



TUGAS AKHIR - MO184804

ANALISIS PROBABILITAS KETERLAMBATAN ONGOING PROJECT PEMBANGUNAN KAPAL TANKER

TOPAN ADE SUKMA ADJIE

NRP. 0431154000091

DOSEN PEMBIMBING:

Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA.

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019



FINAL PROJECT - MO184804

PROBABILITY ANALYSIS OF ONGOING PROJECT DELAYS IN CONSTRUCTION OF TANKERS VESSEL

TOPAN ADE SUKMA ADJIE

NRP. 0431154000091

SUPERVISORS:

Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., M.RINA.

Departement of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2019

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PROBABILITAS KETERLAMBATAN *ONGOING*
PROJECT PEMBANGUNAN KAPAL TANKER

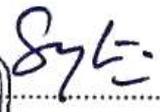
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada
program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Topan Ade Sukma Adjie NRP. 0431154000091

Disetujui oleh:

1. Silvianita, ST., M.Sc., Pd.D (Pembimbing 1)
.....

2. Prof. Ir. Daniel M. Rosyidi, Ph.D., M.IRINA (Pembimbing 2)
.....

3. Dr.Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T (Penguji 1)
.....


SURABAYA, 29 MEI 2019

**ANALISIS PROBABILITAS KETERLAMBATAN *ONGOING PROJECT*
PEMBANGUNAN KAPAL TANKER**

Nama mahasiswa : Topan Ade Sukma Adjie
NRP : 0431154000091
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D, M.RINA

ABSTRAK

Dalam suatu proyek seringkali dijumpai masalah keterlambatan, hal ini dapat diakibatkan oleh keterlambatan material, perencanaan yang tidak sesuai, dll. Jika hal tersebut diabaikan maka dampak buruk yang diakibatkan tidak lain adalah hilangnya rasa kepercayaan klien terhadap perusahaan. Saat ini PT DPS mendapatkan proyek pembangunan kapal tanker, namun seiring berjalannya waktu terdapat indikasi bahwa proyek akan mengalami keterlambatan. Untuk itu diperlukan suatu penelitian untuk mengetahui probabilitas keterlambatan proyek tersebut, dalam penelitian ini dengan menggunakan metode simulasi Monte Carlo serta dibantu oleh metode PDM dalam membuat network diagramnya. Dari hasil pembuatan diagram jaringan dengan metode *Precedance Diagram Method*, didapatkan hasil berupa lintasan kritis pada proyek yaitu kegiatan A-I-Q-B-Y-X-AL-C-D-E-F-G-H, dengan total durasi penyelesaian pengerjaan proyek selama 583 hari kerja. Setelah diketahui total durasi proyek serta lintasan kritisnya, maka dapat dilanjutkan untuk simulasi Monte Carlo, dengan data diagram jaringan yang digunakan sebagai persamaan atau proses dalam simulasi. Serta tiga angka estimasi waktu (waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu yang sering terjadi) yang digunakan sebagai input pada simulasi, tepatnya untuk membatasi bilangan acak pada simulasi Monte Carlo. Hasil dari simulasi ini dengan iterasi sebanyak 1000 kali didapatkan peluang proyek selesai kurang dari 583 hari adalah 22%, sebaliknya peluang proyek selesai lebih dari 583 hari adalah 78%.

Kata Kunci— kegiatan kritis, probabilitas, Precedence Diagram Method, Monte Carlo.

**PROBABILITY ANALYSIS OF ONGOING PROJECT DELAYS IN
CONSTRUCTION OF TANKERS VESSEL**

Name : Topan Ade Sukma Adjie
NRP : 0431154000091
Department : Ocean Engineering
Supervisor : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D, M.RINA

ABSTRACT

In a project there are often delays, it can be caused by material delays, improper planning, etc. If this is ignored, the bad impact caused for example loss of the client's trust in the company. At the present, PT DPS is getting a tanker construction project, but as the work progresses there are indications that the project have a delay. For this reason, a study is needed to determine the probability of delay in the project, in this study using the Monte Carlo simulation method and assisted by the PDM method in making network diagrams. The results of making network diagrams with the Precedance Diagram Method, are in the form of a critical path on the project, namely the activities of A-I-Q-B-Y-X-AL-C-D-E-F-G-H, with a total duration of completion of project for 583 working days. After knowing the total duration of the project and its critical path, it can be continued for Monte Carlo simulations, with network diagram data used as equations or processes in the simulation. As well as three time estimation numbers (optimistic time, pessimistic time, and average time) that are used as input to the simulation, specially to limit random numbers to Monte Carlo simulations. The results of this simulation with an iteration of 1000 times were found that the opportunity for the project to be completed in less than 583 days was 22%, whereas the probability of the project being completed more than 583 days was 78%.

Keywords: critical activity, probabilitay, PDM, Monte Carlo.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T karena berkat rahmat serta hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam juga penulis haturkan kepada junjungan seluruh umat manusia Rasulullah Muhammad SAW.

Penulis memilih topik tugas akhir yang berjudul “**Analisis Probabilitas Keterlambatan *Ongoing Project* Pembangunan Kapal Tanker**” yang membahas mengenai peluang suatu proyek selesai tepat waktu dengan menggunakan metode diagram jaringan precedence diagram method dan simulasi Monte Carlo. Laporan ini dibuat guna untuk memenuhi mata kuliah Tugas Akhir yang menjadi mata kuliah wajib pada kurikulum S1 di Departemen Teknik Kelautan, FTK ITS.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masihlah jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun agar penelitian ini dapat menjadi lebih baik nantinya. Akhir kata semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan juga pembaca secara umum.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini kepada :

1. Allah SWT, karena hanya berkat, rahmat serta hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua serta saudara penulis yang membantu dalam bentuk doa, dukungan dan motivasi yang tiada hentinya.
3. Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph. D, dan Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rasyid, Ph.D, selaku pembimbing penulis yang telah memberikan bimbingan dan juga saran selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Ir. Widi Agus Pratikno, M.Sc., Ph.D, serta bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen wali penulis, yang telah banyak membantu dan juga memberikan saran serta nasihat selama penulis menempuh kuliah.
5. Bapak Gianto, Bapak Suwardi, Bapak Affan, Bapak Sulis, Mas Ananta, Mas Tama, Bapak Bina yang telah membantu penulis dalam mendapatkan data untuk tugas akhir.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Departemen Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu dan fasilitas selama penulis menempuh kuliah.
7. Seluruh teman-teman Teknik Kelautan ITS angkatan 2015 yang membantu dalam tugas akhir ini.

Serta semua pihak yang telah mendukung baik langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Tahap Pembangunan Kapal.....	6
2.2.2 Oil Product Tanker	10
2.2.3 Proyek	11
2.2.4 Manajemen Proyek.....	12
2.2.5 Jaringan Proyek	12
2.2.6 Precedance Diagramming Method	13
2.2.7 Konstrain	14
2.2.8 Perhitngan Maju	16
2.2.9 Perhitungan Mundur	17
2.2.10 Jalur Kritis.....	18
2.2.11 Standar Deviasi	18
2.2.12 Simulasi Monte Carlo	19

2.2.13	Menentukan Jumlah Iterasi	21
2.2.14	Membangkitkan Bilangan Acak.....	23
2.2.15	PDF dan CDF	23
BAB III	.....	25
METODOLOGI PENELITIAN	.....	25
3.1	Diagram Alir.....	25
3.2	Prosedur Penelitian.....	27
BAB IV	.....	31
PEMBAHASAN	.....	31
4.1	Data Awal.....	31
4.2	Menyusun jaringan PDM	35
4.3	Perhitungan Maju	36
4.4	Perhitungan Mundur.....	38
4.5	Menghitung float	42
4.6	Data Waktu Optimis dan Waktu Pesimis	44
4.7	Menghitung Standar Deviasi	47
4.8	Membangkitkan Bilangan Acak	47
4.9	Menentukan Jumlah Iterasi	49
4.10	Meghitung PDF dan CDF.....	52
BAB V	.....	55
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi pelurusan pelat.....	7
Gambar 2.1 Kapal product oil tanker.....	11
Gambar 2.3 Contoh jaringan proyek <i>activity on node</i>	13
Gambar 2.4 Denah pada node PDM	14
Gambar 2.5 Konstrain <i>finish to start</i>	15
Gambar 2.6 Konstrain <i>start to start</i>	15
Gambar 2.7 Konstrain <i>finish to finish</i>	16
Gambar 2.8 Konstrain <i>start to finish</i>	16
Gambar 2.9 Luas dibawah kurva <i>pdf</i> distribusi normal	19
Gambar 2.10 Contoh simulasi Monte Carlo pada estimasi total durasi proyek	21
Gambar 2.11 Menentukan jumlah iterasi	22
Gambar 2.12 Fungsi <i>inverse</i> dari distribusi normal	23
Gambar 2.13 Contoh grafik PDF dan CDF	23
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan penelitian	25
Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan penelitian lanjutan	26
Gambar 4.1 Pembagian blok pada kapal tanker.....	31
Gambar 4.2 Layout PT Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero).....	32
Gambar 4.3 Denah node kegiatan	35
Gambar 4.4 Menghubungkan antar node sesuai dengan konstrainnya.....	36
Gambar 4.5 Melengkapi atribut dalam node.....	36
Gambar 4.6 Hubungan kegiatan A-I.....	37
Gambar 4.7 Hubungan kegiatan J-K.....	37
Gambar 4.8 Kegiatan AF memiliki dua <i>prodecessor</i>	38
Gambar 4.9 Hubungan kegiatan G-H.....	39
Gambar 4.10 Kegiatan D memiliki dua <i>successor</i>	39
Gambar 4.11 Formula bilangan acak pada Ms. Excel	47
Gambar 4.12 Perubahan nilai standar deviasi terhadap jumlah iterasi	49
Gambar 4.13 Grafik perubahan hasil dari parameter median dan rata-rata	50
Gambar 4.14 Grafik PDF dan CDF hasil 1000 kali iterasi	53

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Ukuran utama kapal	31
Tabel 4.2 Data awal (Bagian 1).....	33
Tabel 4.3 Data awal (Bagian 2).....	34
Tabel 4.4 Data awal (Bagian 3).....	35
Tabel 4.5 Hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur (Bagian 1).....	40
Tabel 4.6 Hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur (Bagian 2).....	41
Tabel 4.7 Hasil perhitungan <i>float</i> pada diagram jaringan PDM (Bagian 1)	42
Tabel 4.8 Hasil perhitungan <i>float</i> pada diagram jaringan PDM (Bagian 2)	43
Tabel 4.9 Hasil perhitungan <i>float</i> pada diagram jaringan PDM (Bagian 3)	44
Tabel 4.10 Data waktu pesimis dan optimis hasil wawancara (Bagian 1).....	45
Tabel 4.11 Data waktu pesimis dan optimis hasil wawancara (Bagian 2).....	46
Tabel 4.12 Hasil perhitungan standar deviasi dan durasi baru (Bagian 1).....	48
Tabel 4.13 Hasil perhitungan standar deviasi dan durasi baru (Bagian 2).....	49
Tabel 4.14 Hasil 1000 kali iterasi	50
Tabel 4.15 Parameter statistik hasil iterasi.....	51
Tabel 4.16 Hasil simulasi Monte Carlo dalam 1000 kali iterasi	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah yang dihadapi sebuah perusahaan pada dunia usaha adalah adanya persaingan antar perusahaan di bidang sejenis. Dalam hal ini perusahaan dituntut untuk memiliki manajemen serta pengendalian yang baik sehingga perusahaan dapat melaksanakan suatu proyek dengan waktu dan biaya yang efisien tanpa mengurangi mutu atau kualitasnya. Jika hal tersebut diabaikan maka dampak buruk yang diakibatkan tidak lain adalah hilangnya rasa kepercayaan klien terhadap perusahaan tersebut sehingga akan menyulitkan sebuah perusahaan dalam memenangkan tender dimasa yang akan datang.

Dalam perjalanannya suatu proyek pastinya memiliki berbagai permasalahan yang dihadapi, misalnya keterlambatan material, perencanaan yang tidak sesuai, dll. Masalah-masalah tersebut sebagian besar mengakibatkan terjadi keterlambatan pada proyek. Proyek yang diselesaikan melewati dari batas waktu yang sudah ditetapkan tentunya akan menyebabkan peningkatan biaya dari yang dianggarkan sebelumnya, baik biaya upah pekerja ataupun biaya penalti keterlambatan proyek. Di aspek yang lain keterlambatan dalam proyek juga dapat menurunkan kualitas karena pekerjaan terpaksa dikerjakan lebih cepat dari yang seharusnya sehingga beberapa hal teknis dilanggar demi mengurangi keterlambatan proyek.

Proyek pembangunan kapal white product oil tanker 6500 LTDW milik PT Djakarta Lloyd dengan nomor pembangunan N. 18613 dipilih sebagai objek dari penelitian ini. Pembangunan kapal ini dikerjakan oleh PT Dok dan Perkapalan Surabaya Persero, dimulai pada Agustus 2018 dan direncanakan akan selesai dalam waktu 24 bulan. Pembangunan kapal ini bertujuan untuk melayani pengangkutan dan distribusi minyak PT Pertamina Persero. Namun dalam perjalanannya proyek ini terindikasi mengalami keterlambatan. Sehingga diperlukan analisa untuk mengetahui probabilitas proyek tersebut mengalami keterlambatan.

Ada berbagai teknik dalam merencanakan penjadwalan proyek, yang terkenal adalah metode Critical Path Method (CPM). Metode ini memperkirakan umur proyek dengan pendekatan deterministik, dimana angka yang muncul merupakan sebuah kepastian. Namun dalam kenyataannya menunjukkan bahwa durasi aktivitas pada proyek hampir tidak pernah tepat seperti yang telah dijadwalkan sebelumnya, bahkan cenderung lebih lama dari yang diperkirakan (Suardika, et al., 2017). Karena hampir selalu ada faktor-faktor yang menyebabkan jadwal proyek mengalami keterlambatan atau *overrun*.

Metode lain yang cukup terkenal adalah *Program Evaluation Review Technique* (PERT), dimana metode ini menggunakan pendekatan probabilitik. Dengan menggunakan asumsi tiga waktu dalam setiap kegiatan proyek yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu rata-rata yang sering terjadi. Metode ini mencoba untuk mengakomodasi ketidakpastian durasi proyek dengan menganggap distribusi durasi proyek mengikuti distribusi beta. Namun metode ini akan memberikan hasil yang bias bilamana terjadi lebih dari satu lintasan kritis dalam suatu proyek, karena metode ini hanya memperitungkan satu lintasan kritis (Tysiak, et al., 2010).

Untuk mengatasi kekurangan dari metode-metode diatas maka digunakanlah metode simulasi Monte Carlo. Metode ini juga menggunakan pendekatan probabilistik yang mana memperhitungkan distribusi dari masing-masing aktivitas dan juga dilakukan iterasi berulang kali puluhan bahkan sampai ribuan kali (Karabulut, 2017). Dibandingkan dengan metode lainnya simulasi Monte Carlo memiliki hasil yang lebih mendekati pada kenyataannya (Deskmuskh, et al., 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kegiatan kritis yang ada dalam proyek pembangunan kapal?
2. Berapa probabilitas proyek tersebut mengalami keterlambatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kegiatan-kegiatan kritis pada proyek pembangunan kapal.
2. Untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan proyek tersebut mengalami keterlambatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk penulis adalah dapat memberikan wawasan, pemahaman serta pengalaman dalam menerapkan ilmu yang didapat dari perkuliahan ke dalam praktik nyata di lapangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan kepada pihak galangan dalam pengerjaan sebuah proyek yang mengalami keterlambatan. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan kepada pembaca dan juga dapat digunakan sebagai referensi dalam perkembangan penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Objek penelitian yang digunakan adalah proyek pembangunan kapal oil tanker 6500 LTDW oleh PT DPS.
2. Waktu/durasi pekerjaan pada proyek dihitung dalam satuan hari.
3. Ketidakpastian durasi aktivitas akibat bencana, cuaca atau hal lain yang tidak bisa dikontrol oleh perusahaan tidak diperhitungkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang dari pemilihan topik tugas akhir ini serta penjelasan mengenai data yang dipakai. Dalam bab ini juga terdapat rumusan masalah, tujuan dan manfaat yang hendak dicapai, batasan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir.

- **BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori**

Pada bab ini terdapat tinjauan pustaka yang berisikan mengenai penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya terkait topik penelitian sejenis. Dalam bab ini juga berisikan dasar teori dari metode-metode yang digunakan dalam penelitian yang berguna untuk menambah pemahaman serta pedoman dalam melakukan penelitian ini.

- **BAB III Metodologi Penelitian**

Bab ini berisikan diagram alir pengerjaan penelitian, serta penjelasan terkait data apa saja yang diperlukan, langkah langkah serta penggunaan metode dalam pengerjaan penelitian dijelaskan dalam bab ini.

