjaan
 - 2.2. Pada saat pekerjaan berlangsung
 - 2.3. Evaluasi akhir

Sedangkan penilaian resiko didasarkan pada:

1. Menilai dan menakar resiko aktivitas pekerjaan yang akan dikontrakkan.

2. Mengkategorikan resiko dengan kategori rendah, menengah dan tinggi.

HSE ini tidak hanya selesai saat tahap Kualifikasi saja , jika nanti Kontraktor dinyatakan sebagai pemenang lelang, maka Kontraktor tetap diawasi dalam melaksanakan pekerjaannya, aktifitas monitoring tersebut adalah:

3.2.1.2 Administrasi

Saat pelelangan dimulai, dokumen-dokumen diajukan antara lain adalah:

1. Surat Penunjukan Keagenan merek suatu produk atau sistem
2. Surat-surat Perijinan Perusahaan seperti SIUP, STDP, NPWP, Bukti Bayar Pajak, Akta Perusahaan, SKT Migas dan lain-lain.
3. *Bid Bond* atau Jaminan Penawaran; yaitu surat jaminan dari pihak Bank atau perusahaan asuransi yang menjamin Kontraktor sehubungan dengan pekerjaan pada lelang yang diikuti tersebut. Besarnya jaminan yang ditetapkan Perusahaan adalah 1-3% dari nilai penawaran harga Kontraktor. Masa berlaku surat jaminan ini biasanya adalah 3 bulan (tergantung jenis dan lamanya proses pelelangan di Perusahaan tersebut)
4. Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) yaitu besarnya kandungan dalam negeri untuk barang, jasa maupun gabungan keduanya pada proyek yang ditawarkan Kontraktor.
5. Dokumen-dokumen terkait lainnya

3.2.2 Pelaksanaan Proyek

Jika Kontraktor ditunjuk sebagai pemenang lelang, maka hal yang harus dilakukan adalah:

3.2.2.1 HSE dan Administrasi

HSE merupakan poin yang dipantau terus menerus dari proses pelelangan hingga proyek selesai. Kontraktor tetap diawasi dalam melaksanakan pekerjaan proyeknya dan harus sesuai dengan standar HSE Perusahaan yang sudah ditetapkan. Adapun aktifitas *HSE monitoring* tersebut adalah pada fasa:

1. Awal pekerjaan :
 - 1.1. Langkah untuk membuka komunikasi awal antara petugas lapangan kontraktor dan petugas lapangan perusahaan minyak dan tambang
 - 1.2. Pre job activity meeting di *office*

- 1.3. Pre job a activity meeting di *site*
- 1.4. Rencana Kerja (work plan)
- 1.5. Review Potential Hazards and Safety Aspect
- 1.6. Emergency Response Plan and Procedure
- 1.7. Pre Job safety Meeting – site
- 1.8. Orientasi Lapangan
- 1.9. Finalization All Safety Requirement
- 1.10 Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja
2. Pada Saat Pekerjaan Berlangsung :
 - 2.1. Inspeksi Keselamatan Kerja (Safety Inspection)
 - 2.2. Program Keselamatan Kerja (Safety Program)
 - 2.2.1. Safety Meeting
 - 2.2.2. Safety Inspection
 - 2.2.3. Safety Promotion
 - 2.2.4. Safety Communication
 - 2.2.5. Emergency Drills and Exercise
 - 2.2.6. Incident Investigation
3. Evaluasi Akhir :
 - 3.1. Adalah langkah penilaian kinerja K3 kontraktor selama pra-kualifikasi dan Pekerjaan Berlangsung.
 - 3.2. Hasil evaluasi akan disimpan di Data Bank, menjadi bahan pertimbangan apakah kontraktor tersebut layak untuk mendapat pekerjaan yang akan datang
 - 3.3. Kinerja Keselamatan Kerja
 - 3.4. Safe working hours
 - 3.5. Frekuensi rate & Severity rate
 - 3.6. Masalah-masalah Keselamatan Kerja
 - 3.7. Laporan Kecelakaan, kerusakan, kejadian, nyaris celaka dan anomaly.
 - 3.8. Pelatihan yang diadakan.

Mengingat aspek HSE menjadi poin yang sangat penting, menyebabkan penanganan proyek di sektor Oil & Gas menjadi *specific* baik di sisi penanganan maupun biaya yang akan dikeluarkan.

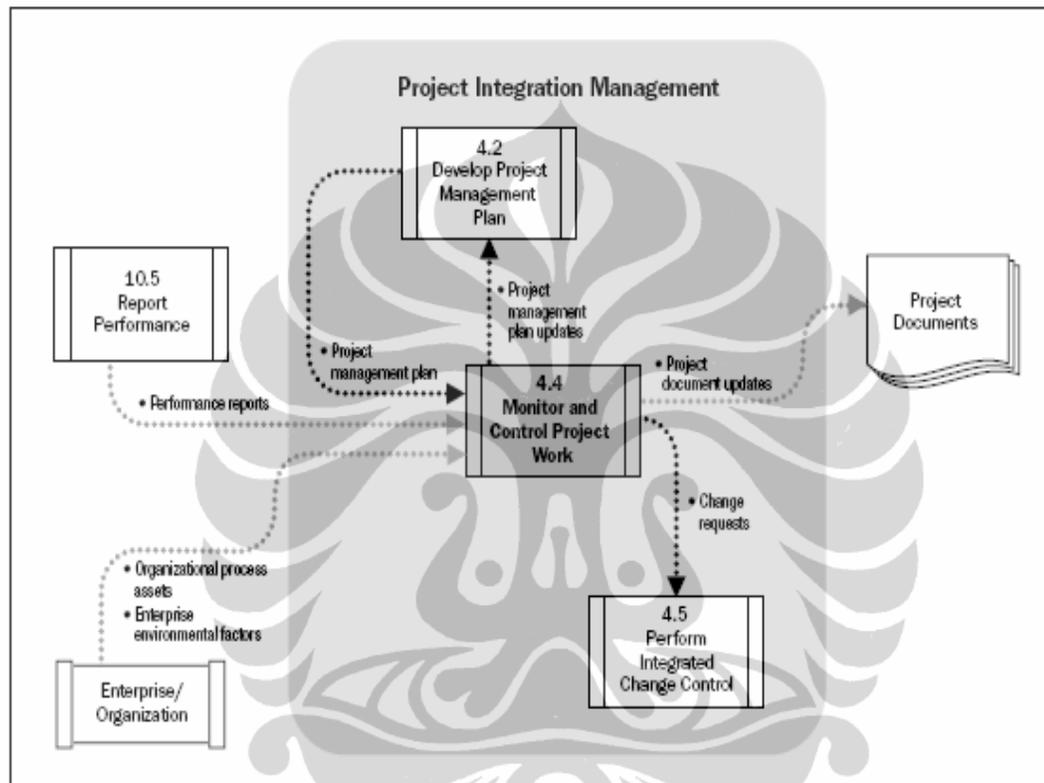
Sedangkan dari sisi administrasi, dokumen-dokumen yang harus dilengkapi adalah:

1. Performance Bond atau jaminan pekerjaan proyek; yaitu surat jaminan dari pihak Bank atau perusahaan asuransi yang menjamin pekerjaan Kontraktor sehubungan dengan lelang proyek yang dimenangkan oleh pihak Kontraktor. Besarnya jaminan yang ditetapkan Perusahaan adalah 5% dari nilai kontrak. Masa berlaku surat jaminan ini biasanya 1 tahun (tergantung jenis dan lamanya pekerjaan proyek tersebut).
2. Sertifikat training *safety* terhadap semua *personnel* yang akan ditugaskan ke *site* Perusahaan. Untuk ke *Off shore* dibutuhkan sertifikasi *Helicopter Under Water Escape* (HUET), *Sea survival*, *First Aid* dan *Fire Fighting* sertifikat training. Sedangkan untuk *On shore* biasanya dibutuhkan *First Aid* dan *Fire Fighting* sertifikat training saja. Sertifikat training ini berlaku selama 3 tahun dan harus dilakukan pelatihan ulang untuk mendapat sertifikat yang baru untuk setiap *personnel*.
3. Medical Check Up (MCU). Setiap *personnel* secara *mandatory* harus diperiksa fisiknya sebelum berangkat ke *site*. Hasil pemeriksaan MCU ini harus dikirimkan ke Dokter Perusahaan untuk di evaluasi. Setelah ada konfirmasi dari Dokter Perusahaan yang menyatakan *fit to work*, barulah *personnel* yang bersangkutan diperkenankan berangkat ke *site*.
4. Asuransi terhadap barang dan *personnel* yang akan bekerja di lapangan milik Perusahaan. Selain itu ada juga asuransi *Comprehensive General Liability* (CGL) yang berfungsi agar kontraktor tetap dapat mengerjakan proyek tepat waktu dan sesuai kontrak dan terhindar dari masalah cederanya karyawan kontraktor selama pekerjaan, tuntutan karyawan atau adanya tuntutan dari pihak ketiga yang merasa dirugikan baik cedera badan (*Bodily Injury*) maupun *Property Damage* (kerusakan harta benda). Nilai asuransi CGL ini cukup bervariasi dari 5-8% dari nilai kontrak.

Kemudian ada hal lain yang harus diperhitungkan sebagai resiko saat pengerjaan proyek, yaitu perihal *penalty*. *Penalti* adalah pemotongan nilai kontrak akibat adanya keterlambatan pengiriman dari pihak Kontraktor. Besarnya *penalti* ini biasanya 1-2% per hari keterlambatan dan maksimum 5%.

3.2.2.2 Pemantauan dan Pengendalian Proyek

Pemantauan dan pengendalian pelaksanaan proyek dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui laju pelaksanaan pekerjaan, sehingga penyimpangan-penyimpangan yang terjadi dapat dengan cepat diketahui dan dapat dilakukan langkah-langkah penanganan yang sesuai.



Gambar 3.2 Diagram Aliran Data Pemantauan dan Pengendalian Kerja Proyek (PM BOK Guide 4th Edition)

Sesuai gambar 3.2 di atas dapat kita lihat bahwa penyediaan laporan kinerja proyek merupakan bagian dari monitor dan pengawasan proyek. Sehingga dengan adanya laporan kinerja, dapat dilakukan perencanaan selanjutnya oleh manajemen untuk pengambilan keputusan atas kelanjutan proyek tersebut.

