



TUGAS AKHIR - MO141326

ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN JETTY TERMINAL *MULTIPURPOSE* DI KUALA TANJUNG

DOWGLAS LEVY SUMIHAR MALAU

NRP. 0431154000079

Dosen Pembimbing :

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

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

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - MO141326

**ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JETTY TERMINAL *MULTIPURPOSE* DI
KUALA TANJUNG**

DOWGLAS LEVY SUMIHAR MALAU

NRP. 0431154000079

DOSEN PEMBIMBING :

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

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

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - MO141326

**TIME ACCELERATION ANALYSIS OF THE
MULTIPURPOSE TERMINAL DOCK DEVELOPMENT
PROJECT IN KUALA TANJUNG**

DOWGLAS LEVY SUMIHAR MALAU

NRP. 04311540000079

DOSEN PEMBIMBING :

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

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

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN JETTY TERMINAL *MULTIPURPOSE* DI KUALA TANJUNG

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarja Teknik
Pada Program S1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

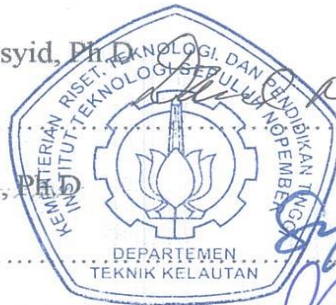
Dowglas Levy S. Malau
NRP 0431154000079

Disetujui oleh :

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.  (Pembimbing 1)

Silvianita, S.T., M.Sc.  (Pembimbing 2)

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



SURABAYA JULI 2019

ANALISIS PERCEPATAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN JETTY TERMINAL *MULTIPURPOSE* DI KUALA TANJUNG

Nama Mahasiswa : Dowglas Levy Sumihar Malau
NRP : 0431154000079
Departemen : Teknik Kelautan - FTK ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Manajemen penjadwalan proyek menjadi salah satu faktor penting dalam menyelesaikan suatu proyek untuk mendapatkan hasil yang optimum. Proyek Pembangunan Jetty Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung menjadi objek yang dianalisis pada penelitian ini. Pelabuhan Kuala Tanjung merupakan pelabuhan yang terletak di Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. Dalam penelitian ini dilakukan analisis percepatan proyek dengan menggunakan metode penjadwalan *Precedence Diagram Method* untuk mengetahui aktivitas-aktivitas yang berada di lintasan kritis. Terdapat 12 kegiatan yang berada dalam lintasan kritis pada proyek ini. Setelah mengetahui lintasan kritis, dilakukan analisis menggunakan metode *Program Evaluation and Review Technique* untuk mengetahui probabilitas durasi penyelesaian proyek dari beberapa target durasi yaitu 44,04% dengan durasi 976 hari berdasarkan kontrak proyek, 0,17% dengan durasi 939 hari berdasarkan durasi tercepat metode PERT, dan 99,86% dengan durasi 1018 hari berdasarkan durasi terlama metode PERT. Kemudian dilakukan percepatan dengan menggunakan metode TCTO dengan alternatif penambahan jam lembur. Dilakukan analisis terhadap tiga skema penambahan jam lembur, dan setelah dianalisis didapatkan durasi dan biaya optimum pada jalur kritis pada penambahan 1 jam lembur. Dengan dilakukan percepatan dengan skema penambahan 1 jam lembur total durasi proyek yang semula 976 hari menjadi 878 hari dengan selisih 98 hari, dengan total biaya paling sedikit yaitu sebesar Rp747.058.652.540,19 dari semula Rp744.602.322.290,19 dengan selisih

Rp2.456.330.250,00 dan juga *cost slope* terkecil dari skema penambahan jam lembur lainnya yaitu Rp27.599.216,29.

Kata Kunci: *Crash Program, Precedence Diagram Method, Program Evaluation and Review Technique, Project Management, Time Cost Trade Off*

**TIME ACCELERATION ANALYSIS OF THE MULTIPURPOSE
TERMINAL JETTY DEVELOPMENT PROJECT IN KUALA
TANJUNG**

Name : Dowglas Levy Sumihar Malau
Student Number : 0431154000079
Major : Teknik Kelautan - FTK ITS
Supervisor : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Project scheduling management is one of the important factors in completing a project to get optimum results. The Multipurpose Terminal Jetty Development Project in Kuala Tanjung is the object analyzed in this final project. Kuala Tanjung Port is located in Sei Suka, Batubara Regency, North Sumatra. In this research, the time acceleration analysis of the project is done by using Precedence Diagram Method to find out activities that are on the critical path. There are 12 activities that are in a critical path on this project. After identifying the critical path, the analysis was carried out using the Program Evaluation and Review Technique method to find out the probable duration of project completion from several duration targets, namely 44.04% with a duration of 976 days based on project contracts, 0.17% with a duration of 939 days based on the fastest duration PERT method and 99.86% with a duration of 1018 days based on the longest duration of the PERT method. Next, the time acceleration is carried out using TCTO method with the scheme of adding overtime hours to workers. In this analysis, three scheme of adding overtime hours to workers were made. After the analysis was done in the critical path, it is known that the additional one hour overtime is the most optimum among the other two schemes. With the acceleration with the scheme of adding 1 hour overtime, the total duration of the project which was originally 976 days to 878 days with a difference of 98 days, with the least total cost of Rp747,058,652,540.19 from the original Rp744,602,322,290.19 with a difference of

Rp2 .456,330,250.00 and also the smallest cost slope from the other overtime hours scheme, which is Rp27,599,216.29.

Keywords: Crash Program, Presedence Diagram Method, Program Evaluation and Review Technique, Project Management, Time Cost Trade Off

KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat serta berkat-Nya. Atas berkat Tuhan Yang Maha Esa penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ANALISA PERCEPATAN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN JETTY TERMINAL *MULTIPURPOSE* DI KUALA TANJUNG. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dalam program Srata satu (S1) di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini berisi tentang ide dan gagasan mengenai analisa penjadwalan proyek dengan menggunakan metode *Precedence Diagram Method*, *Program Review and Evaluation Method*, dan *Time Cost Trade Off*. Diharapkan dengan selesainya penulisan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dunia manajemen proyek khususnya untuk rekayasa teknologi kelautan. Masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan koreksi untuk penulisan laporan selanjutnya agar menjadi lebih baik. Penulis juga berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, dan bagi penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2019

Dowglas Levy S. Malau

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMAKASIH

Selesainya penulisan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari beberapa pihak yang telah memberikan bantuan bagi penulis dalam melaksanakan penelitian dan penulisan tugas akhir ini. Penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Bapak, Mama, Kak Friska, Bang Darlo, Bang Ian, Bang Anes, Cici, dan juga seluruh saudara yang telah memberikan doa dan support bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan masukan, saran, dan juga nasihat kepada penulis dari awal hingga penyelesaian tugas akhir.
3. Ibu Silvianita S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan masukan, saran, dan juga nasihat kepada penulis dari awal hingga penyelesaian tugas akhir.
4. Bapak Handri Nova yang telah membantu dalam pengambilan data dan juga membantu penulis dalam memahami proyek yang menjadi objek analisis pada tugas akhir ini.
5. Febri Monica yang telah setia mendampingi dan memberikan support bagi penulis selama proses pengerjaan tugas akhir.
6. Teman-teman griyakos4s yaitu Armand, Aldo, Arnold, Faton, Farys, MJ, Kifan, Nauvale, dan Hasol yang telah membantu penulis selama proses pengerjaan tugas akhir.
7. Aldi, Ade, Aria, Fachry, dan Oboy selaku teman-teman terdekat penulis.
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga berkat-Nya selalu diberikan kepada kita semua. Amin.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMAKASIH.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
GLOSARIUM.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Fasilitas Pelabuhan.....	8
2.2.2 Dermaga	10
2.2.3 Proyek	12
2.2.4 Manajemen Proyek.....	13

2.2.5 Work Breakdown Structure	14
2.2.6 <i>Time Schedule of Project</i>	14
2.2.7 Network Planning	15
2.2.8 <i>Precedence Diagram Method (PDM)</i>	18
2.2.9 <i>Earliest Event Time (EET), Latest Event Time (LET), Lintasan Kritis, dan Float</i>	20
2.2.10 <i>Program Evaluation and Review Technique (PERT)</i>	22
2.2.11 Time Cost Trade Off	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Prosedur Penelitian	29
3.2.1 Perumusan Masalah dan Menentukan Tujuan	29
3.2.2 Studi Literatur	29
3.2.3 Pengumpulan Data	29
3.2.4 Analisis Data Menggunakan Metode CPM serta Menentukan Lintasan Kritis	30
3.2.5 Analisis Menggunakan Metode PERT	30
3.2.6 Analisis Menggunakan Metode Time Cost Trade Off	31
3.2.7 Hasil Analisis Biaya Untuk Percepatan	31
3.2.8 Kesimpulan	31
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Proyek Pembangunan Jetty pada Terminal <i>Multipurpose</i> di Kuala Tanjung	33
4.2 Data Penjadwalan Proyek	35
4.3 Data Urutan Ketergantungan Antar Kegiatan Proyek	38
4.4 Analisis <i>Critical Path</i>	41
4.4.4 Penentuan Lintasan Kritis	44

4.5 Analisis Menggunakan Metode PERT (<i>Program Evaluation and Review Technique</i>).....	44
4.5.1 Menghitung TE	45
4.5.2 Menghitung Deviasi Standar dan Varians.....	46
4.5.3 Menghitung Probabilitas Durasi Proyek	47
4.6 Analisis Time Cost Trade Off	49
4.6.1 Crash Duration	50
4.6.2 Crash Cost	56
4.6.3 Cost Slope	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	1

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Multipurpose Terminal (Land Side)</i>	2
Gambar 1. 2 <i>Multipurpose Terminal (Sea Side)</i>	2
Gambar 1. 3 Gambar Satelit Terminal <i>Multipurpose</i> Kuala Tanjung.....	3
Gambar 2. 1 Bentuk Dermaga Jenis Quay/Wharf.....	10
Gambar 2. 2 Bentuk Dermaga Jenis Jetty	11
Gambar 2. 3 <i>Network Diagram</i>	16
Gambar 2. 4 <i>Arrow</i>	16
Gambar 2. 5 <i>Event/Node</i>	17
Gambar 2. 6 <i>Double Arrow</i>	17
Gambar 2. 7 <i>Dummy</i>	17
Gambar 2. 8 Hubungan antar kejadian 1.....	17
Gambar 2. 9 Hubungan antar kejadian 2 (Sumber : Somantri, 2005).....	18
Gambar 2. 10 Hubungan antar kejadian 3 (Sumber : Somantri, 2005).....	18
Gambar 2. 11 Hubungan antar kejadian 4 (Sumber : Somantri, 2005).....	18
Gambar 2. 12 Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan	25
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Grafik <i>Cost Slope</i> tiap penambahan jam lembur.....	64

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi Terminal <i>Multipurpose</i> (Bagian Laut).....	33
Tabel 4. 2 Spesifikasi Terminal <i>Multipurpose</i> (Bagian Laut).....	34
Tabel 4. 3 Data penjadwalan proyek.....	35
Tabel 4. 4 Urutan ketergantungan antar kegiatan	38
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan penjadwalan PDM	41
Tabel 4. 6 Kegiatan pada Lintasan Kritis.....	44
Tabel 4. 7 Perhitungan TE	45
Tabel 4. 8 Varians dan Standar Deviasi	46
Tabel 4. 9 Target dan Probabilitas Durasi Penyelesaian Proyek	47
Tabel 4. 10 Perhitungan Koefisien Penurunan Produktivitas	50
Tabel 4. 11 Perhitungan <i>Crash Duration</i> 1 jam lembur.....	53
Tabel 4. 12 Perhitungan <i>Crash Duration</i> 2 jam lembur.....	54
Tabel 4. 13 Perhitungan <i>Crash Duration</i> 3 jam lembur.....	55
Tabel 4. 14 Upah lembur pekerja.....	56
Tabel 4. 15 Perhitungan <i>Crash Cost</i> 1 jam lembur.....	60
Tabel 4. 16 Perhitungan <i>Crash Cost</i> 2 jam lembur.....	61
Tabel 4. 17 Perhitungan <i>Crash Cost</i> 3 jam lembur.....	62

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PENJADWALAN MICROSOFT PROJECT PDM
LAMPIRAN B	NETWORK PLANNING PDM
LAMPIRAN C	TABEL DISTRIBUSI NORMAL KUMULATIF Z
LAMPIRAN D	DOKUMENTASI PROYEK

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

GLOSARIUM

1. **Cost Slope** adalah biaya per satuan waktu dari percepatan yang dilakukan.
2. **Crash Duration** adalah waktu dari suatu kegiatan yang sudah dipersingkat melalui skema percepatan tertentu.
3. **Crash Cost** adalah biaya dari percepatan waktu yang dilakukan dari suatu kegiatan atau proyek.
4. **Critical Path** adalah lintasan yang membutuhkan durasi terlama atau dengan kata lain lintasan yang membutuhkan seluruh durasi pengerjaan proyek.
5. **Earliest Finish** adalah waktu penyelesaian paling awal suatu kegiatan..
6. **Earliest Start** adalah waktu mulai paling awal suatu kegiatan.
7. **Gantt Chart** adalah metode penjadwalan dimana kegiatan sebagai sumbu vertikal, tanggal atau waktu sebagai sumbu horizontal dan durasi kegiatan ditunjukkan oleh grafik batang horizontal yang ditempatkan tergantung waktu mulai dan waktu selesai.
8. **Latest Finish** adalah waktu selesai paling akhir suatu kegiatan.
9. **Latest Start** adalah waktu mulai paling akhir suatu kegiatan.
10. **Network Diagram** adalah jaringan kerja yang berisi lintasan –lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek.
11. **Total Float** adalah tenggang waktu yang masih dimungkinkan untuk terjadi keterlambatan selesainya suatu kegiatan tanpa mempengaruhi durasi total proyek.
12. **Work Breakdown Structure** adalah pengelompokkan aktivitas-aktivitas dalam proyek secara keseluruhan yang berisi volume pekerjaan, keterkaitan antar kegiatan, durasi kegiatan, dan biaya kegiatan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia secara geografis terletak di antara dua samudra yaitu samudra pasifik dan samudra hindia dan juga di antara dua benua yaitu benua asia dan eropa. Hal ini menyebabkan indonesia berada pada *world cross position* yang berarti Indonesia berada pada jalur lalu lalang dunia. Posisinya yang strategis menempatkan Indonesia pada jalur vital pelayaran dan perdagangan negara yang dapat berpengaruh besar terhadap perkembangan ekonomi maritim nasional. Meskipun Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar, industri pelayaran Indonesia masih memiliki banyak tantangan untuk dihadapi. Pelabuhan yang memadai sangat berperan penting dalam menunjang perdagangan dan pelayaran di Indonesia karena pelabuhan adalah sarana paling penting dari seluruh perdagangan, baik nasional maupun internasional.

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan atau perairan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang dan bongkar muat barang, berupa terminal dan dermaga yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan. Sedangkan dermaga sendiri merupakan suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat kapal dan menaik-turunkan penumpang. Dermaga terbagi menjadi tiga tipe, yaitu dermaga dolphin (trestel), quay wall, dan jetty (pier). Fasilitas-fasilitas ini adalah aspek penting yang harus dikembangkan agar dapat menunjang fungsi pelabuhan.

PT. Prima Multi Terminal yang adalah anak perusahaan dari PT. Pelindo I merupakan sebuah perusahaan pengembang pelabuhan terpadu. Perusahaan ini berfokus pada pembangunan pelabuhan dan juga operator. PT. Prima Multi Terminal saat ini sedang mengembangkan terminal *multipurpose* baru yang berada di Pelabuhan Kuala Tanjung, Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. Untuk mewujudkan peran Sumatera Utara sebagai beranda terdepan Indonesia, saat ini Pelindo I ini tengah fokus melakukan pengembangan Pelabuhan Kuala Tanjung yang juga merupakan

prioritas pemerintah. Hal ini akan menyebabkan arus bongkar muat barang dan orang di Pelabuhan Kuala Tanjung mengalami peningkatan. Untuk menunjang hal tersebut, PT. Pelindo I melakukan pengembangan fasilitas Pelabuhan. Dalam tahap pengembangan Pelabuhan Kuala Tanjung, ada tiga tahap pembangunan yang akan dilakukan oleh PT Pelindo I. Pembangunan tahap I merupakan terminal *multipurpose* yang berkapasitas 500.000 TEUs dan akan terus dikembangkan secara bertahap hingga tahun 2023. Salah satu fasilitas yang dibangun dalam tahap I adalah pembangunan dermaga jetty sebagai tempat bersandar kapal. Dipilihnya Terminal *multipurpose* Kuala Tanjung karena pelabuhan Kuala Tanjung diproyeksi menjadi pelabuhan terbesar di Indonesia.



Gambar 1. 1 *Multipurpose Terminal (Land Side)*
Sumber: Pelindo 1



Gambar 1. 2 *Multipurpose Terminal (Sea Side)*
Sumber: Pelindo 1



Gambar 1. 3 Gambar Satelit Terminal *Multipurpose* Kuala Tanjung
Sumber: Google Satelite

Percepatan durasi pada proyek dapat dilakukan dengan memanfaatkan alternatif-alternatif yang ada seperti penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, penggunaan sistem kerja shift, penggunaan metode konstruksi yang lebih efektif, dan penggunaan material yang lebih cepat (Soeharto, 1995). Beberapa hal tersebut memang dapat memperpendek durasi pelaksanaan proyek, akan tetapi di sisi lain, pelaksanaan proyek akan mengalami peningkatan dari aspek biaya. Oleh karena itu, harus dilakukan perhitungan yang cermat dalam menganalisa percepatan proyek agar durasi proyek sesuai dan biaya yang dikeluarkan tidak membengkak.

Dilakukannya analisis percepatan dari proyek pembangunan jetty ini adalah untuk mempercepat pengerjaan pembangunan sehingga dapat segera difungsikan sesuai dengan yang diharapkan oleh pihak pelabuhan dan juga sebagai pertimbangan dalam melakukan pembangunan fasilitas laut maupun darat terutama jetty di pelabuhan-pelabuhan lain di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Aktivitas mana saja yang berada pada lintasan kritis pada Proyek Pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung sebelum durasi proyek dipercepat?
2. Berapa probabilitas Proyek Pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung dapat selesai tepat waktu?
3. Berapa durasi dan biaya optimum Proyek Pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung setelah dilakukan percepatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bentuk lintasan kritis proyek pembangunan jetty pada terminal *multipurpose* di kuala tanjung sebelum durasi proyek dipercepat.
2. Untuk mengetahui probabilitas proyek pembangunan jetty pada terminal *multipurpose* di kuala tanjung dapat selesai tepat waktu.
3. Untuk mengetahui durasi dan biaya optimum yang dibutuhkan untuk melakukan percepatan proyek pembangunan jetty pada terminal *multipurpose* di kuala tanjung.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang akan didapat untuk penulis adalah menambah pengetahuan dan pengalaman dari hasil penelitian dalam perencanaan proyek ini, memberikan solusi kepada perusahaan dalam mengoptimalkan waktu serta hasil proyek dengan pendekatan metode *CPM dan PERT*, dan memberikan pembelajaran bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian berikutnya mengenai analisis percepatan proyek.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang diperlukan dalam penelitian ini agar sesuai dengan konteks yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas detail struktur Jetty.
2. Tidak membahas pekerjaan *mechanical* dan *electrical*.
3. Tidak memperhitungkan penambahan jumlah pekerja.
4. Mengasumsikan tidak ada perubahan detail pada proyek, sesuai dengan data yang diberikan kepada peneliti.
5. Tidak memperhitungkan secara detil biaya akibat penggunaan mesin, listrik, dan alat berat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Memberikan penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Memberikan penjelasan mengenai landasan teori dan tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya sebagai landasan untuk mengerjakan tugas akhir.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memberikan penjelasan mengenai tahap-tahap prosedur dalam melakukan penelitian dalam bentuk diagram alir.

4. BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Memberikan penjelasan mengenai pembahasan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini serta menganalisa data-data yang didapatkan menggunakan metode yang telah ditetapkan sehingga memperoleh hasil yang sesuai.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memberikan penjelasan mengenai kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan dan pemberian saran untuk pihak perusahaan dan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada proyek berskala besar, manajemen proyek yang efisien sangat dibutuhkan agar tetap bisa berada dalam lingkungan bisnis yang kompetitif. Terdapat banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam manajemen proyek, seperti perhitungan biaya, durasi proyek dan pelaksanaan kegiatan. Hal ini menjadi tantangan bagi seorang manajer proyek yang harus dengan teliti melihat kegiatan-kegiatan yang ada agar tidak terjadi keterlambatan terhadap proyek. Untuk mengatasi keterlambatan, manajer proyek dapat melakukan percepatan terhadap proyek untuk mempercepat waktu proyek selesai dari waktu awal yang ditetapkan dengan menambahkan sumber daya pada proyek dengan efisien. Pada penelitian ini metode CPM dan PERT digunakan untuk penjadwalan proyek, sedangkan untuk percepatan proyek digunakan *Time Cost Trade Off*.

Penelitian yang dilakukan oleh Padaga (2018), dalam Jurnal berjudul “*Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: studi kasus MV. Blossom*” dapat diketahui bahwa penjadwalan ulang dengan menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)* dapat mempercepat durasi pengerjaan proyek yang semula berdurasi 101 hari menjadi 41 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Syuhada (2015), dalam Jurnal berjudul “*Analisis Percepatan Durasi Pembangunan Dermaga: Studi Kasus PT. Multi Baja Industri*” dapat diketahui bahwa dengan menggunakan metode *crashing* didapatkan pemampatan durasi proyek selama 34 hari serta memperkecil anggaran sebesar Rp 172.925.580,00.

Penelitian yang dilakukan oleh Rosdianto (2014), dalam Jurnal berjudul “*Analisa Percepatan Durasi Pengerjaan Proyek Pembangunan Jacket Platform di PT. Meindo Elang Indah*” dapat diketahui bahwa dengan menerapkan metode *crash program* mempercepat durasi pengerjaan proyek yang semula berdurasi 141 hari menjadi 111

hari dan mengakibatkan penambahan biaya terhadap tenaga kerja langsung sebesar U.S. \$ 6,237.00.

Penelitian yang dilakukan oleh Tofania (2014), dalam Jurnal berjudul “Analisa Waktu dan Biaya pada Proyek Dolphin Structure Studi Kasus: Fabrikasi PT. Lintech Seaside Facility” dapat diketahui bahwa dengan penerapan metode *Critical Path Method (CPM)* dan *crash program* pada proyek pembangunan dolphin structure PT. Lintech Seaside Facility dapat mempercepat umur proyek dari 139 hari menjadi 119 hari. Dengan adanya penerapan metode CPM dan *crash program* akan berpengaruh terhadap biaya tenaga kerja langsung sehingga dengan adanya pemampatan waktu pembangunan selama 20 hari akan terjadi penambahan biaya tenaga kerja sebesar Rp 11.193.899.758,-

Penelitian yang dilakukan oleh Ridho dan Syahrizal (2013), dalam Jurnal berjudul “Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistika Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara” dapat diketahui bahwa dengan menggunakan metode PERT, proyek pembangunan dapat diselesaikan selama 95 ari dengan kemungkinan 0,28%, paling lambat dapat diselesaikan selama 114 hari dengan kemungkinan 99.98%, paling mungkin diselesaikan selama 104 hari dengan kemungkinan 47,21%.

2.2 Landasan Teori

Berikut akan dijelaskan landasan-landasan teori yang dipakai dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.

2.2.1 Fasilitas Pelabuhan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: PM 51 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut pada pasal 1 disebutkan bahwa pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusaha yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang

pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Fasilitas pokok pelabuhan di wilayah daratan antara lain:

- a. Dermaga
- b. Gudang lini 1
- c. Lapangan penumpukan lini 1
- d. Terminal penumpang
- e. Terminal peti kemas
- f. Terminal curah cair
- g. Terminal curah kering
- h. Terminal ro-ro
- i. Car terminal
- j. Terminal multipurpose
- k. Terminal daratan (dryport)
- l. Fasilitas penampungan dan pengelolaan limbah
- m. Fasilitas bunker
- n. Fasilitas pemadam kebakaran
- o. Fasilitas gudang untuk bahan/barang berbahaya dan beracun (B3)
- p. Fasilitas pemeliharaan dan perbaikan peralatan fasilitas pelabuhan dan sarana bantu navigasi pelayaran (SBNP)
- q. Fasilitas pokok lainnya sesuai perkembangan teknologi

Hal tersebut diatas tercantum pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor: PM 51 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut pada pasal 43.

Salah satu peran pelabuhan adalah terminalisasi. Pelabuhan menjadi bagian penting dari rantai pasokan barang. Dalam hubungan dengan integrasi dan pengembangan pelabuhan, telah ditingkatkan fokusnya dalam ragam aktivitas yang dapat menambah nilainya ketika barang melewati pelabuhan. Konsep terminalisasi telah dikembangkan oleh Rodrigue dan Notteboom (2009) dengan memberikan dua konsep, yaitu pertama bottle-neck derived terminalisation ketika pelabuhan menunda bagian dari rantai pasokan karena kurangnya sumber daya atau kurangnya perencanaan

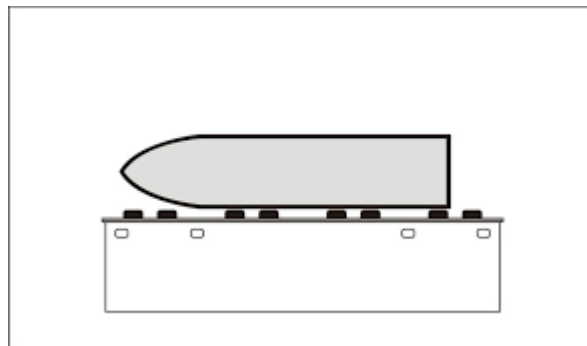
dan operasi. Kedua adalah wirehouse-derived terminalisation ketika pusat distribusi berada di pelabuhan untuk meningkatkan level pelayanan dan mengurangi waktu pengiriman ke pemasok lokal. Hal ini dilakukan untuk menghindari rantai pasokan yang lebih panjang.

2.2.2 Dermaga

Dermaga merupakan tempat kapal di tambatkan pada pelabuhan (Triadmojo, 1996). Fungsi dari dermaga adalah tempat dimana kapal melakukan bongkar muat barang atau penumpang. Dermaga juga digunakan sebagai tempat pengisian bahan bakar kapal, air bersih, air minum, dan juga saluran untuk air kotor yang akan diproses lebih lanjut di pelabuhan. . Triadmojo (1996) juga menjelaskan bahwa dermaga dibagi menjadi 2 macam yaitu :

1. Quay/Wharf

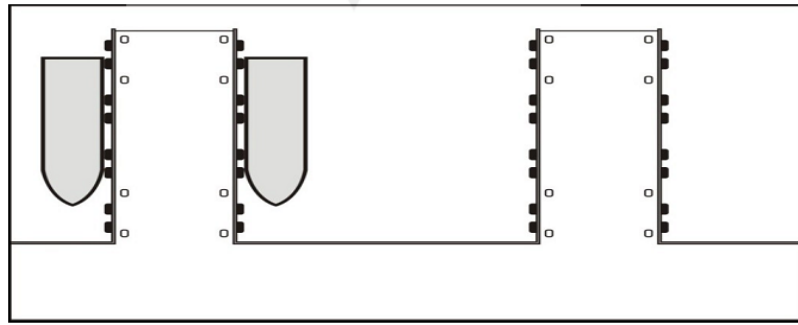
Dermaga jenis ini merupakan dermaga yang letaknya digaris pantai serta sejajar dengan pantai. Dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Bentuk Dermaga Jenis Quay/Wharf

2. Jetty/Pier (Jembatan)

Dermaga jenis ini merupakan dermaga yang menjorok (tegak lurus) dengan garis pantai. Dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2. 2 Bentuk Dermaga Jenis Jetty

1. Pekerjaan Persiapan, yaitu:
 - Pembersihan Lapangan
 - Pengukuran
 - Pembuatan direksi keet
 - Mobilisasi alat, bahan, dan sebagainya

2. Pekerjaan tiang pancang, yaitu:
 - Pengadaan
 - Pengangkatan
 - Pemancangan
 - Penyambungan
 - Pemotongan Tiang Pancang

3. Pekerjaan beton, yang meliputi pembuatan :
 - Plat
 - Balok Melintang
 - Balok Memanjang
 - Balok Crane
 - Balok Fender
 - Poer
 - Selimut Beton
 - Pengisi Tiang Pancang

4. Pekerjaan Pelengkap, yaitu :

- Pemasangan Fender
- Pemasang Boulder
- Pemasang rel crane

2.2.3 Proyek

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 (Soeharto, 1999). Menurut Soeharto (1999), proyek memiliki beberapa ciri yaitu :

1. Bertujuan untuk menghasilkan lingkup tertentu yang berupa produk akhir atau hasil kerja akhir.
2. Jumlah biaya, jadwal, serta kriteria mutu ditentukan dalam proses mewujudkan lingkup tersebut.
3. Umurnya dibatasi oleh selesainya tugas atau kegiatan sehingga bersifat sementara. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
4. Macam dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung. Proyek bersifat nonrutin, atau tidak berulang-ulang.

Dalam mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala (*triple constraint*) (Lester, 2003)

2.2.3.1 Macam Proyek

Menurut R.D. Achibalt (1976) proyek memiliki beberapa macam, yaitu :

1. Proyek Kapital adalah proyek yang biasanya digunakan oleh sebuah badan usaha atau pemerintah meliputi : pembebasan tanah, pembelian material dan peralatan, desain mesin, dan konstruksi guna pembangunan instalasi pabrik baru. Contoh: Proyek pengadaan alat kalibrasi untuk meter gas yang diselenggarakan oleh PT Perusahaan Gas Nasional.

2. Proyek pengembangan produk baru adalah kegiatan untuk menciptakan produk baru yang biasanya merupakan gabungan antara proyek kapital dan proyek riset dan pengembangan. Contoh : Proyek pembuatan mobil dengan menggunakan bahan bakar listrik.
3. Proyek penelitian dan pengembangan adalah kegiatan untuk melakukan penelitian dengan sasaran yang ditentukan. proyek ini dapat berupa proyek yang meningkatkan dan memperbaiki mutu produk Contoh : Proyek membuat robot yang difungsikan untuk membantu pekerjaan rumah tangga.
4. Proyek sistem informasi adalah kegiatan yang sifatnya spesifik dengan mempergunakan alat-alat pemrosesan data (data processing) personal dan alat-alat lainnya. contoh : Proyek sistem gudang yang dalam penginputan data barang masih secara manual dan sekarang telah dibuat secara on-line.
5. Proyek yang berkaitan dengan manajemen perusahaan adalah perusahaan merancang reorganisasi, perusahaan merancang program efisiensi, dan penghematan merancang diverisifikasi contoh : Proyek penerimaan karyawan yang dilakukan dengan menggunakan sistem penunjang keputusan yang dimaksudkan supaya karyawan yang diterima dalam perusahaan benar-benar karyawan yang mempunyai potensi dan lebih tepat dalam penerimaan posisi.

2.2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Rani, 2016). Dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan serta sifat suatu kegiatan proyek yang dinamis menyebabkan tumbuhnya manajemen proyek.

Menurut Heizer & Render (2014) manajemen proyek terdiri dari tiga fase, yaitu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian.

1. perencanaan : fase ini meliputi penyiapan tujuan, penggambaran proyek, dan pengorganisasian tim.

2. Penentuan jadwal : fase ini berkaitan dengan orang, uang, dan pasokan untuk aktivitas-aktivitas tertentu dan mengaitkan aktivitas-aktivitas satu sama lain.
3. Pengendalian : Di sini perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran.

2.2.5 Work Breakdown Structure

Santosa (2008) menjelaskan bahwa *Work Breakdown Structure* (WBS) adalah pemecahan pekerjaan besar menjadi elemen-elemen pekerjaan yang lebih kecil. Pemecahan ini akan memudahkan pembuatan jadwal proyek dan estimasi ongkos serta menentukan pihak yang harus bertanggung jawab.

Pada setiap proyek, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan lingkup proyek agar pada saat pelaksanaannya lingkup proyek tidak meluas yang menyebabkan kegagalan proyek. Salah satu teknik yang dapat digunakan dan terbukti ampuh dalam membatasi lingkup proyek adalah dengan WBS. WBS memperlihatkan hirarki perencanaan pekerjaan yang berorientasi pada produk yang dihasilkan proyek. menjadi acuan dalam menentukan aktivitas dan sumber daya yang akan digunakan untuk mencapai sasaran proyek.

Struktur pecahan kerja pada dasarnya menurun dalam ukuran dari atas ke bawah dengan tingkatan sebagai berikut :

1. Tingkat Proyek.
2. Tugas utama pada proyek.
3. Subtugas pada tugas utama.
4. Paket pekerjaan yang harus diselesaikan.

2.2.6 Time Schedule of Project

Penjadwalan proyek menurut Henry L. Gantt adalah hubungan antara aktifitas dan waktu pengerjannya. Dalam metodenya kita dapat melihat aktivitas mana yang mulai dulu dan aktivitas mana yang menyusulnya. Beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam penjadwalan proyek diantaranya :

- Macam-macam aktifitas yang ada

- Ketergantungan antar aktifitas, mana yang lebih dahulu diselesaikan mana yang menyusul
- Urutan logis dari masing-masing aktivitas
- Waktu penyelesaian tiap aktivitas

Penjadwalan merupakan fase penerjemahan suatu perencanaan ke dalam suatu diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan berfungsi menentukan kapan aktivitas-aktivitas tersebut dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber-sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang ditentukan. Menurut Wibowo (2012) Untuk merencanakan dan menggambarkan aktivitas pelaksanaan pekerjaan konstruksi, dikenal beberapa metode antara lain :

1. Diagram Balok (*Gantt Bar Chart*)
2. Diagram Garis (*Time Production Graph*)
3. Diagram Panah (*Arrow Diagram*)
4. Diagram *Precedence* (*Precedence Diagram*)

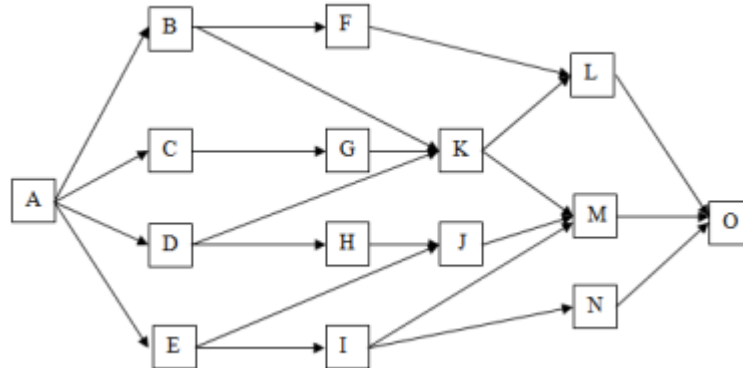
Pada kebanyakan proyek konstruksi metode-metode diatas digunakan secara kombinasi.

2.2.7 Network Planning

Planning atau dengan sebutan lain *Network Analysis System* menyediakan metode yang komprehensif untuk merencanakan, menjadwalkan, serta mengendalikan sebuah proyek. Menurut Badri (1991) prinsip dari *network planning* adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan/divisualisasikan dalam bentuk diagram *network*. Dengan demikian dapat diketahui bagian mana yang perlu didahulukan, dilembur, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain, dan juga pekerjaan mana saja yang tidak perlu terburu-buru sehingga sumber daya dapat dialokasikan ke tempat lain untuk meningkatkan efisiensi. Badri (1991) juga memaparkan keuntungan menggunakan *network planning* dalam tatalaksana proyek, yaitu :

1. Merencanakan, schedulling, dan mengawasi proyek secara logis.
2. Memikirkan secara menyeluru, tetapi juga mendetal dari sebuah proyek.

3. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *schedulling* (waktu), dan alternatif lain dalam menyelesaikan proyek dengan menambahkan biaya.
4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya pada jalur kritis saja yang perlu menjadi konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2. 3 *Network Diagram*
(Sumber : Barihazim, 2018)

2.2.7.1 Simbol-simbol dalam Network Planning

Pada perkembangan *network planning*, terdapat 2 simbol yang dapat menggambarkan diagram kerja. Berikut adalah penjelasan menurut Badri (1991) :

- a. *Event on the Node*, adalah simbol yang menggambarkan suatu peristiwa dalam sebuah lingkaran.
- b. *Activity on the Node*, adalah simbol yang menggambarkan suatu kegiatan dalam sebuah lingkaran.

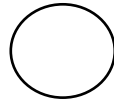
Event on the Node lebih mudah dan umum dipakai untuk menggambarkan suatu peristiwa. Berikut adalah penjelasan tentang penggunaan bahasa atau simbol dalam *network diagram*.

- a. *Arrow*, adalah simbol yang berbentuk anak panah yang menggambarkan suatu aktivitas/kegiatan. *Arrow* menunjukkan sebuah pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan durasi serta sumber daya tertentu.



Gambar 2. 4 *Arrow*

b. *Node atau event*, adalah simbol yang berbentuk lingkaran bulat yang menggambarkan peristiwa atau kejadian. *Node* menunjukkan angka dimana satu atau lebih kegiatan dimulai atau berakhir.



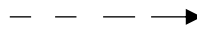
Gambar 2. 5 *Event/Node*

c. *Double Arrow*, yang berbentuk dua anak panah sejajar yang menggambarkan kegiatan pada lintasan kritis.