- **BAB IV Analisa dan Pembahasan**

Bab ini berisikan tentang deskripsi dari data yang dipakai, pengolahan data serta tahap tahap perhitungan. Pada bab ini juga memuat grafik maupun histogram hasil dari perhitungan demi mempermudah pembacaan. Dan juga membahas dari hasil yang telah didapat.

- **BAB V Kesimpulan**

Berisi mengenai kesimpulan dari hasil analisa perhitungan dan juga berisi saran untuk pengembangan penelitian sejenis di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa literatur yang telah membahas topik yang serupa dengan penelitian ini dalam beberapa tahun terakhir ini salah satunya adalah (Tysiak, et al., 2010) Membahas tentang penerapan metode Monte Carlo dalam manajemen resiko dengan menggunakan software excel. Dimana dalam jurnal ini terdapat dua kasus, yang pertama yaitu menentukan durasi proyek dengan mengestimasi distribusi durasi penyelesaian dari beberapa aktivitas. Disini distribusi yang digunakan adalah triangular dan distribusi normal. Namun dijelaskan bahwa jika kita tidak mengetahui distribusi tsb, maka bisa dengan menggunakan distribusi beta (PERT), karena distribusi tersebut mirip dengan distribusi normal ataupun distribusi triangular. Di kasus kedua ini tidak membutuhkan distribusi namun menggunakan metode probabilitas kegagalan 3 fase, di mana setiap fase dimungkinkan setiap kegiatan untuk gagal.

Gonzalez et al. (2014) dalam penelitiannya membahas tentang perbandingan berbagai metode pengembangan dari PERT dengan simulasi Monte Carlo yang dianggap mendekati hasil yang sesungguhnya. Terdapat 10 metode berbeda yang akan dibandingkan. Dari hasil percobaan didapat bahwa formula dari Fulkerson (1962) lah yang hasilnya paling mendekati dengan simulasi Monte Carlo.

Penelitian selanjutnya yang juga membahas hal serupa adalah (Deshmukh, et al., 2018) Perbandingan resiko keterlambatan proyek antara metode PERT dan Monte Carlo, dalam perhitungan Monte Carlo menentukan jumlah simulasinya ada dua cara yaitu yang pertama menggunakan rumus dan yang kedua menggunakan simulasi sampai terjadi sedikit perubahan di hasil akhir. Pada hasil akhirnya terjadi perbedaan yang signifikan antara kedua metode, metode PERT memiliki hasil yang lebih pesimistis, sedangkan metode Monte Carlo lebih dekat dengan kenyataan.

Saputra, et al. (2015) meneliti tentang ketidakpastian dalam lingkup harga adalah fluktuasi nilai tukar rupiah terhadap USD yang mana dapat

mempengaruhi biaya proyek. Dalam segi sumber daya ketidakpastian terletak pada harga material, upah tenaga kerja, dan upah sewa peralatan. Mereka menyimpulkan bahwa hasil penelitian dalam bentuk model angka acak yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengevaluasi perkiraan penyelesaian waktu proyek, memperkirakan penyelesaian biaya proyek, dan keandalan proyek secara bersamaan.

Jurnal lain membahas tentang analisa resiko keterlambatan pada proyek pembangunan villa yang dikerjakan oleh suatu perusahaan di Turki yaitu (Karabulut, 2017). Membandingkan durasi penyelesaian proyek antara metode CPM/PERT dengan simulasi Monte Carlo. Dimana pada simulasi Monte Carlo menggunakan distribusi triangular pada angka acak. Hasil dari penelitian tersebut adalah waktu penyelesaian dengan metode lintasan kritis 186 hari, dengan simulasi Monte Carlo dengan memperhitungkan resiko, angka tersebut memiliki probabilitas sebesar 38%.

Pengaplikasian simulasi Monte Carlo tidak terbatas pada estimasi durasi proyek saja namun juga dapat diterapkan dalam estimasi biaya proyek, seperti penelitian yang dilakukan Fadjar (2008). Melakukan penelitian estimasi biaya proyek dengan data biaya minimum dan maksimum pada setiap aktivitas. Dilakukan iterasi sebanyak 416 kali menghasilkan biaya proyek sebesar 95 juta rupiah dengan probabilitas sebesar 75%. Dalam penelitian ini juga disimpulkan bahwa metode Monte Carlo dapat membantu dalam memprediksi perilaku suatu sistem yang memiliki unsur ketidakpastian.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Tahap Pembangunan Kapal

Menurut Moore, et. al (1995), secara umum pembangunan kapal dibagi menjadi dua tahap yaitu:

a. Tahap desain

Pada tahap ini keinginan serta gagasan dari pemilik kapal (owner) dipelajari secara seksama berdasarkan data yang telah ada, kemudian dituangkan kedalam garis besar data sementara dari data kapal yang akan

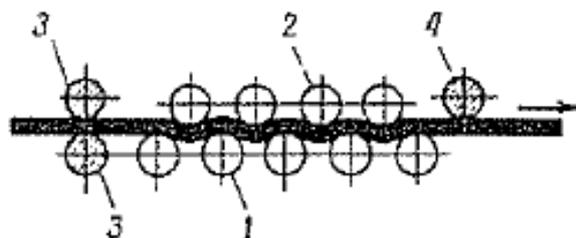
dibangun. Data ini biasanya berupa ukuran utama kapal seperti panjang, lebar, tinggi, sarat dan kapasitas kapal serta rute pelayaran.

b. Tahap pembangunan fisik

Tahap ini merupakan tahap yang pengerjaannya membutuhkan waktu yang paling lama. Beberapa bagian yang dilakukan pada tahap ini antara lain :

- Pembuatan lambung dan bangunan atas

Pertama kali yang dilakukan adalah pelurusan pelat karena pelat baja tiba di galangan kapal dalam kondisi cacat (terdeformasi). Kondisi yang tidak sempurna membuat penandaan dan pemotongan menjadi sulit dan menyebabkan tekanan tambahan pada fabrikasi dan perakitan. Menghilangkan distorsi pada pelat dingin dilakukan dengan menggunakan *roll straightener*. Selanjutnya dilakukan pemotongan dan pembentukan sesuai dengan gambar kerja. Setelah dilakukan pembentukan bagian bagian yang telah terkumpul akan dilakukan penggabungan yang dilakukan diatas meja kerja (*jig*). Penggabungan dilakukan dengan cara pengelasan. Adapun jenis pengelasan yang dilakukan adalah SMAW, FCAW GMAW dan lain-lain sesuai dengan kebutuhan. Setelah penggabungan maka dari sub-blok tersebut akan dibawa ke tempat *erection* untuk digabungkan dengan bagian-bagian yang lainnya.



Gambar 2.1 Ilustrasi pelurusan pelat (Moore, et al., 1995)

- *Outfitting* pipa

Satu bagian pipa diproduksi di bengkel pipa dan kemudian dikirim ke lokasi perakitan, perakitan pipa dilakukan dengan pengelasan (mematri dan menyolder) atau dengan baut. Secara umum pembuatan satu bagian pipa dan perlengkapannya tergantung dari ukuran pipa dan material yang digunakannya. Hampir sebagian besar berbahan baja namun juga ada yang menggunakan tembaga, alloy and PVC. Proses spesifik yang terlibat dalam pembuatan potongan pipa meliputi pemotongan, persiapan ujung pengelasan, pembuatan lubang, pemasangan flange, pengelasan dan pembengkokan. Pekerjaan tambahan yang terkait dengan aspek lain dari pembuatan kapal yang juga berlaku untuk pembuatan pipa termasuk persiapan permukaan, pengujian, *coating*, termasuk x-ray atau prosedur pengujian las lainnya dan penanganan material.

- Pemasangan mesin dan mesin bantu

Dalam praktik standar galangan kapal, propulsi utama dan mesin bantu dibeli langsung dari vendor luar atau dipasok oleh pemilik sebagai perlengkapan yang dilengkapi oleh pemilik kapal. Tanggung jawab galangan kapal terutama adalah pemasangan peralatan, termasuk ketentuan untuk fondasi yang memadai, sambungan pembantu perpipaan dan listrik, penghubung dan mensimetriskan poros, dan pengujian sistem. Pemasangan mesin di galangan kapal menggunakan pengelasan dan baut.

- Pemasangan instalasi listrik (*Electrical*)

Pekerjaan kelistrikan dalam konstruksi kapal baru terutama melibatkan *running cable*, penyambungan kabel, dan membuat koneksi ke peralatan. Kabel umumnya dijalankan melalui *cableways* atau didukung oleh *hanger*. Selain itu pembuatan dan pemasangan *switchboard*, panel kontrol, pemutus sirkuit, alarm, lampu dan peralatan lainnya merupakan bagian dari pekerjaan bengkel listrik.

- *Outfitting* dek dan akomodasi

Akomodasi merupakan seluruh ruang yang melibatkan kru tinggal dan bekerja di dalam kapal. Proses pekerjaan outfitting secara umum merupakan pekerjaan penyambungan. Meliputi penyambungan perpipaan, kelistrikan, HVAC. Juga termasuk instalasi pintu, peralatan dan perabotan dalam kapal. Pekerjaan outfitting pada dek secara umum merupakan item terbuat dari baja yang dapat dibuat oleh pihak galangan meliputi tabung jangkar, railing, tangga dan tiang. Atau untuk item yang dibeli dari vendor antara lain seperti jangkar, rantai jangkar, winch, lampu, *windlass*. Pemasangan dilakukan dengan cara dilas ditempat ataupun dengan baut.

- Persiapan permukaan dan *painting*

Pada pembersihan baja baru, salah satu hal yang terpenting adalah membersihkan baja dari *mill scale*. *Scale* ini terbentuk dari proses *hot rolling operation* di dalam pabrik. Lapisan besi oksida pada *mill scale* memiliki ketebalan ratusan mikron terbentuk diatas permukaan baja pada temperatur tinggi. Selama penyimpanan baja, lapisan ini cenderung mengalami terkelupas secara tidak merata, menghasilkan permukaan yang tidak rata termasuk retak, karat, lembab, kotoran, minyak, garam, maupun sudut yang tajam. Untuk itu perlu dilakukan tahap persiapan permukaan guna menghindari permukaan yang tidak bersih, karena umur cat tergantung pada perlakuan persiapan permukaan. Secara umum persiapan permukaan dibagi menjadi dua cara, yaitu secara kimia dan mekanik. Secara kimia berguna untuk membersihkan permukaan dari minyak dan kadar garam dengan menggunakan cairan *acid*, pelarut dll.

Secara mekanik dilakukan untuk menghilangkan *mill scale*, *fouling* dan karat dengan cara blasting, dan *power and hand tool cleaning*. Sistem coating secara umum dipilih berdasarkan meterial yang digunakan serta daerah mana yang akan diaplikasikan. Secara umum dibagi menjadi, *bottom*, *bottop*, *topside*, *superstructure*, *weather deck*, tanki, dan peralatan. Pemilihan jenis cat yang digunakan juga tergantung dari

daerah diatas. Sebagai contoh daerah bottom diaplikasikan 2 lapis cat jenis anti korosi dan 2 lapis cat anti *fouling*. Pengaplikasian cat juga dilakukan dengan menggunakan kuas, spray, maupun roller.

- *Launching*

Peluncuran kapal secara umum dapat dibagi menjadi tiga yaitu *side launching*, *end launching*, ataupun *dok launching*. Proses peluncuran sering digunakan di Indonesia sekarang adalah metode *end launching* metode *airbag*. Secara umum metode *end launching* dibagi menjadi tiga fase yaitu fase pertama terjadi pada saat kapal mulai bergerak sampai dengan buritan kapal menyentuh air. Fase kedua yaitu pada saat kapal mulai menyentuh air sampai kapal memiliki gaya apungnya sendiri. Fase ketiga pada saat kapal memiliki gaya apung sampai kapal meninggalkan *slipway*.

- *Test and trials*

Dock trial digunakan untuk mengetes *outfit system* sebelum penyelesaian pembangunan kapal. *Builder trial* sering diadakan oleh galangan untuk menemukan dan menyelesaikan permasalahan pada kapal sebelum dilakukan secara resmi pada *sea trial*. *Sea trial* dilakukan dengan melibatkan pengetesan kapal beserta sistemnya.

2.2.2 Oil Product Tanker

Merupakan kapal tanker yang digunakan untuk pengangkutan produk olahan yang berasal dari minyak mentah dari kilang. Produk yang diangkut dibagi menjadi dua macam yaitu *white product* dan *black product*. *White product* adalah produk olahan dari minyak mentah dapat berupa bensin, minyak gas, aromatik, *jet fuels*. Sedangkan *black product* merupakan produk olahan dari minyak mentah yang berupa *diesel oils*, *fuel oils*, dan aspal.



Gambar2.2 Kapal product oil tanker (marinetraffic.com)

2.2.3 Proyek

Proyek adalah upaya dalam kurun waktu tertentu yang dilakukan untuk menghasilkan suatu produk, layanan, ataupun hasil yang lain (PMI, 2004). Definisi proyek dilakukan dalam waktu tertentu adalah bahwa proyek memiliki waktu mulai dan waktu selesai. Sebuah proyek dikatakan selesai apabila tujuannya sudah tercapai, contohnya suatu produk yang dikerjakan sudah jadi. Namun suatu proyek juga dapat dihentikan oleh client atau sponsor karena tujuannya tidak akan terpenuhi atau kebutuhan proyek sudah tidak ada lagi.

Walaupun pengerjaan proyek biasanya berdurasi singkat, namun secara umum hasil dari proyek dapat bertahan dalam waktu yang lama. Contohnya adalah pembangunan gedung bertingkat, jembatan yang diharapkan umurnya bisa berabad-abad. Dampak dari suatu proyek juga lebih lama dari proyek itu sendiri, dampak yang ditimbulkan meliputi aspek sosial, ekonomi, serta lingkungan.

Menurut Soeharto (1999), kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas.

2.2.4 Manajemen Proyek

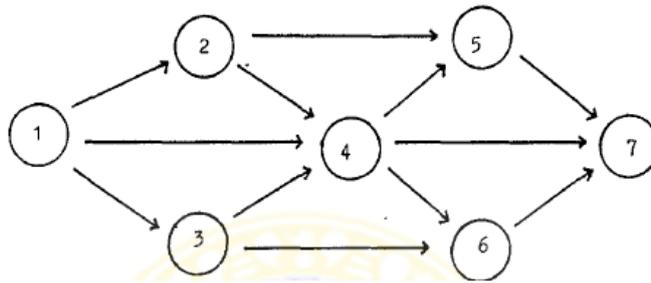
Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keterampilan, alat, dan teknik untuk kegiatan proyek untuk memenuhi persyaratan proyek (PMI, 2004). Secara umum proses manajemen proyek dibagi menjadi lima tahapan, lima tahapan itu adalah

- Memulai
- Perencanaan
- Melaksanakan
- Pemantauan dan Pengendalian
- Penutupan

Dalam manajemen proyek triple constrain menjadi pegangan untuk menyeimbangkan antara waktu, biaya, lingkup, dan kualitas. Hubungan keempat faktor ini sangatlah berkaitan sehingga bila satu faktor berubah maka faktor yang lainnya berubah juga. Sebagai contoh jika suatu proyek terlambat maka anggaran akan meningkat, hal digunakan untuk menambah sumber daya. Jika anggaran tidak meningkat maka bisa juga kualitas yang diturunkan, hal ini untuk menyiasati anggaran dan durasi yang terbatas. Mengubah persyaratan atau tujuan proyek dapat menciptakan risiko tambahan. Tim proyek perlu dapat menilai situasi, menyeimbangkan permintaan, dan memelihara komunikasi proaktif dengan para pemangku kepentingan untuk memberikan proyek yang sukses.

2.2.5 Jaringan Proyek

Aktivitas dalam suatu proyek dapat direpresentasikan sebagai sebuah jaringan. Jaringan adalah sebuah serangkaian titik yang terhubung dengan berbagai cara. Sehingga, jika titik tersebut dijadikan sebagai aktivitas maka akan terbuat *Activity on Node* (AON). Titik pada jaringan berkorespondensi dengan aktivitas lainnya. Sehingga dapat diketahui bahwa garis yang menghubungkan juga menggambarkan hubungan antar aktivitas.



Gambar 2.3 Contoh jaringan proyek activity on node (Widodo, 1987)

Cara kedua untuk menunjukkan network ini adalah dengan *Activity on Arc* (AOA) dimana garis-garis merepresentasikan aktivitas sebuah proyek. Titik pada AOA menunjukkan mulai dan selesainya sebuah aktivitas. AOA tidak memperizinkan beberapa aktivitas mulai dan berakhir pada titik yang sama sehingga harus dimasukkan aktivitas semu.

2.2.6 Precedance Diagramming Method

PDM merupakan salah satu metode jaringan kerja yang termasuk ke dalam kelompok *Activity On Node* (AON). Dalam metode ini kegiatan dituliskan dalam bentuk node segi empat yang terdiri dari berbagai macam informasi misalnya kode kegiatan, durasi, mulai dan selesainya kegiatan. Petunjuk hubungan antar node kegiatan digambarkan dengan anak panah.