Dalam pelaksanaan pengadaan laporan kinerja tersebut diperlukan teknik-teknik, metode dan bahkan alat bantu yang dapat mempermudah dalam pelaksanaannya baik berupa tabel, grafik ataupun program aplikasi. Alat Bantu yang dipergunakan dalam pelaksanaan pemantauan dan pengendalian pelaksanaan proyek konstruksi harus mudah dipergunakan, mudah dibaca dan aplikatif. Untuk

itu, dalam penelitian ini dibuatlah suatu algoritma yang dapat menyediakan informasi perihal kinerja, level pencapaian pekerjaan, jadwal serta informasi biaya terkini atau *progressif*, yang selalu dibandingkan dengan anggaran. Adapun metode pendekatan yang dipergunakan dalam pembuatan algoritma ini adalah dengan menggunakan metode algoritma *heuristic Backward* yang di kembangkan dari konsep CPM dan *Earned Value*.

3.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini pengumpulan data diperoleh dari data sekunder yang berasal dari 2 proyek yang sudah berjalan. Data *existing* nya dapat dilihat pada Lampiran 1-1.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Perhitungan *Critical Path Methods* (CPM)

CPM dan PERT merupakan teknik yang paling umum dipakai untuk penjadwalan dan pengawasan proyek khususnya di bidang industri konstruksi (Ahuja & Thiruvengadam, 2004). Perhitungan menggunakan CPM didahului dengan inisiasi parameter di bawah ini:

- ES : *earliest activity start time*, yaitu saat tercepat dimulainya kegiatan atau Aktifitas (perhitungan maju atau *forward calculation*)
- EF : *earliest activity finish time*, yaitu saat tercepat diselesaikannya kegiatan (perhitungan maju atau *forward calculation*)
- LS : *latest activity start time*, yaitu saat paling lambat dimulainya kegiatan (perhitungan mundur atau *backward calculation*)
- LF : *latest activity finish time*, yaitu saat paling lambat diselesaikannya kegiatan (perhitungan mundur atau *backward calculation*)
- TF : *total float*.
- D : *duration* yaitu waktu yang diperlukan untuk suatu kegiatan (satuan hari)

Pada Proyek-1, mencari nilai ES dan EF (forward calculation) Aktifitas-1 adalah:

$$D_{(0)} = 1$$

ES(i,j) = 1; karena awal atau pada aktifitas ke-1

$$EF_{(i,j)} = D_{(i,j)} + ES_{(i,j)}$$

$$EF_{(0,1)} = 1 + 1 = 2$$

Mencari nilai ES dan EF pada Aktifitas-2 adalah:

$$D_{(1)} = 4$$

$$ES_{(1,2)} = \max. EF_{(1)} = 2$$

$$ES_{(1,2)} = \max. EF_{(1)} = 2$$

$$EF_{(1,2)} = D_{(1,2)} + ES_{(1,2)} = 4 + 2 = 6$$

Mencari nilai ES dan EF pada Aktifitas-3 adalah:

$$D_{(2)} = 4$$

$$ES_{(1,3)} = \max. EF_{(1)} = 2$$

$$EF_{(1,3)} = D_{(1,3)} + ES_{(1,3)} = 4 + 2 = 6$$

Pada Proyek-1, nilai LS dan LF (backward calculation) Aktifitas-3 adalah:

$$D_{(3)} = 4$$

$$LF_{(1,3)} = \min. LS_{(3)} = 16$$

$$LF_{(1,3)} = \min. LS_{(3)} = 16$$

$$LS_{(1,3)} = LF_{(3)} - D_{(3)}$$

$$LS_{(1,3)} = LF_{(3)} - D_{(3)} = 16 - 4 = 12$$

Mencari nilai LS dan LF pada Aktifitas-2 adalah:

$$D_{(2)} = 4$$

$$LF_{(1,2)} = \min. LS_{(2)} = 16$$

$$LS_{(1,2)} = LF_{(2)} - D_{(2)} = 16 - 4 = 12$$

Mencari nilai LS dan LF pada Aktifitas-1 adalah:

$$D_{(1)} = 1$$

$$LF_{(0,1)} = \min. LS_{(1)} = 12$$

$$LS_{(0,1)} = LF_{(1)} - D_{(1)} = 12 - 1 = 11$$

Keseluruhan perhitungan CPM dilakukan menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) sangat cocok untuk merepresentasikan ketidak pastian waktu dalam penelitian dan pengembangan proyek dalam *activity -on-node* (AON) *networks*, aktivitas disusun secara berurutan yang memperlihatkan

hubungan satu sama lain. PDM serta *Gantt Chart* nya terdapat pada Lampiran 1-2 dan Lampiran 1-3. Sedangkan rekapitulasi hasil perhitungan PDM adalah:

Tabel 3.2 Rekapitulasi Hasil Pengolahan CPM

Project : WEST SENO SIL-2 PLC COMPRESSOR
Client : CICO

Date : 20-10-2008
Amount : US\$.163,500

	TASK	DURATION	PREDECESSOR	ES	EF	LS	LF	TF
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	1		1	2	11	12	0
2	HSE, Insurance & Administration arrangement	4	1	2	6	12	16	0
	FUNCTIONAL DESIGN AND SPECIFICATION							
3	General Assembly / Equipment Layout	4	1,2	2	5	12	16	0
4	Major Equipment Selection	4	3	6	10	28	32	6
5	AC / DC Power Distribution	4	3	6	10	28	32	6
6	Primary Power Grounding	4	3	6	10	28	32	6
7	Wiring Schematic	7	2,3	6	13	16	23	0
8	Loop Diagram	7	7	13	20	23	30	0
9	Interconnection Diagram	7	7	13	20	25	32	0
10	Function Schedule	2	8	20	22	30	32	7
11	Simplified Logic Diagram	5	3	6	11	27	32	6
12	Hardware and Software Configuration	2	3	6	8	30	32	0
	APPROVAL							
13	Documents and drawings approval	3	3,4,5,6,7,8,9,10,1 1,12	22	25	32	35	0
	PROCUREMENT							
14	Major Equipment	30	13	25	55	25	55	25
15	HMI Hardware	15	13	25	40	40	55	25
16	Bulk Material	15	13	25	30	50	55	25
17	Enclosure & Accessories	20	13	25	45	35	55	25
	PROGRAMMING							
18	PLC Programming	15	13	25	40	40	55	25
19	Communication Configuration	10	13	25	35	45	55	25
20	MMI Development	15	13	25	40	40	55	0
	ASSEMBLING							
21	Panel Assembly, wiring & termination	3	14,15,16,17	55	58	55	58	0
	FACTORY ACCEPTANCE TEST							
22	Component Check	3	21	58	61	58	61	58
23	Hook Up and System Simulation	3	21	58	61	58	61	0
24	Functional Test	2	21	58	60	59	61	0
	PACKING							
25	Packing	2	22,23,24	61	63	61	63	0
	DELIVERY							
26	Transportation to company	1	25	63	64	63	64	64
	SITE INSTALLATION							
27	PLC panel	5	26	64	69	64	69	69
28	Communication component	10	26	79	89	79	89	79
29	Junction Box and cable control	15	26	64	79	64	79	0
	PRECOMMISSIONING							
30	Wiring Interconnection	10	27,28,29	69	79	69	79	79
31	Loop Check	5	30	79	84	79	84	84
32	Calibration Simulation	5	31	84	89	84	89	0
33	Functional Test	5	30,31,32	89	94	89	94	0
	COMMISSIONING							
34	Commissioning & Start-up	5	33	94	99	94	99	0
	DOCUMENTATION							
35	Composite System Manual	10	34	99	109	99	109	99
36	Equipments Specification	10	34	99	109	99	109	99
37	Operation and Engineering Detail	5	34	99	104	104	109	99
38	Vendor Data	10	34	99	109	99	109	99
39	Ladder / Logic Printout	10	34	99	109	99	109	99
40	As Built Documents	5	34	99	104	104	109	99
	TRAINING							
41	Operator Training (on-site)	4	34	99	103	105	109	0
			34,35,36,37,38,39					
42	PROJECT HANDOVER	1	,40,41	109	114	109	114	0

3.4.2 Perhitungan *Earned-Value Analysis* (EVA)

Earned Value Analysis (EVA) atau *Earned Value Management* (EVM) selama lebih dari 40 tahun ini digunakan untuk menentukan kemajuan jadwal dan biaya aktual dalam kaitannya dengan perencanaan proyek (Alvarado et al, 2004). EVA dalam konteks panduan pengukuran proyek diajukan sebagai pengujian cepat untuk *single project* proyek. Metode ini digunakan untuk membuat standar terhadap *Planned Value* (PV) pada kurva S, untuk mendapatkan informasi soal keadaan proyek terdahulu maupun yang sedang berjalan.

Perhitungan nilai-nilai EVA nya seperti teori pada Bab II adalah sebagai berikut:

1. *Budgeted Cost for Work Scheduled* (**BCWS**) atau *Present Value* (**PV**) dihitung dari akumulasi anggaran biaya yang direncanakan untuk pekerjaan dalam periode waktu tertentu. Di bawah ini adalah nilai BCWS atau PV yang diperoleh dari persentasi weight factor terhadap nilai Contract Price. Seperti pada contoh 3 aktifitas di tabel
- $$\text{BCWS} = \% \text{ work weight factor} \times \text{Nilai Kontrak}$$
- $$\text{BCWS Aktifitas-1} = 0.05 \quad \times \text{US\$163,500} = \text{US\$8,175.00}$$
- $$\text{BCWS Aktifitas-2} = 0.04 \quad \times \text{US\$163,500} = \text{US\$6,540.00}$$
- $$\text{BCWS Aktifitas-3} = 0.01 \quad \times \text{US\$163,500} = \text{US\$1,635.00}$$

Tabel 3.3 Contoh hasil perhitungan BCWS

Project: WEST SENO SIL-2 PLC COMPRESSOR Date : 20-10-2008
Client : CICO Amount : US\$.163,500

	TASK	DURATION	PLANNED WORK		RESOURCES	REMARKS
			WEIGHT FACTOR (%)	BCWS/PLANNED COST (US\$)		
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	1	0.05	8,175.00	2	
2	HSE, Insurance & Administration arrangement	4	0.04	6,540.00	2	
	FUNCTIONAL DESIGN AND SPECIFICATION			-		
3	General Assembly / Equipment Layout	4	0.01	1,635.00	1	

2. *Actual Cost for Work Performed* (**ACWP**) adalah representasi dari keseluruhan pengeluaran yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam periode tertentu. ACWP dapat berupa kumulatif hingga periode perhitungan kinerja atau jumlah biaya pengeluaran dalam periode waktu tertentu.