Gambar 2. 6 *Double Arrow*

d. *Dummy*, yang berbentuk anak panah terputus-putus menggambarkan suatu kegiatan atau aktivitas semu, hanya saja tidak membutuhkan durasi dan sumber daya tertentu.

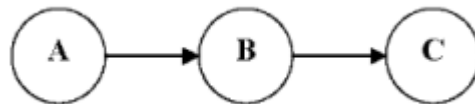


Gambar 2. 7 *Dummy*

2.2.7.2 Hubungan Antar Kegiatan

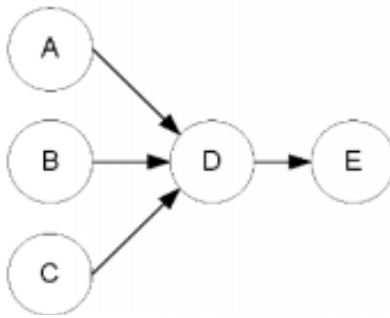
Menurut Somantri (2005), hubungan antar kegiatan dapat dinyatakan sebagai berikut :

a. Kejadian B baru dapat dimulai sesudah kejadian A selesai dikerjakan atau dapat dikatakan mempunyai hubungan seri.



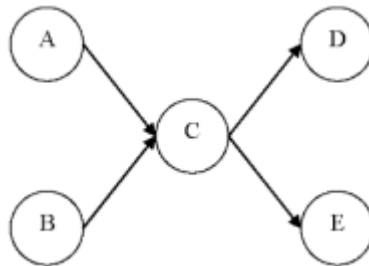
Gambar 2. 8 Hubungan antar kejadian 1
(Sumber : Somantri, 2005)

b. Kejadian D baru dapat dimulai sesudah kejadian A,B, dan C selesai.



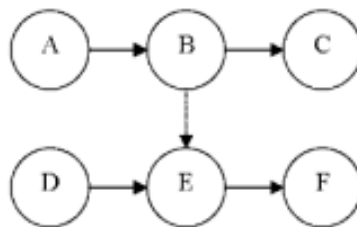
Gambar 2. 9 Hubungan antar kejadian 2
(Sumber : Somantri, 2005)

c. Kejadian C baru dapat dimulai ketika kejadian A dan B selesai kemudian kejadian D dan E dapat dimulai ketika kejadian C selesai.



Gambar 2. 10 Hubungan antar kejadian 3
(Sumber : Somantri, 2005)

d. Atau dapat ditambahkan *dummy* agar *network diagram* lebih rapi.



Gambar 2. 11 Hubungan antar kejadian 4
(Sumber : Somantri, 2005)

2.2.8 Precedence Diagram Method (PDM)

Precedence diagram method adalah sebuah metode yang digunakan untuk menyusun pekerjaan menjadi jaringan kerja, memberikan angka kurun waktu pada masing-masing komponen pekerjaan, dan melakukan analisis mengenai berapa lama waktu penyelesaian atau jadwal proyek (Soeharto,1999). PDM termasuk dalam

klasifikasi jaringan kerja AON atau *activity on node*. Pada metode PDM kegiatan dituliskan dalam node yang umumnya berbentuk segi empat. Anak panah pada PDM digunakan sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Berbeda dengan jaringan kerja AOA, jaringan kerja AON dapat digunakan pada kegiatan-kegiatan yang tumpang tindih. Hal ini dikarenakan hubungan antara kegiatan terdapat pada anak panah, sehingga pada jaringan kerja AON tidak diperlukan *dummy* yang banyak sekali seperti pada jaringan kerja AOA untuk menyatakan ketergantungan yang tumpang tindih.

PDM menyajikan penjadwalan proyek yang lebih fleksibel dan realistis karena adanya hubungan ketergantungan antara kegiatan-kegiatan yang lebih variatif dibanding metode jaringan kerja yang lainnya seperti CPM.

Untuk menyusun jaringan kerja PDM digunakan beberapa jenis hubungan atau konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya. Konstrain digambarkan dalam bentuk garis yang menghubungkan dua node atau dalam kata lain satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node. Setiap node sendiri memiliki dua ujung, yaitu ujung mulai (start) dan ujung selesai (finish). Berdasarkan pengertian tersebut maka pada PDM terdapat 4 jenis konstrain yaitu awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke akhir (FF), dan akhir ke awal (FS). Soeharto (1999) memberikan penjelasan lebih lanjut mengenai 4 konstrain tersebut, berikut adalah penjelasannya :

- **Konstrain *Finish to Start* - FS**

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

- **Konstrain *Start to start* – SS**

Konstrain ini memberikn penjelasan mengenai hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan pendahulunya. Konstrain SS dirumuskan sebagai $SS (i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai b hari setelah kegiatan pendahulu (i) mulai. Konstrain ini dapat terjadi apabila kegiatan terdahulu (i)

belum selesai 100% namun kegiatan (j) sudah boleh mulai, dalam kata lain terjadi hubungan tumpang tindih pada konstrain mulai ke mulai.

- **Konstrain *Finish to Finish* – FF**

Konstrain ini memberikan penjelasan mengenai hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan pendahulunya. Konstrain FF dirumuskan sebagai $FF (i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai c hari setelah kegiatan pendahulu (i) selesai.

- **Konstrain *Start to Finish* – SF**

Konstrain ini memberikan penjelasan mengenai hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan pendahulu. Konstrain SF dirumuskan sebagai $SF (i-j) = d$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai.

Setelah hubungan antara kegiatan diketahui maka dapat disusun sebuah jaringan kerja. Pada jaringan kerja PDM dikenal adanya jalur kritis yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jalur kritis sendiri adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai dengan kegiatan terakhir proyek. Bagi pengelola proyek, arti jalur kritis sangat penting karena pada jalur ini terdapat kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Pada sub-bab selanjutnya akan dijelaskan mengenai identifikasi jalur kritis pada jaringan kerja PDM.

2.2.9 Earliest Event Time (EET), Latest Event Time (LET), Lintasan Kritis, dan Float

Pada Sub-bab kali ini akan dijelaskan mengenai *Earliest Event Time (EET)*, *Latest Event Time (LET)*, Lintasan Kritis, dan *Float*.

2.2.9.1 Earliest Event Time (EET)

Forward analysis digunakan untuk menghitung besarnya nilai EET, cara perhitungan *forward analysis* adalah dengan perhitungan kedepan dimulai dari

kegiatan yang pertama dilakukan kemudian dilanjutkan lagi dengan kegiatan berikutnya. Waktu mulai paling awal EET (Earliest Event Time) suatu kegiatan dapat didapatkan dari persamaan 2.1 (Soeharto, 1998):

$$EF_{(i-j)} = ES_{(i-j)} + t \quad (2.1)$$

Dimana :

EF_j = waktu penyelesaian paling awal suatu kegiatan j

ES_j = waktu mulai paling awal dari kegiatan j

t_j = durasi dari kegiatan j

Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulu, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

2.2.9.2 Latest Event Time (LET)

Pada perhitungan mundur dimaksudkan untuk menghitung saat yang paling akhir penyelesaian dan terjadinya dari kegiatan suatu proyek. Waktu penyelesaian paling akhir LF (*Latest Event Time*) suatu kegiatan i didapatkan dari persamaan 2.2 (Soeharto, 1998):

$$LS_{(i-j)} = LF_{(i-j)} + t \quad (2.2)$$

Dimana :

LS_j = waktu mulai paling akhir dari kegiatan j

LF_j = waktu penyelesaian paling akhir suatu kegiatan j

2.2.9.3 Lintasan Kritis

Menurut Santoso (2003), lintasan kritis adalah jalur yang memiliki lintasan terpanjang dimana lintasan kritis yang menentukan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan jaringan kerja. Dalam suatu proyek terdapat kegiatan yang jika mengalami keterlambatan maka akan menyebabkan keterlambatan pada keseluruhan proyek, untuk itu jalur kritis adalah aspek penting dalam pelaksanaan proyek. Lintasan

ini memiliki total *float* dari setiap kegiatan = 0. Soeharto (1995) memaparkan beberapa syarat umum jalur kritis, antara lain:

- a. Pada kegiatan pertama $ES = LS = 0$
- b. Pada kegiatan terakhir atau terminal: $LF = EF$
- c. *Total float*: $TF = 0$

2.2.9.4 Float

Waktu *Float* atau waktu bebas ialah waktu yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan. Secara matematis (Heizer&Render,2014) :

$$Total\ Float = EF - LF \quad (2.3)$$

Dimana:

EF = *Earliest Finish*

LF = *Latest Finish*

Float dibagi menjadi 3 jenis, yaitu: (Santosa, 2009)

- *Total Float*

Sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan kegiatan yang tidak berpengaruh terhadap keseluruhan proyek.

- *Free Float*

Sejumlah waktu yang boleh mengalami keterlambatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan berikutnya yang mengikuti.

- *Independent Float*

Jangka waktu antara EET peristiwa akhir kegiatan yang bersangkutan dengan selesainya kegiatan yang bersangkutan bila kegiatan tersebut dimulai pada LET peristiwa awal.

2.2.10 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Menurut Jay Heizer & Barry Render (2005), Definisi PERT adalah metode yang digunakan untuk membagi suatu proyek kedalam kejadian dan aktivitas. Kejadian digunakan untuk menandai waktu mulai dan selesainya aktivitas. Sedangkan aktivitas

adalah tugas yang terjadi di antara dua kejadian. Dalam estimasi kurun waktu kegiatan, PERT menggunakan tiga angka estimasi, yaitu : (Soeharto, 1999)

- Waktu optimistik (*Optimistic duration time*) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus. Waktu demikian diungguli hanya sekali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.
- Waktu paling mungkin (*most likely time*) adalah kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.
- Waktu pesimistik (*pessimistic duration time*) adalah waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu bila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian dilampaui hanya sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

2.2.11 Time Cost Trade Off

Ervianto (2004) menjelaskan *time cost trade off* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis, dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai dari lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Menurut Soeharto (1999), prosedur mempersingkat waktu diuraikan sebagai berikut:

- a. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan mengidentifikasi float dengan memakai kurun waktu normal.
- b. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
- c. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
- d. Menghitung *cost slope* masing-masing komponen kegiatan.
- e. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *cost slope* terendah.

- f. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepatan kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.
- g. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik proyek dipersingkat.
- h. Membuat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik dan hubungkan titik normal (biaya dan waktu normal), titik yang terbentuk setiap kali mempersingkat kegiatan sampai dengan Titik Proyek Dipersingkat (TPD).
- i. Hitung biaya tidak langsung proyek dan gambarkan pada grafik di atas.
- j. Jumlahkan biaya langsung dan biaya tak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.

Dengan melakukan percepatan durasi proyek maka akan terjadi perubahan terhadap biaya dan waktu, yang meliputi: (Kisworo, 2017)

- a. Waktu normal (*normal duration*), waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan hingga dengan tingkat produktivitas normal.
- b. Waktu dipercepat (*crash duration*), waktu paling singkat dalam penyelesaian suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin dilakukan.

$$Crash\ Duration = \frac{Bobot\ Kegiatan}{Produktifitas\ setelah\ di\ Crash} \quad (2.4)$$

- c. Biaya normal (*normal cost*), biaya langsung yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dalam kurun waktu normal.
- d. Biaya untuk waktu dipercepat (*crash cost*), jumlah biaya langsung yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam kurun waktu tersingkat.

$$Produktivitas\ harian = \frac{bobot}{normal\ duration} \quad (2.5)$$

$$Produktivitas\ perjam = \frac{produktivitas\ harian}{Jam\ kerja\ normal} \quad (2.6)$$

$$Produktivitas\ harian\ setelah\ crash = produktivitas\ harian + (Jam\ lembur \times produktivitas\ perjam \times Koef.\ Produktivitas) \quad (2.7)$$

Dari rumus diatas dapat dicari *crash duration* didapat selanjutnya dihitung *crash cost*. *Crash cost* merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan aktivitas kegiatan proyek dalam jangka waktu sebesar *crash duration* yang sebelumnya sudah dihitung. Rumus *crash cost* dengan penambahan jam lembur adalah:

$$\text{Upah Pekerja Perhari Lembur} = \text{Upah perhari normal} + \text{Upah Lembur} \quad (2.8)$$

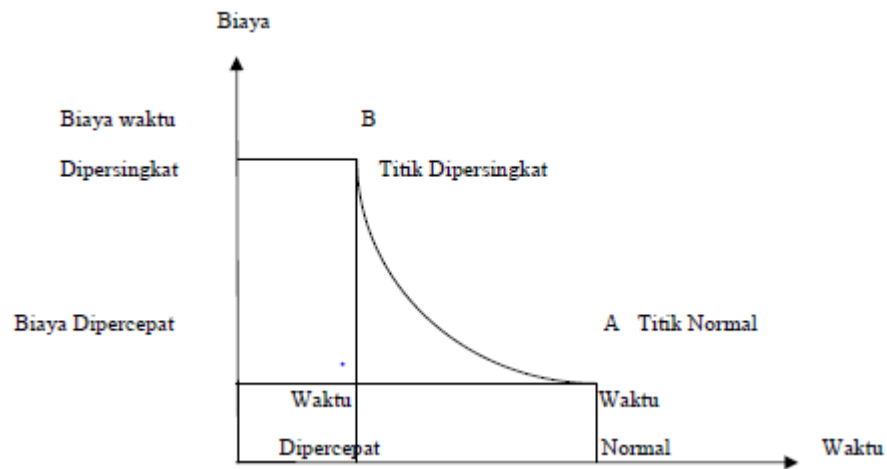
$$\text{Upah Perhari Lembur Total} = \text{Upah pekerja perhari Lembur} \times \text{Jumlah Pekerja} \quad (2.9)$$

$$\text{Upah Crash Cost} = \text{Crash Duration} \times \text{Upah pekerja lembur Total} \quad (2.10)$$

Cost slope merupakan penambahan biaya langsung per satuan waktu. Tujuan dari percepatan ini pada dasarnya dicari kegiatan kritis yang akan dipercepat yang memiliki *cost slope* yang terkecil. Rumus untuk menghitung *cost slope* adalah:

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \quad (2.11)$$

Ketika *trade-off* dari semua aktivitas dipertimbangkan dalam proyek maka hubungan antara durasi proyek dan total biaya konstruksi ditunjukkan pada grafik dibawah. Total biaya proyek adalah penjumlahan dari biaya langsung dan tidak langsung.



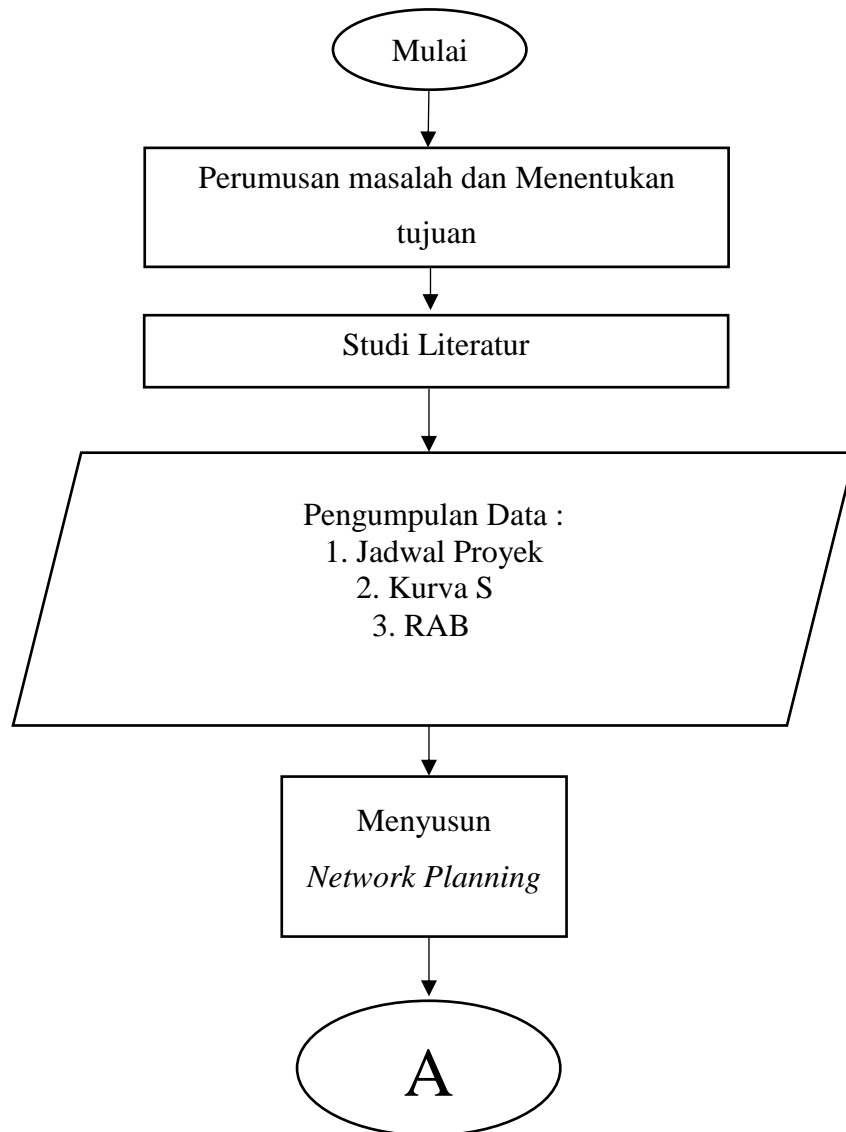
Gambar 2. 12 Hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan
Sumber: Soeharto, 1997

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

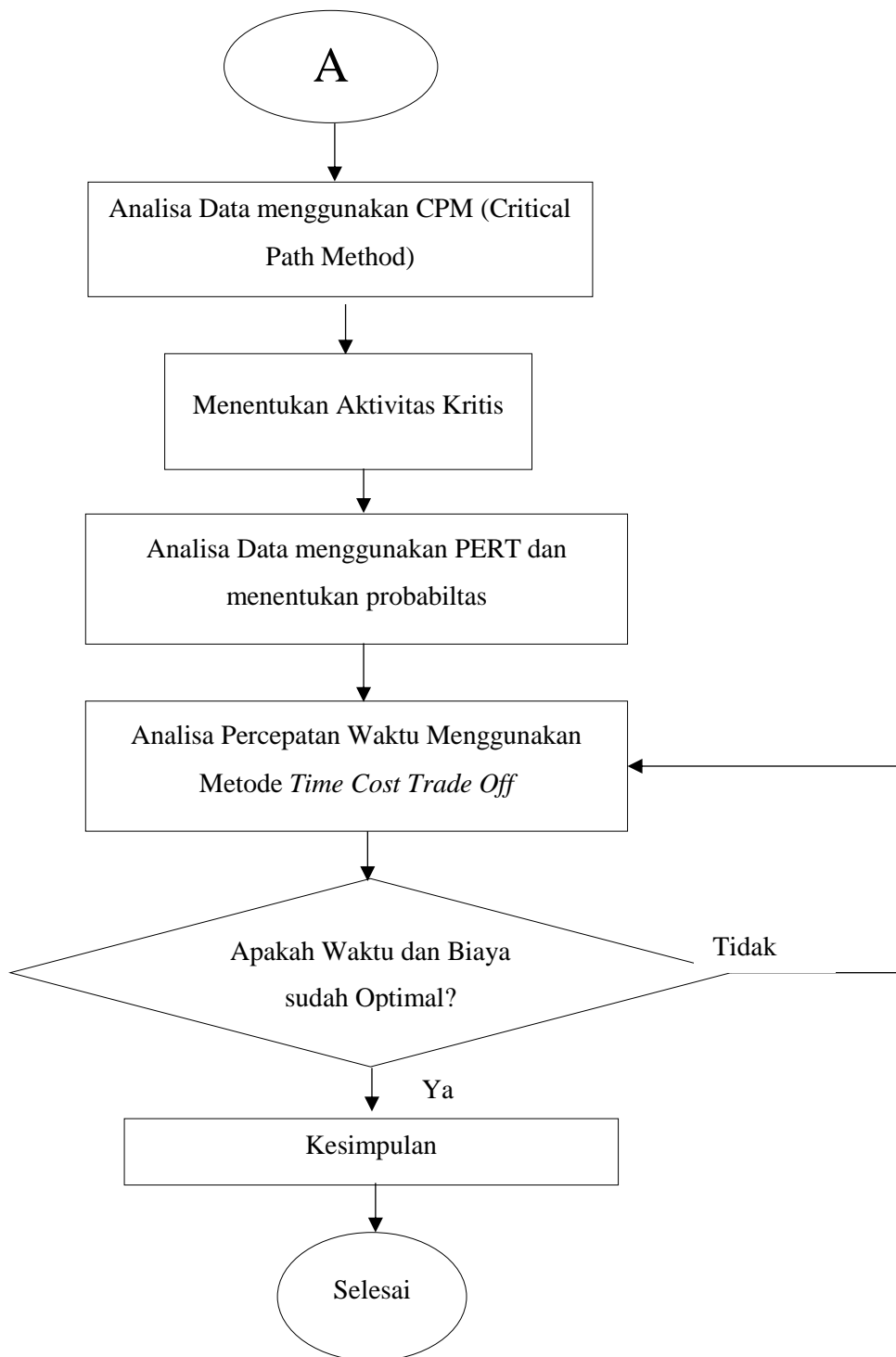
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan mengenai alur atau tahapan pengerjaan akhir secara garis besar dapat dilihat pada *flow chart* di bawah ini



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian (Lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pengerjaan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Perumusan Masalah dan Menentukan Tujuan

Pada tahap perumusan masalah, peneliti akan mendapatkan permasalahan yang terjadi dalam objek amatan yang akan menjadi fokus penelitian. Kemudian pada proses penentuan tujuan penelitian, peneliti akan mengacu pada rumusan masalah yang telah ditetapkan.