Metode ini merupakan jawaban dari kesukaran metode CPM dalam mengatasi kegiatan yang tumpang tindih. Metode CPM dapat digunakan untuk kegiatan tersebut, namun diperlukan pemecahan suatu kegiatan serta menambah kegiatan dummy didalamnya. Hal tersebut tentunya akan tidak praktis jika digunakan dibanyak kegiatan yang mengalami tumpang tindih. Hal ini terjadi karena CPM hanya mengijinkan suatu kegiatan untuk dimulai jika kegiatan pendahulunya selesai, beda halnya dengan PDM yang memiliki empat kontrain.

Pada node PDM berbentuk segi empat dengan berbagai macam informasi yang terkandung didalamnya. Macam-macam informasi tersebut sebenarnya bisa diatur sendiri sesuai dengan informasi apa saja yang diperlukan oleh pemakai. Adapun secara umum informasi yang terdapat pada node PDM antara lain:

- a. Nomor urut
- b. Nama kegiatan
- c. Kurun waktu kegiatan
- d. Early start
- e. Early finish
- f. Lastest start
- g. Lastest finish

Nomor Urut			
ES	Nama kegiatan	Kurun waktu (D)	EF
—			—
LS	(tanggal)	(tanggal)	LF

Gambar 2.4 Denah pada node PDM (Soeharto, 1999)

Adapun langkah-langkah untuk menyusun jaringan PDM menurut Soeharto (1999) adalah sebagai berikut :

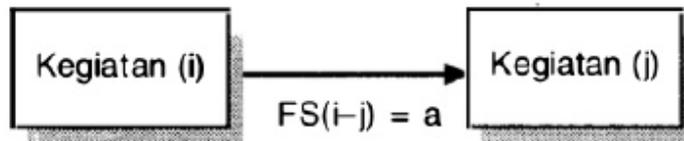
- Membuat denah node sesuai dengan jumlah kegiatan.
- Menghubungkan node-node diatas dengan anak panah sesuai dengan ketergantungan antar kegiatan.
- Melengkapi atribut berupa *early strart*, *early finish*, *lastest start*, *lastest finish*, durasi, serta kode kegiatan pada node jaringan PDM

2.2.7 Konstrain

Konstrain dalam metode ini memberikan penjelasan hubungan antar kegiatan. (Soeharto, 1999) menjelaskan keempat macam konstrain dalam metode ini dengan dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ penjelasannya kegiatan j dimulai setelah a hari dari kegiatan i selesai. Adapun empat kontrain di metode PDM yaitu:

- Konstrain *Finish to Start* (FS)

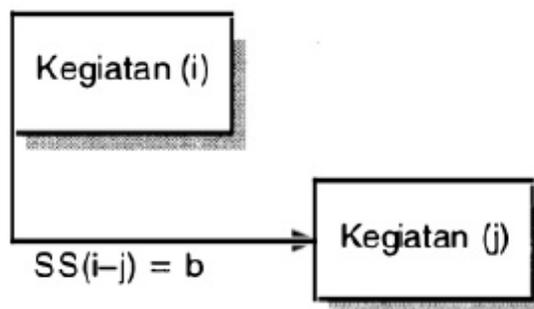
Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.



Gambar 2.5 Konstrain finish to start (Soeharto, 1999)

- Konstrain *Start to start* (SS)

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau $SS(i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena perdefinisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih.

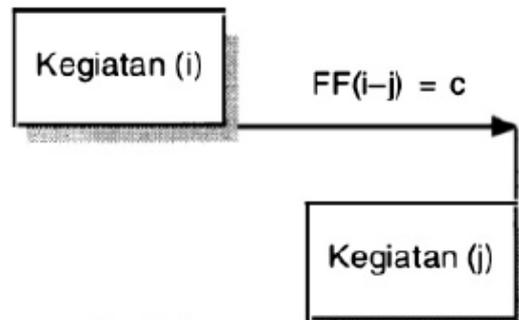


Gambar2.6 Konstrain start to start (Soeharto, 1999)

- Konstrain *Finish to Finish* (FF)

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau $FF(i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai.

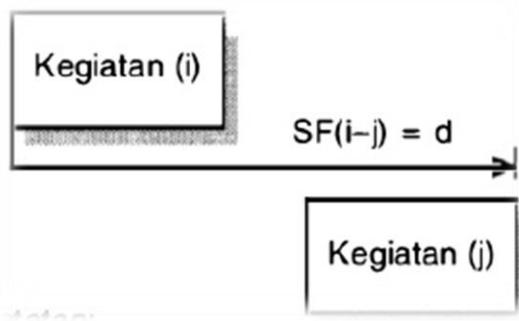
Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian (=c) hari selesai. Angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j).



Gambar 2.7 Konstrain finish to finish (Soeharto, 1999)

- Konstrain *Start to Finish* (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan $SF(i-j) = d$, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.



Gambar 2.8 Konstrain start to finish (Soeharto, 1999)

2.2.8 Perhitungan Maju

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui total durasi proyek. Adapun aturan dalam perhitungan ini adalah jika ada lebih dari satu kegiatan yang bergabung maka diambil nilai ES terbesar. Menurut (Soeharto, 1999) langkah-langkah perhitungan maju adalah sebagai berikut

- a. Waktu awal dari kegiatan yang sedang ditinjau $ES(j)$ adalah sama dengan angka terbesar dari $ES(i)$ atau $EF(i)$ ditambah dengan konstrain, atau dapat ditulis

$$ES(j) = ES(i) + SS(i-j) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$ES(j) = ES(i) + SF(i-j) - D(j) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$ES(j) = EF(i) + FS(i-j) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$ES(j) = EF(i) + FF(i-j) - D(j) \dots \dots \dots (2.4)$$

- b. Angka waktu selesai waktu awal sama dengan angka waktu mulai paling awal kegiatan j ditambah durai j . Atau dapat ditulis

$$EF(j) = ES(j) + D(j) \dots \dots \dots (2.5)$$

2.2.9 Perhitungan Mundur

Berguna untuk menentukan waktu paling terakhir untuk selesai dimana aktivitas bisa mulai dan berhenti tanpa memperlambat proyek. Proses ini mengidentifikasi aktivitas yang harus mulai dan berhenti di waktu yang secepat mungkin agar bisa menyelesaikan proyek dengan waktu paling minimum yang diidentifikasi oleh *forward pass*. Aktivitas tersebut mempengaruhi waktu kritis dari hitungan yang ada.

Logika dari *backward pass* adalah mirip seperti *forward pass*. Namun, disini memulai dari aktivitas terakhir di perhitungan dan melakukan perhitungan mundur untuk menentukan waktu terakhir dari aktivitas yang bisa diselesaikan tanpa memperlambat proyek. Adapun langkah langkah menghitung mundur menurut (Soeharto, 1999) adalah sebagai berikut

- a. Menghitung $LF(i)$ dengan cara memilih angka yang paling kecil.

$$LF(i) = LF(j) - FF(i-j) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$LF(i) = LS(j) - FS(i-j) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$LF(i) = LF(j) - SF(i-j) + D(i) \dots \dots \dots (2.8)$$

$$LF(i) = LS(j) - SS(i-j) + D(j) \dots \dots \dots (2.9)$$

- b. Waktu mulai kegiatan yang ditinjau sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan dikurangi durasi waktu tersebut.

$$LS = LF(i) - D(i) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana : i = Kegiatan yang sedang ditinjau

j = Kegiatan selanjutnya

2.2.10 Jalur Kritis

Jalur kritis terdiri dari beberapa aktivitas yang jika terlambat, akan menyebabkan seluruh penyelesaian sebuah proyek terlambat juga. Aktivitas pada jalur kritis bisa dengan mudah diidentifikasi melalui hasil dari perhitungan maju dan perhitungan mundur. Menurut (Soeharto, 1999) sifat kegiatan kritis pada metode PDM sama halnya dengan metode CPM atau PERT yaitu apabila

$$ES - LS = 0 \dots \dots \dots (2.11)$$

$$EF - LF = 0 \dots \dots \dots (2.12)$$

Aktivitas *non critical* dalam sebuah proyek ditandai dengan adanya *float*. *Float* adalah jumlah waktu cadangan/sisa. Jika sebuah aktivitas dimulai terlambat, maka tidak menimbulkan kelambatan pada seluruh proyek. Aktivitas kritis mempunyai nilai *float* sebesar nol, sedangkan aktivitas *non critical* memiliki nilai *float* yang positif. Jumlah *float* didefinisikan sebagai

$$Float \text{ untuk aktivitas } i = LSi - ESi \dots \dots \dots (2.13)$$

2.2.11 Standar Deviasi

Untuk menghitung standar deviasi dari data tiga angka estimasi waktu, maka dilakukan dengan pendekatan diagram nilai individu. Sebuah diagram kontrol nilai individu didasarkan atas probabilitas dengan distribusi normal. Menurut Harinaldi (2005), unsur-unsur pada diagram nilai individu ditentukan oleh

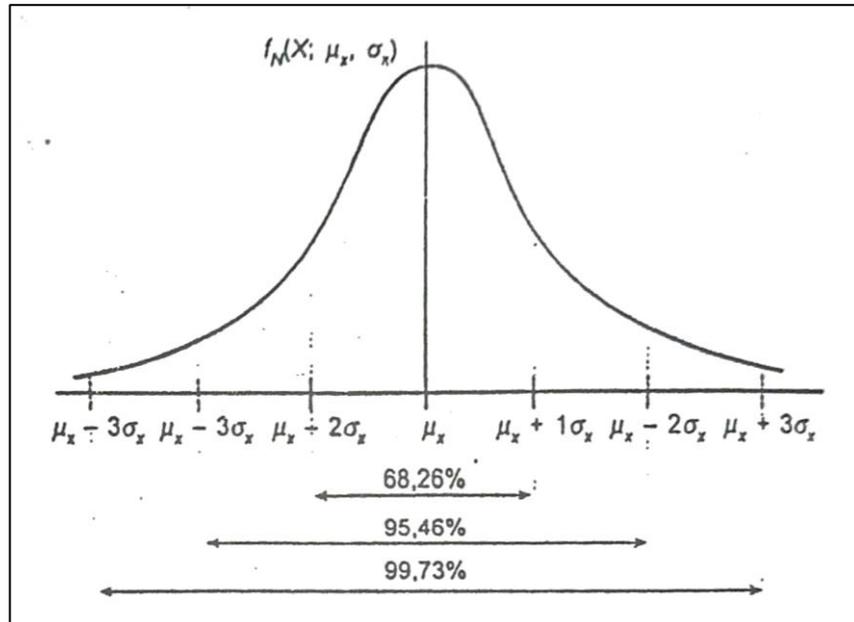
1. Batas kendali atas = $\mu + 3\sigma$
2. Batas kendali tengah = μ

3. Batas kendali bawah = $\mu - 3\sigma$

Dimana:

μ = rata - rata

σ = standar deviasi



Gambar 2.9 Luas dibawah kurva pdf distribusi normal (Harinaldi, 2005)

Maka dari persamaan diatas didapat bahwa rentang antara batas kendali atas dengan batas kendali bawah adalah 6σ . Oleh karena itu untuk menghitung standar deviasi dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut

$$\sigma = \frac{b - a}{6}$$

Dimana:

a = batas kendali bawah

b = batas kendali atas

2.2.12 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan metode yang sering digunakan dalam mensimulasikan suatu hal yang memiliki ketidak pastian. Namun dalam hal manajemen proyek metode ini justru jarang digunakan karena kurangnya pemahaman mengenai metode ini dan juga statistik, manajer

proyek lebih sering menganggap metode ini sebuah beban terhadap perusahaannya (Kwak, et al., 2007)

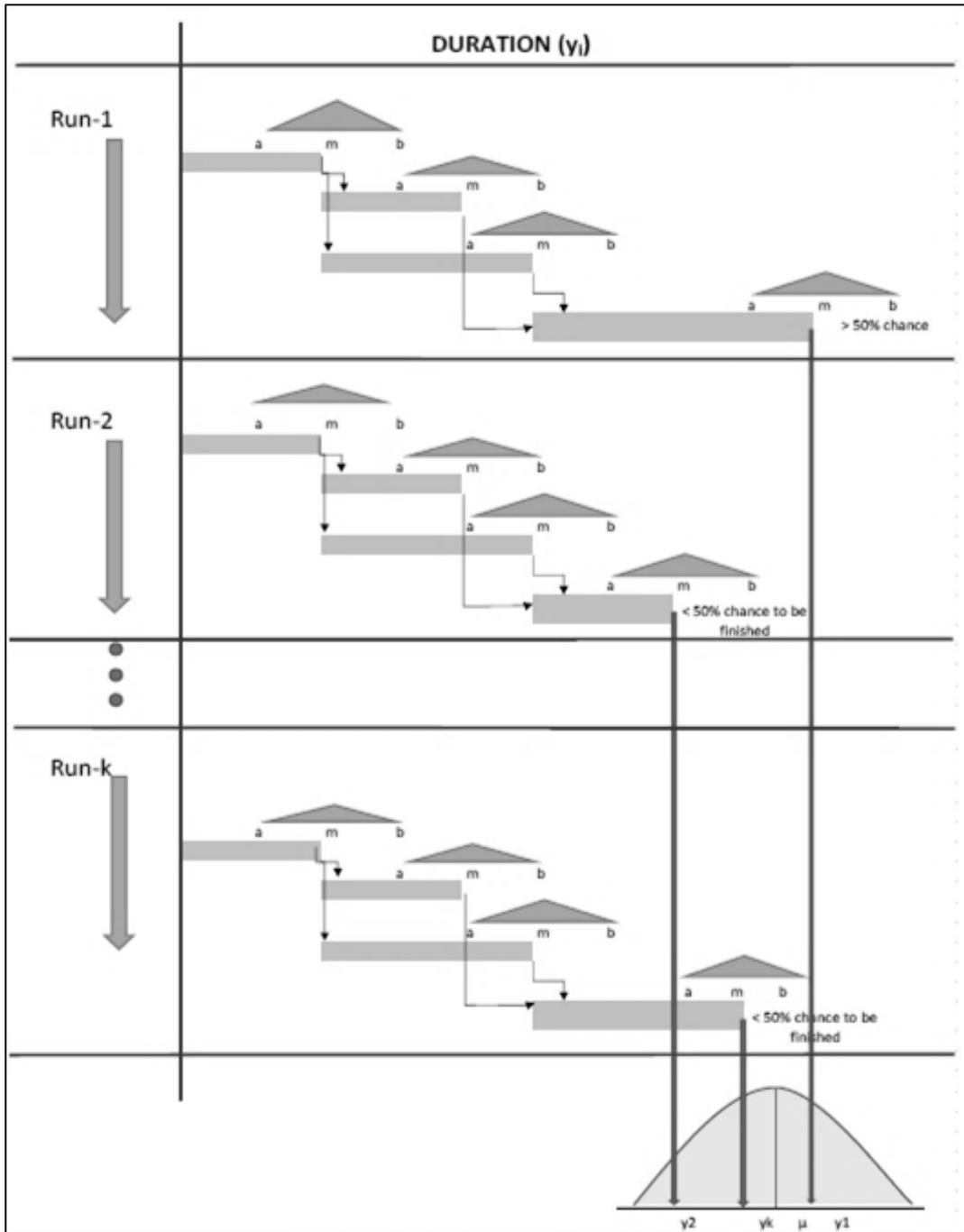
Dalam bidang manajemen proyek metode ini biasa digunakan untuk menentukan waktu dan biaya dari sebuah proyek dengan menggunakan angka yang dipilih secara acak dari sebuah distribusi probabilitas dari biaya dan waktu yang mungkin terjadi, dengan tujuan menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek (Project Management Institute, 2004)

Metode ini dalam prosesnya menggunakan masukan *stochastic* sama halnya dengan metode PERT, namun memiliki pemilihan beragam kurva distribusi probabilitas. Simulasi yang dilakukan pada metode ini dapat dilakukan ratusan kali bahkan ribuan kali terhadap model yang dianalisis. Angka acak yang dibangkitkan juga dapat menyesuaikan dengan distribusi yang kita inputkan.

Untuk melakukan simulasi Monte Carlo dengan kasus durasi penyelesaian sebuah proyek menurut Karabulut (2017) adalah sebagai berikut:

1. Definisi model kuantitatif untuk durasi proyek sebagai $y = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$ di mana x adalah durasi kegiatan, dan n adalah jumlah kegiatan.
2. Pembuatan variabel acak untuk menjalankan i kali iterasi (dimana $i = 1$ sampai k , sedangkan k adalah jumlah iterasi).
3. Perkiraan durasi aktivitas $x_{i1}, x_{i2}, \dots x_{in}$ serta durasi proyek (y) untuk i kali dijalankan.
4. Menyimpan model dan output hasil dalam y_i .
5. Langkah (2) dan (3) diulangi beberapa kali.
6. Hasilnya dianalisis dan diwakili secara grafis menggunakan fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan kumulatif.