Tabel 3.4 Contoh hasil perhitungan ACWP

Project : WEST SENO SIL-2 PLC COMPRESSOR : 20-10-2008
 Client : CICO : US\$.163,500

	TASK	DURATION	ACWP/ACTUAL COST	REMARKS
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	1	8,175.00	
2	HSE, Insurance & Administration arrangement FUNCTIONAL DESIGN AND SPECIFICATION	4	6,540.00	
3	General Assembly / Equipment Layout	4	1,635.00	

3. **Budgeted Cost for Work Performed (BCWP)** atau *Earned Value (EV)* adalah nilai yang diterima dari penyelesaian pekerjaan selama periode waktu tertentu. BCWP inilah yang disebut *earned value*. BCWP ini dihitung berdasarkan akumulasi dari pekerjaan-pekerjaan yang telah diselesaikan. Ada beberapa cara untuk menghitung BCWP diantaranya adalah: *Fixed formula, Milestone weights, Milestone weights with percent complete, Unit complete, Percent complete, Level of effort*.

BCWP = % work weight factor x Nilai Kontrak

BCWP Aktifitas-1 = 0.05 x US\$163,500 = US\$408.75

BCWP Aktifitas-2 = 0.09 x US\$163,500 = US\$14,715.00

BCWP Aktifitas-3 = 0.1 x US\$163,500 = US\$16,635.00

Tabel 3.5 Contoh hasil perhitungan BCWP

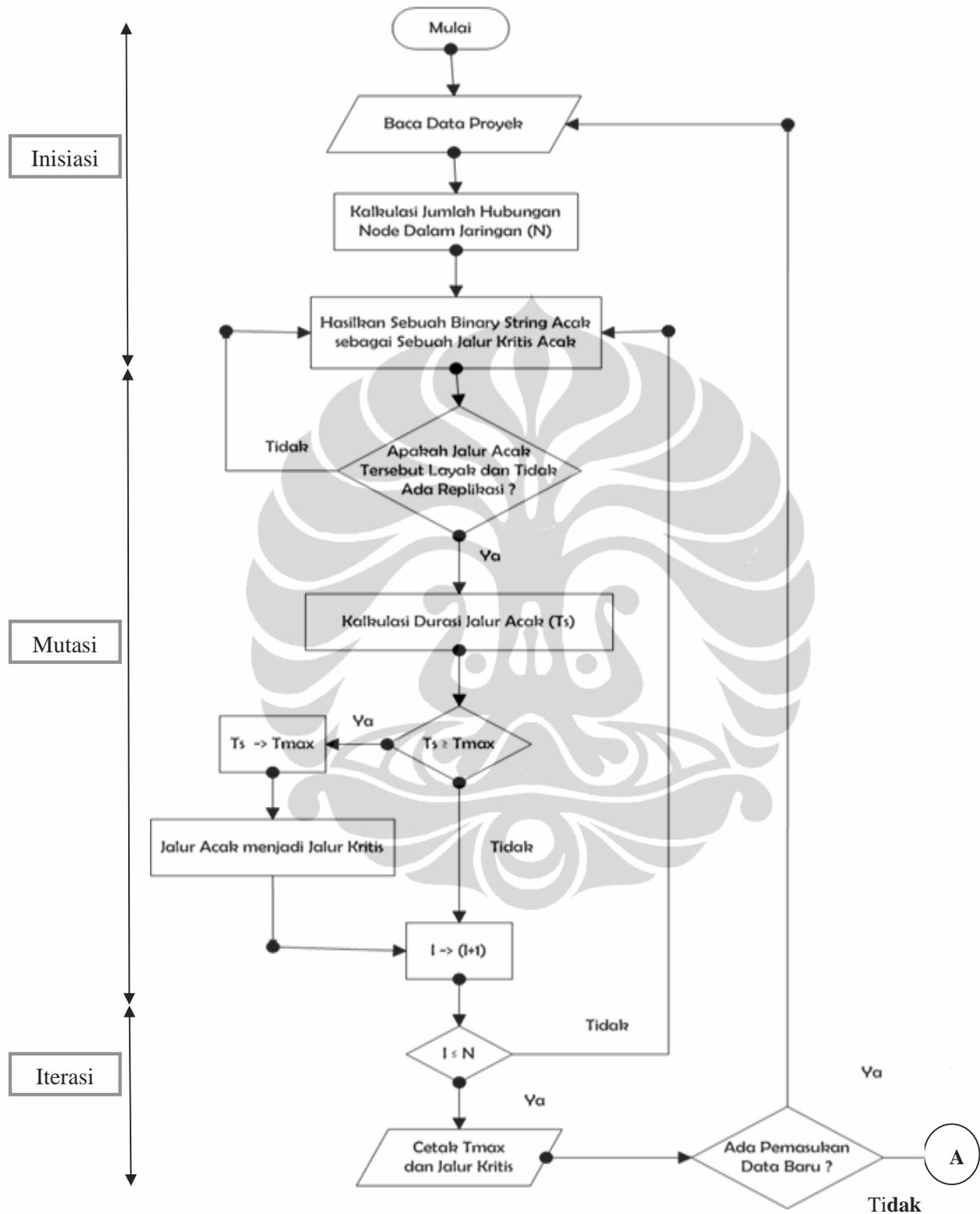
Project : WEST SENO SIL-2 PLC COMPRESSOR : 20-10-2008 : 20-10-2008
 Client : CICO : US\$.163,500 : US\$.163,500

	TASK	DURATION	BCWP WEIGHT FACTOR (00%)	BCWP/RECEIVED COST	REMARKS
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	1	0.05	408.75	
2	HSE, Insurance & Administration arrangement FUNCTIONAL DESIGN AND SPECIFICATION	4	0.09	14,715.00	
3	General Assembly / Equipment Layout	4	0.1	16,350.00	

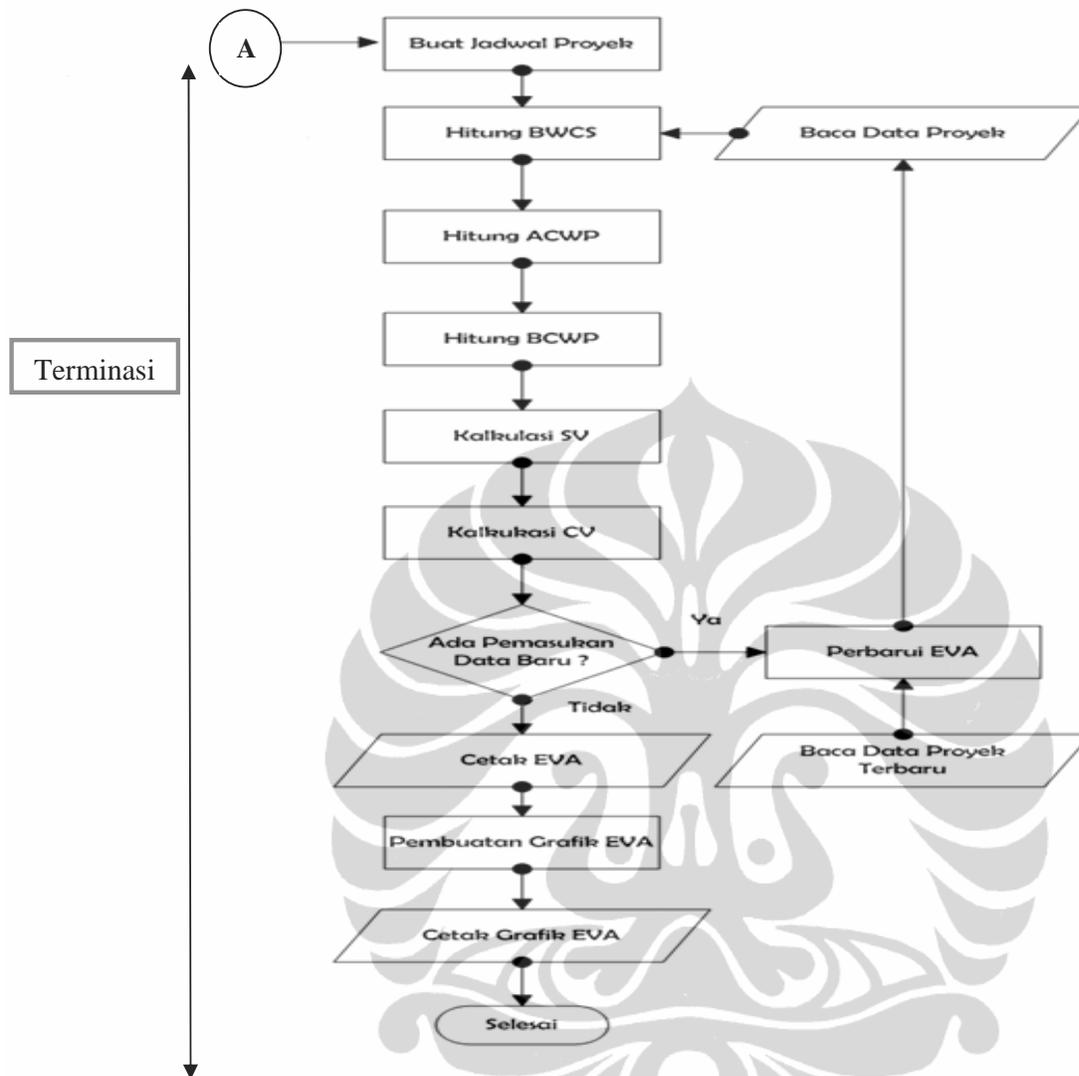
Selanjutnya kedua metode CPM dan EVA dibuatkan logikanya dengan menggunakan algoritma.