3.2.2 Studi Literatur

Untuk membantu dalam penulisan tugas akhir ini diperlukan banyak literatur-literatur dan referensi yang berkaitan yang berfungsi untuk memudahkan langkah-langkah penulis dalam mengerjakan tugas akhir serta menambah ilmu terkait untuk penulis mengerjakan tugas akhir. Adapun studi literatur yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- a. Studi mengenai pembangunan dermaga di pelabuhan
- b. Studi mengenai manajemen proyek
- c. Studi mengenai metode *CPM* dan *PERT*
- d. Studi mengenai metode *Time Cost Trade Off*

3.2.3 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini. Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

1. Data jadwal *existing* sesuai kontrak proyek Pembangunan Terminal *Multipurpose* dan Fasilitas Pendukung di Pelabuhan Kuala Tanjung oleh owner, dan kontraktor.
2. Data Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Proyek
3. Data *manpower*

3.2.4 Analisis Data Menggunakan Metode CPM serta Menentukan Lintasan Kritis

Berikut adalah langkah-langkah dalam menggunakan metode CPM dan menentukan lintasan kritis:

1. Menentukan Setiap Kegiatan

Dari struktur pecahan kerja dapat dibuat daftar kegiatan pekerjaan keseluruhan proyek. Daftar kegiatan pekerjaan tersebut dapat digunakan untuk menambah informasi urutan dan durasi pekerjaan di langkah selanjutnya.

2. Tentukan Urutan Kegiatan

Setiap kegiatan mempunyai ketergantungan dengan kegiatan lainnya. Membuat daftar ketergantungan antar kegiatan dapat membantu penulis untuk membuat *network diagram CPM*

3. Membuat *Network Diagram*

Setelah hubungan antar kegiatan telah dikerjakan, langkah selanjutnya adalah dengan membuat *Network Diagram*. Pada tugas akhir ini penulis membuat *Network Diagram CPM* dengan kegiatan yang berada pada panah atau *Activity On Arrow*.

4. Perkiraan Waktu Penyelesaian Proyek

Dalam tugas akhir ini, penulis mendapat perkiraan waktu penyelesaian proyek dari perencanaan awal yang dilakukan oleh PT. XYZ

5. Menentukan Jalur Kritis

Jalur kritis dapat ditentukan dengan menentukan *float/slack* yang memiliki nilai 0. Total *Float* dihasilkan dari LS-ES atau LF-EF.

3.2.5 Analisis Menggunakan Metode PERT

Menganalisa setiap aktivitas dengan tiga cakupan waktu yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu realistis untuk mendapatkan perkiraan waktu yang diharapkan. Kemudian menentukan hasil probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu melalui analisis metode PERT.

3.2.6 Analisis Menggunakan Metode Time Cost Trade Off

Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan metode *Time Cost Trade Off* untuk mempercepat durasi proyek. Analisis *Time Cost Trade Off* dilakukan dengan cara mengkompresi aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan analisis *Time Cost Trade Off*:

1. Menentukan aktivitas-aktivitas mana saja yang berada pada lintasan kritis
2. Menentukan alternatif percepatan waktu proyek. Dalam penelitian ini penulis menggunakan alternatif penambahan jam lembur pada tenaga kerja.
3. Menghitung *crash cost dan crash duration* dari setiap kegiatan kritis
4. Menghitung Biaya Langsung dan Tidak Langsung akibat percepatan waktu
5. Menentukan durasi optimal proyek dengan membandingkan setiap penambahan jam lembur yang dilakukan.

3.2.7 Hasil Analisis Biaya Untuk Percepatan

Dalam menentukan durasi optimum proyek harus dilakukan analisis biaya. Durasi optimum proyek adalah durasi percepatan dengan mengeluarkan biaya yang sekecil mungkin. Apabila jumlah biaya yang dikeluarkan untuk mempercepat proyek terlalu mahal maka akan dicari alternatif percepatan yang lain. Tetapi jika jumlah biaya yang dikeluarkan untuk percepatan sudah optimum maka hasil analisis dibuat sebagai kesimpulan akhir.

3.2.8 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dengan metode CPM dan PERT pada tugas akhir ini akan ditarik suatu kesimpulan yang akan menjawab seluruh rumusan masalah pada tugas akhir ini.

Pada tugas akhir ini, diharapkan mendapat suatu kesimpulan jumlah biaya dan durasi pengerjaan proyek akibat percepatan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Dan mengetahui alternatif percepatan terbaik dalam melakukan percepatan waktu pada pembangunan jetty terminal *multipurpose* di Kuala Tanjung.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Proyek Pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung

Pada Tugas Akhir ini digunakan proyek Pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung. Jetty pada Terminal *Multipurpose* ini dikelola oleh PT. Prima Multi Terminal dengan daerah operasi Pelabuhan Kuala Tanjung, Sei Suka, Kabupaten Batubara, Sumatera Utara. Data-data yang diperoleh selama melakukan pengumpulan data berupa tahap-tahap kegiatan pembangunan Jetty, jumlah *Man Power* yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan, estimasi durasi serta Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Terminal *Multipurpose* (Bagian Darat)

<i>SPECIFICATION</i>		
I	MULTIPURPOSE TERMINAL (LAND SIDE)	
	STORAGE TANK	
1	Area	3,5 Ha
	Capacity	100.000 MT
	CONTAINER YARD	
2	No. of block	10 Blocks
	No. of row	6 Rows
	No. of slot	25 slots
	TGS	1.500 Teus
	Capacity	600.000 Teus/Year
	EQUIPMENTS	
3	ARTG	8 Unit
	Terminal Tractor	21 Unit
	Reach Stacker	1 Unit

Tabel 4.1 adalah spesifikasi dari Terminal *Multipurpose* bagian darat. Terdapat beberapa struktur dan juga fasilitas pendukung pada terminal yang telah ditunjukkan pada tabel 4.1 di atas.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Terminal *Multipurpose* (Bagian Laut)

SPECIFICATION		
II	MULTIPURPOSE TERMINAL (SEA SIDE)	
1	GENERAL CARGO	
	Length	150 m
	Facilities	2 Mobile Harbor Crane
2	TRESTLE	
	Length	2,8 Km
	Width	18,5 m
	Road Lane	4 Truck
	Pipe Line	4 Line (Carbon Steel)
3	CONTAINER JETTY	
	Length	500 m
	Width	60 m
	Mooring Dolphin	40 m
	Max Ship Size	60.000 DWT
	Facilities	3 STS Crane 2 Mobile Harbor Crane
4	LIQUID BULK	
	Length	350 m
	Width	60 m
	Max Ship Size	50.000 DWT
	Facilities	3 Marine Loading Arm
9FJ9+FJ Inderapura, Pasar Lapan, Batu Bara Regency, North Sumatra		

Tabel 4.2 adalah spesifikasi dari Terminal *Multipurpose* bagian laut. Terdapat beberapa struktur dan juga fasilitas pendukung pada terminal yang telah ditunjukkan pada tabel 4.2 di atas.

4.2 Data Penjadwalan Proyek

Data Penjadwalan proyek terdiri dari nama kegiatan, durasi, tanggal mulai, dan tanggal selesai. Data penjadwalan proyek dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Data penjadwalan proyek

No	Activity	Duration	Start	Finish
A	Pekerjaan Persiapan			
1	Direksi keet	21 days	Fri 01/05/15	Thu 21/05/15
2	Penerangan dan Keamanan	21 days	Fri 22/05/15	Thu 11/06/15
3	Floating Storage	28 days	Fri 12/06/15	Thu 09/07/15
4	Mobilisasi Demobilisasi	21 days	Fri 10/07/15	Thu 30/07/15
5	Stake out dan Positioning	21 days	Fri 31/07/15	Thu 20/08/15
B	Pekerjaan Dermaga Lama			
6	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	738 days	Fri 21/08/15	Sun 27/08/17
7	Pekerjaan Beton - K.450	670 days	Wed 28/10/15	Sun 27/08/17
8	Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	685 days	Tue 13/10/15	Sun 27/08/17
9	Pekerjaan Ereksi Precast	434 days	Mon 20/06/16	Sun 27/08/17
10	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	140 days	Mon 08/05/17	Sun 24/09/17
11	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	56 days	Mon 11/09/17	Sun 05/11/17
12	Pengadaan dan pemasangan Cell Fender 1400 E.10	245 days	Fri 08/07/16	Thu 09/03/17
13	Pengadaan dan pemasangan Cell Fender 1600 E.0,9	245 days	Fri 08/07/16	Thu 09/03/17
14	Bollard Cap. 150T	245 days	Fri 08/07/16	Thu 09/03/17
15	Tangga Maintenance (Pipa Galvanish)	105 days	Fri 24/03/17	Thu 06/07/17
16	Pekerjaan Pipe Trench	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17
17	Pekerjaan Steel Grating Catwalk	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17
18	Railling Catwalk	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17
19	Base Plat (Dudukan Catwalk)	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17
20	Pekerjaan Baja Struktur IWF 400.200.8.13 (Long beam Catwalk)	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17

No	Activity	Duration	Start	Finish
21	Pekerjaan Baja Struktur CNP 150.75.6,5.10 (Cross Beam Catwalk)	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17
C	Pekerjaan Dermaga Baru			
22	Pekerjaan Rail Crane	84 days	Fri 02/06/17	Thu 24/08/17
23	Pekerjaan Chamfer	84 days	Fri 02/06/17	Thu 24/08/17
24	Pekerjaan Strom Pin	84 days	Fri 02/06/17	Thu 24/08/17
25	Pekerjaan Platform Jetty	110 days	Wed 21/06/17	Sun 08/10/17
26	Pekerjaan Bangunan Booster Pump Jetty	28 days	Mon 02/10/17	Sun 29/10/17
27	Pekerjaan Power House Jetty	28 days	Mon 02/10/17	Sun 29/10/17
D	Pekerjaan Trestle			
28	Pekerjaan Tiang Pancang	602 days	Fri 25/09/15	Thu 18/05/17
29	Pekerjaan Beton - K.450	602 days	Fri 30/10/15	Thu 22/06/17
30	Pekerjaan Besi Tulangan	588 days	Fri 13/11/15	Thu 22/06/17
31	Pekerjaan I Girder 25.6m	630 days	Fri 02/10/15	Thu 22/06/17
32	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete - wearing course) tebal 5 cm 'termasuk pengadaan material, penghamparan, perataan (grading) dan pemadatan.	280 days	Fri 16/09/16	Thu 22/06/17
33	Dowel	119 days	Fri 27/01/17	Thu 25/05/17
34	Pekerjaan Elastomeric Bearing (400 x 350 x 63)	28 days	Fri 28/04/17	Thu 25/05/17
35	Pekerjaan Tack Coat	63 days	Fri 28/04/17	Thu 29/06/17
36	Pekerjaan Ekspansion Joint Tipe Aspalitic	63 days	Fri 28/04/17	Thu 29/06/17
37	Railing	14 days	Fri 30/06/17	Thu 13/07/17
E	Pekerjaan Proteksi Trestle			
38	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m (Steel Pipe Pile (SPP Ø=812.2 t=16mm))	203 days	Fri 04/11/16	Thu 25/05/17
39	Caping Beam	42 days	Fri 19/05/17	Thu 29/06/17
40	Pemasangan Arch Fender Anp 1000 E.3	42 days	Fri 19/05/17	Thu 29/06/17
F	Pekerjaan Pile Slab			

No	Activity	Duration	Start	Finish
41	Pekerjaan Dredging	175 days	Fri 11/09/15	Thu 03/03/16
42	Pekerjaan Tiang Pancang	238 days	Fri 11/09/15	Thu 05/05/16
43	Pekerjaan Beton - K.450	315 days	Fri 13/11/15	Thu 22/09/16
44	Pekerjaan Perletakan Strip (Rubber Sheet) lebar 20cm tebal 2cm	105 days	Fri 29/04/16	Thu 11/08/16
45	Pekerjaan Dowel	105 days	Fri 29/04/16	Thu 11/08/16
46	Railing	7 days	Fri 12/08/16	Thu 18/08/16
47	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete - wearing course) tebal 5 cm 'termasuk pengadaan material, penghampanan, perataan (grading) dan pemadatan.	35 days	Fri 23/06/17	Thu 27/07/17
48	Pekerjaan Tack Coat	35 days	Fri 28/07/17	Thu 31/08/17
49	Pekerjaan Besi Tulangan	238 days	Fri 15/01/16	Thu 08/09/16
50	Pekerjaan Ereksi Precast Slab	140 days	Fri 06/05/16	Thu 22/09/16
G	Testing and Commisioning	56 days	Mon 06/11/17	Sun 31/12/17

4.3 Data Urutan Ketergantungan Antar Kegiatan Proyek

Selain data penjadwalan, terdapat juga data urutan ketergantungan antar kegiatan proyek yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. 4 Urutan ketergantungan antar kegiatan

No	Activity	Predecessors	Successors
1	Pekerjaan Persiapan		
2	Direksi keet	START	3
3	Penerangan dan Keamanan	2	4
4	Floating Storage	3	5
5	Mobilisasi Demobilisasi	4	6
6	Stake out dan Positioning	5	32FS+35 days;43FS+462 days;47;8
7	Pekerjaan Dermaga Lama		
8	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	5	9FF
9	Pekerjaan Beton - K.450	8FF	10FF
10	Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	9FF	11FF
11	Pekerjaan Ereksi Precast	10FF	14SS+14 days;12FF+28 days
12	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	11FF+28 days	13FF+42 days
13	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	12FF+42 days	58
14	Pengadaan dan pemasangan Cell Fender 1400 E.10	11SS+14 days	15SS
15	Pengadaan dan pemasangan Cell Fender 1600 E.0,9	14SS	16SS
16	Bollard Cap. 150T	15SS	17FS+14 days
17	Tangga Maintenance (Pipa Galvanish)	16FS+14 days	18FF+14 days
18	Pekerjaan Pipe Trench	17FF+14 days	19FF
19	Pekerjaan Steel Grating Catwalk	18FF	20FF
20	Railing Catwalk	19FF	21FF

No	Activity	Predecessors	Successors
21	Base Plat (Dudukan Catwalk)	20FF	22FF
22	Pekerjaan Baja Struktur IWF 400.200.8.13 (Long beam Catwalk)	21FF	23FF
23	Pekerjaan Baja Struktur CNP 150.75.6,5.10 (Cross Beam Catwalk)	22FF	25FF+35 days
24	Pekerjaan Dermaga Baru		
25	Pekerjaan Rail Crane	23FF+35 days	26FF
26	Pekerjaan Chamfer	25FF	27FF
27	Pekerjaan Strom Pin	26FF	28FF+45 days
28	Pekerjaan Platform Jetty	27FF+45 days	29FF+21 days
29	Pekerjaan Bangunan Booster Pump Jetty	28FF+21 days	58;30FF
30	Pekerjaan Power House Jetty	29FF	58
31	Pekerjaan Trestle		
32	Pekerjaan Tiang Pancang	6FS+35 days	33FF+35 days
33	Pekerjaan Beton - K.450	32FF+35 days	34FF
34	Pekerjaan Besi Tulangan	33FF	35FF
35	Pekerjaan I Girder 25.6m	34FF	36FF
36	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete - wearing course)	35FF	37SS+133 days
37	Dowel	36SS+133 days	38SS+84 days
38	Pekerjaan Elastomeric Bearing (400 x 350 x 63)	37SS+84 days	39SS;40SS
39	Pekerjaan Tack Coat	38SS	41
40	Pekerjaan Ekspansion Joint Tipe Asphaltic	38SS	41
41	Railing	39;40	58
42	Pekerjaan Proteksi Trestle		
43	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m (Steel Pipe Pile (SPP Ø=812.2 t=16mm))	6FS+441 days	44SS+196 days
44	Caping Beam	43SS+196 days	45SS