Langkah-langkah serta proses di atas diilustrasikan seperti pada gambar 2.10 dibawah.



Gambar 2.10 Contoh simulasi Monte Carlo pada estimasi total durasi proyek
(Karabulut, 2017)

2.2.13 Menentukan Jumlah Iterasi

Dalam menggunakan simulasi Monte Carlo perlu dihitung pula jumlah iterasi yang akan digunakan, agar nantinya simulasi tersebut memiliki nilai eror yang dapat dikontrol. (Fadjar, 2008) menuliskan rumus dalam menghitung iterasi dengan tahapan sebagai berikut.

Menghitung standar deviasi dengan rumus

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Menentukan nilai absolut eror yang dapat diterima dalam simulasi ini, selanjutnya nilai error dimasukkan dalam rumus dibawah ini.

$$\varepsilon = \frac{\bar{x}}{\left(\frac{1}{e}\right)} \dots\dots\dots(2.15)$$

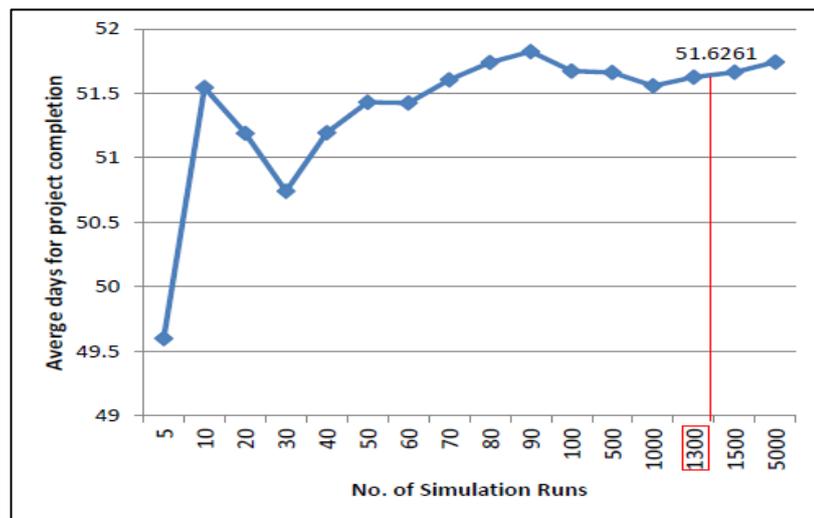
Menghitung jumlah iterasi dengan rumus

$$N = \left(\frac{3\sigma}{\varepsilon}\right)^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

- x = data ke i
- \bar{x} = mean dari seluruh data
- n = Jumlah data
- N = Jumlah iterasi
- e = absolut error

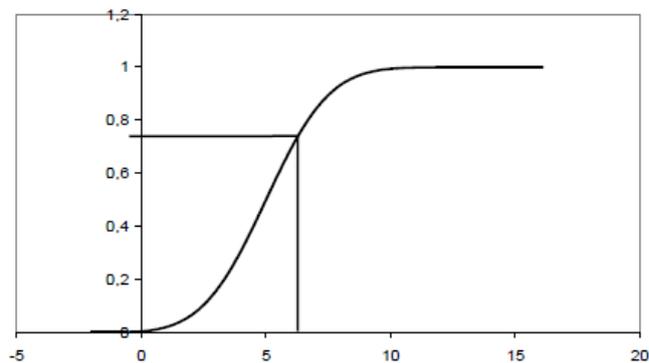
Adapun cara lain untuk menentukan jumlah iterasi dalam simulasi Monte Carlo adalah dengan melakukan iterasi secara bertahap, sampai terjadi sedikit perubahan ataupun tidak ada perubahan dalam hasilnya (Deshmukh, et al., 2018).



Gambar 2.11 Menentukan jumlah iterasi (Deshmukh, et al., 2018)

2.2.14 Membangkitkan Bilangan Acak

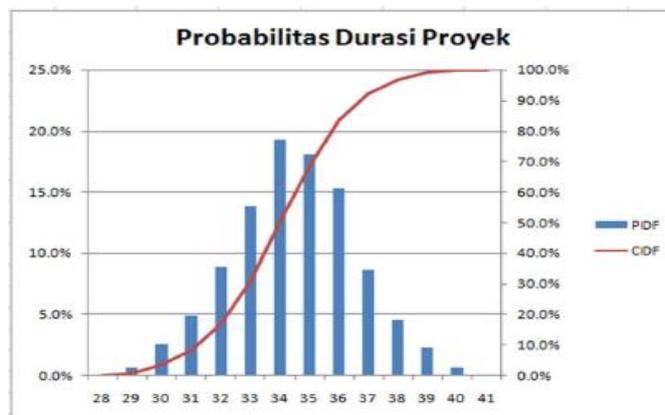
Bilangan acak dalam simulasi Monte Carlo dapat dibangkitkan mengikuti dari distribusi yang kita inginkan selama kita tahu inverse dari fungsi dari distribusi tersebut (Tysiak, et all., 2010). Di dalam *software* Ms. Excel angka acak dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi RAND. Di *software* itu pula juga telah menyediakan fungsi *inverse* dari beberapa distribusi yang bisa langsung digunakan.



Gambar 2.12 Inverse distribusi normal (Tysiak, et all., 2010)

2.2.15 PDF dan CDF

Fungsi kepadatan probabilitas atau *probability density function* (pdf) menyatakan nilai probabilitas dari setiap kejadian x dan dituliskan dengan $p(x)$, karena $p(x)$ menyatakan nilai probabilitas maka $0 \leq p(x) \leq 1$. Untuk semua kejadian maka jumlah nilai probabilitasnya adalah satu. Sedangkan cdf adalah suatu teknik untuk menyatakan munculnya setiap kejadian dari semua kejadian yang muncul dalam bentuk prosentase.



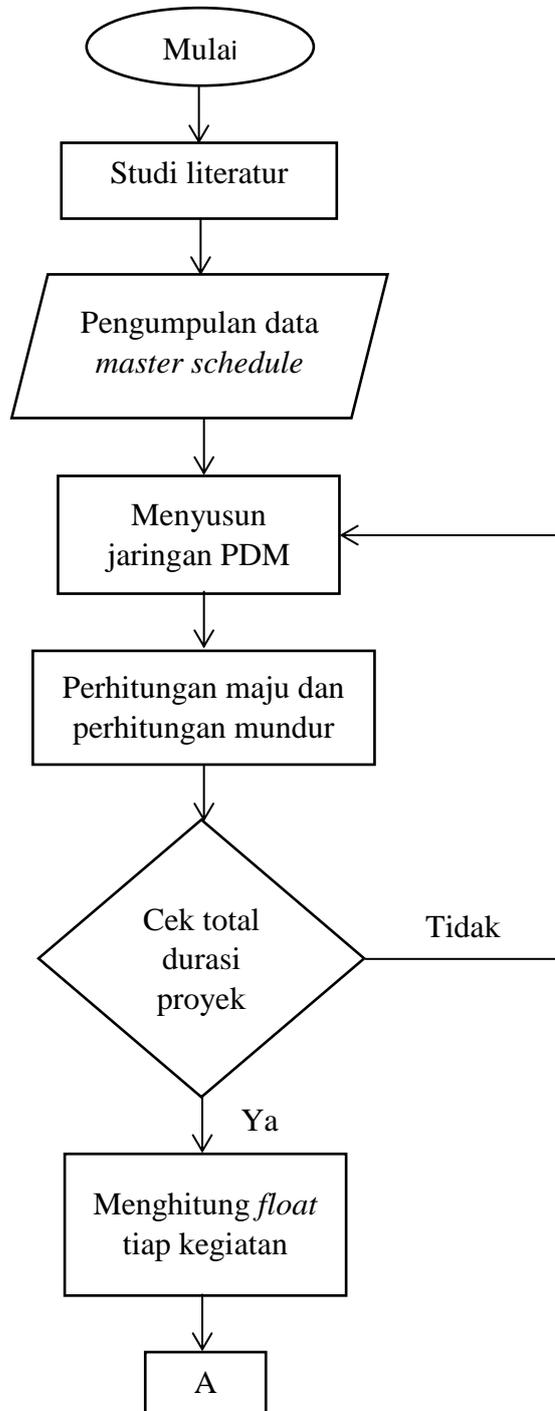
Gambar 2.13 Contoh grafik PDF dan CDF (Suardika, dkk 2017)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

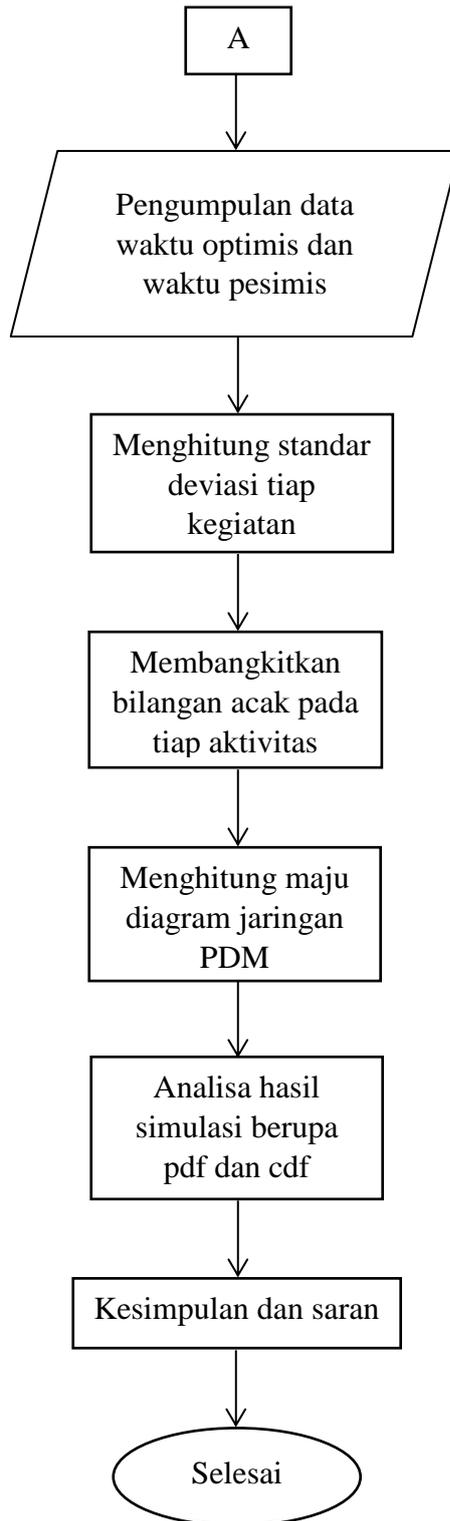
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini



Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan penelitian lanjutan

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut

1. Studi Literatur

Pengumpulan studi literatur dilakukan melalui buku panduan, laporan serta mencari jurnal nasional maupun internasional yang berhubungan dengan topik tugas akhir.

2. Pengumpulan data

Data yang dipakai dalam tugas akhir ini diambil dari PT Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) untuk proyek pembangunan kapal tanker 6500 LTDW. Data yang diperlukan pada tahap pertama adalah data penjadwalan, yang berisi daftar aktivitas, durasi serta ketergantungan antar kegiatan pada proyek. Data ini diperoleh dari divisi perencanaan dan pengawasan.

3. Menyusun jaringan PDM

Metode PDM dipilih karena sesuai dengan data penjadwalan yang didapat. Karena dalam data tersebut terdapat aktivitas yang tumpang tindih dengan aktivitas lainnya. Dimana kondisi ini tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan metode lainnya. Pembuatan jaringan diagram juga bertujuan untuk menggambarkan hubungan antar aktivitas dalam proyek.

4. Perhitungan maju dan perhitungan mundur

Perhitungan maju dilakukan untuk mengetahui ES, EF, dan juga total durasi penyelesaian proyek. Untuk perhitungan mundur dilakukan untuk mengetahui LS dan LF. Langkah langkah perhitungan maju dan perhitungan mundur dengan metode PDM telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

5. Cek total durasi proyek

Pengecekan dilakukan pada hasil perhitungan maju dari jaringan diagram yang telah dibuat. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan total durasi dari jaringan diagram PDM dengan data total durasi penjadwalan proyek yang berasal dari data perusahaan. Jika hasilnya sama maka dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jika tidak maka perlu lagi diteliti hubungan antar kegiatan yang kemungkinan terjadi kesalahan.

6. Menghitung *float* tiap kegiatan

Setelah ditemukan hasil dari perhitungan maju dan perhitungan mundur, maka mencari kegiatan kritis dapat dilakukan dengan cara menghitung *float*/waktu sisa tiap-tiap kegiatan. Kegiatan yang memiliki waktu sisa sama dengan nol merupakan kegiatan kritis. *Float* dapat dihitung dengan *lastest start* dikurangi dengan *early start*.

7. Pengumpulan data

Adapun data yang diperlukan pada tahap kedua adalah *optimis time* dan *pesimistic time*. Data ini didapat dengan cara wawancara ataupun kuisioner dengan supervisor ataupun foreman pada divisi perencanaan dan pengawasan maupun divisi terkait pada proyek pembangunan kapal tanker.

8. Menghitung standar deviasi tiap kegiatan

Perhitungan standar deviasi dari masing-masing aktivitas dilakukan dengan data awal berupa data optimis time, most likely time, pesimistic time. Nilai dari standar deviasi selanjutnya akan berguna dalam membatasi bilangan acak nantinya.

9. Membangkitkan angka acak pada tiap aktivitas

Tahap ini adalah awal dari simulasi Monte Carlo, dimana angka acak yang akan dibangkitkan dibatasi dengan waktu rata-rata dan standar deviasi dari masing-masing aktivitas. Angka acak dapat dibangkitkan dengan fungsi RAND yang ada dalam *software* Ms. Excel. Bilangan acak yang dibangkitkan mengikuti distribusi normal. Distribusi normal dipilih

karena dalam beberapa jurnal nasional maupun internasional menggunakan distribusi tersebut.

10. Menghitung maju jaringan diagram PDM

Perhitungan maju pada tahap ini dilakukan dengan durasi tiap kegiatan yang telah diinputkan bilangan acak. Dilakukan iterasi sebanyak n-kali sampai hasil dari simulasi ini memiliki nilai yang stabil.

11. Analisa hasil simulasi dengan pdf dan cdf

Setelah dilakukan iterasi sebanyak n-kali selanjutnya mengumpulkan total durasi dari hasil tiap-tiap iterasi dengan menggunakan *probability density function* serta *cumulative density function*. Dari sini nantinya akan terlihat probabilitas keterlambatan dari proyek.

12. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil perhitungan dapat ditarik kesimpulan nilai probabilitas keterlambatan pada proyek ini. Dalam hal ini kesimpulan berisikan jawaban dari tujuan penelitian pada bab sebelumnya. Saran juga dituliskan untuk penyempurnaan penelitian sejenis dimasa yang akan datang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

PEMBAHASAN

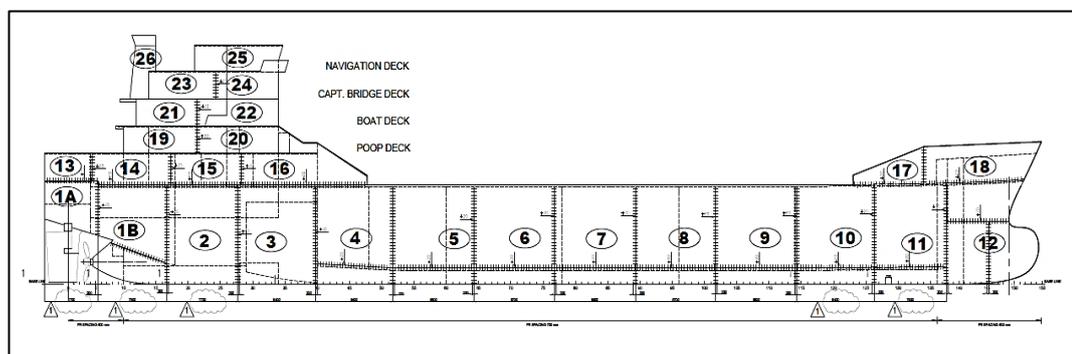
4.1 Data Awal

Data yang digunakan adalah data penjadwalan proyek pembangunan kapal *white product oil tanker* 6500 LTDW milik PT Djakarta Loyd yang dibuat dalam rangka kepentingan pengangkutan dan distribusi minyak PT Pertamina (Persero). Berikut merupakan ukuran utama kapal yang dibangun pada proyek ini.

