



TUGAS AKHIR - MO141326

ANALISIS PERCEPATAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE CPM DAN PERT PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA PELABUHAN TANJUNG PRIOK

EIGAR LAMGOK TARDOK

NRP. 043 1144 0000 057

Dosen Pembimbing :

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

Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

2018



FINAL PROJECT - MO141326

TIME ACCELERATION ANALYSIS OF DOCK PROJECT IN PORT OF TANJUNG PRIOK USING CPM AND PERT METHODS

EIGAR LAMGOK TARDOK

NRP. 043 1144 0000 057

Supervisors :

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

Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Fakultas Of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERCEPATAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE CPM DAN PERT PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA PELABUHAN TANJUNG PRIOK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

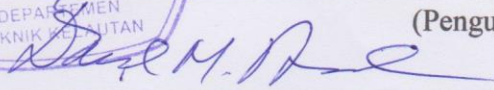
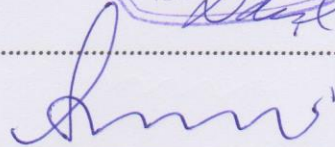
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Eigar Lamgok Tardok ✓

NRP. 04311440000057

Disetujui oleh:

- | | | |
|--|--|----------------|
| 1. Silvianita., S.T., M.Sc., Ph.D |  | (Pembimbing 1) |
| 2. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi., S.T., M.Sc |  | (Pembimbing 2) |
| 3. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. |  | (Penguji 1) |
| 4. Prof. Ir. Soegiono |  | (Penguji 2) |
| 5. Agro Wisudawan, S.T., M.T. |  | (Penguji 3) |
| 6. Shade S.T., M.T., Ph.D |  | (Penguji 4) |

SURABAYA, JULI 2018

**ANALISIS PERCEPATAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE CPM
DAN PERT PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA TANJUNG
PRIOK**

Nama : Eigar Lamgok Tardok
NRP : 04311440000057
Departemen : Teknik Kelautan – FTK ITS
Dosen Pembimbing : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc

ABSTRAK

Pelabuhan Tanjung Priok merupakan pelabuhan yang paling sibuk dan besar di Indonesia. Untuk itu pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok sangat penting untuk selesai tepat waktu atau lebih cepat dan tidak mengalami keterlambatan. Dalam tugas akhir ini dilakukan analisis percepatan proyek dengan menggunakan metode penjadwalan *Critical Path Method* untuk mengetahui aktivitas-aktivitas yang berada di lintasan kritis dan *Program Evalution and Review Technique* untuk mengetahui probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu. Berdasarkan anilisis yang dilakukan bahwa durasi CPM adalah 427 hari dengan probabilitas dapat selesai dalam 427 hari adalah 81,56%. Dan untuk analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* diketahui bahwa durasi optimal proyek adalah 385 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 405.585.761,29 pada penambahan 1 jam lembur.

Kata Kunci : *Critical Path Method*, Dermaga ,Percepatan, *Program Evaluation and Review Technique*, *Time Cost Trade Off*

TIME ACCELERATION ANALYSIS OF DOCK PROJECT IN PORT OF TANJUNG PRIOK USING CPM AND PERT METHODS

Name : Eigar Lamgok Tardok
NRP : 04311440000057
Department : Ocean Engineering – FTK ITS
Supervisors : Silvianita., S.T., M.Sc., Ph.D
Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc

ABSTRACT

Port of Tanjung Priok is the busiest and largest port in Indonesia. Therefore, the dock construction in Port of Tanjung Priok is very important to finish on time or faster and not sustain late. This final assignment analyses the project time acceleration using CPM scheduling method to identify activities that in the critical path and Program Evaluation and Review Technique method to find out the project probability can finish on time. Based on the results using CPM and PERT in this research, this project can complete in 427 days with 81,56 % probability. And from the acceleration project duration analysis using the Time-Cost Trade-Off method known that the optimal duration of the project is 385 days with Rp. 405.585.761,29 cost reduction on added 1 hours of overtime.