No	Activity	Predecessors	Successors
45	Pemasangan Arch Fender Anp 1000 E.3	x`	58
46	Pekerjaan Pile Slab		
47	Pekerjaan Dredging	6	48FF+63 days
48	Pekerjaan Tiang Pancang	47FF+63 days	49FF+140 days
49	Pekerjaan Beton - K.450	48FF+140 days	50SS+168 days;55SS+63 days
50	Pekerjaan Perletakan Strip (Rubber Sheet)	49SS+168 days	51FF
51	Pekerjaan Dowel	50FF	52
52	Railing	51	53FS+308 days
53	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete - wearing course)	52FS+308 days;56FS+266 days	54
54	Pekerjaan Tack Coat	53	58
55	Pekerjaan Besi Tulangan	49SS+63 days	56FF+14 days
56	Pekerjaan Ereksi Precast Slab	55FF+14 days	53FS+266 days
57	Testing and Commisioning	29;30;54;45;41;13	FINISH

4.4 Analisis Critical Path

Jalur kritis merupakan jalur yang memiliki rangkaian kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Penentuan jalur kritis dilakukan dengan perhitungan manual yang dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Hasil perhitungan penjadwalan PDM

No	Activity	Duration	Activity ID	ES	EF	LS	LF	Float
A	Pekerjaan Persiapan							
1	Direksi keet	21 days	A1	0	21	0	21	0
2	Penerangan dan Keamanan	21 days	A2	21	42	21	42	0
3	Floating Storage	28 days	A3	42	70	42	70	0
4	Mobilisasi Demobilisasi	21 days	A4	70	91	70	91	0
5	Stake out dan Positioning	21 days	A5	91	112	91	112	0
B	Pekerjaan Dermaga Lama							
6	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	738 days	B1	112	850	112	850	0
7	Pekerjaan Beton - K.450	670 days	B2	180	850	180	850	0
8	Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	685 days	B3	165	850	165	850	0
9	Pekerjaan Ereksi Precast	434 days	B4	416	850	416	850	0
10	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	140 days	B5	738	878	738	878	0
11	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	56 days	B6	864	920	864	920	0
12	Pengadaan dan pemasangan Cell Fender 1400 E.10	245 days	B7	430	675	441	686	11
13	Pengadaan dan pemasangan Cell Fender 1600 E.0,9	245 days	B8	430	675	441	686	11
14	Bollard Cap. 150T	245 days	B9	430	675	441	686	11
15	Tangga Maintenance (Pipa Galvanish)	105 days	B10	689	794	700	805	11
16	Pekerjaan Pipe Trench	84 days	B11	724	808	735	819	11
17	Pekerjaan Steel Grating Catwalk	84 days	B12	724	808	735	819	11
18	Railling Catwalk	84 days	B13	724	808	735	819	11
19	Base Plat (Dudukan Catwalk)	84 days	B14	724	808	735	819	11

No	Activity	Duration	Activity ID	ES	EF	LS	LF	Float
20	Pekerjaan Baja Struktur IWF 400.200.8.13 (Long beam Catwalk)	84 days	B15	724	808	735	819	11
21	Pekerjaan Baja Struktur CNP 150.75.6,5.10 (Cross Beam Catwalk)	84 days	B16	724	808	735	819	11
C	Pekerjaan Dermaga Baru							
22	Pekerjaan Rail Crane	84 days	C1	759	843	770	854	11
23	Pekerjaan Chamfer	84 days	C2	759	843	770	854	11
24	Pekerjaan Strom Pin	84 days	C3	759	843	770	854	11
25	Pekerjaan Platform Jetty	110 days	C4	778	888	789	899	11
26	Pekerjaan Bangunan Booster Pump Jetty	28 days	C5	881	909	892	920	11
27	Pekerjaan Power House Jetty	28 days	C6	881	909	892	920	11
D	Pekerjaan Trestle							
28	Pekerjaan Tiang Pancang	602 days	D1	147	749	262	864	115
29	Pekerjaan Beton - K.450	602 days	D2	182	784	297	899	115
30	Pekerjaan Besi Tulangan	588 days	D3	196	784	311	899	115
31	Pekerjaan I Girder 25.6m	630 days	D4	154	784	269	899	115
32	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete - wearing course)	280 days	D5	504	784	619	899	115
33	Dowel	119 days	D6	637	756	752	971	115
34	Pekerjaan Elastomeric Bearing (400 x 350 x 63)	28 days	D7	728	756	843	871	115
35	Pekerjaan Tack Coat	63 days	D8	728	791	843	906	115
36	Pekerjaan Ekspansion Joint Tipe Asphaltic	63 days	D9	728	791	843	906	115
37	Railing	14 days	D10	791	805	906	920	115
E	Pekerjaan Proteksi Trestle							
38	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m (Steel Pipe Pile (SPP Ø=812.2 t=16mm))	203 days	E1	553	756	682	885	129
39	Caping Beam	42 days	E2	749	791	878	920	129

No	Activity	Duration	Activity ID	ES	EF	LS	LF	Float
40	Pemasangan Arch Fender Anp 1000 E.3	42 days	E3	749	791	878	920	129
F	Pekerjaan Pile Slab							
41	Pekerjaan Dredging	175 days	F1	133	308	199	374	66
42	Pekerjaan Tiang Pancang	238 days	F2	133	371	199	437	66
43	Pekerjaan Beton - K.450	315 days	F3	196	511	262	577	66
44	Pekerjaan Perletakan Strip (Rubber Sheet)	105 days	F4	364	469	430	535	66
45	Pekerjaan Dowel	105 days	F5	364	469	430	535	66
46	Railing	7 days	F6	469	476	535	542	66
47	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete - wearing course)	35 days	F7	777	812	850	885	73
48	Pekerjaan Tack Coat	35 days	F8	812	847	885	920	73
49	Pekerjaan Besi Tulangan	238 days	F9	259	497	332	570	73
50	Pekerjaan Ereksi Precast Slab	140 days	F10	371	511	444	584	73
G	Testing and Commisioning	56 days	G	920	976	920	976	0

4.4.4 Penentuan Lintasan Kritis

Setelah menentukan total float pada proyek tersebut, dapat diidentifikasi kegiatan yang berada di jalur kritis. Suatu kegiatan dikatakan kritis jika nilai Total Float nya sama dengan 0.

Tabel 4. 6 Kegiatan pada Lintasan Kritis

No	Activity	Activity ID	Float
1	Direksi keet	A1	0
2	Penerangan dan Keamanan	A2	0
3	Floating Storage	A3	0
4	Mobilisasi Demobilisasi	A4	0
5	Stake out dan Positioning	A5	0
6	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	B1	0
7	Pekerjaan Beton - K.450	B2	0
8	Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	B3	0
9	Pekerjaan Ereksi Precast	B4	0
10	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	B5	0
11	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	B6	0
12	Testing And Commissioning	G	0

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil dari analisis lintasan kritis adalah kegiatan yang memiliki ID : A1-A2-A3-A4-A5-B1-B2-B3-B4-B50B6-G. Urutan kegiatan tersebut memerlukan durasi total dari proyek yaitu 976 hari.

4.5 Analisis Menggunakan Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Metode PERT digunakan untuk menganalisis atau menghitung probabilitas jangka waktu sebuah proyek dapat selesai tepat waktu. Berbeda dengan waktu yang digunakan pada saat membuat *network planning* yang menggunakan waktu pasti, metode PERT menggunakan 3 perkiraan waktu untuk masing-masing item kegiatan dalam sebuah proyek. Waktu yang digunakan dalam metode PERT yaitu waktu optimis (a), waktu pesimis (b), dan waktu paling mungkin (m). Pada tabel 4.9 berikut dapat dilihat hasil analisis dari 3 perkiraan waktu yang dipakai dalam proyek pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung.

4.5.1 Menghitung TE

Setelah menentukan estimasi angka-angka a,b dan m, selanjutnya adalah memasukan ketiga angka tersebut dan mendapatkan nilai te. Nilai te adalah kurun waktu yang diharapkan (*expected duration time*). Angka te adalah angka rata-rata jika suatu kegiatan dilakukan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Kurun waktu kegiatan yang diharapkan (te) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TE = \frac{a+4m+b}{6} \quad (4.1)$$

dengan:

TE = waktu yang diharapkan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

m = waktu paling mungkin

Tabel 4. 7 Perhitungan TE

No	Activity	Activity ID	a	m	b	TE
			Hari	Hari	Hari	(a+4m+b)/6
1	Direksi keet	A1	18	21	23	20,83
2	Penerangan dan Keamanan	A2	18	21	23	20,83
3	Floating Storage	A3	25	28	32	28,17
4	Mobilisasi Demobilisasi	A4	19	21	24	21,17
5	Stake out dan Positioning	A5	18	21	25	21,17
6	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	B1	710	738	754	736,00
7	Pekerjaan Beton - K.450	B2	656	670	691	671,17
8	Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	B3	663	685	702	684,17
9	Pekerjaan Ereksi Precast	B4	423	434	456	435,83
10	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	B5	134	140	152	141,00
11	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	B6	52	56	60	56,00
12	Testing And Commissioning	G	54	56	59	56,17

Setelah dilakukan analisis penjadwalan dengan menggunakan metode PERT maka diketahui TE adalah selama 978 hari. Hasil TE didapatkan tanpa adanya perubahan dalam penggambaran *network diagram* dan juga lintasan kritis.

4.5.2 Menghitung Deviasi Standar dan Varians

Langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai te adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai standar deviasi (S) dan varians (Vte). Nilai tersebut bila ditulis dalam rumus adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{b-a}{6} \quad (4.2)$$

Nilai varians dapat dicari setelah mendapatkan nilai standar deviasi. Nilai varians didapatkan dengan melakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$V(te) = S^2 \quad (4.3)$$

Tabel berikut adalah hasil perhitungan nilai standar deviasi dan varians pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis proyek.

Tabel 4. 8 Varians dan Standar Deviasi

No	Activity	Activity ID	a	b	S	V(te)
			Hari	Hari	(b-a)/6	S ²
1	Direksi keet	A1	18	23	0,83	0,69
2	Penerangan dan Keamanan	A2	18	23	0,83	0,69
3	Floating Storage	A3	25	32	1,17	1,36
4	Mobilisasi Demobilisasi	A4	19	24	0,83	0,69
5	Stake out dan Positioning	A5	18	25	1,17	1,36
6	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	B1	710	754	7,33	53,78
7	Pekerjaan Beton - K.450	B2	656	691	5,83	34,03
8	Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	B3	663	702	6,50	42,25
9	Pekerjaan Ereksi Precast	B4	423	456	5,50	30,25
10	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	B5	134	152	3,00	9,00
11	Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	B6	52	60	1,33	1,78
12	Testing And Commissioning	G	54	59	0,83	0,69
∑ V (TE)						176,58
Standard Deviasi						13,29

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa total varians ($\sum V (TE)$) = 176,58 dan deviasi standar (S) = 13,29. Bila dilihat dari kurva distribusi normal dimana sebagian besar area terletak dalam rentang 6S atau (TE-3S) dan (TE+3S) maka dapat diketahui besar

rentang 3S adalah $3 \times 13,29 = 39,87$. Maka durasi waktu penyelesaian proyek menurut analisis metode PERT adalah $978 \pm 39,87$ hari. Durasi penyelesaian proyek paling cepat yang diperkirakan adalah $978 - 39,87 = 938,13$ hari \sim 939 hari. Sedangkan durasi penyelesaian proyek paling lambat yang diperkirakan adalah $978 + 39,87 = 1017,865$ hari \sim 1018 hari. Dalam analisis yang dilakukan, target durasi penyelesaian proyek adalah durasi penyelesaian proyek yang paling cepat $T(d) = 939$ hari.

4.5.3 Menghitung Probabilitas Durasi Proyek

Sebagai langkah terakhir untuk menganalisis kemungkinan mencapai target dapat dipakai rumus berikut:

$$Z = \frac{T(d) - TE}{s} \quad (4.4)$$

$$Z = \frac{939 - 978}{13,29}$$

$$Z = -2,93$$

Kemudian menggunakan tabel *cumulative normal distribution* untuk mendapatkan probabilitas(%) proyek selesai pada target $T(d)$. Dengan angka Z yang didapat adalah $-2,93$ diperoleh angka probabilitas sebesar $0,0017$. Dari angka yang didapat tersebut berarti kemungkinan proyek selesai pada target ($T(d) = 939$) adalah sebesar $0,17\%$. Yang ditekankan dalam menganalisis menggunakan metode ini adalah tidak ada perubahan detail didalam proyek. Angka probabilitas yang didapat adalah suatu informasi yang penting untuk dapat mempersiapkan langkah-langkah yang akan dilakukan berikutnya.

Tabel 4. 9 Target dan Probabilitas Durasi Penyelesaian Proyek

T(d) Hari	Deviasi Z	Distribusi Normal Komulatif	Probabilitas %
939	-2,934537	0,0017	0,17
941	-2,784048	0,0027	0,27
943	-2,633559	0,0043	0,43
945	-2,483069	0,0065	0,65
947	-2,332580	0,0099	0,99

Tabel 4. 9 Target dan Probabilitas Durasi Penyelesaian Proyek (lanjutan)

T(d)	Deviasi Z	Distribusi Normal Komulatif	Probabilitas
Hari			%
949	-2,18209	0,0146	1,46
951	-2,0316	0,0211	2,11
953	-1,88111	0,03	3
955	-1,73062	0,0418	4,18
957	-1,58014	0,057	5,7
959	-1,42965	0,0778	7,78
961	-1,27916	0,102	10,2
963	-1,12867	0,111	11,1
965	-0,97818	0,166	16,6
967	-0,82769	0,2061	20,61
969	-0,6772	0,2514	25,14
971	-0,52671	0,3015	30,15
973	-0,37622	0,3557	35,57
975	-0,22573	0,4129	41,29
977	-0,07524	0,4721	47,21
979	0,075245	0,5279	52,79
981	0,225734	0,5871	58,71
983	0,376223	0,6443	64,43
985	0,526712	0,6985	69,85
987	0,677201	0,7486	74,86
989	0,82769	0,7939	79,39
991	0,978179	0,834	83,4
993	1,128668	0,8686	86,86
995	1,279157	0,898	89,8
997	1,429646	0,9222	92,22
999	1,580135	0,9429	94,29
1001	1,730625	0,9587	95,87
1003	1,881113	0,9699	96,99
1005	2,031602	0,9788	97,88
1007	2,182091	0,9853	98,53
1009	2,332580	0,99	99
1011	2,483069	0,9934	99,34
1013	2,633559	0,9957	99,57
1015	2,784048	0,9972	99,72
1017	2,934537	0,9983	99,83
1018	3,009781	0,9986	99,86

Dari analisis yang dilakukan pada tabel 4.11 ditunjukkan bahwa:

1. Probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam durasi 976 hari (menurut kontrak proyek) adalah 44,04%
2. Probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam durasi 939 hari (durasi tercepat metode PERT) adalah 0,17%
3. Probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam durasi 1018 hari (durasi terlama metode PERT) adalah 99,86%

4.6 Analisis Time Cost Trade Off

Analisis metode *Time Cost Trade Off* adalah analisis dengan melakukan pertukaran waktu dan biaya. Percepatan durasi yang dilakukan akan mengakibatkan penambahan biaya pada RAB. Perubahan yang terjadi meliputi :

- a. *Normal Duration*, durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dengan produktivitas normal
- b. *Crash Duration*, durasi yang didapatkan setelah dilakukan percepatan
- c. *Normal Cost*, biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dalam durasi normal
- d. *Crash Cost*, penambahan biaya yang didapatkan setelah dilakukan percepatan

Pada proyek ini percepatan durasi dilakukan dengan menggunakan alternatif penambahan jam lembur satu sampai tiga jam. Dalam menambahkan jam lembur pada penelitian ini berdasar pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang standar upah untuk lembur yang berisi:

Pasal 11

Cara perhitungan upah kerja lembur sebagai berikut:

- a. Apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja:
 - a.1. Untuk jam lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah sejam;
 - a.2. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 (dua) kali upah sejam

4.6.1 Crash Duration

Crash Duration adalah durasi yang didapat dari hasil percepatan pada proyek. Variabel yang digunakan dalam proyek pembangunan Jetty pada Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung adalah penambahan jam kerja pada jalur kritis dengan penambahan satu sampai tiga jam lembur. Berikut merupakan contoh perhitungan *crash duration* yang dilakukan dalam proyek ini pada pekerjaan Beton – K.450:

- Durasi normal = 670 hari
- Bobot Pekerjaan = 0,114452%
- Produktivitas per jam = $\frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{Jam kerja per Hari} \times \text{durasi}}$
- Produktivitas harian akibat jam lembur = $a \times E \times \text{prod. per jam}$
- Produktivitas harian setelah *crash* = (8 jam x prod. per jam) + Prod. Lembur
- $\text{Crash Duration} = \frac{\text{bobot pekerjaan}}{\text{Produktivitas harian setelah crash}}$

Jam lembur akan mengakibatkan penurunan produktivitas harian yang dialami pekerja dari produktivitas normal. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kelelahan pekerja, keterbatasan jarak pandang, serta suhu yang lebih dingin pada malam hari. Koefisien penurunan produktivitas akibat jam lembur dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4. 10 Perhitungan Koefisien Penurunan Produktivitas

Perhitungan Koefisien Produktivitas				
Jam Lembur	Indeks Penurunan Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (per Jam)	Presentase Penurunan Prestasi Kerja (%)	Koefisien Produktivitas
a	B	c = a x b	d = c x 100	E = 100% - d
1	0,1	0,1	10	0,9
2	0,1	0,2	20	0,8
3	0,1	0,3	30	0,7

1. Penambahan 1 jam lembur:

- Produktivitas per jam
 $= 0,114452 / (8 \times 670)$
 $= 0,000021353$

- Produktivitas harian akibat jam lembur

$$= 1 \times 0,9 \times 0,000021353$$

$$= 0,000019218$$

- Produktivitas harian setelah *crash*

$$= (8 \times 0,000021353) + 0,000019218$$

$$= 0,000190041$$

- *Crash duration*

$$= 0,114452 / 0,000190041$$

$$= 602,25 \text{ hari} \sim 603 \text{ hari}$$

2. Penambahan 2 jam lembur:

- Produktivitas per jam

$$= 0,114452 / (8 \times 670)$$

$$= 0,000021353$$

- Produktivitas harian akibat jam lembur

$$= 2 \times 0,8 \times 0,000021353$$

$$= 0,000034165$$

- Produktivitas harian setelah *crash*

$$= (8 \times 0,000021353) + 0,000034165$$

$$= 0,000204988$$

- *Crash duration*

$$= 0,114452 / 0,000204988$$

$$= 558,33 \text{ hari} \sim 559 \text{ hari}$$

3. Penambahan 3 jam lembur:

- Produktivitas per jam

$$= 0,114452 / (8 \times 670)$$

$$= 0,000021353$$

- Produktivitas harian akibat jam lembur

$$= 3 \times 0,7 \times 0,000021353$$

$$= 0,000044841$$

- Produktivitas harian setelah *crash*
 $= (8 \times 0,000021353) + 0,000044841$
 $= 0,000215665$
- *Crash duration*
 $= 0,114452 / 0,000215665$
 $= 530,69 \text{ hari} \sim 531 \text{ hari}$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat hasil perhitungan *crash duration* yang telah dilakukan pada pekerjaan Beton – K450. Dari semula durasi normal 670 hari menjadi 603 untuk penambahan 1 jam lembur, 559 hari untuk penambahan 2 jam lembur, dan 531 hari untuk penambahan 3 jam lembur.