3.4.3 Penyusunan Algoritma

Algoritma penghitungan penjadwalan dengan CPM dan biaya menggunakan EVA tersebut disusun berdasarkan diagram alir berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Langkah-langkah penyusunan Algoritma Integrasi CPM dan PERT



Gambar 3.3 Diagram Alir Langkah-langkah penyusunan Algoritma Integrasi CPM dan PERT (lanjutan)

Adapun algoritma dibuat menggunakan *Visual Basic for Application* (VBA) yang menjadi satu kesatuan dalam aplikasi Microsoft Office.

1. Inisiasi; digunakan data proyek yang tersedia untuk menentukan dan menghitung jumlah node-node dalam jaringan (N). Hasilnya adalah *binary string* dan jalur kritis acak. Pada tahap ini *Existing Data* di inputkan ke dalam *template excel* seperti data *Task (milestone)*, durasi, *Planned* dan *Received Value* serta *Actual Cost*. Data inputan inilah yang nanti dibaca sebagai *task* “Baca Data Proyek”.

2. Mutasi; binary string yang tersebut diuji, jika tidak layak ulangi proses penghasil binary string. Jika layak dan tidak ada replikasi lakukan penghitungan durasi jalur acak (T_s). Jika $T_s = T_{max}$, maka T_s dimutasikan menjadi jalur kritis. Pada fasa ini, teknik CPM diterapkan. Inputan yang dilakukan pada tahap inisiasi ini dihitung menggunakan teknik CPM sehingga diperoleh node dan jalur kritis serta.
3. Iterasi; Jika $T_s = T_{max}$ maka dilanjutkan dengan tahapan iterasi sejumlah $I = (I+1)$ dan iterasi tersebut berhubungan dengan jumlah Node yang nilainya adalah $I \leq N$. Jika nilai tersebut tidak terpenuhi maka kembali ke tahapan penghasil *binary string*. Jika ya, lanjutkan ke fasa selanjutnya yaitu poin 4. Di tahap ini data baru keadaan terakhir proyek di update.
4. Terminasi; dalam tahapan ini dilakukan pencetakan dan pemeriksaan kembali jika ternyata ada data baru yang diinputkan. Jika ada, kembali ke Baca Data Proyek, jika tidak lanjutkan proses penghitungan *EVA*. Disinilah dihasilkan perhitungan biaya *EVA* secara keseluruhan seperti *BCWS* (Budgeted Cost Work Scheduled), *BCWP* atau *EV* (Budgeted Cost Work Performed atau Earned Value) serta *ACWP* (Actual Cost Work Performed). Setelah semua nilai tersebut diperoleh, kemudian dilakukan pemeriksaan apakah ditemukan inputan data baru atau tidak. Jika ya, perbaharui *EVA* dan kembali ke Baca Data Proyek kemudian menghitung *BCWS*. Jika tidak ada pembaharuan data maka dilakukan pencetakan data *EVA* yang dilanjutkan dengan pencetakan Kurva-S atau grafik *EVA*.

Secara *general*, aktivasi algoritma ini adalah sebagai berikut:

1. Inputkan data *existing* proyek pada waktu tertentu (task, durasi dan nilai biaya)
2. Tekan “Perform CPM Analysis” (disini teknik CPM dilakukan)
3. Tekan “Perform EVA” (nilai dan posisi *BCWS*, *BCWP* dan *ACWP* ter *update*), kemudian nilai dan posisi tadi langsung ditampilkan dalam Kurva-S sehingga posisi durasi dan biaya terintegrasi dan langsung terlihat pada grafik tersebut.

3.4.4 Validasi Algoritma

Setelah algoritma dan program selesai, dilakukan pengujian atau validasi menggunakan 3 proyek, contohnya seperti di bawah ini:

Tabel 3.6 Tabel Tampilan Algoritma CPM dan EVA dalam MS Excel

1. Please state the number of tasks!

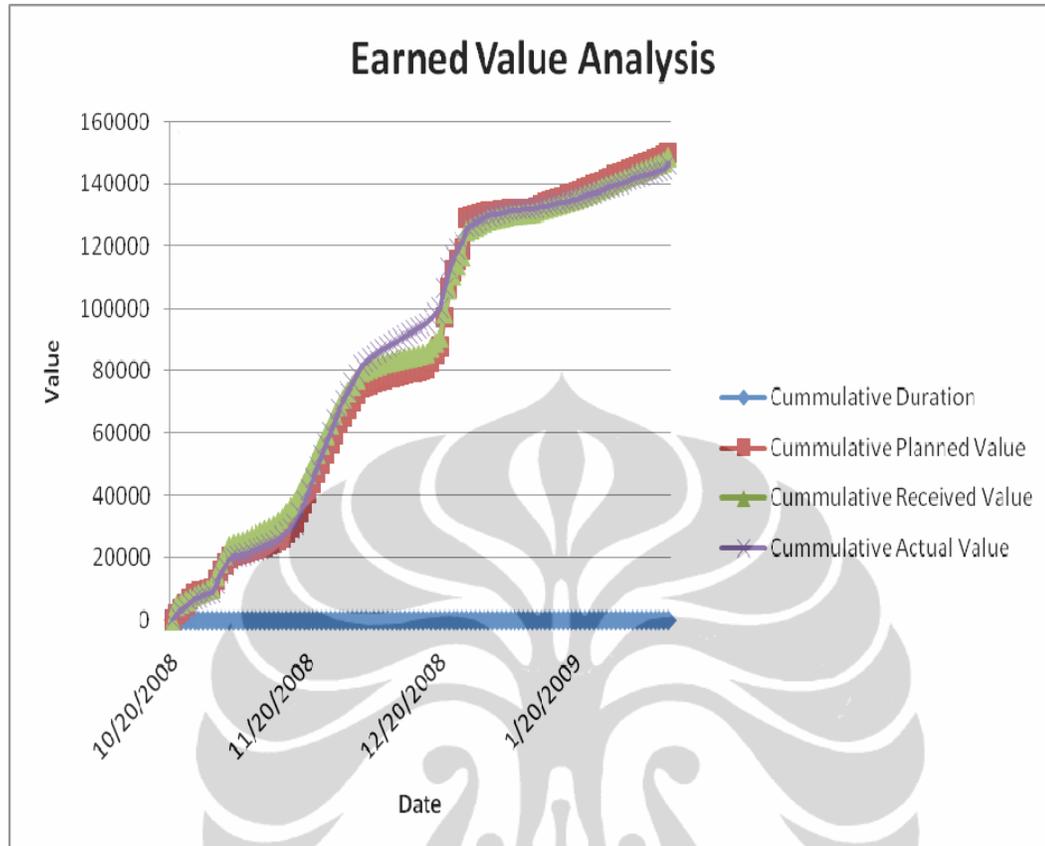
2. Please choose the process that you want to execute!

42

Perform CPM Analysis

Perform EVA

No	Task	Planned Value	Received Value	Actual Cost
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	2,000.00	5,000.00	2,000.00
2	HSE, Insurance & Administration arrangement	6,540.00	3,000.00	5,000.00
	FUNCTIONAL DESIGN & SPECIFICATION:			
3	General Assembly / Equipment Layout	1,635.00	2,500.00	2,000.00
4	Major Equipment Selection	1,635.00	2,500.00	2,000.00
5	AC / DC Power Distribution	1,635.00	2,500.00	2,000.00
6	Primary Power Grounding	1,635.00	2,500.00	2,000.00
7	Wiring Schematic	1,635.00	2,500.00	2,000.00
8	Loop Diagram	1,635.00	2,500.00	2,000.00
9	Interconnection Diagram	1,635.00	2,500.00	2,000.00
10	Function Schedule	1,635.00	2,500.00	2,000.00
11	Simplified Logic Diagram	3,270.00	2,500.00	2,000.00
12	Hardware and Software Configuration	1,635.00	2,500.00	2,000.00
13	APPROVAL: Documents and drawings approval	5,000.00	5,000.00	4,000.00
14	PROCUREMENT: Major Equipment	10,000.00	10,000.00	25,000.00
15	HMI Hardware	10,000.00	8,000.00	8,000.00
16	Bulk Material	5,000.00	7,000.00	6,500.00
17	Enclosure & Accessories	3,263.00	5,000.00	4,000.00
18	PROGRAMMING: PLC Programming	2,970.00	3,000.00	2,000.00
19	Communication Configuration	8,175.00	10,000.00	9,000.00
20	MMI Development	9,810.00	5,000.00	10,000.00
21	ASSEMBLING: Panel Assembly, wiring &	7,000.00	5,000.00	4,825.00
	FACTORY ACCEPTANCE TEST: Component			
22	Check	8,175.00	7,000.00	6,500.00
23	Hook Up and System Simulation	8,175.00	7,000.00	5,500.00
24	Functional Test	8,000.00	6,000.00	5,000.00
25	PACKING: Packing	7,000.00	6,000.00	4,000.00
26	DELIVERY: Transportation to company	10,000.00	8,000.00	5,000.00
27	SITE INSTALLATION: PLC panel	1,000.00	2,000.00	2,000.00
28	Communication component	1,000.00	2,000.00	2,000.00
29	Junction Box and cable control	1,000.00	2,000.00	2,000.00
30	PRE-COMMISSIONING: Wiring Interconnection	5,000.00	4,325.00	3,000.00
31	Loop Check	3,000.00	3,000.00	2,500.00
32	Calibration Simulation	3,000.00	3,000.00	2,500.00
33	Functional Test	2,797.00	3,000.00	2,500.00
34	COMMISSIONING: Commissioning & Start-up	3,000.00	3,000.00	2,000.00
35	DOCUMENTATION: Composite System Manual	800.00	500.00	1,000.00
36	Equipments Specification	800.00	500.00	1,000.00
37	Operation and Engineering Detail	800.00	500.00	1,000.00
38	Vendor Data	800.00	500.00	1,000.00
39	Ladder / Logic Printout	800.00	500.00	1,000.00
40	As Built Documents	800.00	500.00	1,000.00
41	TRAINING: Operator Training (on-site)	1,635.00	5,000.00	4,500.00
42	PROJECT HANDOVER	8,175.00	8,175.00	8,175.00



Gambar 3.3 Kurva S hasil validasi menggunakan data *existing* pada algoritma di tabel 3.6

Dapat di lihat bahwa pengujian algoritma menggunakan data *existing* untuk Proyek-1. Setelah dilakukan input data seperti pada tabel 3.6 maka diperoleh hasil berupa Kurva S yang menggambarkan grafik posisi atau pencapaian dari masing-masing *Duration* (waktu), *Cummulative Planned Value* (BCWS), *Cummulative Actual Value* (ACWP) dan *Cummulative Received Value* (BCWP atau *Earned Value*).