Tabel 4.1 Ukuran utama kapal

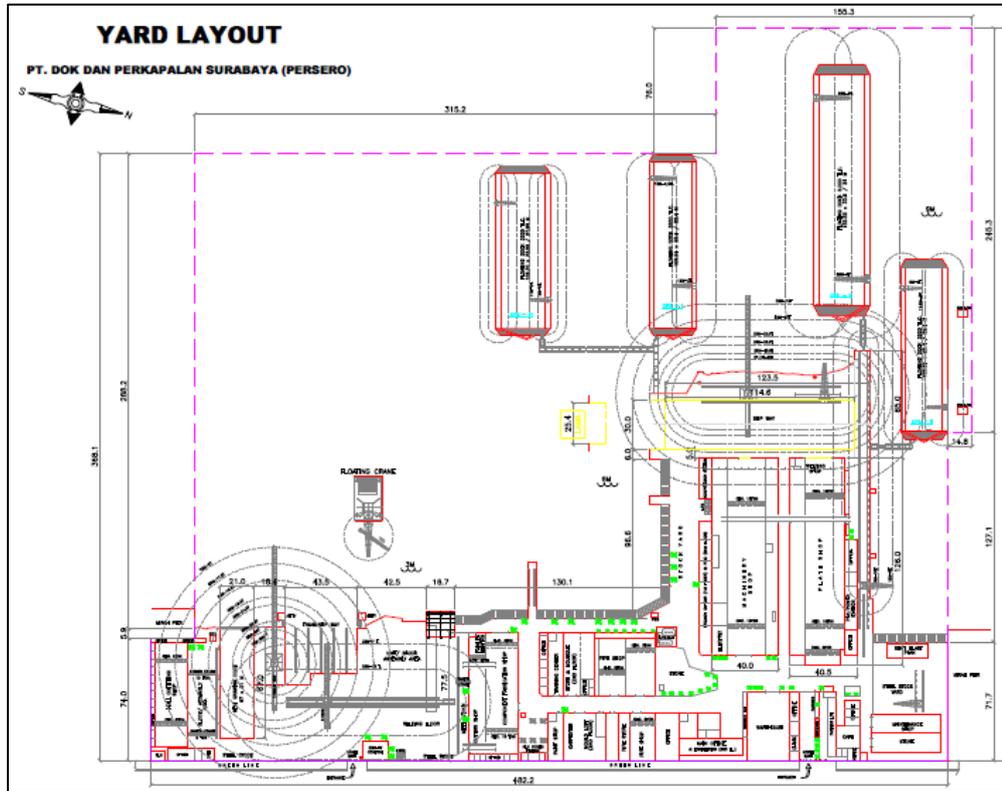
No.	Description	Quantity
1	Length Over All	108.00 m
2	Length Water Line	103.80 m
3	Length Perpendicular	102.00 m
4	Beam	19.20 m
5	Depth	9.30 m
6	Draught	6.00 m
7	Speed Max	12.00 knots
8	Poop Deck Complement	26 Men

Dalam pembangunannya kapal ini dibagi menjadi 5 zona, 26 blok, dan 126 sub-blok. Dimana jumlah pembagian blok ini disesuaikan dengan kapasitas *crane* yang dimiliki oleh galangan. Adapun pembagian blok tersebut terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Pembagian blok pada kapal tanker

Kapal ini dibangun di galangan PT Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) yang terletak di kawasan Tanjung Perak Surabaya. Fabrikasi dan *assembling* konstruksi lambung dikerjakan di bengkel lambung utara, untuk proses *erection* dilakukan di tempat *slipway*.



Gambar 4.2 Layout PT Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero)

Proyek pembangunan kapal tanker ini dimulai pada bulan Juni 2018 dan direncanakan akan memakan waktu sekitar 24 bulan, atau lebih tepatnya 583 hari kerja. Data penjadwalan proyek ini didapat dari divisi perencanaan dan pengawasan PT DPS, data yang didapat berupa Gantt Chart yang nanti akan diolah agar dapat digunakan dalam pembuatan *network diagram* dengan metode *Precedance Diagram Method*. Adapaun data yang telah didapat dan telah diolah adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Data awal (Bagian 1)

No	Kode	Nama Kegiatan	Durasi (hari)	Predecessor	Mulai	Selesai
1		MAIN EVENT				
2	A	Sign Contract	1		26/06/18	26/06/18
3	B	1st Cutting	1	20FS+29 days	30/07/18	30/07/18
4	C	Launching	1	46, 63, 65, 66, 68	30/10/19	30/10/19
5	D	Commissioning	61	4, 38, 44, 50	03/12/19	28/02/20
6	E	Dock&Sea Trial	14	5	28/02/20	17/03/20
7	F	Final Docking	14	6	17/03/20	02/04/20
8	G	Finishing Works after Sea Trial	51	7	03/04/20	04/06/20
9	H	Delivery	1	8	04/06/20	04/06/20
10		ENGINEERING				
11	I	General Part	100	2	26/06/18	25/10/18
12	J	Hull Construction Part	100	11SS	26/06/18	25/10/18
13	K	Piping Part	100	12SS+7 days	04/07/18	02/11/18
14	L	Hull Outfitting Part	100	12SS+14 days	12/07/18	10/11/18
15	M	Machinery Part	100	12SS+30 days	01/08/18	30/11/18
16	N	Electric Outfitting Part	100	15SS+15 days	20/08/18	19/12/18
17	O	Accommodation Part	100	12SS+60 days	06/09/18	05/01/19
18	P	Final Drawing	50	5SS	03/12/19	01/02/20
19		PROCUREMENT				
20	Q	Hull Construction	127	11SS	26/06/18	27/11/18
21	R	Piping System&Valves	170	13SS+7 days	12/07/18	04/02/19
22	S	Machinery Outfitting	297	2FS+14 days	12/07/18	09/07/19
23	T	Electric Outfitting	269	2FS+4 mons	20/10/18	12/09/19
24	U	Hull Outfitting	365	2FS+30 days	25/07/18	11/10/19
25	V	Paint&Cathodic Protection	257	2FS+3 mons	21/09/18	31/07/19
26		CONSTRUCTION				
27		Hull Construction				
28	W	After Zone	104	32SS-47 days	19/02/19	25/06/19
29	X	Engine Room Zone	170	30SS+27 days	16/10/18	10/05/19
30	Y	PMB Zone	208	3FS+44 days	14/09/18	25/05/19
31	Z	Fore Zone	62	32SS-8 days	08/04/19	21/06/19
32	AA	Accommodation Zone	97	30SS+177 days	16/04/19	12/08/19
33		Leak Test				
34	AB	COT	87	35SS+18 days	14/02/19	30/05/19
35	AC	WBT	130	30SS+108 days	23/01/19	01/07/19

Tabel 4.3 Data awal (Bagian 2)

No	Kode	Nama Kegiatan	Durasi (hari)	Predecessor	Mulai	Selesai
36	AD	Others Tank	12	28, 31	29/06/19	13/07/19
37	AE	Accomodation Deck	38	28, 35 49SS+4 days	11/07/19	27/08/19
38		Piping System				
39	AF	Piping System After Zone	84	21FS 28SS+82 days	07/06/19	17/09/19
40	AG	Piping System ER Zone	184	29SS+128 days 41SS+104 days	19/03/19	29/10/19
41	AH	Piping System PMB Zone	185	21SS+102 days 30SS+50 days	12/11/18	24/06/19
42	AI	Piping System Fore Zone	110	21 31FS+31 days	17/05/19	28/09/19
43	AJ	Piping System Accomodation Zone	157	32SS+32 days 41FS-26 days	27/05/19	03/12/19
44		Machinery Outfitting				
45	AK	Machinery Outfitting After Zone	46	28SS+82 days	05/06/19	31/07/19
46	AL	Machinery Outfitting ER Zone	293	22SS+125 days 29SS+46 days	07/12/18	29/11/19
47	AM	Machinery Outfitting PMB Zone	29	30FS-31 days	11/04/19	16/05/19
48	AN	Machinery Outfitting Fore Zone	22	32SS+44 days	25/06/19	20/07/19
49	AO	Machinery Outfitting Accomodation Zone	34	48SS+9 days	04/07/19	14/08/19
50		Electric Outfitting				
51	AP	Electric Outfitting After Zone	43	52SS+24 days	15/06/19	07/08/19
52	AQ	Electric Outfitting ER Zone	87	23SS+172 days 29SS+82 days	10/05/19	23/08/19
53	AR	Electric Outfitting PMB Zone	58	52SS+24 days	15/06/19	26/08/19
54	AS	Electric Outfitting Fore Zone	43	53FS-27 days	22/07/19	12/09/19
55	AT	ElectricOutfitting Accomodation Zone	88	51SS+16 days	04/07/19	18/10/19
56		Hull Outfitting				
57	AU	Hull Outfitting After Zone	147	24SS+219 days	17/04/19	12/10/19
58	AV	Hull Outfitting ER Zone	263	29SS+82 days	23/01/19	09/12/19
59	AW	Hull Outfitting PMB Zone	275	30SS+62 days	29/11/18	30/10/19

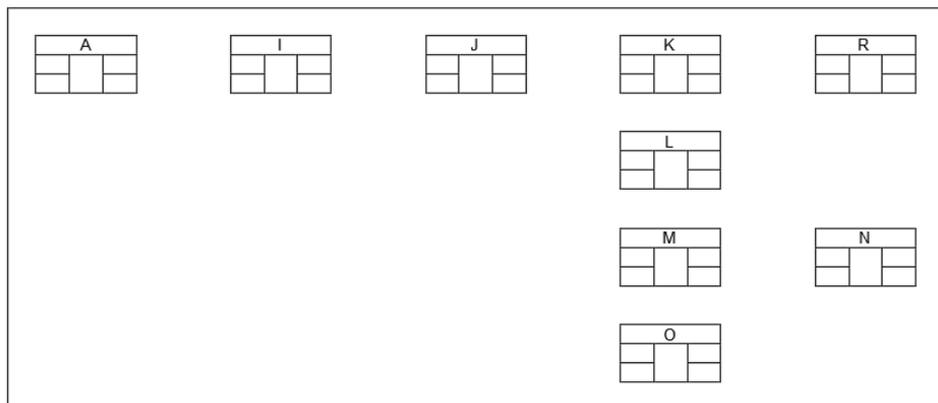
Tabel 4.4 Data awal (Bagian 3)

No	Kode	Nama Kegiatan	Durasi (hari)	Predecessor	Mulai	Selesai
60	AX	Hull Outfitting Fore Zone	109	31SS+43 days	03/06/19	12/10/19
61	AY	Hull Outfitting Accomodation Zone	194	59SS+154 days	15/05/19	06/01/20
62		Painting/Coating				
63	AZ	After Zone	31	36FS+3 days 57SS+68 days	17/07/19	23/08/19
64	BA	ER Zone	76	25FS-21 days 36	13/07/19	14/10/19
65	BB	PMB Zone	157	35SS+46 days 59SS+83 days	19/03/19	26/09/19
66	BC	Fore Zone	27	35 60SS+44 days	25/07/19	27/08/19
67	BD	Accomodation Zone	72	25FS-33 days 32SS+74 days	01/07/19	26/09/19
68	BE	External Hull	36	65FS-13 days	17/09/19	30/10/19

4.2 Menyusun jaringan PDM

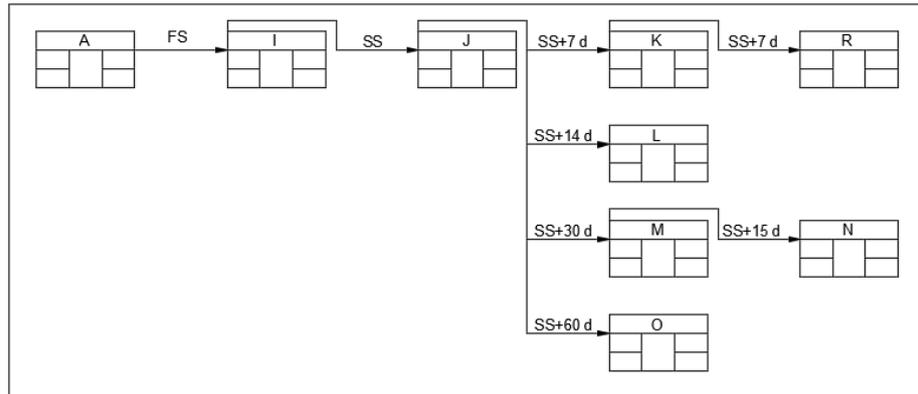
Langkah pertama dalam membuat diagram jaringan adalah menyusun diagram jaringan, yang bertujuan untuk menggambarkan hubungan antar kegiatan, serta untuk mempermudah dalam perhitungan maju ataupun perhitungan mundur. Adapaun langkah-langkah dalam menyusun jaringan PDM adalah sebagai berikut.

1. Membuat denah node sesuai dengan jumlah kegiatan, seperti dibawah ini.



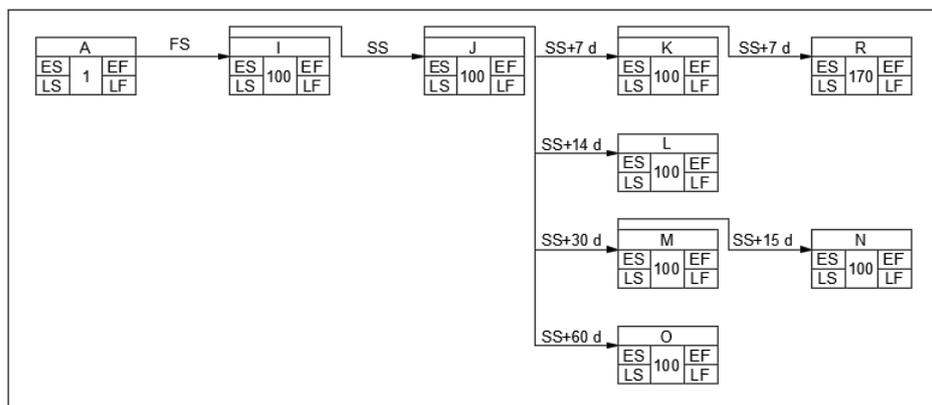
Gambar 4.3 Denah node kegiatan

2. Menghubungkan node-node diatas dengan anak panah sesuai dengan ketergantungan antar kegiatan.



Gambar 4.4 Menghubungkan antar node sesuai dengan konstrainnya

- Melengkapi atribut berupa *early start*, *early finish*, *lastest start*, *lastest finish*, durasi, serta kode kegiatan pada node jaringan PDM seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Melengkapi atribut dalam node

4.3 Perhitungan Maju

Dilakukan dengan menghitung *early start* dan *early finish* dari tiap-tiap kegiatan. Bertujuan untuk mengetahui total durasi penyelesaian proyek. Berikut adalah sebagian perhitungan maju dalam jaringan PDM. Rumus perhitungan maju mengikuti persamaan pada bab sebelumnya, yaitu untuk $ES(j)$ dengan memilih angka terbesar dari

$$ES(i) + SS(i-j) \text{ atau}$$

$$ES(i) + SF(i-j) - D(j) \text{ atau}$$

$$EF(i) + FS(i-j) \text{ atau}$$

$$EF(i) + FF(i-j) - D(j)$$

Kegiatan A

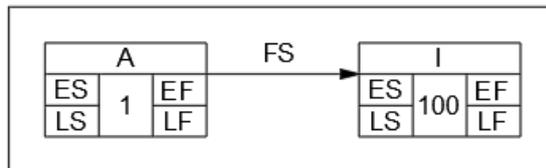
Proyek dimulai pada hari ke nol, oleh karena itu

$$ES(a) = 0$$

$$EF(a) = ES(a) + D(a)$$

$$= 0 + 1 = 1$$

Kegiatan I



Gambar 4.6 Hubungan kegiatan A-I

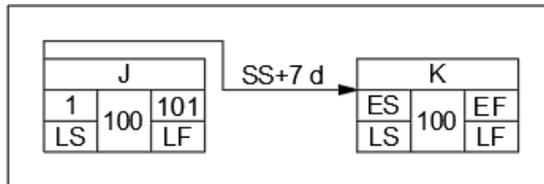
$$ES(i) = EF(a) + FS(a-i)$$

$$= 1 + 0 = 1$$

$$EF(i) = ES(i) + D(i)$$

$$= 1 + 100 = 101$$

Untuk perhitungan maju kegiatan J sebagai berikut.



Gambar 4.7 Hubungan kegiatan J-K

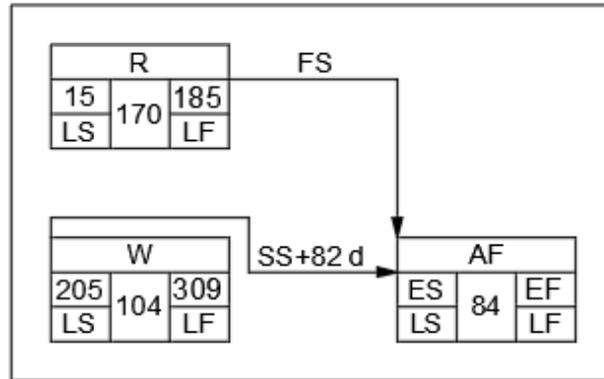
$$ES(k) = ES(j) + SS(j-k)$$

$$= 1 + 7 = 8$$

$$EF(k) = ES(k) + D(k)$$

$$= 8 + 100 = 108$$

Untuk kegiatan yang memiliki lebih dari satu *prodeccesor*, perhitungannya adalah seperti kegiatan AF berikut.