Perhitungan di atas merupakan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan dalam analisis *crash duration*. Perhitungan yang sama dilakukan untuk semua kegiatan yang berada di lintasan kritis.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash duration* pada jalur kritis untuk penambahan 1 jam lembur

Tabel 4. 11 Perhitungan *Crash Duration* 1 jam lembur

Activity	Duration	Bobot	Produktivitas/Jam	Produktivitas harian lembur	Produktivitas harian setelah <i>crash</i>	Crash Duration (Days)
	Days	%				
Direksi keet	21	0,00439	0,000026143	0,000023528	0,00023267	19
Penerangan dan Keamanan	21	0,00585	0,000034847	0,000031362	0,000310137	19
Floating Storage	28	0,00964	0,000043042	0,000038738	0,000383072	26
Mobilisasi Demobilisasi	21	0,00638	0,00003795	0,000034155	0,000337759	19
Stake out dan Positioning	21	0,00141	0,000008397	0,000007558	0,000074737	19
Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	738	0,38603	0,000065384	0,000058846	0,000581919	664
Pekerjaan Beton - K.450	670	0,11445	0,000021353	0,000019218	0,000190041	603
Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	685	0,03936	0,000007183	0,000006465	0,00006393	616
Pekerjaan Ereksi Precast	434	0,02093	0,000006028	0,000005425	0,000053648	391
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	140	0,00011	0,000000097	0,000000087	0,00000086	126
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	56	0,000002	0,000000017	0,000000015	0,000000148	51
Testing And Commissioning	56	0,00719	0,000016043	0,000014439	0,000142786	51

Dari perhitungan *crash duration* jalur kritis yang dilakukan pada tabel diatas ditunjukkan bahwa durasi total proyek yang semula 976 hari setelah dilakukan *crash* dengan penambahan 1 jam lembur menjadi 887 hari dengan selisih 89 hari.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash duration* pada jalur kritis untuk penambahan 2 jam lembur

Tabel 4. 12 Perhitungan *Crash Duration* 2 jam lembur

Activity	Duration	Bobot	Produktivitas/Jam	Produktivitas harian lembur	Produktivitas harian setelah <i>crash</i>	Crash Duration (Days)
	Days	%				
Direksi keet	21	0,004392	0,000026143	0,000041828	0,00025097	18
Penerangan dan Keamanan	21	0,005854	0,000034847	0,000055755	0,00033453	18
Floating Storage	28	0,009641	0,000043042	0,000068867	0,000413202	24
Mobilisasi Demobilisasi	21	0,006376	0,00003795	0,000060721	0,000364325	18
Stake out dan Positioning	21	0,001411	0,000008397	0,000013436	0,000080615	18
Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	738	0,386028	0,000065384	0,000104615	0,000627688	615
Pekerjaan Beton - K.450	670	0,114452	0,000021353	0,000034165	0,000204988	559
Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	685	0,039364	0,000007183	0,000011493	0,000068958	571
Pekerjaan Ereksi Precast	434	0,020929	0,000006028	0,000009645	0,000057867	362
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	140	0,000108	0,000000097	0,000000155	0,000000928	117
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	56	0,000002	0,000000017	0,000000027	0,00000016	47
Testing And Commissioning	56	0,007187	0,000016043	0,000025669	0,000154016	47

Dari perhitungan *crash duration* jalur kritis yang dilakukan pada tabel diatas ditunjukkan bahwa durasi total proyek yang semula 976 hari setelah dilakukan *crash* dengan penambahan 2 jam lembur menjadi 828 hari dengan selisih 148 hari.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash duration* pada jalur kritis untuk penambahan 3 jam lembur

Tabel 4. 13 Perhitungan *Crash Duration* 3 jam lembur

Activity	Duration	Bobot	Produktivitas/Jam	Produktivitas harian lembur	Produktivitas harian setelah <i>crash</i>	Crash Duration (Days)
	Days	%				
Direksi keet	21	0,004392	0,000026143	0,0000549	0,000264041	17
Penerangan dan Keamanan	21	0,005854	0,000034847	0,000073178	0,000351953	17
Floating Storage	28	0,009641	0,000043042	0,000090388	0,000434723	23
Mobilisasi Demobilisasi	21	0,006376	0,00003795	0,000079696	0,0003833	17
Stake out dan Positioning	21	0,001411	0,000008397	0,000017635	0,000084814	17
Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	738	0,386028	0,000065384	0,000137307	0,00066038	585
Pekerjaan Beton - K.450	670	0,114452	0,000021353	0,000044841	0,000215665	531
Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	685	0,039364	0,000007183	0,000015085	0,00007255	543
Pekerjaan Ereksi Precast	434	0,020929	0,000006028	0,000012659	0,000060881	344
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	140	0,000108	0,000000097	0,000000203	0,000000976	111
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	56	0,000002	0,000000017	0,000000035	0,000000168	45
Testing And Commissioning	56	0,007187	0,000016043	0,000033691	0,000162038	45

Dari perhitungan *crash duration* jalur kritis yang dilakukan pada tabel diatas ditunjukkan bahwa durasi total proyek yang semula 976 hari setelah dilakukan *crash* dengan penambahan 3 jam lembur menjadi 791 hari dengan selisih 185 hari.

4.6.2 Crash Cost

Penambahan biaya percepatan (*crash cost*) yang dilakukan pada *crash program* dilakukan pada biaya langsung (*direct cost*), yaitu dilakukan penambahan pada biaya tenaga kerja akibat jam lembur. Untuk biaya tidak langsung dapat diasumsikan sama dengan rencana anggaran biaya (RAB) yang didapat. Besar upah untuk pekerja pada proyek pembangunan jetty pada terminal *multipurpose* di Kuala Tanjung ditunjukkan pada tabel 4.14

Tabel 4. 14 Upah lembur pekerja

Pekerjaan	Upah per hari (Rp)	Upah per jam (Rp)	Upah Total Lembur per hari (Rp)		
		Upah per hari / 8	1 Jam	2 Jam	3 Jam
Pekerja	132.000,00	16.500,00	156.750,00	189.750,00	222.750,00

Setelah mengetahui upah per hari dan per jam, dapat diketahui upah total lembur pekerja. Perhitungan upah lembur pekerja adalah sebagai berikut:

- Upah per hari (Normal) = Rp132.000,00
- Upah per jam (Normal) = Rp16.500,00
- 1. Penambahan 1 jam lembur
 - Upah lembur 1 jam
= 1,5 x upah per jam
= 1,5 x Rp16.500,00
= Rp24.750,00
 - Upah total lembur 1 jam
= upah per hari + upah lembur 1 jam
= Rp132.000,00 + Rp24.750,00
= Rp156.000,00
- 2. Penambahan 2 jam lembur
 - Upah lembur 2 jam
= (1,5 x upah per jam) + (2 x upah per jam)
= (1,5 x Rp16.500,00) + (2 x Rp16.500,00)

$$= \text{Rp}57.750,00$$

- Upah total lembur 2 jam
 $= \text{upah per hari} + \text{upah lembur 2 jam}$
 $= \text{Rp}132.000,00 + \text{Rp}57.750,00$
 $= \text{Rp}189.750,00$

3. Penambahan 3 jam lembur

- Upah lembur 3 jam
 $= (1,5 \times \text{upah per jam}) + 2 \times (2 \times \text{upah per jam})$
 $= (1,5 \times \text{Rp}16.500,00) + 2 \times (2 \times \text{Rp}16.500,00)$
 $= \text{Rp}90.750,00$
- Upah total lembur 3 jam
 $= \text{upah per hari} + \text{upah lembur 3 jam}$
 $= \text{Rp}132.000,00 + \text{Rp}90.750,00$
 $= \text{Rp}222.750,00$

Setelah menghitung upah pekerja dengan penambahan jam lembur, dapat dicari total biaya *manpower* akibat penambahan jam lembur. Berikut merupakan perhitungan *crash cost* yang dilakukan dalam proyek ini pada pekerjaan Beton – K.450:

- *Manpower* per hari = 81
- Upah *Manpower* per hari (normal) = Rp10.692.000,00
- Upah *Manpower* total (normal) = Upah per hari (normal) x *Manpower* per hari
- Upah *Manpower* per hari (*crash*) = *Manpower* x upah total lembur
- Upah *Manpower* total (*crash*) = Upah per hari x *crash duration*
- Crash cost total = biaya subkon & material + upah total (*crash*)

1. Penambahan 1 jam lembur

- Upah *Manpower* total (normal)
 $= \text{Rp}10.692.000,00 \times 670$
 $= \text{Rp}7.163.640.000,00$
- Upah *Manpower* per hari (*crash*)
 $= 81 \times \text{Rp}156.750,00$

= Rp12.696.750,00

- Upah *Manpower* total (*crash*)
= Rp12.696.750,00 x 603
= Rp7.656.140.250,00
- Crash cost total
= Rp135.884.824.812,94 + Rp7.656.140.250,00
= Rp143.540.965.062,94

2. Penambahan 2 jam lembur

- Upah *Manpower* total (normal)
= Rp10.692.000,00 x 670
= Rp7.163.640.000,00
- Upah *Manpower* per hari (*crash*)
= 81 x Rp189.750,00
= Rp15.369.750,00
- Upah *Manpower* total (*crash*)
= Rp15.369.750,00 x 559
= Rp8.591.690.250,00
- Crash cost total
= Rp135.884.824.812,94 + Rp8.591.690.250,00
= Rp144.476.515.062,94

3. Penambahan 3 jam lembur

- Upah *Manpower* total (normal)
= Rp10.692.000,00 x 670
= Rp7.163.640.000,00
- Upah *Manpower* per hari (*crash*)
= 81 x Rp222.750,00
= Rp18.042.750,00
- Upah *Manpower* total (*crash*)
= Rp18.042.750,00 x 531
= Rp9.580.700.250,00

- Crash cost total
= Rp135.884.824.812,94 + Rp9.580.700.250,00
= Rp145.465.525.062,94

Dari perhitungan diatas dapat dilihat hasil perhitungan *crash cost* yang telah dilakukan pada pekerjaan Beton – K450. Dari semula biaya normal Rp143.048.464.812,94 menjadi Rp143.540.965.062,94 untuk penambahan 1 jam lembur, Rp144.476.515.062,94 untuk penambahan 2 jam lembur, dan Rp145.465.525.062,94 untuk penambahan 3 jam lembur.

Perhitungan di atas merupakan salah satu contoh perhitungan yang dilakukan dalam analisis *crash cost*. Perhitungan yang sama dilakukan untuk semua kegiatan yang berada di lintasan kritis.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash cost* pada setiap kegiatan di jalur kritis dengan penambahan 1 jam lembur.

Tabel 4. 15 Perhitungan *Crash Cost* 1 jam lembur

Activity	Biaya subkon&material	Manpower	Upah Manpower Total (Normal)	Upah Manpower Total (Crash)	Total Crash Cost
	Rp		Rp	Rp	Rp
Direksi keet	5.467.157.330,00	8	22.176.000,00	23.826.000,00	5.490.983.330,00
Penerangan dan Keamanan	7.303.142.150,00	5	13.860.000,00	14.891.250,00	7.318.033.400,00
Floating Storage	12.009.689.790,00	11	40.656.000,00	44.830.500,00	12.054.520.290,00
Mobilisasi Demobilisasi	7.949.292.470,00	7	19.404.000,00	20.847.750,00	7.970.140.220,00
Stake out dan Positioning	1.743.849.280,00	7	19.404.000,00	20.847.750,00	1.764.697.030,00
Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	458.418.679.028,41	247	24.061.752.000,00	25.708.254.000,00	484.126.933.028,41
Pekerjaan Beton - K.450	135.884.824.812,94	81	7.163.640.000,00	7.656.140.250,00	143.540.965.062,94
Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	46.667.176.683,66	28	2.531.760.000,00	2.703.624.000,00	49.370.800.683,66
Pekerjaan Ereksi Precast	24.840.298.180,00	23	1.317.624.000,00	1.409.652.750,00	26.249.950.930,00
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	42.933.750,00	5	92.400.000,00	98.752.500,00	141.686.250,00
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	1.938.250,00	1	7.392.000,00	7.994.250,00	9.932.500,00
Testing And Commissioning	8.532.360.565,18	61	450.912.000,00	487.649.250,00	9.020.009.815,18

Dari semula biaya total proyek Rp744.602.322.290,19 menjadi Rp747.058.652.540,19 dengan penambahan 1 jam lembur

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash cost* pada setiap kegiatan di jalur kritis dengan penambahan 2 jam lembur.

Tabel 4. 16 Perhitungan *Crash Cost* 2 jam lembur

Activity	Biaya subkon&material	Manpower	Upah Manpower Total (Normal)	Upah Manpower Total (Crash)	Total Crash Cost
	Rp		Rp	Rp	Rp
Direksi keet	5.467.157.330,00	8	22.176.000,00	27.324.000,00	5.494.481.330,00
Penerangan dan Keamanan	7.303.142.150,00	5	13.860.000,00	17.077.500,00	7.320.219.650,00
Floating Storage	12.009.689.790,00	11	40.656.000,00	50.094.000,00	12.059.783.790,00
Mobilisasi Demobilisasi	7.949.292.470,00	7	19.404.000,00	23.908.500,00	7.973.200.970,00
Stake out dan Positioning	1.743.849.280,00	7	19.404.000,00	23.908.500,00	1.767.757.780,00
Pekerjaan Tiang Pancang Baja	458.418.679.028,41	247	24.061.752.000,00	28.823.973.750,00	487.242.652.778,41
Pekerjaan Beton - K.450	135.884.824.812,94	81	7.163.640.000,00	8.591.690.250,00	144.476.515.062,94
Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	46.667.176.683,66	28	2.531.760.000,00	3.033.723.000,00	49.700.899.683,66
Pekerjaan Ereksi Precast	24.840.298.180,00	23	1.317.624.000,00	1.579.858.500,00	26.420.156.680,00
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	42.933.750,00	5	92.400.000,00	111.003.750,00	153.937.500,00
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	1.938.250,00	1	7.392.000,00	8.918.250,00	10.856.500,00
Testing And Commissioning	8.532.360.565,18	61	450.912.000,00	544.013.250,00	9.076.373.815,18

Dari semula biaya total proyek Rp744.602.322.290,19 menjadi Rp751.696.835.530,19 dengan penambahan 2 jam lembur

Berikut adalah tabel hasil perhitungan *crash cost* pada setiap kegiatan di jalur kritis dengan penambahan 3 jam lembur.

Tabel 4. 17 Perhitungan *Crash Cost* 3 jam lembur

Activity	Biaya subkon&material	Manpower	Upah Manpower Total (Normal)	Upah Manpower Total (Crash)	Total Crash Cost
	Rp		Rp	Rp	Rp
Direksi keet	5.467.157.330,00	8	22.176.000,00	30.294.000,00	5.497.451.330,00
Penerangan dan Keamanan	7.303.142.150,00	5	13.860.000,00	18.933.750,00	7.322.075.900,00
Floating Storage	12.009.689.790,00	11	40.656.000,00	56.355.750,00	12.066.045.540,00
Mobilisasi Demobilisasi	7.949.292.470,00	7	19.404.000,00	26.507.250,00	7.975.799.720,00
Stake out dan Positioning	1.743.849.280,00	7	19.404.000,00	26.507.250,00	1.770.356.530,00
Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m	458.418.679.028,41	247	24.061.752.000,00	32.186.261.250,00	490.604.940.278,41
Pekerjaan Beton - K.450	135.884.824.812,94	81	7.163.640.000,00	9.580.700.250,00	145.465.525.062,94
Pekerjaan Besi Tulangan (Laut)	46.667.176.683,66	28	2.531.760.000,00	3.386.691.000,00	50.053.867.683,66
Pekerjaan Ereksi Precast	24.840.298.180,00	23	1.317.624.000,00	1.762.398.000,00	26.602.696.180,00
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe A	42.933.750,00	5	92.400.000,00	123.626.250,00	166.560.000,00
Pekerjaan Kanstin Cast Insitu Tipe B	1.938.250,00	1	7.392.000,00	10.023.750,00	11.962.000,00
Testing And Commissioning	8.532.360.565,18	61	450.912.000,00	611.448.750,00	9.143.809.315,18

Dari semula biaya total proyek Rp744.602.322.290,19 menjadi Rp756.681.089.540,19 dengan penambahan 3 jam lembur

4.6.3 Cost Slope

Dalam melakukan percepatan menggunakan metode *time cost trade off* perlu dicari *cost slope* terendah untuk mengetahui skema penambahan jam lembur yang optimum. Berikut merupakan perhitungan *cost slope* yang dilakukan pada percepatan jalur kritis dengan penambahan jam lembur.

- $Cost\ slope = (Crash\ Cost - Normal\ Cost) / (Normal\ Duration - Crash\ Duration)$

1. Penambahan 1 jam lembur

$$\begin{aligned} &= (Rp747.058.652.540,19 - Rp744.602.322.290,19) / (976 - 887) \\ &= Rp27.599.216,29 \text{ per hari} \end{aligned}$$

2. Penambahan 2 jam lembur

$$\begin{aligned} &= (Rp751.696.835.530,19 - Rp744.602.322.290,19) / (976 - 828) \\ &= Rp47.935.900,34 \text{ per hari} \end{aligned}$$

3. Penambahan 3 jam lembur

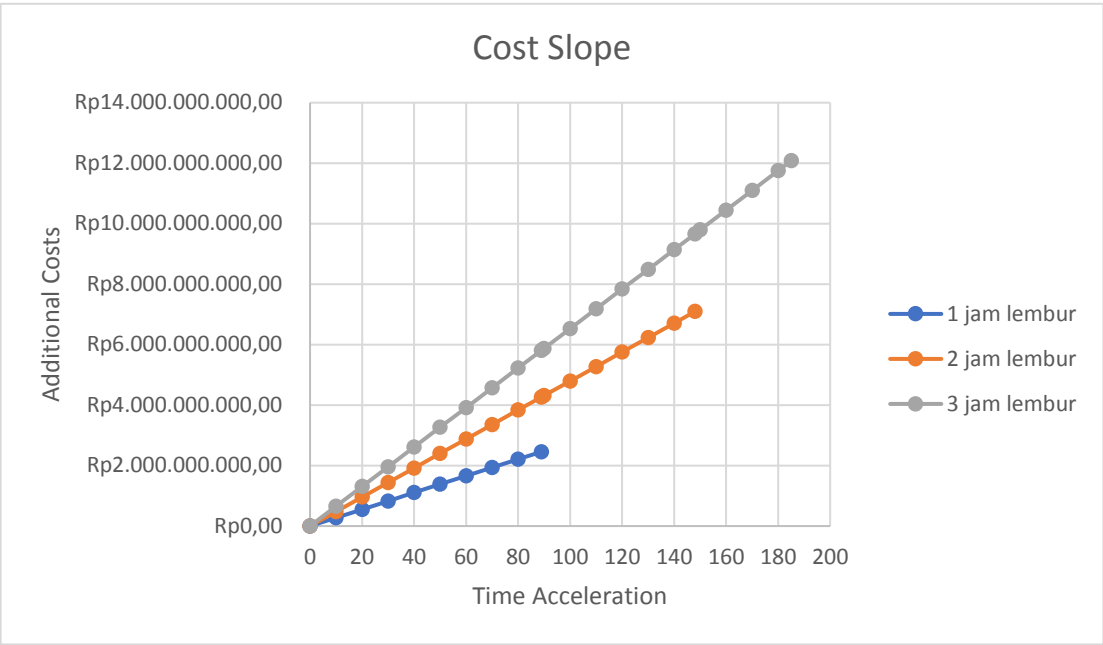
$$\begin{aligned} &= (Rp756.681.089.540,19 - Rp744.602.322.290,19) / (976 - 791) \\ &= Rp65.290.633,78 \text{ per hari} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat hasil perhitungan *cost slope* yang telah dilakukan pada percepatan dengan penambahan dua jam lembur. Didapat *cost slope* adalah sebesar Rp47.935.900,34 per hari. Berikut adalah tabel hasil perhitungan *cost slope* untuk masing-masing skema penambahan jam lembur.