Pengujian algoritma tersebut dilakukan terhadap data 3 proyek yang hasilnya dapat dilihat pada lampiran. Kemudian analisa masing-masing proyek tersebut akan dijabarkan pada Bab IV.

BAB 4

ANALISIS PENGOLAHAN DATA

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai analisis dari pengolahan data yang telah dilakukan terhadap algoritma untuk pengendalian dan pengawasan proyek progressif menggunakan metode CPM dan EVA yang diperuntukkan untuk proyek *Automation System* khususnya di *Oil and Gas* industri. Validasi menggunakan data 3 proyek.

4.1 Analisa *Critical Path Method (CPM)* dan *Earned Value Analysis (EVA)*

Dari hasil penghitungan *Precedence Diagram Method* terhadap Proyek-1 didapati bahwa hasil perhitungan dengan metode CPM ini memperoleh hasil durasi yang lebih optimum. Sebelumnya, secara manual dalam data proyek existing diperoleh estimasi pekerjaan proyek-1 diprediksi mencapai 144 hari. Namun setelah dilakukan perhitungan dengan CPM diperoleh durasi yang optimum 114 hari .

Selain penjadwalan dengan jumlah hari yang lebih cepat, diperoleh juga informasi tambahan mengenai jalur kritis yaitu lintasan dimana harus dilakukan perhatian khusus untuk jenis-jenis pekerjaan pada tahap dengan kriteria *critical* ini. Penggolongan *Critical* dapat diakibatkan oleh jenis pekerjaannya, namun yang paling sering adalah akibat waktu yang sangat sempit karena tenggat waktu penyelesaian proyek harus dilakukan secepat mungkin tanpa adanya delay. Apalagi penelitian ini dikhususkan untuk *Automation System* di industri minyak dan gas bumi, yang seperti dijabarkan di Bab II bahwa perusahaan tersebut sangat *concern* mengenai waktu penyelesaian proyek. Hal ini terbukti dengan diterapkannya *penalty* bagi setiap keterlambatan jadwal penyelesaian proyek. Tentu saja hal ini akan menimbulkan kerugian di pihak Kontraktor karena adanya pemotongan sejumlah nilai yang mengakibatkan turunnya keuntungan perusahaan.

Oleh karena jadwal menjadi hal yang sangat penting bagi jalannya proyek di *oil and gas* industri ini, selain waktu *starting*, digunakan juga penghitungan mundur dari *ending date* atau tanggal tenggat waktu kapan proyek harus

diselesaikan. Hal ini untuk membuat keadaan yang pasti (*certainty*) bahwa jadwal akhir adalah *mandatory* dan kita jadwal lainnya dibuat bertitiktolak dari jadwal akhir penyelesaian proyek tersebut.

Dengan alasan di atas dan dari hasil pengolahan data dengan *precedence diagram* pada Bab III diperoleh hasil bahwa CPM sebagai pilihan metode yang tepat untuk keadaan proyek seperti ini.

Kemudian penggunaan metode EVA pada proyek ini menghasilkan sajian komparasi nilai antara *actual* (ACWP) dengan *Earned Value* (BCWP) yang kemudian dapat dibandingkan terus menerus di setiap fase proyek tersebut hingga selesai. Informasi penggunaan biaya dan nilai yang kita peroleh secara cepat sepanjang *project life cycle* dirasakan akan sangat membantu khususnya untuk perusahaan Kontraktor tempat penelitian dilakukan yang sebelumnya belum memiliki sistem pengendalian dan pengawasan proyek yang cepat dan terintegrasi seperti ini.

4.2 Analisa Proyek

4.2.1 Proyek-1

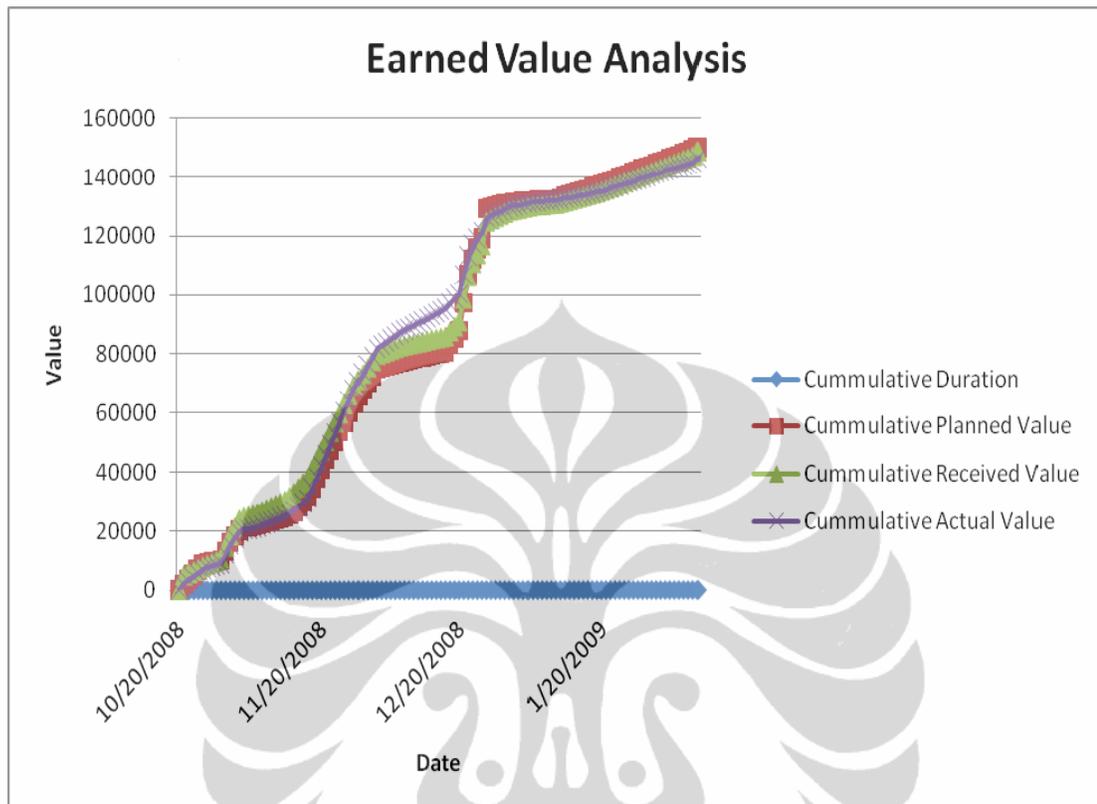
Diperoleh 3 data dari perusahaan tempat penelitian berlangsung yaitu 2 dari perusahaan *Oil and Gas* yang menjadi fokus penelitian ini, dan 1 lagi adalah tambahan dari perusahaan pertambangan yang akan dijadikan uji validitas pada penggunaan algoritma tersebut.

Proyek-1 adalah proyek Otomatisasi Compressor yang berlokasi di *Off-shore* Kalimantan Timur. Terdapat 42 jenis aktifitas yang 18 diantaranya diketahui masuk kategori jalur kritis yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan CPM . Digunakan Algoritma penghitungan CPM dan EVA yang kemudian menghasilkan Kurva-S sebagai bahan untuk menganalisa keadaan proyek pada masa sebelumnya maupun estimasi kelanjutan proyek tersebut. Datanya dapat dilihat pada tabel dan kurva S berikut :

Tabel 4.1 Tampilan Penggunaan Algoritma untuk Proyek-1

No	Task	Planned Value	Received Value	Actual Cost
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	2,000.00	5,000.00	2,000.00
2	HSE, Insurance & Administration arrangement	6,540.00	3,000.00	5,000.00
3	FUNCTIONAL DESIGN & SPECIFICATION: General Assembly / Equipment Layout	1,635.00	2,500.00	2,000.00
4	Major Equipment Selection	1,635.00	2,500.00	2,000.00
5	AC / DC Power Distribution	1,635.00	2,500.00	2,000.00
6	Primary Power Grounding	1,635.00	2,500.00	2,000.00
7	Wiring Schematic	1,635.00	2,500.00	2,000.00
8	Loop Diagram	1,635.00	2,500.00	2,000.00
9	Interconnection Diagram	1,635.00	2,500.00	2,000.00
10	Function Schedule	1,635.00	2,500.00	2,000.00
11	Simplified Logic Diagram	3,270.00	2,500.00	2,000.00
12	Hardware and Software Configuration	1,635.00	2,500.00	2,000.00
13	approval	5,000.00	5,000.00	4,000.00
14	PROCUREMENT: Major Equipment	10,000.00	10,000.00	25,000.00
15	HMI Hardware	10,000.00	8,000.00	8,000.00
16	Bulk Material	5,000.00	7,000.00	6,500.00
17	Enclosure & Accessories	3,263.00	5,000.00	4,000.00
18	PROGRAMMING: PLC Programming	2,970.00	3,000.00	2,000.00
19	Communication Configuration	8,175.00	10,000.00	9,000.00
20	MMI Development	9,810.00	5,000.00	10,000.00
21	termination	7,000.00	5,000.00	4,825.00
22	Component Check	8,175.00	7,000.00	6,500.00
23	Hook Up and System Simulation	8,175.00	7,000.00	5,500.00
24	Functional Test	8,000.00	6,000.00	5,000.00
25	PACKING: Packing	7,000.00	6,000.00	4,000.00
26	DELIVERY: Transportation to company	10,000.00	8,000.00	5,000.00
27	SITE INSTALLATION: PLC panel	1,000.00	2,000.00	2,000.00
28	Communication component	1,000.00	2,000.00	2,000.00
29	Junction Box and cable control	1,000.00	2,000.00	2,000.00
30	Interconnection	5,000.00	4,325.00	3,000.00
31	Loop Check	3,000.00	3,000.00	2,500.00
32	Calibration Simulation	3,000.00	3,000.00	2,500.00
33	Functional Test	2,797.00	3,000.00	2,500.00
34	up	3,000.00	3,000.00	2,000.00
35	Manual	800.00	500.00	1,000.00
36	Equipments Specification	800.00	500.00	1,000.00
37	Operation and Engineering Detail	800.00	500.00	1,000.00
38	Vendor Data	800.00	500.00	1,000.00
39	Ladder / Logic Printout	800.00	500.00	1,000.00
40	As Built Documents	800.00	500.00	1,000.00
41	TRAINING: Operator Training (on-site)	1,635.00	5,000.00	4,500.00
42	PROJECT HANDOVER	8,175.00	8,175.00	8,175.00