Gambar 4.8 Kegiatan AF memiliki dua *prodecessor*

$$\begin{aligned} ES(\text{af}) &= ES(\text{w}) + SS(\text{w-af}) \\ &= 205 + 82 = 287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ES(\text{af}) &= EF(\text{r}) + FS(\text{r-af}) \\ &= 185 + 0 = 185 \end{aligned}$$

Dari kedua $ES(\text{af})$ diatas, maka dipilih $ES(\text{af})$ yang terbesar, sehingga
 $ES(\text{af}) = 287$

$$\begin{aligned} EF(\text{af}) &= ES(\text{af}) + D(\text{af}) \\ &= 287 + 84 = 371 \end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya perhitungan maju diagram jaringan PDM terdapat dalam tabel 4.5.

4.4 Perhitungan Mundur

Dilakukan dengan menghitung *lastest start* dan *lastest finish* dari tiap-tiap kegiatan. Bertujuan untuk mengetahui kegiatan kritis serta float pada proyek. Berikut sebagian perhitungan mundur untuk diagram jaringan PDM. Untuk menghitung mundur dilakukan sesuai dengan persamaan pada bab sebelumnya.

Untuk $LF(\text{h})$ dengan cara memilih angka yang paling kecil dari

$$LF(\text{i}) - FF(\text{h-i}) \text{ atau}$$

$$LS(\text{i}) - FS(\text{h-i}) \text{ atau}$$

$$LF(\text{i}) - SF(\text{h-i}) + D(\text{h}) \text{ atau}$$

$$LS(\text{i}) - SS(\text{h-i}) + D(\text{i})$$

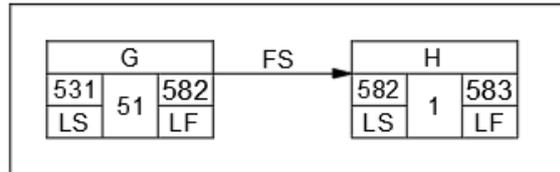
Dimulai dari kegiatan terakhir yaitu kegiatan H

Karena merupakan kegiatan terakhir maka $LF(h) = EF(h)$ yaitu 583

$$LS(h) = LF(h) - D(h)$$

$$= 583 - 1 = 582$$

Kegiatan G



Gambar 4.9 Hubungan kegiatan G-H

$$LF(g) = LS(h) - FS(g-h)$$

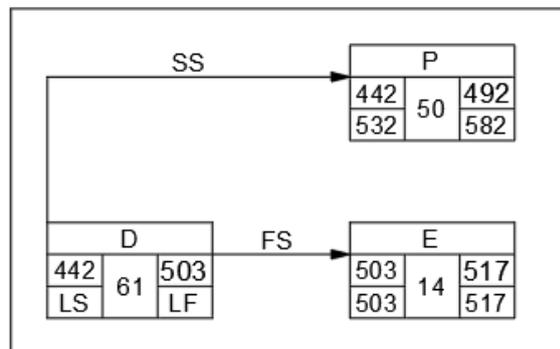
$$= 582 - 0 = 582$$

$$LS(g) = LF(g) - D(g)$$

$$= 582 - 51 = 531$$

Perhitungan mundur lainnya untuk kegiatan yang memiliki *successor* lebih dari satu adalah sebagai berikut

Kegiatan D



Gambar 4.10 Kegiatan D memiliki dua *successor*

$$LF(d) = LS(e) - FS(d-e)$$

$$= 503 - 0 = 503$$

$$LF(d) = LS(p) - SS(d-p) + D(p)$$

$$= 532 - 0 + 50 = 582$$

Maka dari kedua angka $LF(d)$ diatas diambil nilai terkecil yaitu 503.

$$LS(d) = LF(d) - D(d)$$

$$= 503 - 61 = 442$$

Untuk hasil selengkapnya perhitungan mundur diagram jaringan PDM adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur (Bagian 1)

Kode	Nama Kegiatan	ES	EF	LS	LF
MAIN EVENT					
A	Sign Contract	0	1	0	1
B	1st Cutting	30	31	30	31
C	Launching	441	442	441	442
D	Commissioning	442	503	442	503
E	Dock&Sea Trial	503	517	503	517
F	Final Docking	517	531	517	531
G	Finishing Works after Sea Trial	531	582	531	582
H	Delivery	582	583	582	583
ENGINEERING					
I	General Part	1	101	1	101
J	Hull Construction Part	1	101	72	172
K	Piping Part	8	108	79	179
L	Hull Outfitting Part	15	115	432	532
M	Machinery Part	31	131	417	517
N	Electric Outfitting Part	46	146	432	532
O	Accomodation Part	61	161	432	532
P	Final Drawing	442	492	532	582
PROCUREMENT					
Q	Hull Construction	1	128	1	128
R	Piping System&Valves	15	185	86	256
S	Machinery Outfitting	15	312	23	320
T	Electric Outfitting	82	351	141	410
U	Hull Outfitting	31	396	123	488
V	Paint&Cathodic Protection	62	319	129	386
CONSTRUCTION					
Hull Construction					
W	After Zone	205	309	249	353
X	Engine Room Zone	102	272	102	272
Y	PMB Zone	75	283	75	283
Z	Fore Zone	244	306	291	353
AA	Accomodation Zone	252	349	253	350

Tabel 4.6 Hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur (Bagian 2)

Kode	Nama Kegiatan	ES	EF	LS	LF
	Leak Test				
AB	COT	201	288	354	441
AC	WBT	183	313	216	346
AD	Others Tank	309	321	353	365
AE	Accommodation Deck	309	347	403	441
	Piping System				
AF	Piping System After Zone	287	371	358	442
AG	Piping System ER Zone	230	414	258	442
AH	Piping System PMB Zone	125	310	154	339
AI	Piping System Fore Zone	275	385	332	442
AJ	Piping System Accommodation Zone	284	441	285	442
	Machinery Outfitting				
AK	Machinery Outfitting After Zone	287	333	396	396
AL	Machinery Outfitting ER Zone	148	441	148	441
AM	Machinery Outfitting PMB Zone	252	281	413	442
AN	Machinery Outfitting Fore Zone	296	318	390	412
AO	Machinery Outfitting Accommodation Zone	305	339	399	433
	Electric Outfitting				
AP	Electric Outfitting After Zone	278	321	338	381
AQ	Electric Outfitting ER Zone	254	341	313	400
AR	Electric Outfitting PMB Zone	278	336	368	426
AS	Electric Outfitting Fore Zone	309	352	399	442
AT	Electric Outfitting Accommodation Zone	294	382	354	442
	Hull Outfitting				
AU	Hull Outfitting After Zone	250	397	342	489
AV	Hull Outfitting ER Zone	184	447	240	503
AW	Hull Outfitting PMB Zone	137	412	155	430
AX	Hull Outfitting Fore Zone	287	396	370	479
AY	Hull Outfitting Accommodation Zone	291	485	309	503
	Painting/Coating				
AZ	After Zone	324	355	410	441
BA	ER Zone	321	397	365	441
BB	PMB Zone	229	386	261	418
BC	Fore Zone	331	358	414	441
BD	Accommodation Zone	307	379	431	503
BE	External Hull	373	409	405	441

Dari perhitungan maju pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 diatas didapat bahwa total durasi pengerjaan proyek adalah 583 hari, dan angka ini telah sesuai dengan data awal yang didapatkan dari penjadwalan proyek oleh PT Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Sehingga diagram jaringan ini sudah bisa untuk digunakan dalam simulasi Monte Carlo. Adapun diagram jaringan PDM proyek ini secara lengkap terdapat pada lampiran C.

4.5 Menghitung float

Float adalah waktu sisa pada suatu kegiatan, menghitung *float* bertujuan untuk mengetahui kegiatan kritis dalam proyek. Kegiatan kritis memiliki nilai *float* sama dengan nol. *Float* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Float} = \text{LS} - \text{ES}$$

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa kegiatan kritis adalah kegiatan yang tidak memiliki waktu sisa. Waktu sisa disini didefinisikan sebagai waktu luang yang memungkinkan suatu kegiatan ditunda tanpa mempengaruhi total durasi penyelesaian proyek. Untuk mengetahui seluruh kegiatan kritis dalam proyek dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan *float* pada diagram jaringan PDM (Bagian 1)

Kode	Nama Kegiatan	ES	LS	Float
MAIN EVENT				
A	Sign Contract	0	0	0
B	1st Cutting	30	30	0
C	Launching	441	441	0
D	Commissioning	442	442	0
E	Dock&Sea Trial	503	503	0
F	Final Docking	517	517	0
G	Finishing Works after Sea Trial	531	531	0
H	Delivery	582	582	0
ENGINEERING				
I	General Part	1	1	0
J	Hull Construction Part	1	72	71
K	Piping Part	8	79	71
L	Hull Outfitting Part	15	432	417
M	Machinery Part	31	417	386

Tabel 4.8 Hasil perhitungan float pada diagram jaringan PDM (Bagian 2)

Kode	Nama Kegiatan	ES	LS	Float
N	Electric Outfitting Part	46	432	386
O	Accomodation Part	61	432	371
P	Final Drawing	442	532	90
PROCUREMENT				
Q	Hull Construction	1	1	0
R	Piping System&Valves	15	86	71
S	Machinery Outfitting	15	23	8
T	Electric Outfitting	82	141	59
U	Hull Outfitting	31	123	92
V	Paint&Cathodic Protection	62	129	67
CONSTRUCTION				
Hull Construction				
W	After Zone	205	249	44
X	Engine Room Zone	102	102	0
Y	PMB Zone	75	75	0
Z	Fore Zone	244	291	47
AA	Accomodation Zone	252	253	1
Leak Test				
AB	COT	201	354	153
AC	WBT	183	216	33
AD	Others Tank	309	353	44
AE	Accomodation Deck	309	403	94
Piping System				
AF	Piping System After Zone	287	358	71
AG	Piping System ER Zone	230	258	28
AH	Piping System PMB Zone	125	154	29
AI	Piping System Fore Zone	275	332	57
AJ	Piping System Accomodation Zone	284	285	1
Machinery Outfitting				
AK	Machinery Outfitting After Zone	287	396	109
AL	Machinery Outfitting ER Zone	148	148	0
AM	Machinery Outfitting PMB Zone	252	413	161
AN	Machinery Outfitting Fore Zone	296	390	94
AO	Machinery Outfitting Accomodation Zone	305	399	94
Electric Outfitting				
AP	Electric Outfitting After Zone	278	338	60
AQ	Electric Outfitting ER Zone	254	313	59
AR	Electric Outfitting PMB Zone	278	368	90
AS	Electric Outfitting Fore Zone	309	399	90

Tabel 4.9 Hasil perhitungan float pada diagram jaringan PDM (Bagian 3)

Kode	Nama Kegiatan	ES	LS	Float
AT	Electric Outfitting Accomodation Zone	294	354	60
Hull Outfitting				
AU	Hull Outfitting After Zone	250	342	92
AV	Hull Outfitting ER Zone	184	240	56
AW	Hull Outfitting PMB Zone	137	155	18
AX	Hull Outfitting Fore Zone	287	370	83
AY	Hull Outfitting Accomodation Zone	291	309	18
Painting/Coating				
AZ	After Zone	324	410	86
BA	ER Zone	321	365	44
BB	PMB Zone	229	261	32
BC	Fore Zone	331	414	83
BD	Accomodation Zone	307	431	124
BE	External Hull	373	405	32

Dari tabel diatas didapat bahwa kegiatan kritis dalam proyek pembangunan kapal ini adalah A, B, C, D, E, F, G, H, I, Q, X, Y, AL, sedangkan kumpulan dari kegiatan kritis dalam proyek akan membentuk jalur kritis. Dalam proyek ini jalur kritisnya adalah A-I-Q-B-Y-X-AL-C-D-E-F-G-H.

Untuk *float* yang lebih besar dari nol berarti kegiatan tersebut memiliki waktu sisa. Sebagai contoh kegiatan K memiliki float 71 hari, artinya kegiatan tersebut memiliki waktu sisa selama 71 hari, kegiatan tersebut yang dapat ditunda selama 71 hari tanpa memperlambat penyelesaian pengerjaan proyek.

4.6 Data Waktu Optimis dan Waktu Pesimis

Data lain yang digunakan untuk simulasi Monte Carlo adalah data waktu pesimis dan waktu optimis tiap-tiap kegiatan. Data ini didapat dari wawancara dengan supervisor maupun staff di PT DPS. Berikut adalah hasil dari wawancara yang telah dirangkum dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.10 Data waktu pesimis dan oprimis hasil wawancara

No	Kegiatan	a	m	b
1	MAIN EVENT			
2	Sign Contract	-	1	-
3	1st Cutting	-	1	-
4	Launching	-	1	-
5	Commissioning	-	61	-
6	Dock&Sea Trial	-	14	-
7	Final Docking	-	14	-
8	Finishing Works after Sea Trial	-	51	-
9	Delivery	-	1	-
10	ENGINEERING			
11	General Part	-	100	-
12	Hull Construction Part	-	100	-
13	Piping Part	-	100	-
14	Hull Outfitting Part	-	100	-
15	Machinery Part	-	100	-
16	Electric Outfitting Part	-	100	-
17	Accomodation Part	-	100	-
18	Final Drawing	-	50	-
19	PROCUREMENT			
20	Hull Construction	121	127	212
21	Piping System&Valves	164	170	246
22	Machinery Outfitting	290	297	340
23	Electric Outfitting	208	269	290
24	Hull Outfitting	349	365	414
25	Paint&Cathodic Protection	230	257	280
26	CONSTRUCTION			
27	Hull Construction			
28	After Zone	90	104	110
29	Engine Room Zone	97	170	195
30	PMB Zone	176	208	248
31	Fore Zone	56	62	75
32	Accomodation Zone	93	97	110
34	Leak Test			
35	COT	80	87	95
36	WBT	116	130	138
37	Others Tank	10	12	14
38	Accomodation Deck	31	38	51

Tabel 4.11 Data waktu pesimis dan oprimis hasil wawancara

No	Kegiatan	a	m	b
39	Piping System			
40	Piping System After Zone	75	84	100
41	Piping System ER Zone	162	184	198
42	Piping System PMB Zone	133	185	192
43	Piping System Fore Zone	96	110	138
44	Piping System Accomodation Zone	144	157	195
45	Machinery Outfitting			
46	Machinery Outfitting After Zone	35	46	50
47	Machinery Outfitting ER Zone	224	293	315
48	Machinery Outfitting PMB Zone	22	29	35
49	Machinery Outfitting Fore Zone	15	22	25
50	Machinery Outfitting Accomodation Zone	27	34	40
51	Electric Outfitting			
52	Electric Outfitting After Zone	36	43	63
53	Electric Outfitting ER Zone	72	87	123
54	Electric Outfitting PMB Zone	40	58	78
55	Electric Outfitting Fore Zone	38	43	60
56	Electric Outfitting Accomodation Zone	80	88	93
57	Hull Outfitting			
58	Hull Outfitting After Zone	116	147	160
59	Hull Outfitting ER Zone	249	263	284
60	Hull Outfitting PMB Zone	248	275	290
61	Hull Outfitting Fore Zone	100	109	118
62	Hull Outfitting Accomodation Zone	175	194	216
63	Painting/Coating			
64	After Zone	27	31	36
65	ER Zone	65	76	81
66	PMB Zone	144	157	180
67	Fore Zone	23	27	30
68	Accomodation Zone	67	72	78
69	External Hull	30	36	40

4.7 Menghitung Standar Deviasi

Standar deviasi digunakan sebagai inputan distribusi normal dalam membangkitkan bilangan acak. Perhitungan standar deviasi dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{b - a}{6}$$

Dimana:

σ = standar deviasi

a = waktu optimis

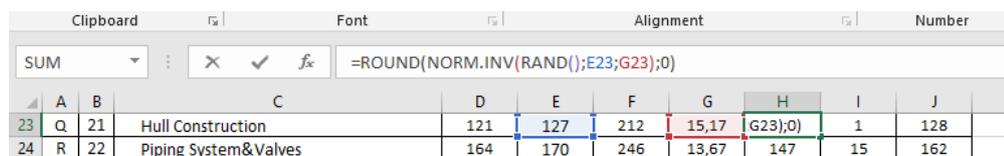
b = waktu pesimis

Untuk hasil perhitungan standar deviasi selengkapnya terdapat pada tabel 4.12

4.8 Membangkitkan Bilangan Acak

Membangkitkan bilangan acak dilakukan dengan fungsi random pada Ms. Excel. Bilangan acak pada excel secara umum memiliki distribusi seragam (*uniform*), namun distribusi tersebut dapat diubah menjadi distribusi apa yang dibutuhkan contohnya dalam kasus ini distribusi normal.