Tabel 4.20 Hasil perhitungan *cost slope*

<i>Cost Slope</i>		
1 jam	2 jam	3 jam
Rp27.599.216,29	Rp47.935.900,34	Rp65.290.633,78

Setelah dilakukan perhitungan *cost slope* untuk masing-masing skema penambahan jam lembur, didapatkan *cost slope* sebesar Rp27.599.216,29 per hari untuk penambahan 1 jam lembur, Rp47.935.900,34 per hari untuk penambahan 2 jam lembur, dan Rp65.290.633,78 per hari untuk penambahan 3 jam lembur. Jadi, penambahan 1 jam lembur adalah skema yang paling optimum yang didapatkan dalam penelitian ini. Perbandingan yang lebih jelas dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. 1 Grafik *Cost Slope* tiap penambahan jam lembur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kegiatan yang berada pada lintasan kritis pada proyek pembangunan jetty pada terminal *multipurpose* di Kuala Tanjung adalah sebagai berikut:
Direksi keet – Penerangan dan keamanan – Floating storage – Mobilisasi dan demobilisasi – Stake out and positioning – Pekerjaan tiang pancang baca L=53m – Pekerjaan beton K.450 – Pekerjaan tulangan (laut) – Pekerjaan ereksi precast – Pekerjaan kanstin cast insitu tipe A – Pekerjaan kanstin cast insitu tipe B – Testing and commissioning.
2. Probabilitas proyek pembangunan jetty pada terminal *multipurpose* di Kuala Tanjung dapat selesai tepat waktu adalah 44,04% dengan durasi 976 hari berdasarkan kontrak proyek, 0,17% dengan durasi 939 hari berdasarkan durasi tercepat metode PERT, dan 99,86% dengan durasi 1018 hari berdasarkan durasi terlama metode PERT.
3. Durasi dan biaya optimum pada jalur kritis didapatkan pada penambahan 1 jam lembur. Dengan dilakukan percepatan dengan skema penambahan 1 jam lembur total durasi proyek yang semula 976 hari menjadi 878 hari dengan selisih 98 hari, dengan total biaya paling sedikit yaitu sebesar Rp747.058.652.540,19 dari semula Rp744.602.322.290,19 dengan selisih Rp2.456.330.250,00 dan juga *cost slope* terkecil dari skema penambahan jam lembur lainnya yaitu Rp27.599.216,29 per hari.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya, penulis menyarankan untuk melakukan percepatan menggunakan variabel lain selain penambahan jam lembur dan juga melakukan analisis terhadap mutu pada setiap kegiatan yang dipercepat durasinya.

DAFTAR PUSTAKA

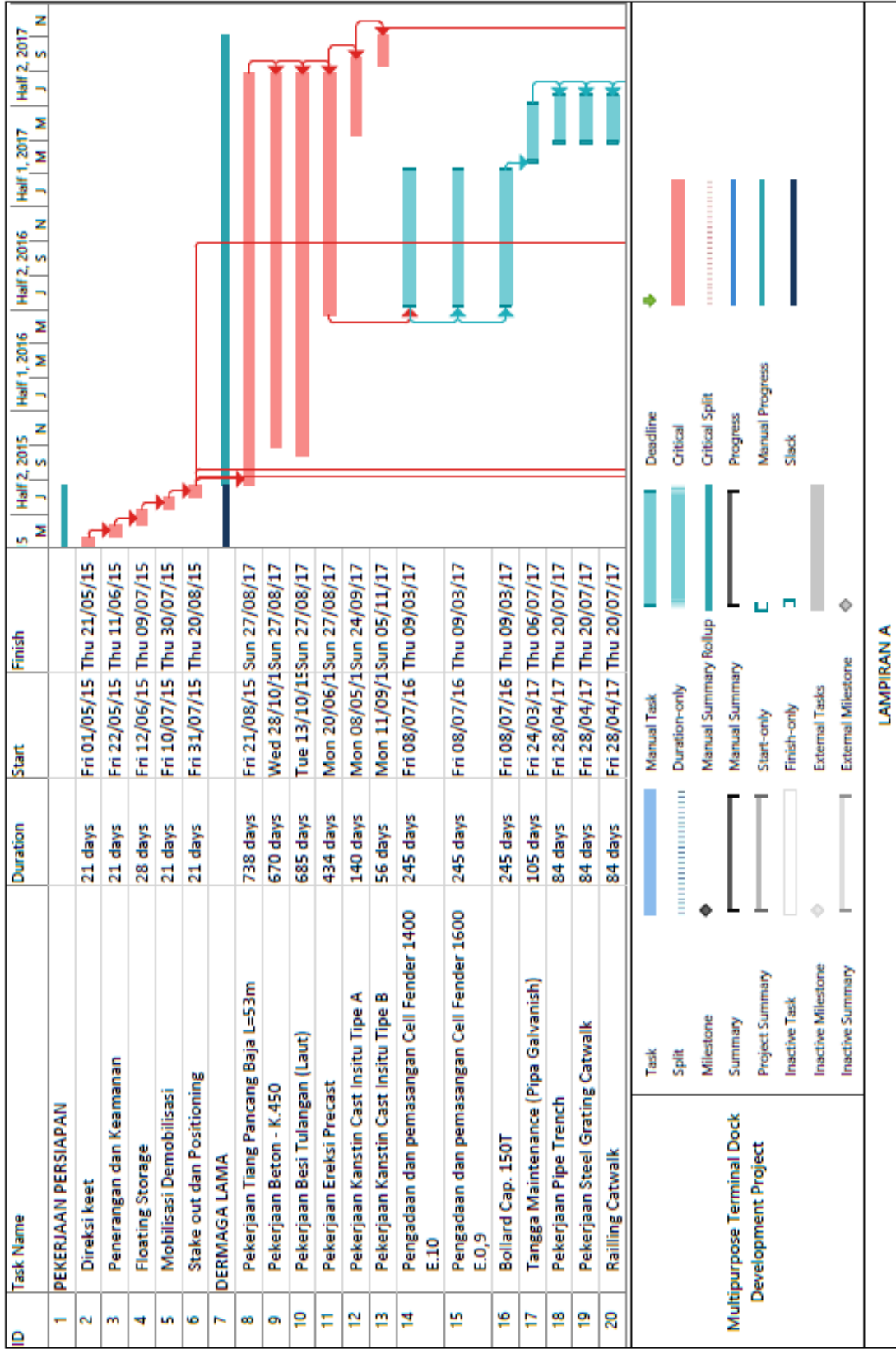
- Badri, S., 1997. Dasar-Dasar Network Planning (Dasar-Dasar Perencanaan Jaringan Kerja). Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Barihazim, Raihan. 2018. *Analisa Perencanaan Proyek “Decommissioning pada Production Barge “Seagood 101”*. Departemen Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Ervianto, W.I., 2004. *Teori-aplikasi manajemen proyek konstruksi*. Andi Yogyakarta.
- Gantt, H.L., 1919. *Organizing for work*. Harcourt, Brace and Howe.
- Heizer, J. and Render, B., 2014. Sustainability and supply chain management. *Operations Management*.
- Heizer dan Render, Barry. 2006. *Operation Management Sustainability and Supply Chain Management: 7th Edition*. Pearson^{7th}
- Hutchings, Jonathan F. 2004. *Project Scheduling Handbook*. Santa Cruz, California, U.S.A.
- Irfana Perdana, Aulia, 2007. *Perencanaan Pembangunan Dermaga Penyeberangan Ferry di Nusa Penida*. Tugas Akhir. Bandung : Teknik Kelautan (Halaman ini sengaja dikosongkan) Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung
- Izmailov, et al. 2016. *Effective Project Management with Theory of Constraints*. Kazan (Privolzhsky) Federal University, Kazan.
- Kusumawardani, Yasmine Bestari Ayu. 2018. *Analisis Optimasi Anggaran Biaya pada Proyek Instalasi Offshore Pipeline Menggunakan Linear Programming*. Departemen Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Lester, A., 2003. *Project planning and control* (Vol. 406). Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Levitt, Raymond E. 2007. *Project Management For Engineering and Construction*. Stanford University.

- Maharani, Nadya Rahmi. 2018. *Analysis of Acceleration Duration Project Development of Storage Tank in Port Tanjung Perak Surabaya*. Departemen Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Newbold, R. C. 1998. *Project Management in the Fast Lane: Applying the Theory of Constraints*. Florida: St. Lucie Press.
- Padaga, Laura Karennina. 2018. *Penjadwalan Berdasarkan Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Reparasi Kapal: studi kasus MV. Blossom*. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Project Management Institute. 2013. *A Guide to the Management Body of Knowledge 5th Edition*. Pennsylvania: Project Management Institute Inc.
- Ridho, Muhammad Rizki & Syahrizal. 2013. *Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Rosdianto, Moch Afif. 2014. *Analisa Percepatan Durasi Pengerjaan Proyek Pembangunan Jacket Platform Di Pt Meindo Elang Indah*. In: Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, 2013. Departemen Teknik Kelautak Ftk Its, Surabaya.
- Santoso, B., 2003. *Manajemen Proyek*. Surabaya: Guna Widya.
- Santosa. 2008. *Manajemen Proyek : Konsep dan Implementasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soeharto, I., 1995. *Manajemen Proyek dari konseptual sampai operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Imam. 1998. *Management Proyek dari Konsep Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Soemardi, B.W., ABDUH, M. and PUJOARTANTO, R.D.W.D.N., 2006. *Konsep Earned Value untuk Pengelolaan Proyek Konstruksi*. Institut Teknologi Bandung.
- Somantri, Agus. 2005. *Studi Tentang Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Penambahan Ruang Kelas di POLITEKNIK Manufaktur pada PT. Haryang Kuning*. Skripsi

- Syuhada, Fajar. 2015. *Analisis Percepatan Durasi Pembangunan Dermaga: Studi Kasus Pt. Multi Baja Industri*. Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Tofania, Aldila Rifqi. 2014. *Analisa Waktu Dan Biaya Pada Proyek Dolphin Structure Studi Kasus: Fabrikasi Pt. Lintech Seaside Facility*. Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Triatmodjo, B., 1996. *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset. Triatmojo, Bambang. 1996. *Teknik Pantai*. Yogyakarta.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A
PENJADWALAN MICROSOFT PROJECT PDM



ID	Task Name	Duration	Start	Finish	5	Half 2, 2015	Half 1, 2016	Half 2, 2016	Half 1, 2017	Half 2, 2017
					M	J	J	J	M	J
21	Base Plat (Dudukan Catwalk)	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17						
22	Pekerjaan Baja Struktur IWF 400.200.8.13 (Long t	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17						
23	Pekerjaan Baja Struktur CNP 150.75.6.5.10 (Cross	84 days	Fri 28/04/17	Thu 20/07/17						
24	DERMAGA BARU									
25	Pekerjaan Rail Crane	84 days	Fri 02/06/17	Thu 24/08/17						
26	Pekerjaan Chamfer	84 days	Fri 02/06/17	Thu 24/08/17						
27	Pekerjaan Strom Pin	84 days	Fri 02/06/17	Thu 24/08/17						
28	Pekerjaan Platform Jetty	110 days	Wed 21/06/17	Sun 08/10/17						
29	Pekerjaan Bangunan Booster Pump Jetty	28 days	Mon 02/10/17	Sun 29/10/17						
30	Pekerjaan Power House Jetty	28 days	Mon 02/10/17	Sun 29/10/17						
31	PEKERJAAN TRESTLE I GIRDER 25.6									
32	Pekerjaan Tiang Pancang	602 days	Fri 25/09/15	Thu 18/05/17						
33	Pekerjaan Beton - K.450	602 days	Fri 30/10/15	Thu 22/06/17						
34	Pekerjaan Besi Tulangan	588 days	Fri 13/11/15	Thu 22/06/17						
35	Pekerjaan I Girder 25.6m	630 days	Fri 02/10/15	Thu 22/06/17						
36	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete	280 days	Fri 16/09/16	Thu 22/06/17						
37	Dowel	119 days	Fri 27/01/17	Thu 25/05/17						
38	Pekerjaan Elastomeric Bearing (400 x 350 x 63)	28 days	Fri 28/04/17	Thu 25/05/17						
39	Pekerjaan Tack Coat	63 days	Fri 28/04/17	Thu 29/06/17						
40	Pekerjaan Ekspansion Joint Tipe Asphaltic	63 days	Fri 28/04/17	Thu 29/06/17						
41	Railing	14 days	Fri 30/06/17	Thu 13/07/17						

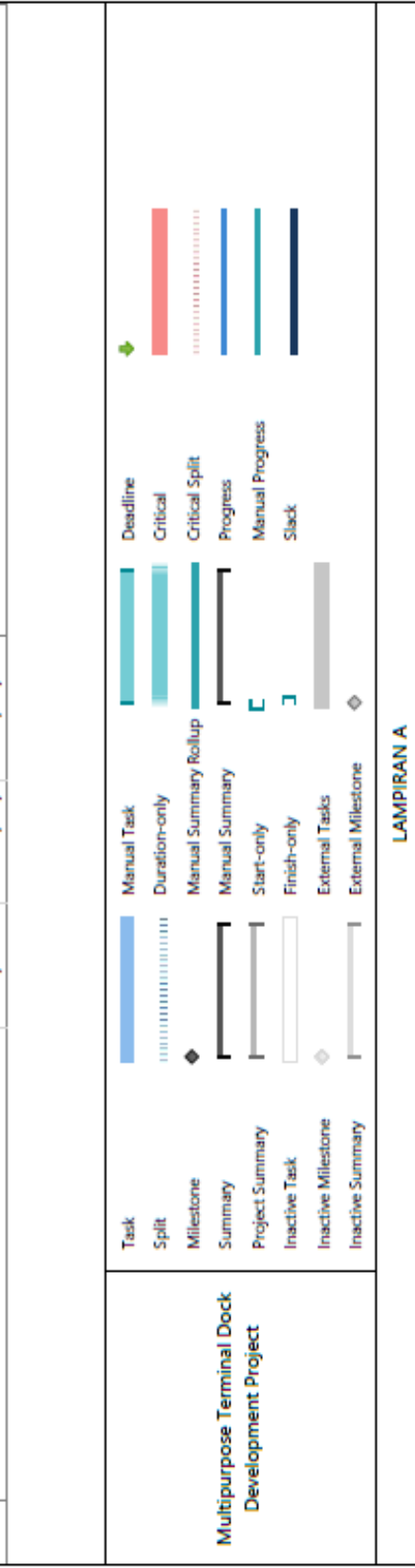
Multipurpose Terminal Dock Development Project

Legend:

- Task: Solid blue bar
- Split: Dotted blue bar
- Milestone: Diamond symbol
- Summary: Thick black bar
- Project Summary: Thin black bar
- Inactive Task: White bar
- Inactive Milestone: Diamond with border
- Inactive Summary: Thin black bar
- Manual Task: Solid teal bar
- Duration-only: Dotted teal bar
- Manual Summary Rollup: Thick black bar
- Manual Summary: Thin black bar
- Start-only: C-shaped bar
- Finish-only: J-shaped bar
- External Tasks: Grey bar
- External Milestone: Diamond with border