Dari inputan data di atas diperoleh Kurva-S seperti di bawah ini:



Gambar 4.1 Kurva-S hasil Perhitungan algoritma untuk Proyek-1

Terlihat pada kurva di atas bahwa posisi di awal proyek *Actual Value* (ACWP) berada di atas di atas *budget* (BCWS). Artinya pada masa ini Kontraktor mengeluarkan dana lebih besar untuk operasional proyek tersebut. *Earned Value* relatif sama posisinya dengan BCWS berarti nilai yang diperoleh stakeholder sesuai dengan yang dipropose untuk waktu tertentu tersebut. Sedangkan di akhir proyek, biaya aktual berhasil ditekan sehingga posisi nya di bawah budget. *Cummulative Planned Value* (PV) relatif sama dengan *planning* yang dibuat. Sedangkan durasi tetap bisa terjaga tanpa adanya *delay* atau tambahan *overtime resource* yang *significant*.

Secara general proyek seperti ini berada dalam posisi *safe* dimana secara keseluruhan biaya proyek tetap di bawah *budget* dan *stakeholder* tetap mendapatkan nilai proyek seperti yang diharapkan.

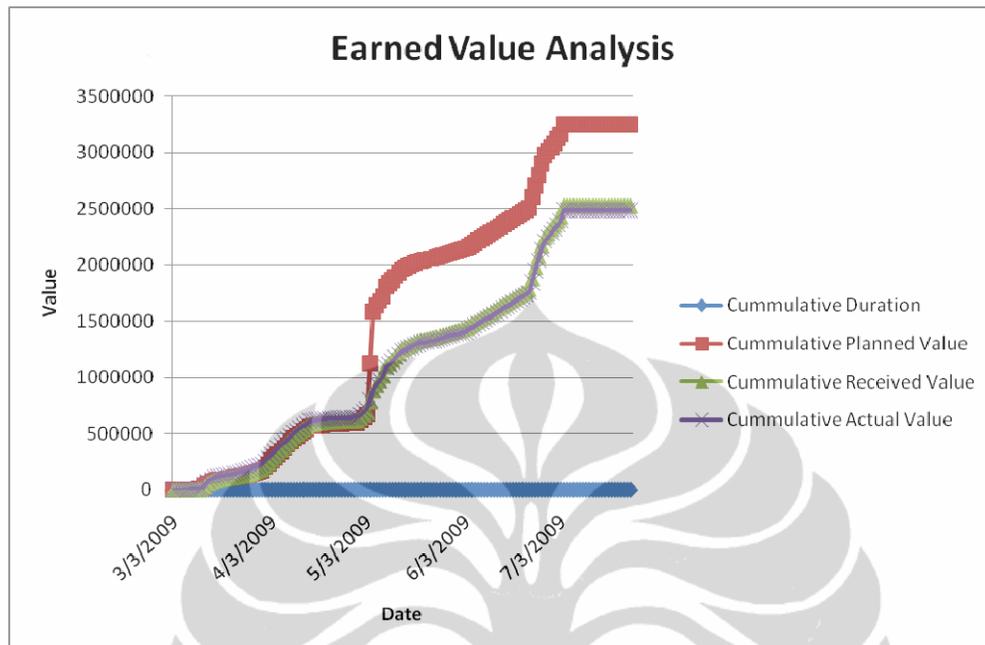
4.2.2 Proyek-2

Proyek-2 adalah proyek Otomatisasi Turbine Generator di perusahaan *Oil and Gas* yang berlokasi di *On-shore* seputar daerah Sumatera Selatan. Ada 43 jenis aktifitas yang 27 diantaranya adalah lintasan kritis sebagai berikut:

Tabel 4.2 Tampilan Penggunaan Algoritma untuk Proyek-2

1. Please state the number of tasks!		2. Please choose the process that you want to execute!		
43		Perform CPM Analysis	Perform EVA	
No	Task	Planned Value	Received Value	Actual Cost
1	KICK OF MEETING / TECHNICAL REVIEW	1,000.00	1,000.00	1,000.00
2	HSE, Insurance & Administration arrangement	4,000.00	3,000.00	4,000.00
3	Site Survey	6,000.00	4,000.00	6,000.00
FUNCTIONAL DESIGN AND SPECIFICATION				
4	General Assembly / Equipment Layout	7,000.00	6,500.00	9,000.00
5	Major Equipment Selection	9,000.00	9,000.00	12,000.00
6	AC / DC Power Distribution	10,000.00	11,500.00	15,000.00
7	Primary Power Grounding	12,000.00	14,000.00	18,000.00
8	Wiring Schematic	14,000.00	16,500.00	21,000.00
9	Loop Diagram	17,000.00	19,000.00	24,000.00
10	Interconnection Diagram	19,000.00	21,500.00	27,000.00
11	Function Schedule	23,000.00	24,000.00	30,000.00
12	Simplified Logic Diagram	25,000.00	26,500.00	31,000.00
13	Hardware and Software Configuration	28,000.00	29,000.00	33,000.00
DOCUMENT/DRAWING APPROVAL Documents and drawings approval				
14	DOCUMENT/DRAWING APPROVAL Documents and drawings approval	30,000.00	31,000.00	35,000.00
15	PROCUREMENT Major Equipment	45,000.00	51,000.00	50,000.00
16	HMI Hardware	60,000.00	61,000.00	58,000.00
17	Bulk Material	65,000.00	68,000.00	64,000.00
18	Enclosure & Accessories	68,000.00	72,000.00	67,500.00
19	PROGRAMMING PLC Programming	75,000.00	74,000.00	69,500.00
20	Communication Configuration	76,000.00	75,500.00	71,000.00
21	MMI Development	77,000.00	76,500.00	71,500.00
22	ASSEMBLING Panel Assembly	78,000.00	78,500.00	72,500.00
FACTORY ACCEPTANCE TEST Component Check				
23	FACTORY ACCEPTANCE TEST Component Check	80,000.00	79,500.00	73,300.00
24	Hook Up and System Simulation	810,000.00	80,500.00	74,300.00
25	Functional Test	82,000.00	81,500.00	75,300.00
26	PACKING PACKING	83,000.00	82,500.00	76,300.00
27	DELIVERY Transportation to company	84,000.00	83,500.00	77,300.00
28	SITE INSTALLATION PLC panel	85,000.00	84,500.00	79,300.00
29	Communication component	86,000.00	85,500.00	80,300.00
30	Junction Box and cable control	87,000.00	86,000.00	81,300.00
PRECOMMISSIONING Wiring Interconnection				
31	PRECOMMISSIONING Wiring Interconnection	88,000.00	86,500.00	85,000.00
32	Loop Check	89,000.00	87,000.00	86,000.00
33	Calibration Simulation	90,000.00	87,500.00	87,000.00
34	Functional Test	91,000.00	88,000.00	87,500.00
35	COMMISSIONING Commissioning & Start-up	91,500.00	88,500.00	88,000.00
DOCUMENTATION Composite System Manual				
36	DOCUMENTATION Composite System Manual	92,000.00	89,500.00	89,000.00
37	Equipments Specification	92,500.00	91,500.00	90,000.00
38	Operation and Engineering Detail	93,000.00	92,200.00	91,000.00
39	Vendor Data	93,500.00	92,900.00	92,000.00
40	Ladder / Logic Printout	94,000.00	93,600.00	93,000.00
41	As Built Documents	95,000.00	94,300.00	94,000.00
42	TRAINING Operator Training (on-site)	96,000.00	97,300.00	97,300.00
43	PROJECT HANDOVER	102,339.00	102,339.00	102,339.00

Dan kurva S nya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Kurva-S hasil Perhitungan algoritma untuk Proyek-2