Distribusi normal dipilih karena dari beberapa literatur yang membahas penjadwalan juga memakai distribusi tersebut dalam perhitungannya. Masukan yang diperlukan untuk distribusi normal adalah standar deviasi dan rata-rata, dimana data tersebut sudah disiapkan dalam perhitungan sebelumnya.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
23	Q	21	Hull Construction	121	127	212	15,17	=G23;0	1	128
24	R	22	Piping System&Valves	164	170	246	13,67	147	15	162

Gambar 4.11 Formula bilangan acak pada Ms. Excel

Dari fungsi diatas dapat dijelaskan sebagai berikut. ROUND berfungsi untuk membulatkan dari hasil durasi yang baru, karena dalam penelitian ini satuan yang digunakan adalah hari sehingga tidak menggunakan bilangan desimal (0). NORM.INV adalah distribusi normal yang digunakan, dengan inputan standar deviasi (E23), dan rata-rata (G23). Sedangkan RAND adalah bilangan acak yang dibangkitkan itu sendiri. Berikut adalah durasi baru tiap-tiap kegiatan setelah disisipi bilangan acak.

Tabel 4.12 Hasil perhitungan standar deviasi dan durasi baru

No	Kegiatan	Std dev	Durasi baru
1	PROCUREMENT		
2	Hull Construction	15,17	138
3	Piping System&Valves	13,67	182
4	Machinery Outfitting	8,33	290
5	Electric Outfitting	13,67	264
6	Hull Outfitting	10,83	381
7	Paint&Cathodic Protection	8,33	263
8	CONSTRUCTION		
9	Hull Construction		
10	After Zone	3,33	100
11	Engine Room Zone	16,33	178
12	PMB Zone	12,00	196
13	Fore Zone	3,17	63
14	Accomodation Zone	2,83	96
15	Leak Test		
16	COT	2,50	86
17	WBT	3,67	129
18	Others Tank	0,67	12
19	Accomodation Deck	3,33	38
20	Piping System		
21	Piping System After Zone	4,17	87
22	Piping System ER Zone	6,00	184
23	Piping System PMB Zone	9,83	182
24	Piping System Fore Zone	7,00	119
25	Piping System Accomodation Zone	8,50	163
26	Machinery Outfitting		
27	Machinery Outfitting After Zone	2,50	48
28	Machinery Outfitting ER Zone	15,17	302
29	Machinery Outfitting PMB Zone	2,17	31
30	Machinery Outfitting Fore Zone	1,67	24
31	Machinery Outfitting Accomodation Zone	2,17	32
32	Electric Outfitting		
34	Electric Outfitting After Zone	4,50	39
35	Electric Outfitting ER Zone	8,50	93
36	Electric Outfitting PMB Zone	6,33	52
37	Electric Outfitting Fore Zone	3,67	44
38	Electric Outfitting Accomodation Zone	2,17	87
39	Hull Outfitting		
40	Hull Outfitting After Zone	7,33	146
41	Hull Outfitting ER Zone	5,83	258

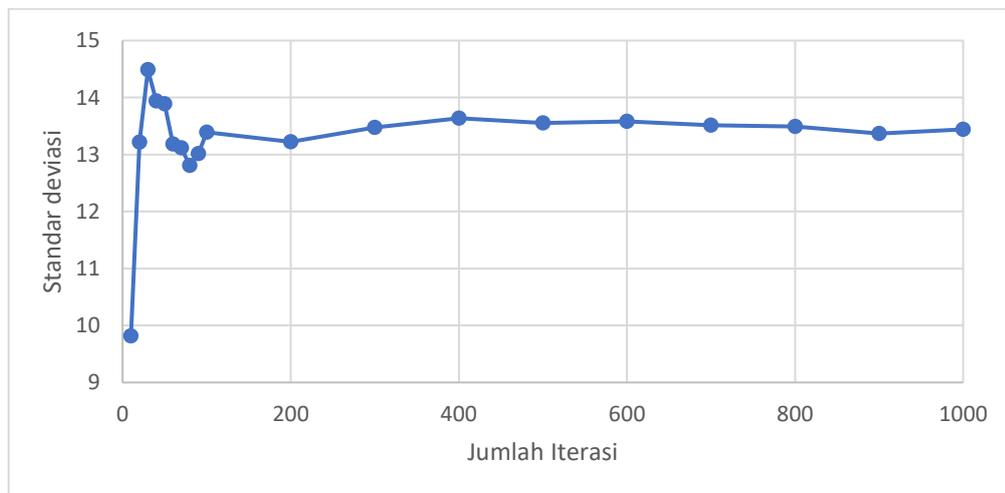
Tabel 4.13 Hasil perhitungan standar deviasi dan durasi baru

No	Kegiatan	Std dev	Durasi baru
42	Hull Outfitting PMB Zone	7,00	275
43	Hull Outfitting Fore Zone	3,00	107
44	Hull Outfitting Accomodation Zone	6,83	193
45	Painting/Coating		
46	After Zone	1,50	33
47	ER Zone	2,67	76
48	PMB Zone	6,00	156
49	Fore Zone	1,17	26
50	Accomodation Zone	1,83	72
51	External Hull	1,67	36

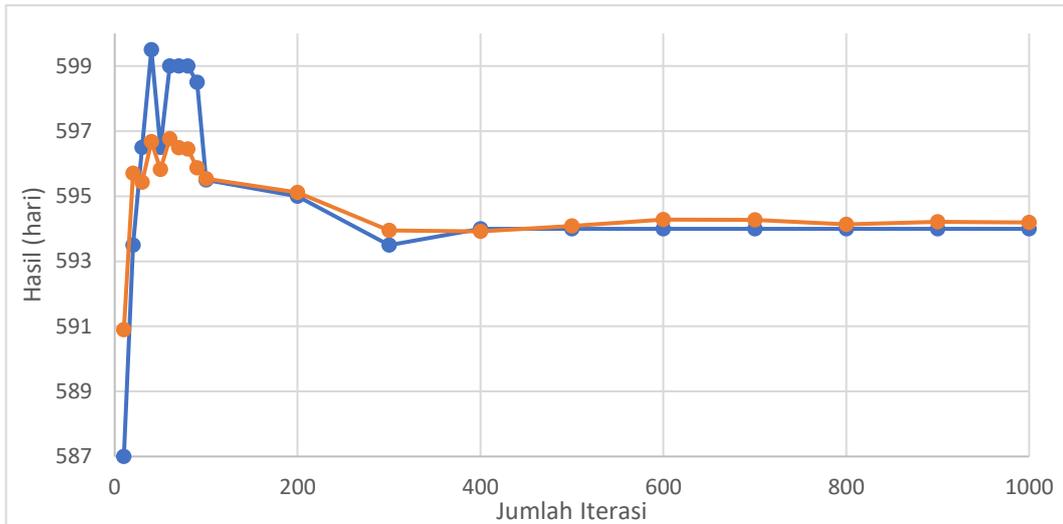
Setelah didapatkan durasi baru untuk tiap-tiap kegiatan, langkah selanjutnya adalah memasukkan durasi tersebut kedalam network diagram PDM yang telah dibuat, dengan menggunakan perhitungan maju maka didapatkan hasil berupa total durasi penyelesaian proyek yang baru. Langkah ini dilakukan iterasi sebanyak n-kali dengan hasil yang beragam.

4.9 Menentukan Jumlah Iterasi

Dilakukan dengan cara iterasi secara bertahap, sampai terjadi sedikit perubahan ataupun tidak ada perubahan dalam hasilnya (Deshmukh, et al., 2018). Dalam penelitian ini iterasi dilakukan secara bertahap yaitu dari rentang 10 sampai 1000 kali iterasi. Berikut grafik dari parameter statistik yang diambil untuk melihat perbedaan hasil dari penambahan iterasi.



Gambar 4.12 Perubahan nilai standar deviasi terhadap jumlah iterasi



Gambar 4.13 Grafik perubahan hasil dari parameter median (biru) dan rata-rata (orange) terhadap jumlah iterasi

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukan 1000 kali iterasi parameter statistik berupa standar deviasi, median dan rata-rata sudah berada di hasil yang cenderung stabil. Hasil yang belum stabil terjadi pada iterasi yang dilakukan antara 10 sampai 400 kali. Setelah dilakukan iterasi 1000 kali, maka didapat hasil dengan parameter statistik seperti pada tabel 4.15.

Tabel 4.14 Hasil 1000 kali iterasi

No Iterasi	Durasi (Hari)
1	586
2	588
3	593
4	591
5	605
6	586
7	582
8	575
9	634
10	569
11	599
12	600
13	605
14	605
15	601
...	...
1000	614

4.15 Parameter statistik hasil iterasi

No.	Parameter	Kuantitas
1	Maksimum	639
2	Minimum	554
3	Rata-Rata	594
4	Median	594
5	Mode	593
6	Varian	175,8
7	Standar Deviasi	13,26
8	Kurtosis	0,156
9	Skewness	0,192

Penjelasan untuk tabel parameter statistik hasil iterasi adalah sebagai berikut

1. Maksimal durasi pengerjaan proyek dari simulasi Monte Carlo dengan 1000 kali iterasi adalah 639 hari dan minimum proyek dapat diselesaikan dalam 554 hari, dengan rata rata penyelesaiannya 594 hari.
2. Median adalah nilai tengah dari data yang telah diurutkan, dari hasil simulasi didapat median 594 hari. Sedangkan modus atau nilai yang paling sering muncul adalah 593 hari.
3. Varian adalah ukuran dari sebaran data, semakin tinggi variannya maka data tersebut semakin tersebar. Dari hasil simulasi didapat varian 175,8. Standar deviasi adalah akar dari varian, dalam hal ini didapat 13,26.
4. Kurtosis adalah bilangan yang menunjukkan tingkat keruncingan dari suatu kurva distribusi. Bila bilangan lebih besar dari 0 berarti kurva lebih runcing dari standarnya (diukur relatif terhadap distribusi normal, kurtosis = 0) sebaliknya bila bilangan kurtosis kurang dari 0 berarti lebih tumpul dari standarnya. Dari hasil 1000 kali iterasi didapat kurtosis 0,156 berarti lebih runcing dari distribusi normal.
5. Skewness adalah bilangan yang menunjukkan tingkat kemiringan suatu kurva distribusi, dapat miring ke kanan jika hasilnya positif dan miring ke kiri jika hasilnya negatif. Dari hasil perhitungan skewness 1000 kali iterasi didapat 0,192 artinya kurva miring ke kanan.

4.10 Menghitung PDF dan CDF

Menghitung pdf dan cdf berguna untuk mengetahui peluang dari penyelesaian proyek. Adapun langkah-langkah dalam menghitung pdf dan cdf adalah sebagai berikut:

1. Menghitung frekuensi dari tiap-tiap durasi penyelesaian proyek hasil iterasi, durasi penyelesaian proyek dikelompokkan dengan range 5 hari, ini dapat dilakukan dengan cara blok data hasil 1000 kali iterasi, masuk ke menu *insert – pivot table – drag* data ke *row* dan *values*. Selanjutnya mengelompokkan *row label* dalam rentang 5 hari dengan cara – klik kanan *row label* – memasukkan rentang 5. Kemudian untuk menghitung frekuensi tiap-tiap rentang durasi proyek dapat dilakukan dengan cara klik kanan *row value – summarize value by – count*.
2. Menghitung pdf dengan mencari peluang tiap-tiap durasi penyelesaian proyek, caranya membagi frekuensi dengan jumlah iterasi, dengan formula

$$=R16/R35.$$

Dimana R16 adalah cell dari frekuensi yang ditinjau, sedangkan cell R35 adalah jumlah iterasi.

3. Untuk menghitung cdf dilakukan dengan mengkumulatifkan hasil dari pdf, yaitu menambah kolom pdf yang ditinjau dengan kolom cdf sebelumnya, dengan formula

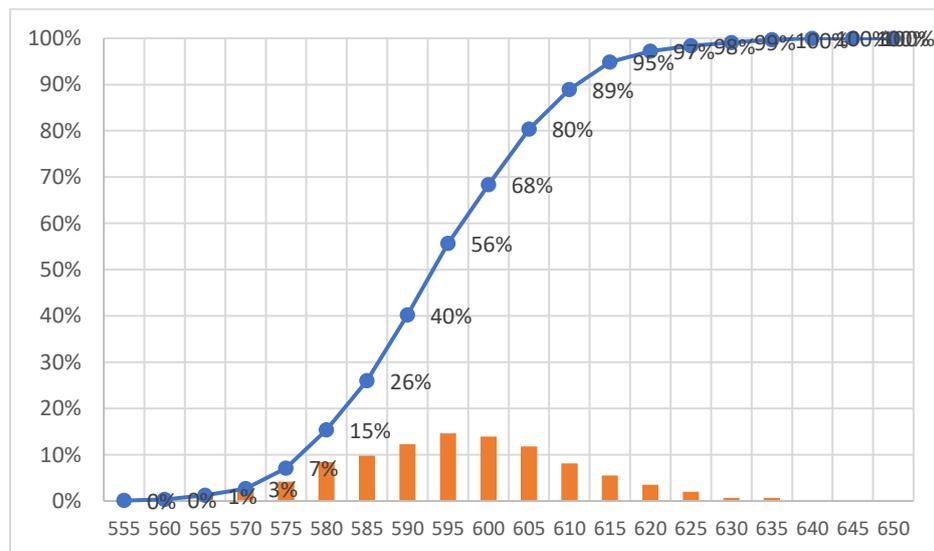
$$=R17+U16$$

Dimana cell R17 adalah hasil pdf pada penyelesaian 560 hari, sedangkan cell U16 adalah jumlah persen kumulatif pada durasi 555 hari.

Tabel 4.16 Hasil simulasi Monte Carlo dalam 1000 kali iterasi

Duration	freq	%prob	cum	%cum
555	1	0%	1	0%
560	2	0%	3	0%
565	9	1%	12	1%
570	15	2%	27	3%
575	44	4%	71	7%
580	83	8%	154	15%
585	106	11%	260	26%
590	142	14%	402	40%
595	155	16%	557	56%
600	127	13%	684	68%
605	120	12%	804	80%
610	85	9%	889	89%
615	60	6%	949	95%
620	23	2%	972	97%
625	12	1%	984	98%
630	7	1%	991	99%
635	6	1%	997	100%
640	3	0%	1000	100%
645	0	0%	1000	100%
650	0	0%	1000	100%

4. Selanjutnya adalah mengplot hasil pdf dan cdf pada tabel kedalam bentuk grafik, dimana hasil cdf digambarkan dalam bentuk scatter, sedangkan hasil pdf dalam bentuk histogram seperti pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik PDF dan CDF hasil 1000 kali iterasi

Dari grafik diatas menunjukkan hasil dari simulasi monte carlo berupa grafik PDF dan CDF, dimana CDF adalah garis biru, sedangkan PDF berupa histogram berwarna orange. Sumbu x pada grafik diatas menunjukkan durasi penyelesaian proyek dengan satuan hari. Sumbu y pada grafik menunjukkan probabilitasnya.

Persentil yaitu pembagian 100 kedudukan data yang terurut dalam suatu distribusi. Dari grafik diatas didapat bahwa untuk percentil/probabilitas 50%, proyek dapat diselesaikan dalam waktu 595 hari atau kurang. Sedangkan untuk percentil/probabilitas 80%, proyek dapat selesai dalam waktu 605 hari atau kurang.