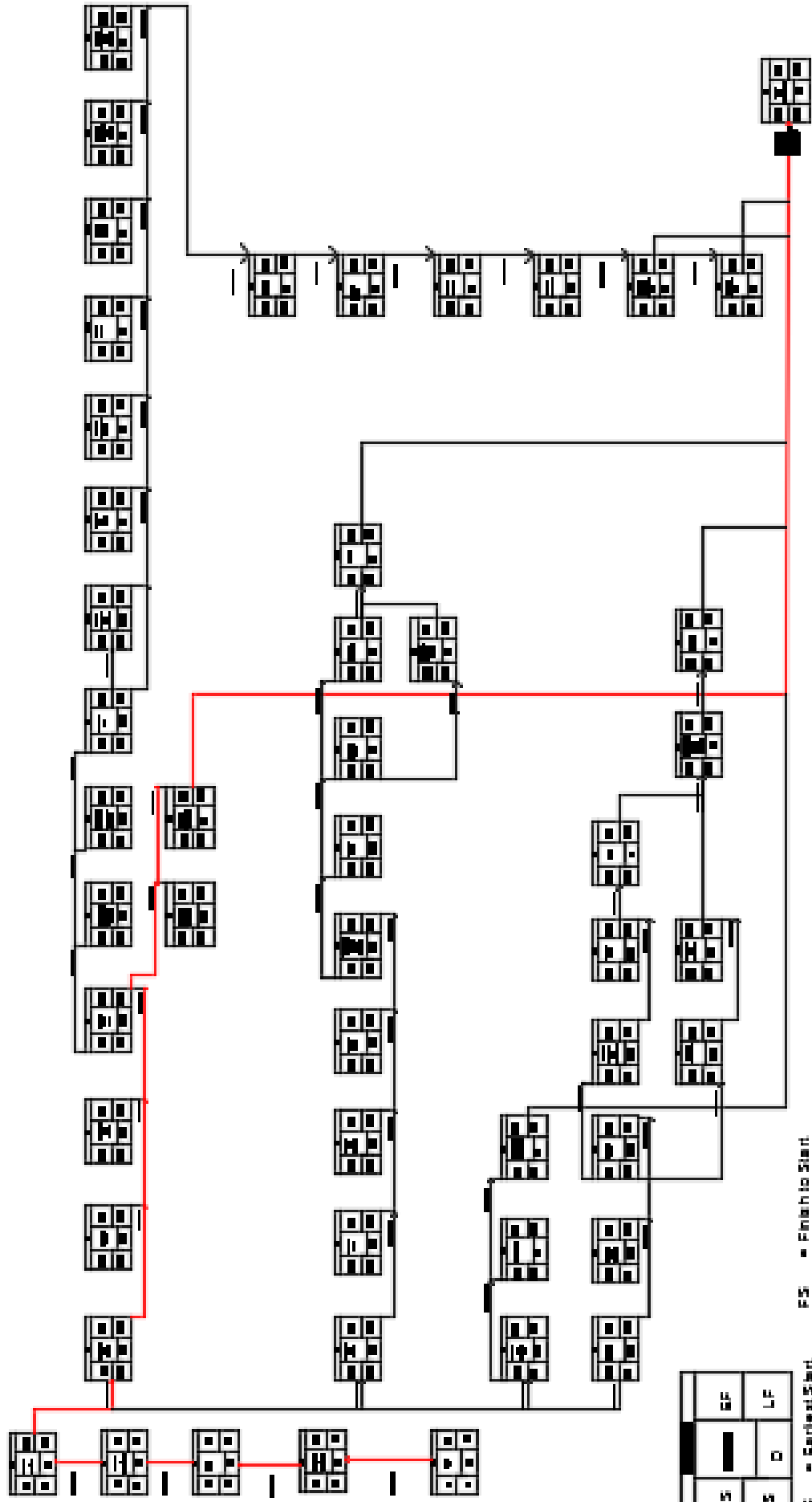
LAMPIRAN A

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
42	PEKERJAAN PROTEKSI TRESTLE			
43	Pekerjaan Tiang Pancang Baja L=53m (Steel Pipe Pile (SPP Ø=812.2 t=16mm))	203 days	Fri 04/11/16	Thu 25/05/17
44	Caping Beam	42 days	Fri 19/05/17	Thu 29/06/17
45	Pemasangan Arch Fender Anp 1000 E.3	42 days	Fri 19/05/17	Thu 29/06/17
46	PEKERJAAN PILE SLAB			
47	Pekerjaan Dredging	175 days	Fri 11/09/15	Thu 03/03/16
48	Pekerjaan Tiang Pancang	238 days	Fri 11/09/15	Thu 05/05/16
49	Pekerjaan Beton - K.450	315 days	Fri 13/11/15	Thu 22/09/16
50	Pekerjaan Perletakan Strip (Rubber Sheet) lebar 20cm tebal 2cm	105 days	Fri 29/04/16	Thu 11/08/16
51	Pekerjaan Dowel	105 days	Fri 29/04/16	Thu 11/08/16
52	Railing	7 days	Fri 12/08/16	Thu 18/08/16
53	Lapisan aus aspal beton AC-WC, asphalt concrete	35 days	Fri 23/06/17	Thu 27/07/17
54	Pekerjaan Tack Coat	35 days	Fri 28/07/17	Thu 31/08/17
55	Pekerjaan Besi Tulangan	238 days	Fri 15/01/16	Thu 08/09/16
56	Pekerjaan Erekksi Precast Slab	140 days	Fri 06/05/16	Thu 22/09/16
57	COMMISSIONING			
58	TESTING AND COMMISSIONING	56 days	Mon 06/11/16	Sun 31/12/17



LAMPIRAN B
NETWORK PLANNING PDM

PROYEK PEMBANGUNAN JETTY PADA TERMINAL MULTIPURPOSE DI KUALA TANJUNG
 NETWORK PLANNING - PDM



ES	LS	EF	LF
—	—	—	—
D			

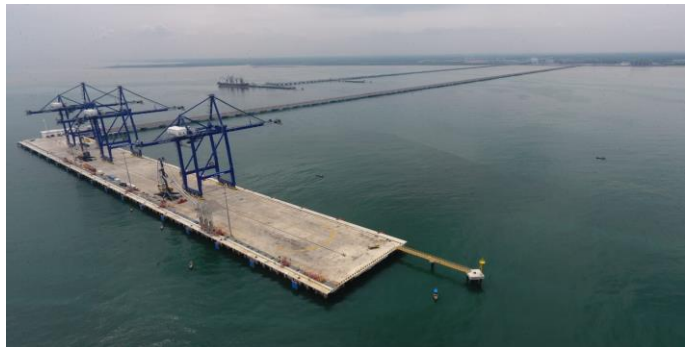
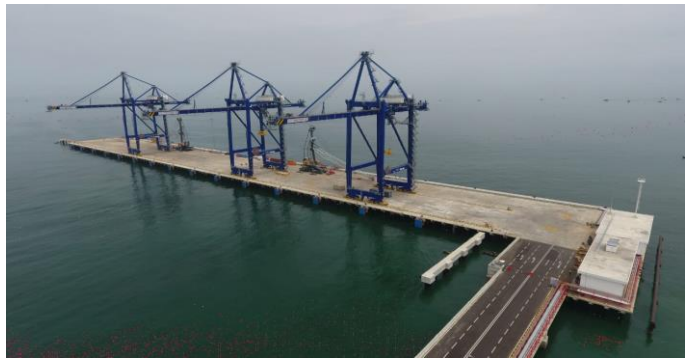
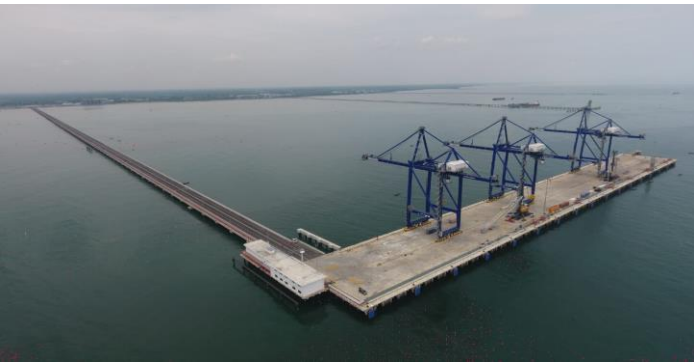
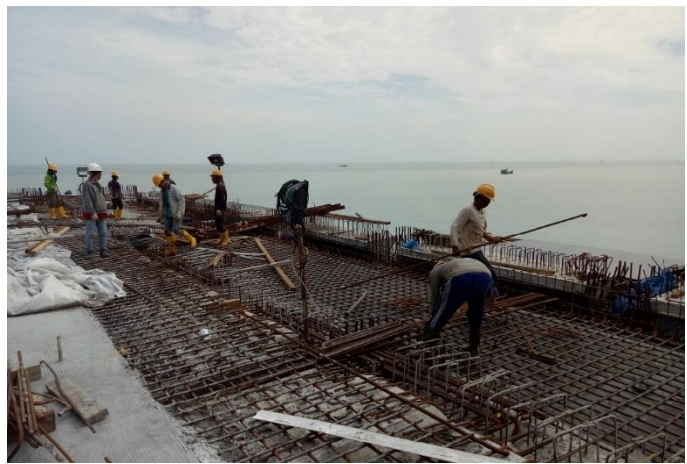
- ES = Earliest Start
- LS = Latest Start
- EF = Earliest Finish
- LF = Latest Finish
- D = Duration
- FS = Finish to Start
- FF = Finish to Finish
- SS = Start to Start
- SP = Start to Finish

LAMPIRAN C
TABEL DISTRIBUSI NORMAL KUMULATIF Z

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	5000	4960	4920	4880	4840	4801	4761	4721	4681	4641
.1	4002	4562	4522	4483	4443	4404	4364	4325	4286	4247
.2	4207	4168	4129	4090	4052	4013	3974	3936	3897	3859
.3	3821	3783	3745	3707	3669	3632	3594	3557	3520	3483
.4	3446	3409	3372	3336	3300	3264	3228	3192	3156	3121
.5	3085	3050	3015	2981	2946	2912	2877	2843	2810	2776
.6	2743	2709	2676	2643	2611	2578	2546	2514	2483	2451
.7	2420	2389	2358	2327	2297	2266	2236	2206	2177	2148
.8	2119	2090	2061	2033	2005	1977	1949	1922	1894	1867
.9	1841	1814	1788	1762	1736	1711	1685	1660	1635	1611
-1.0	1587	1562	1539	1515	1492	1469	1446	1423	1401	1379
-1.1	1357	1335	1314	1292	1271	1251	1230	1210	1190	1170
-1.2	1151	1131	1112	1093	1075	1056	1038	1020	1003	09853
-1.3	09680	09510	09342	09176	09012	08851	08691	08534	08379	08226
-1.4	08076	07927	07780	07636	07493	07353	07215	07078	06944	06811
-1.5	06681	06552	06426	06301	06178	06057	05938	05821	05705	05592
-1.6	05480	05370	05262	05155	05050	04947	04846	04746	04648	04551
-1.7	04457	04363	04272	04182	04093	04006	03920	03836	03754	03673
-1.8	03593	03515	03438	03362	03288	03216	03144	03074	03005	02938
-1.9	02872	02807	02743	02680	02619	02559	02500	024420	2385	02330
-2.0	02275	02222	02169	02113	02068	02026	01970	01923	01876	01831
-2.1	01786	01743	01700	01659	01618	01578	01539	01500	01463	01426
-2.2	01390	01355	01321	01287	01256	01222	01191	01160	01130	01101
-2.3	01072	01044	01017	0 ⁹ 9903	0 ⁹ 9642	0 ⁹ 9387	0 ⁹ 9137	0 ⁹ 8894	0 ⁹ 8656	0 ⁹ 8424
-2.4	0 ⁸ 8198	0 ⁷ 9796	0 ⁷ 9760	0 ⁷ 9549	0 ⁷ 9344	0 ⁷ 9143	0 ⁷ 8947	0 ⁷ 8756	0 ⁷ 8569	0 ⁷ 8387
-2.5	0 ⁷ 6210	0 ⁷ 6037	0 ⁷ 5868	0 ⁷ 5703	0 ⁷ 5543	0 ⁷ 5386	0 ⁷ 5234	0 ⁷ 5085	0 ⁷ 4940	0 ⁷ 4799
-2.6	0 ⁷ 4661	0 ⁷ 4527	0 ⁷ 4396	0 ⁷ 4269	0 ⁷ 4145	0 ⁷ 4025	0 ⁷ 3907	0 ⁷ 3793	0 ⁷ 3681	0 ⁷ 3573
-2.7	0 ⁷ 3467	0 ⁷ 3364	0 ⁷ 3264	0 ⁷ 3167	0 ⁷ 3072	0 ⁷ 2980	0 ⁷ 2890	0 ⁷ 2803	0 ⁷ 2718	0 ⁷ 2635
-2.8	0 ⁷ 2555	0 ⁷ 2477	0 ⁷ 2401	0 ⁷ 2327	0 ⁷ 2256	0 ⁷ 2186	0 ⁷ 2118	0 ⁷ 2052	0 ⁷ 1988	0 ⁷ 1926
-2.9	0 ⁷ 1866	0 ⁷ 1807	0 ⁷ 1750	0 ⁷ 1695	0 ⁷ 1641	0 ⁷ 1589	0 ⁷ 1538	0 ⁷ 1489	0 ⁷ 1441	0 ⁷ 1395
-3.0	0 ⁷ 1350	0 ⁷ 1306	0 ⁷ 1264	0 ⁷ 1223	0 ⁷ 1183	0 ⁷ 1144	0 ⁷ 1107	0 ⁷ 1070	0 ⁷ 1035	0 ⁷ 1001
-3.1	0 ⁷ 9676	0 ⁷ 9354	0 ⁷ 9043	0 ⁷ 8740	0 ⁷ 8447	0 ⁷ 8164	0 ⁷ 7888	0 ⁷ 7622	0 ⁷ 7364	0 ⁷ 7114
-3.2	0 ⁷ 6871	0 ⁷ 6637	0 ⁷ 6410	0 ⁷ 6190	0 ⁷ 5976	0 ⁷ 5770	0 ⁷ 5571	0 ⁷ 5377	0 ⁷ 5190	0 ⁷ 5009
-3.3	0 ⁷ 4834	0 ⁷ 4665	0 ⁷ 4501	0 ⁷ 4342	0 ⁷ 4189	0 ⁷ 4041	0 ⁷ 3897	0 ⁷ 3758	0 ⁷ 3624	0 ⁷ 3495
-3.4	0 ⁷ 3369	0 ⁷ 3248	0 ⁷ 3131	0 ⁷ 3018	0 ⁷ 2909	0 ⁷ 2803	0 ⁷ 2701	0 ⁷ 2602	0 ⁷ 2507	0 ⁷ 2415
-3.5	0 ⁷ 2326	0 ⁷ 2241	0 ⁷ 2156	0 ⁷ 2078	0 ⁷ 2001	0 ⁷ 1926	0 ⁷ 1854	0 ⁷ 1785	0 ⁷ 1718	0 ⁷ 1653
-3.6	0 ⁷ 1591	0 ⁷ 1531	0 ⁷ 1473	0 ⁷ 1417	0 ⁷ 1363	0 ⁷ 1311	0 ⁷ 1261	0 ⁷ 1213	0 ⁷ 1166	0 ⁷ 1121
-3.7	0 ⁷ 1078	0 ⁷ 1036	0 ⁷ 9961	0 ⁷ 9574	0 ⁷ 9201	0 ⁷ 8842	0 ⁷ 8496	0 ⁷ 8162	0 ⁷ 7841	0 ⁷ 7532
-3.8	0 ⁷ 7235	0 ⁷ 6948	0 ⁷ 6673	0 ⁷ 6407	0 ⁷ 6152	0 ⁷ 5906	0 ⁷ 5669	0 ⁷ 5442	0 ⁷ 5223	0 ⁷ 5012
-3.9	0 ⁷ 4810	0 ⁷ 4615	0 ⁷ 4427	0 ⁷ 4247	0 ⁷ 4074	0 ⁷ 3908	0 ⁷ 3747	0 ⁷ 2594	0 ⁷ 3446	0 ⁷ 3304
-4.0	0 ⁷ 3167	0 ⁷ 3036	0 ⁷ 2910	0 ⁷ 2789	0 ⁷ 2673	0 ⁷ 2561	0 ⁷ 2454	0 ⁷ 2351	0 ⁷ 2252	0 ⁷ 2157
-4.1	0 ⁷ 2066	0 ⁷ 1987	0 ⁷ 1894	0 ⁷ 1814	0 ⁷ 1737	0 ⁷ 1662	0 ⁷ 1591	0 ⁷ 1523	0 ⁷ 1458	0 ⁷ 1395
-4.2	0 ⁷ 1335	0 ⁷ 1277	0 ⁷ 1222	0 ⁷ 1168	0 ⁷ 1118	0 ⁷ 1069	0 ⁷ 1022	0 ⁷ 9774	0 ⁷ 9345	0 ⁷ 8934
-4.3	0 ⁷ 8540	0 ⁷ 8163	0 ⁷ 7801	0 ⁷ 7455	0 ⁷ 7124	0 ⁷ 6807	0 ⁷ 6503	0 ⁷ 6212	0 ⁷ 5934	0 ⁷ 5668
-4.4	0 ⁷ 5413	0 ⁷ 5169	0 ⁷ 4935	0 ⁷ 4712	0 ⁷ 4498	0 ⁷ 4294	0 ⁷ 4098	0 ⁷ 3911	0 ⁷ 3732	0 ⁷ 3561
-4.5	0 ⁷ 3398	0 ⁷ 3241	0 ⁷ 3092	0 ⁷ 2949	0 ⁷ 2813	0 ⁷ 2682	0 ⁷ 2558	0 ⁷ 2439	0 ⁷ 2325	0 ⁷ 2216
-4.6	0 ⁷ 2112	0 ⁷ 2013	0 ⁷ 1919	0 ⁷ 1828	0 ⁷ 1742	0 ⁷ 1660	0 ⁷ 1581	0 ⁷ 1506	0 ⁷ 1434	0 ⁷ 1368
-4.7	0 ⁷ 1301	0 ⁷ 1239	0 ⁷ 1179	0 ⁷ 1123	0 ⁷ 1069	0 ⁷ 1017	0 ⁷ 9680	0 ⁷ 9211	0 ⁷ 8765	0 ⁷ 8339
-4.8	0 ⁷ 7933	0 ⁷ 7545	0 ⁷ 7178	0 ⁷ 6827	0 ⁷ 6492	0 ⁷ 6173	0 ⁷ 5869	0 ⁷ 5580	0 ⁷ 5304	0 ⁷ 5042
-4.9	0 ⁷ 4792	0 ⁷ 4554	0 ⁷ 4327	0 ⁷ 4111	0 ⁷ 3906	0 ⁷ 3711	0 ⁷ 3525	0 ⁷ 3348	0 ⁷ 3179	0 ⁷ 3019

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7703	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9014
1.3	.9032	.9049	.9065	.9082	.9098	.9114	.9130	.9146	.9161	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9250	.9264	.9278	.9292	.9306	.9319
1.5	.9333	.9347	.9361	.9374	.9388	.9401	.9415	.9428	.9441	.9454
1.6	.9467	.9480	.9493	.9506	.9519	.9531	.9544	.9557	.9569	.9581
1.7	.9593	.9605	.9617	.9629	.9641	.9653	.9665	.9677	.9688	.9700
1.8	.9711	.9723	.9734	.9746	.9757	.9768	.9779	.9790	.9801	.9812
1.9	.9823	.9834	.9845	.9856	.9867	.9878	.9889	.9899	.9910	.9920
2.0	.9931	.9941	.9951	.9961	.9971	.9981	.9990	.9999		
2.1										
2.2										
2.3										
2.4										
2.5										
2.6										
2.7										
2.8										
2.9										
3.0										
3.1										
3.2										
3.3										
3.4										
3.5										
3.6										
3.7										
3.8										
3.9										
4.0										
4.1										
4.2										
4.3										
4.4										
4.5										
4.6										
4.7										
4.8										
4.9										

LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PROYEK



BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Penulis terlahir dengan nama Dowglas Levy Sumihar Malau pada tanggal 15 April 1997 di Bekasi. Penulis merupakan Anak ke-4 dari 5 bersaudara. Penulis telah menempuh jenjang pendidikan formal di SD Santa Maria Monica, kemudian melanjutkan ke SMPK 5 BPK PENABUR Jakarta, selanjutnya ke SMAK 7 BPK PENABUR Jakarta. Pada pertengahan tahun 2015 Penulis diterima sebagai mahasiswa Insititut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya, pada Departemen Teknik Kelautan melalui jalur SBMPTN dengan NRP 04311540000079. Selama proses perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi yang berada pada lingkup kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis tercatat sebagai panitia di beberapa acara yaitu PETROLIDA, OCEANO, IPEE, dan Com-Reach SPE. Penulis juga aktif dalam organisasi SPE. Dalam bidang keprofesian, penulis telah menjalani 2 bulan masa kerja praktik di PT Pertamina Persero pada divisi *Underwater Services*. Penulis mengakhiri 4 tahun masa perkuliahannya dengan menulis Tugas Akhir yang berjudul Analisa Percepatan Waktu pada Proyek Pembangunan Jetty Terminal *Multipurpose* di Kuala Tanjung.

Kontak

e-mail : levy.malau@gmail.com

Phone Number : +62 81317503605