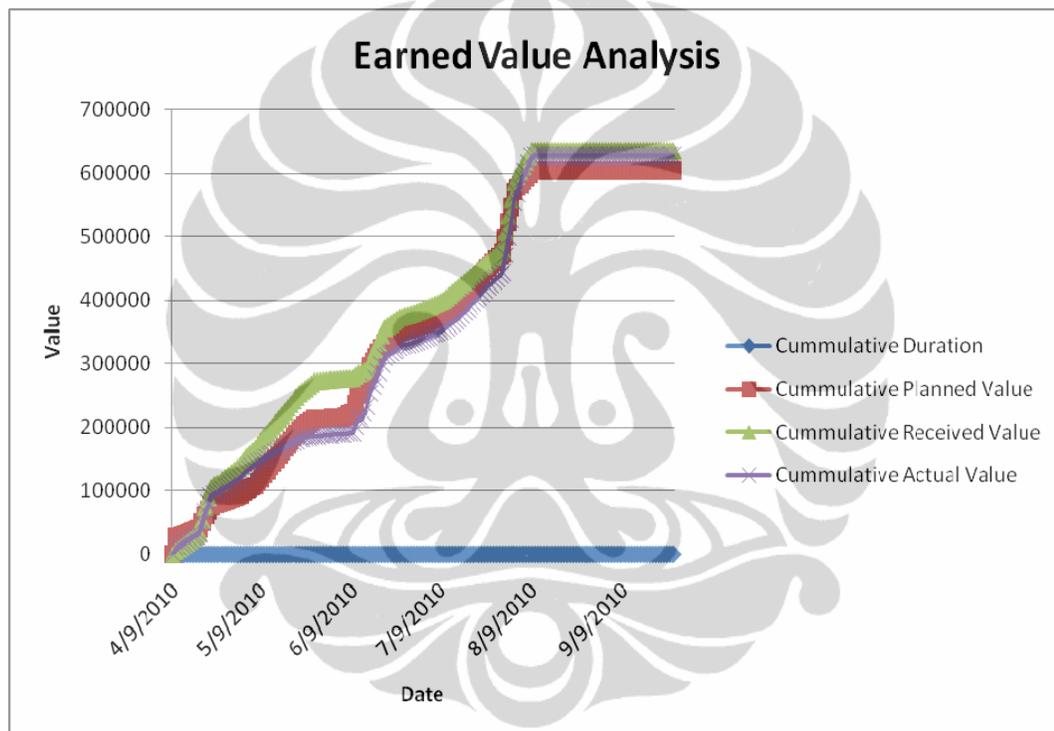
Pada kurva di atas bahwa posisi di awal proyek antara BCWS, BCWP dan ACWP berada di posisi yang berdekatan. Artinya *pekerjaan, biaya, durasi, resource* mendekati posisi sesuai dengan anggaran. Di sepertiga masa *project life cycle*, EV/BCWP serta ACWP dapat berada jauh di bawah *budget*. Sebenarnya hal ini cukup menguntungkan di sisi Kontraktor, namun justru ada hal yang dirasa perlu untuk menjadi bahan koreksi yaitu di sisi *Estimator*. Dapat dikatakan bahwa terjadi penaksiran yang kurang tepat baik dari sisi pembelian material, penggunaan *resource* maupun durasi. EV juga relatif sama dengan aktual, walaupun diakhirnya jauh dari anggaran. Hal ini dapat menimbulkan pertanyaan dari pihak *stakeholder* atas keadaan ini.

Secara keseluruhan proyek dalam keadaan seperti ini adalah keadaan yang diharapkan oleh pihak Kontraktor, dimana dari selisih anggaran tersebut, profit yang diperoleh untuk proyek ini sangat *significant*.

4.2.3 Proyek-3

Proyek-3 merupakan proyek yang menjadi trial untuk algoritma ini, mengingat datanya diambil dari proyek di luar *Oil and Gas* industri yaitu proyek di salah satu perusahaan pertambangan emas di daerah Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Namun demikian jenis pekerjaan dan aktifitasnya tetap di bagian Otomatisasi yaitu Otomatisasi Pompa Skid.

Ada 47 jenis aktifitas yang 20 diantaranya adalah lintasan kritis sebagai berikut:



Gambar 4.3 Kurva-S hasil Perhitungan algoritma untuk Proyek-3

Sedangkan tabel pendukung yang berisikan data pengolahan menggunakan algoritma CPM dan EVA disajikan di lembar selanjutnya. Kurva S di atas tersusun berdasarkan data pada tabel yang disajikan berikut ini.

Tabel 4.3 Tampilan Penggunaan Algoritma untuk Proyek-3

No	Task	Planned Value	Received Value	Actual Cost
1	KICK OF MEETING Site survey	26,920.00	5,412.50	10,000.00
2	FUNCTIONAL DESIGN AND SPECIFICATION General Assembly / Equipment Layout	6,730.00	13,460.00	11,000.00
3	Major Equipment Selection	6,730.00	13,460.00	11,000.00
4	Skid mechanical & lighting arrangement	6,730.00	13,460.00	11,000.00
5	Trafo arrangement	6,730.00	13,460.00	11,000.00
6	MCC arrangement	6,730.00	13,460.00	11,000.00
7	PLC panel arrangement	6,730.00	13,460.00	11,000.00
8	Wireless communication arrangement	6,730.00	13,460.00	11,000.00
9	AC / DC Power Distribution	6,730.00	13,460.00	11,000.00
10	Primary Power Grounding	6,730.00	13,460.00	11,000.00
11	Overall Wiring diagram	6,730.00	13,460.00	11,000.00
12	Loop Diagram	6,730.00	13,460.00	11,000.00
13	Interconnection Diagram	6,730.00	13,460.00	11,000.00
14	Function Schedule	6,730.00	13,460.00	11,000.00
15	Hardware and Software Configuration	6,730.00	13,460.00	11,000.00
16	Simplified logic diagram	6,730.00	13,460.00	11,000.00
17	APPROVAL Documents and drawings	67,300.00	67,300.00	15,000.00
18	PROCUREMENT Skid, lighting & mechanical equipment	6,730.00	673.00	1,500.00
19	Trafo	6,730.00	673.00	1,500.00
20	MCC parts	6,730.00	673.00	1,500.00
21	PLC parts & softwares	6,730.00	673.00	1,500.00
22	Wireless & accessories	6,730.00	673.00	1,000.00
23	Enclosure & Accessories	6,730.00	673.00	1,000.00
24	PROGRAMMING PLC Programming	20,190.00	6,730.00	20,000.00
25	Communication Configuration	20,190.00	6,730.00	20,000.00
26	MMI Development	20,190.00	6,730.00	20,000.00
27	ASSEMBLING PLC Panel Assembly, wiring & termination	20,190.00	40,380.00	40,000.00
28	MCC Assembling	20,190.00	20,190.00	20,000.00
29	Skid Assembling	20,190.00	20,190.00	20,000.00
30	PLC, MCC & Trafo installation on skid	20,190.00	20,190.00	20,000.00
31	FACTORY ACCEPTANCE TEST Skid, Equipment & Component Check	20,190.00	20,190.00	18,000.00
32	Individual (MCC, PLC, Trafo) test	26,920.00	20,190.00	25,000.00
33	Integration test	26,920.00	20,190.00	25,000.00
34	Punch list	23,555.00	20,190.00	22,000.00
35	PACKING Packing	36,678.50	3,365.00	45,000.00
36	DELIVERY Transportation to company	6,730.00	67,300.00	65,000.00
37	SITE INSTALLATION Skid stationing	2,692.00	1,346.00	2,000.00
38	Electrical interconnection test	2,692.00	1,346.00	2,000.00
39	COMMISSIONING Load test	6,730.00	6,730.00	5,000.00
40	Commissioning & Start-up	37,380.00	6,730.00	5,000.00
41	TRAINING Operator Training (on-site)	67,300.00	67,300.00	59,350.00
42	DOCUMENTATION Composite System	336.50	336.50	1,000.00
43	Equipments Specification	336.50	336.50	1,000.00
44	Operation and Engineering Detail	336.50	336.50	1,000.00
45	Vendor Data	336.50	336.50	1,000.00
46	As Built Documents	336.50	336.50	1,000.00
47	PROJECT HANDOVER	33,650.00	33,650.00	33,650.00
		670,000	670,000	670,000

Analisa untuk proyek-3 ini adalah dari sisi durasi, proyek ini memakan waktu terlalu lama dibandingkan dengan 2 proyek sebelumnya. Mengingat dalam proyek ini, selain pembuatan sistem otomatisasi pada pompa turut disertakan *mechanical* dan *electrical scope* nya seperti pengadaan skid, MCC dan pengaturan *lighting* nya. Yang dimaksud dengan skid adalah suatu *movable small control room* tempat panel MCC, panel PLC dan *trafo* di *install* di dalamnya, *Skid* ini berguna sebagai penyedia cadangan listrik di area pit tambang sekaligus digunakan untuk mengendalikan atau otomatisasi pompa penguras air di area tambang. *Skid* ini dapat dipindah-pindahkan dari area satu ke area tambang lain dimana ditemukan cadangan mineral baru untuk ditambang.

Mengacu kepada hasil yang tertera pada kurva S, terlihat tidak jauh berbeda dengan proyek sebelumnya dimana biaya actual tidak terlalu jauh dari anggaran yang ditetapkan. Kemudian EV juga cukup konstan dalam posisi yang “tinggi” sehingga diharapkan dapat membuat stakeholder merasa puas dengan hasil perolehan pada proyek ini.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai analisis dari pengolahan data yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Algoritma yang dibuat dapat menyajikan Kurva S dengan cepat, sehingga laporan rutin mengenai status proyek saat sebelumnya, saat ini maupun estimasi ke depan dapat diketahui dan diprediksi. Bentuk pengendalian dan pengawasan proyek seperti ini dapat dilakukan sejak dini, sehingga dapat mengurangi resiko kerugian proyek yang tentunya akan menaikkan keuntungan perusahaan.
2. Informasi jadwal dan pembiayaan dapat dikendalikan dan diawasi pada ketiga proyek melalui BCWS, BCWP (*Earned Value*) dan ACWP.
3. Algoritma ini dapat digunakan di industri yang berbeda dengan industri perminyakan dan gas bumi, hanya saja tetap di jenis proyek yang sama yaitu *automation system*.

5.2 Saran

Beberapa saran dapat diberikan untuk meningkatkan kinerja proyek serta lebih meningkatkan keuntungan perusahaan yaitu:

1. Data setiap proyek dikumpul dan dicatatkan lebih baik dan terstruktur lagi, sehingga dengan laporan progress proyek yang terjaga, analisa, evaluasi dan pengambilan keputusan dapat lebih tepat sasaran.
2. Dapat dilakukan penelitian selanjutnya mengenai cara menentukan proyek dengan kinerja terbaik dari proyek-proyek yang pernah ditangani perusahaan tersebut, baik dari sisi pembiayaan, kehandalan disain teknis,

efektifitas alokasi *resource* hingga ketepatan jadwal yang tujuan akhirnya adalah keuntungan perusahaan. Perhitungan dapat dilakukan menggunakan salah satu metode Statistik.