Untuk mendapatkan probabilitas penyelesaian proyek yang dikerjakan selama 583 hari dari grafik 4.14, maka harus dilakukan interpolasi karena durasi yang ditinjau terletak diantara rentang durasi 580 sampai 585 hari. Setelah dilakukan perhitungan didapat bahwa untuk penyelesaian proyek kurang dari 583 hari memiliki peluang 22% berhasil, atau proyek tersebut 78% berpeluang untuk terlambat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan simulasi Monte Carlo dan penjadwalan metode PDM didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode PDM dalam pembuatan network diagram, ditemukan 13 aktivitas kritis pada proyek pembangunan kapal tanker. Kegiatan kritis serta jalur kritisnya adalah sebagai berikut A(*Sign Contract*), I(*Engineering General Part*), Q(*Procurement Hull Construction*), B(*Hull Construction 1st Cutting*), Y(*Hull Construction PMB Zone*), X(*Hull Construction Engine Room Zone*), AL(*Machinery Outfitting ER Zone*), C(*Launching*), D(*Commissioning*), E(*Dock&Sea Trial*), F(*Final Docking*), G(*Finishing Works after Sea Trial*), H(*Delivery*).
2. Simulasi Monte Carlo dengan iterasi sebanyak 1000 kali didapatkan peluang proyek selesai kurang dari 583 hari adalah 22%. Sebaliknya peluang proyek selesai lebih dari 583 hari adalah 78%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis usulkan demi kebaikan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Jika aktivitas kegiatan dari data proyek sangat banyak maka dapat dilakukan perbagian atau perdivisi, agar hasil network diagram bisa lebih akurat.
2. Simulasi Monte Carlo bisa dilakukan dengan software jika menginginkan pekerjaan lebih cepat, atau bisa juga dikombinasikan dengan perhitungan manual untuk mengecek hasil dari keduanya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

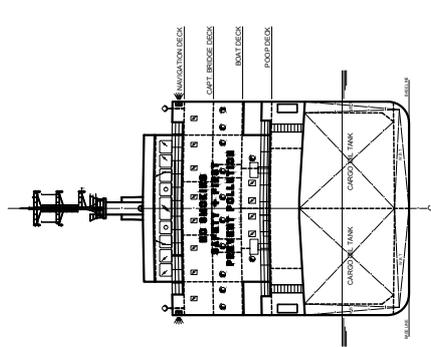
DAFTAR PUSTAKA

- Deshmukh, Podja, & Rajhans, R. N. (2018). *Comparison of Project Sceduling Technique PERT versus Monte Cerlo Simulation*. Maharashtra.
- Fadjar, Adnan. (2008). Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Estimasi Biaya Proyek. *Smartek*, 222-227.
- Gonzalez, G. E., Hernandez, G. O., & Fabian, R. (2014). Effect of Network's Morphology and Merge Bias Correction Procedures on Project Duration Mean and Varience. *Procedia - Social and Behavior Siences 119*, 2-11.
- Harinaldi. (2005). *Prinsip Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Erlangga.
- J. R. Van Dorp, M. R. (1997). Statistical Dependance in Risk Analysis for Project Network Using Monte Carlo Methods. *International journal of production economics*, 17-29.
- Karabulut, Mertcan. (2017). Application of Monte Carlo Simulation and PERT/CPM Techniques in Planning of Contruction Project. *Periodicals of Engineering and Natural Science*, 408-420.
- Kwak, Y. H. (2007). Exploring Monte Carlo Simulation Application for Project Management. *Risk Management*, 44-57.
- Marinetraffic.com*. (2019, Januari 27). Diambil kembali dari <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:703394/mmsi:525008099/imo:9604043/vessel:KASIM>
- Moore C. Richard, e. a. (1995). *Ship Production*. *Society of Naval Architects and Engineer*. New Jersey.
- Project Management Institute. (2004). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. USA: PMI.
- Saputra, Y. A., & Latiffianti, E. (2015). Project Reliability Model Considering Time – Cost – Resource Relationship under Uncertainty . *Procedia Computer Science 72*, 561-568.
- Shofa, Widya N., Soejanto, Iwan, & Ristyowati, T. (2017). Penjadwalan Proyek dengan Penerapan Simulasi Monte Carlo pada Metode PERT. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 150-156.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga.

- Suardika, I. W., & Suparta, I. W. D. (2017). Aplikasi Simulasi Monte Carlo untuk Penjadwalan Proyek Kontruksi Menggunakan Microsoft Project. *Prosiding Sentrinov Vol 3*, 2477-2097.
- Tysiak, Wolfgang, & Sereseanu, Alexander. (2010). Project Risk Management using Monte Carlo Simulation and Excel. *International Journal of Computing*, 362-367.
- Widodo, Gatot. (1987). *Mengatasi Keterlambatan pada Penyelesaian Proyek Pembuatan Bangunan Kapal di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya*. Jakarta: Skripsi S1-Jurusan Manajemen. Universitas Indonesia.

LAMPIRAN A
General Arrangement
Kapal Tanker

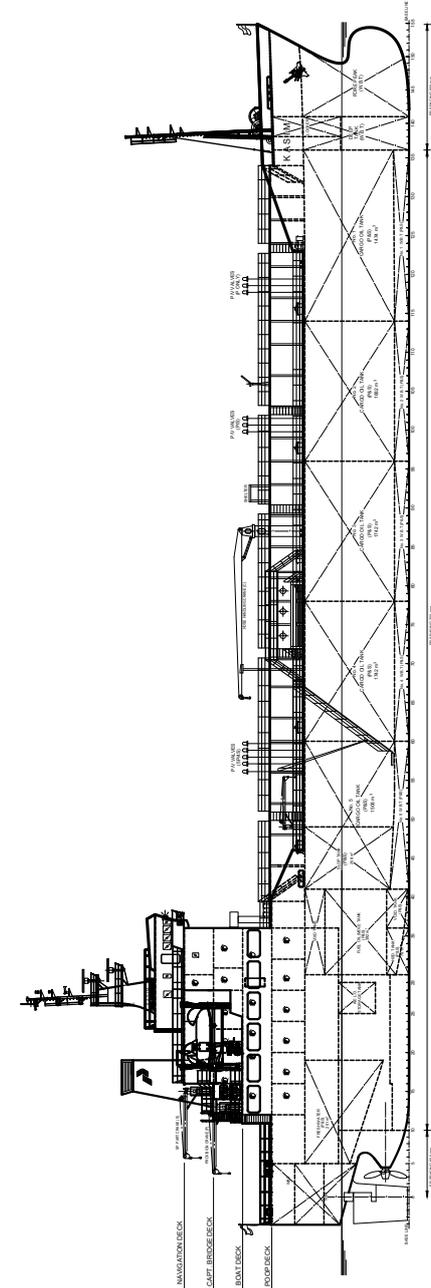
BIBLIOTEK UTAMA	
NO. 5	NO. 10
NO. 15	NO. 20
NO. 25	NO. 30
NO. 35	NO. 40
NO. 45	NO. 50
NO. 55	NO. 60
NO. 65	NO. 70
NO. 75	NO. 80
NO. 85	NO. 90
NO. 95	NO. 100



PRINCIPAL DIMENSIONS

LENGTH OVER ALL : 108.00 m
 LENGTH OF WATER LINE : 103.80 m
 LENGTH BP : 102.00 m
 BREADTH MLD : 19.20 m
 DRAUGHT DESIGN : 9.30 m
 DEPTH MLD : 6.00 m
 SERVICE SPEED : 12.00 Knots
 COMPLEMENT : 26 Persons

PT. DOK DAN PERALAN SURABAYA (PERERDO) JL. JAMINAN PERHARTAN No. 43/45 TEL. (031) 8333333 FAX (031) 8333333 SURABAYA INDONESIA	
GENERAL ARRANGEMENT	
PERUSAHAAN Owner	No. PEMBANGUNAN / PERHATAI Building No. / Order
PT. PERTAMINA	NIKKED
DIGAMBAR Disain	TANGKAL Approval
NO. GAMBAR Drawing No.	SKALA Scale
15.04.2010	1 : 100
G.0893	



FRONT ELEVATION OF SUPERSTRUCTURE (LWS. AFT)

NAVIGATION DECK

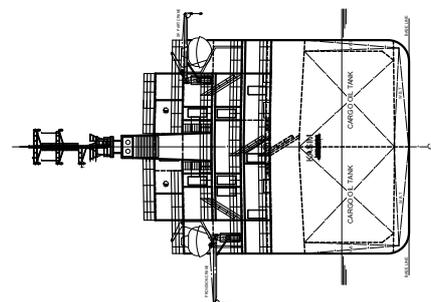
COMPASS DECK

BOAT DECK

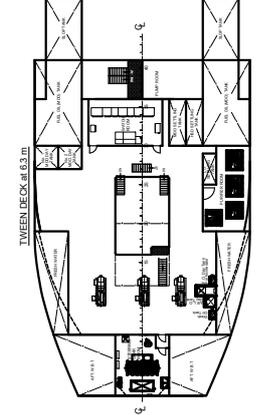
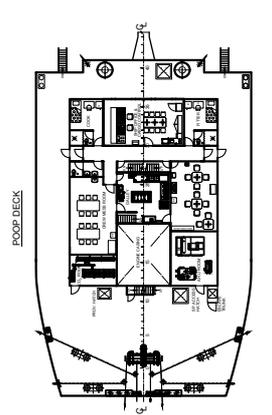
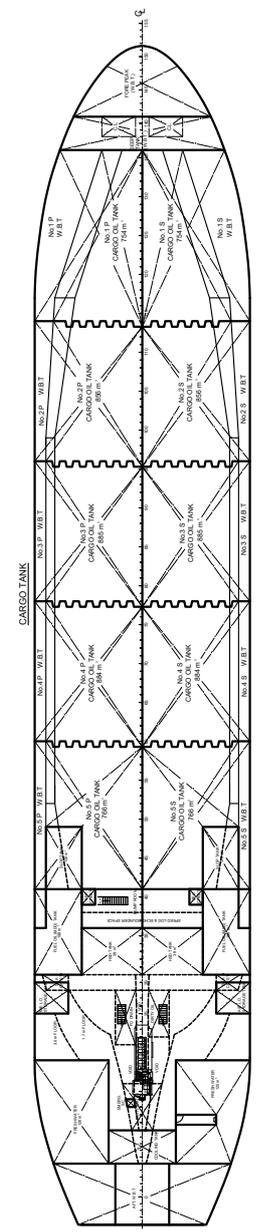
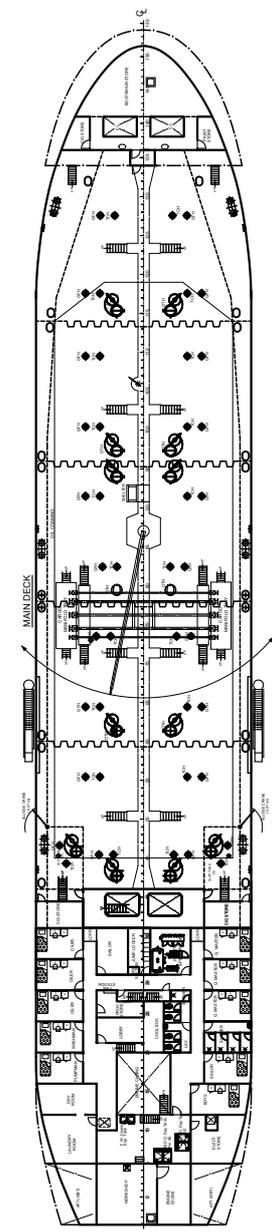
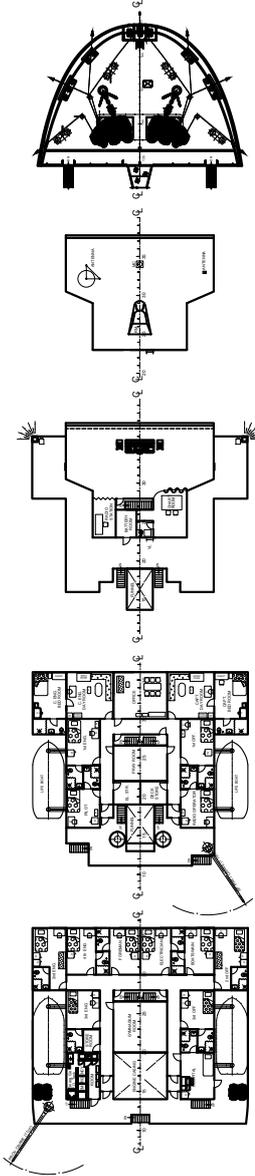
NAVIGATION DECK

COMPASS DECK

FORECASTLE DECK



STERN ELEVATION (LWS. END)



LAMPIRAN B
Dokumentasi Pengerjaan
Proyek



Progres pembangunan blok 4 sampai 7 mencapai 83%



Pembangunan blok 8 sampai 11 paralel middle body zone



Pembangunan bagian after zone



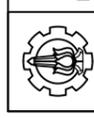
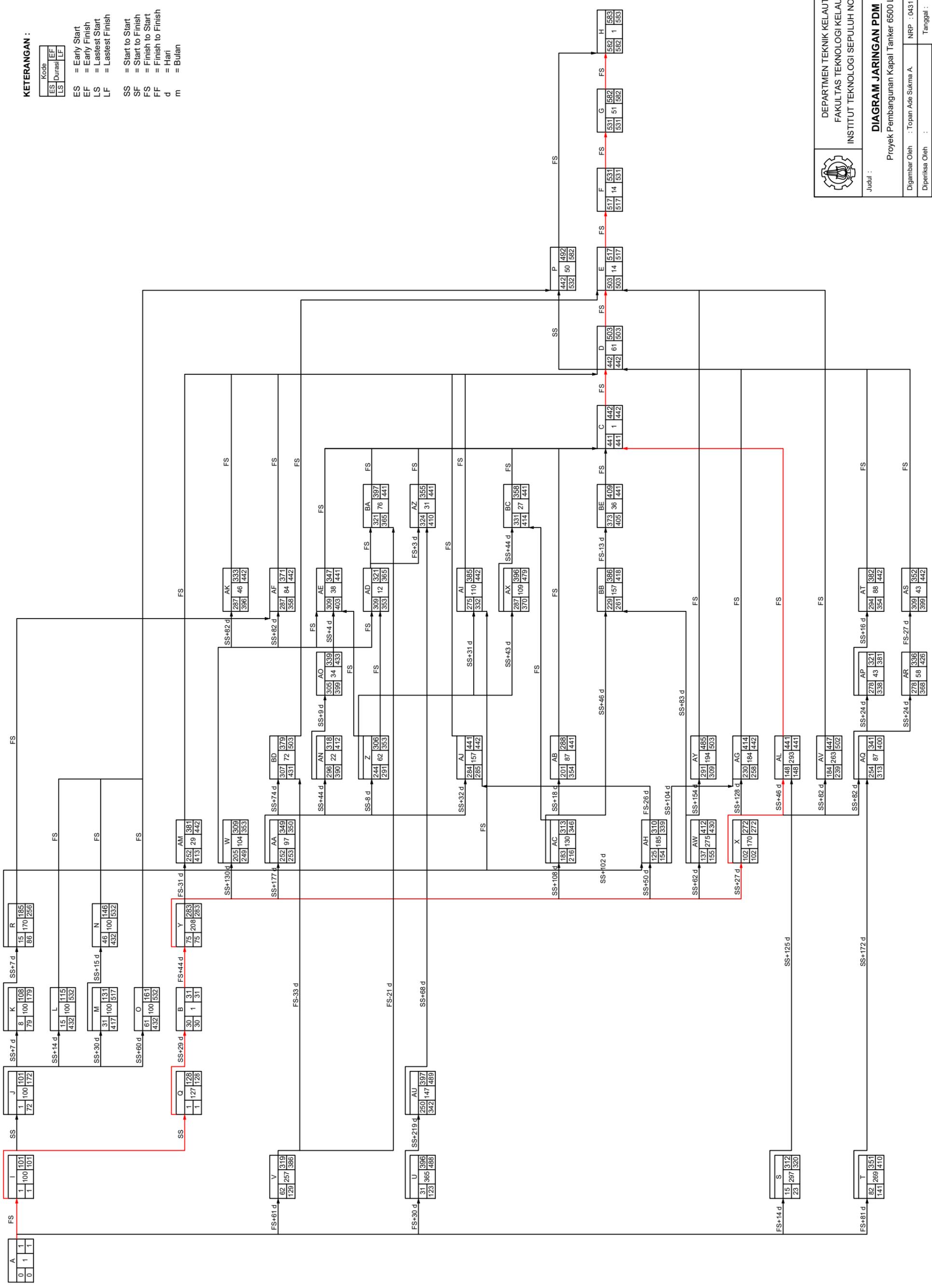
Progres pembangunan blok 1 sebesar 12%

LAMPIRAN C
Network Diagram

KETERANGAN :

ES	LS	EF	LF
Kode		Durasi	

- ES = Early Start
- EF = Early Finish
- LS = Latest Start
- LF = Latest Finish
- SS = Start to Start
- SF = Start to Finish
- FS = Finish to Start
- FF = Finish to Finish
- d = Hari
- m = Bulan



DEPARTMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Judul : **DIAGRAM JARINGAN PDM**
Proyek Pembangunan Kapal Tanker 6500 L TDW

Digambar Oleh : Topan Ade Sukma A. NRP : 0431154000091
Diperiksa Oleh :
Disetujui Oleh : Tanggal : 14 Mei 2019 A2

BIODATA PENULIS



Topan Ade Sukma Adjie lahir di kota Madiun, 17 Desember 1996. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SDN 02 Tangkil, Blitar (lulus tahun 2009). Kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Wlingi, Blitar (lulus tahun 2012), SMA Negeri 1 Talun, Blitar (lulus tahun 2015) dan menempuh pendidikan tinggi di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya. Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan dan menjabat sebagai Staff Ahli Departemen Mentoring Lembaga Dakwah Jurusan Bahrul Ilmi, Teknik Kelautan, ITS tahun 2017-2018. Penulis juga berpengalaman sebagai panitia fasilitator pada kegiatan GERIGI ITS 2016 dan juga staff pada kepanitiaan Oceano 2017. Pada tahun 2018 penulis melaksanakan OJT (*On Job Training*) selama 2 bulan di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero). Selain itu, penulis juga mengambil data di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya (Persero) untuk penelitian tugas akhir penulis yang berjudul **Analisis Probabilitas Keterlambatan *Ongoing Project* Pembangunan Kapal Tanker**. Untuk saran, kritik maupun hal-hal lain dapat menghubungi penulis melalui email topanade17@gmail.com