DAFTAR REFERENSI

- Ahuja, V and Thiruvengadam, V (2004), *Project Scheduling and Monitoring: Current Research Status*, Construction Innovation, 48, 19-31.
- Morris, Peter. W.G (2010), *Research and the future of project management*, International Journal of Managing Projects in Business Vol. 3 No. 1, pp.139-146
- Fischer, M-A. and Aalami. F. (1996), *Scheduling with computer-interpretable construction method models*, Journal of Construction Engineering and Management 122 (4), 337-47.
- Alvarado, Carlos .M (2004), *Assessing the Performance of Construction Projects: Implementing Earned Value Management at the General Services Administration*, Journal of Facilities Management vol.3 No.1, pp.92-105
- Jigeesh, Nasina (2006), *Modelling and Simulating The Dynamics in Project Monitoring and Earned Value Analysis*, Journal of Advances in Management Research Vol.3(1), pp.26-43
- Meredith, J.R and Mantel, Jr, S.J (2003), *Project Management – A Managerial Approach*, 5th ed, John Wiley and Sons, Inc.
- Flemming, Q.W., Koppelman, J.M. (1994), *The Essence and Evolution of Earned Value*, AACE Transactions.
- Kerzner, Harold (1995), *Project Management: A System Approach to Planning, Scheduling, Evaluation and Controlling*, 6th edition, New York: John Wiley And Sons, Inc.
- Gowan, Art.J (2006), *Earned Value Management in A Data Warehouse Project*, Information Management and Computer Security, 14, 37-50
- An American National Standard ANSI/PMI (2008), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) 4th Edition*, project Management Institute,
- Morris, Peter.W.G (2010), *Research and the future of project management*, International Journal of Managing Projects in Business Vol. 3 No. 1, pp.139-146
- Özdamar. Linet (1998), *A heuristic treatment of tardiness and net present value criteria in resource constrained project scheduling*, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 28 No. 9/10, 1998, pp. 805-824
- Gendreau, M. Laporte, G and J-Y. Potvin (1999), *Metaheuristics for the vehicle routing problem*, Technical Report G-98-52

Laporte, G and F. Semet, F (1999), *Classical heuristics for the vehicle routing problem*, Technical Report G- 98-54

Weng, Kerui (2009), *The optimization of road building schedule based on budget*, *Kybernetes* Vol. 38 Nos 3/4, 2009 pp. 441-447





LAMPIRAN 4
SYNTAX ALGORITMA

```

Option Explicit 'every variables must be declared first
Option Private Module
Option Base 1 'start arrays with one
Dim i, j, k, l As Integer

Sub Button1_Click()

Dim NumberOfTask As Integer
Dim TaskDuration() As Double
Dim NumberOfTaskPredecessor() As Integer
Dim TaskPredecessor() As Integer
Dim NumberOfTaskSuccessor() As Integer
Dim TaskSuccessor() As Integer
Dim EarliestStart() As Double
Dim LatestStart() As Double
Dim EarliestFinish() As Double
Dim LatestFinish() As Double
Dim Slack() As Double
Dim IsCritical() As Boolean
Dim CriticalPath() As String

NumberOfTask = Sheets("Task Data").Cells(3, 3).Value

'variable initialization
ReDim TaskDuration(NumberOfTask)
ReDim NumberOfTaskPredecessor(NumberOfTask)
ReDim TaskPredecessor(NumberOfTask, NumberOfTask)
ReDim NumberOfTaskSuccessor(NumberOfTask)
ReDim TaskSuccessor(NumberOfTask, NumberOfTask)
ReDim EarliestStart(NumberOfTask)
ReDim LatestStart(NumberOfTask)
ReDim EarliestFinish(NumberOfTask)
ReDim LatestFinish(NumberOfTask)
ReDim Slack(NumberOfTask)
ReDim IsCritical(NumberOfTask)
ReDim CriticalPath(NumberOfTask)

'task duration
For i = 1 To NumberOfTask
    TaskDuration(i) = Sheets("Task Data").Cells(i + 6, 3).Value
Next i

'task predecessor
Dim Separator, TxtTemp, TempElement As String
Dim NumberOfPredecessorTemp As Integer
Separator = ","
For i = 1 To NumberOfTask

```

```

    TxtTemp = Sheets("Task Data").Cells(i + 6, 4)
    NumberOfPredecessorTemp = 0
    If (TxtTemp) <> "" And Len(TxtTemp) > 0 Then
        If Right(TxtTemp, Len(TxtTemp)) <> Separator Then TxtTemp = TxtTemp
        & Separator
        TempElement = ""
        For j = 1 To Len(TxtTemp)
            If Mid(TxtTemp, j, 1) = Separator Then
                If TempElement <> "" And Len(TempElement) > 0 Then
                    NumberOfPredecessorTemp = NumberOfPredecessorTemp + 1
                    TaskPredecessor(i, NumberOfPredecessorTemp) =
                    CInt(TempElement)
                End If
                TempElement = ""
            Else
                TempElement = TempElement & Mid(TxtTemp, j, 1)
            End If
        Next j
    End If
    NumberOfTaskPredecessor(i) = NumberOfPredecessorTemp
    NumberOfTaskSuccessor(i) = 0
Next i

'task successor
For i = 1 To NumberOfTask
    If NumberOfTaskPredecessor(i) > 0 Then
        For j = 1 To NumberOfTaskPredecessor(i)
            NumberOfTaskSuccessor(TaskPredecessor(i,j))=
            NumberOfTaskSuccessor(TaskPredecessor(i, j)) + 1
            TaskSuccessor(TaskPredecessor(i,j),
            NumberOfTaskSuccessor(TaskPredecessor(i, j))) = i
        Next j
    End If
Next i

'initial value initialization
For i = 1 To NumberOfTask
    EarliestStart(i) = 0
    LatestStart(i) = 0
    EarliestFinish(i) = TaskDuration(i)
    LatestFinish(i) = TaskDuration(i)
    IsCritical(i) = True
    CriticalPath(i) = ""
Next i

For i = 1 To NumberOfTask
    If NumberOfTaskPredecessor(i) > 0 Then
        For j = 1 To NumberOfTaskPredecessor(i)

```

```

    If EarliestFinish(TaskPredecessor(i, j)) > EarliestStart(i) Then
        EarliestStart(i) = EarliestFinish(TaskPredecessor(i, j))
        EarliestFinish(i) = EarliestStart(i) + TaskDuration(i)
        LatestStart(i) = EarliestStart(i)
        LatestFinish(i) = EarliestFinish(i)
    End If
Next j
End If
Next i

Dim MinimumEarliestStartTemp, MaximumEarliestStartTemp As Integer
For i = 1 To NumberOfTask
    MaximumEarliestStartTemp = MaximumEarliestStartTemp + TaskDuration(i)
Next i
For i = 1 To NumberOfTask
    MinimumEarliestStartTemp = MaximumEarliestStartTemp
    If NumberOfTaskSuccessor(i) > 0 Then
        For j = 1 To NumberOfTaskSuccessor(i)
            If EarliestStart(TaskSuccessor(i, j)) < MinimumEarliestStartTemp Then
                MinimumEarliestStartTemp = EarliestStart(TaskSuccessor(i, j))
            End If
        Next j
        LatestFinish(i) = MinimumEarliestStartTemp
        LatestStart(i) = LatestFinish(i) - TaskDuration(i)
    Else
        LatestFinish(i) = EarliestFinish(i)
        LatestStart(i) = EarliestStart(i)
    End If
    Slack(i) = LatestStart(i) - EarliestStart(i)
Next i

For i = 1 To NumberOfTask
    If LatestStart(i) <> EarliestStart(i) Then
        IsCritical(i) = False
    End If
Next i
Dim FoundNotCritical As Boolean
Dim NumberOfNotCriticalTemp As Integer
FoundNotCritical = True
Do While FoundNotCritical
    FoundNotCritical = False
    For i = 1 To NumberOfTask
        If IsCritical(i) = True Then
            If NumberOfTaskPredecessor(i) > 0 Then
                NumberOfNotCriticalTemp = 0
                For j = 1 To NumberOfTaskPredecessor(i)
                    If IsCritical(TaskPredecessor(i, j)) = False Then
                        NumberOfNotCriticalTemp = NumberOfNotCriticalTemp + 1
                    End If
                Next j
            End If
        End If
    Next i
    FoundNotCritical = (NumberOfNotCriticalTemp > 0)
End Do

```

```

        End If
    Next j
    If NumberOfNotCriticalTemp = NumberOfTaskPredecessor(i) Then
        IsCritical(i) = False
        FoundNotCritical = True
    End If
End If
End If
If IsCritical(i) = True Then
    If NumberOfTaskSuccessor(i) > 0 Then
        NumberOfNotCriticalTemp = 0
        For j = 1 To NumberOfTaskSuccessor(i)
            If IsCritical(TaskSuccessor(i, j)) = False Then
                NumberOfNotCriticalTemp = NumberOfNotCriticalTemp + 1
            End If
        Next j
        If NumberOfNotCriticalTemp = NumberOfTaskSuccessor(i) Then
            IsCritical(i) = False
            FoundNotCritical = True
        End If
    End If
End If
Next i
Loop

'Delete CPM sheet if it exists
On Error Resume Next
Application.DisplayAlerts = False
Sheets("CPM").Delete
On Error GoTo 0
Application.DisplayAlerts = True
'Add new worksheet
Worksheets.Add
ActiveSheet.Name = "CPM"

Sheets("CPM").Cells(6, 1).Value = "No"
Sheets("CPM").Cells(6, 2).Value = "Task"
Sheets("CPM").Cells(6, 3).Value = "Duration"
Sheets("CPM").Cells(6, 4).Value = "Predecessor"
Sheets("CPM").Cells(6, 5).Value = "EarliestStart"
Sheets("CPM").Cells(6, 6).Value = "LatestStart"
Sheets("CPM").Cells(6, 7).Value = "EarliestFinish"
Sheets("CPM").Cells(6, 8).Value = "LatestFinish"
Sheets("CPM").Cells(6, 9).Value = "Slack"
Sheets("CPM").Cells(6, 10).Value = "IsCritical"
For i = 1 To NumberOfTask
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 1).Value = i

```

```
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 2).Value = Sheets("Task Data").Cells(i + 6,  
2).Value  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 3).Value = Sheets("Task Data").Cells(i + 6,  
3).Value  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 4).Value = Sheets("Task Data").Cells(i + 6,  
4).Value  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 5).Value = EarliestStart(i)  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 6).Value = LatestStart(i)  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 7).Value = EarliestFinish(i)  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 8).Value = LatestFinish(i)  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 9).Value = Slack(i)  
    Sheets("CPM").Cells(i + 6, 10).Value = IsCritical(i)  
Next i  
  
End Sub
```