Keywords: Acceleration, Critical Path Method, Dock , Program Evaluation and Review Technique, Time Cost Trade Off

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode *CPM* dan *PERT* pada Proyek Pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok. Tugas Akhir ini disusun guna untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana S-1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Laporan Tugas Akhir ini berisi tentang bagaimana cara melakukan percepatan durasi proyek pembangunan dermaga guna tidak mengalami keterlambatan. Penulis berharap dengan selesainya tugas akhir ini dapat membantu dan sebagai referensi berbagai pihak yang ingin mengetahui lebih tentang manajemen proyek. Penulis merasa bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari sempurna. Maka dari itu penulis memohon maaf dan mengharapkan saran dan kritik yang sebanyak-banyaknya dari berbagai pihak.

Surabaya, Juli 2017

Eigar Lamgok Tardok

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyusun Tugas Akhir ini, penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis agar terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu dan membimbing penulis. Ucapan terima kasih penulis disampaikan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi berkat dan karunia-Nya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
2. Ibu dan Bapak penulis yang telah memberi dukungan dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir
3. Abang dan Adik penulis yang telah memberi dukungan kepada penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir i
4. Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D sebagai dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
5. Bapak Dr.Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc yang telah bersedia sebagai dosen pembimbing II penulis dan memberikan banyak petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
6. Bapak Marthen H. Mekel yang telah bersedia memberikan berbagai bantuan dan referensi kepada penulis guna menyelesaikan tugas akhir
7. Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T., sebagai ketua departemen Teknik Kelautan FTK ITS, Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc sebagai dosen wali penulis serta seluruh dosen, staff dan karyawan yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan di Departemen Teknik Kelautan.
8. Para penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan saran dan evaluasi kepada penulis guna laporan tugas akhir dapat tersusun dengan sebaik-baiknya

9. Teman-teman satu kontrakan penulis yang telah banyak memberi motivasi dan dukungan kepada penulis dalam perkuliahan dan penyusunan tugas akhir
10. Keluarga Besar MAELSTROM 2014 (mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS angkatan 2014) yang telah menemani, membantu, dan mendukung penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan penyusunan tugas akhir
11. Seluruh pihak yang terlibat terhadap penulis selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Definisi Proyek	6
2.2.2. <i>Work Breakdown Structure</i> (Struktur Pecahan Kerja)	7
2.2.3. Batasan Proyek.....	7
2.2.4. Macam Proyek	8
2.2.5. Manajemen Proyek	9
2.2.6. <i>Network Planning</i> (Diagram Kerja)	9
2.2.7. Activity On Node dan Activity On Arrow	11
2.2.8. Metode <i>CPM</i> (<i>Critical Path Method</i>)	14
2.2.9. Menghitung waktu Slack / Float dan Mengidentifikasi Jalur Kritis	15
2.2.10. Metode <i>PERT</i>	15
2.2.11. Langkah-Langkah Dalam Menggunakan Metode <i>CPM</i> dan <i>PERT</i>	16
2.2.12. Persamaan dan Perbedaan Metode <i>CPM</i> dan <i>PERT</i>	16
2.2.13. Biaya Langsung.....	17

2.2.14.	Biaya Tidak Langsung	17
2.2.15.	Analisis dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	17
2.2.16.	Dermaga	18
2.2.17.	Dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1.	Diagram Alir Penelitian	21
3.2.	Prosedur Penelitian	23
3.2.1.	Studi Literatur	23
3.2.2.	Pengumpulan Data	23
3.2.3.	Analisis Data Menggunakan Metode <i>CPM</i> serta Menentukan Aktivitas Kritisnya	24
3.2.4.	Analisis Menggunakan Metode <i>PERT</i>	24
3.2.5.	Menentukan Probabilitas.....	24
3.2.5.	Analisis Menggunakan Metode <i>TCTO</i>	25
3.2.6.	Hasil Analisis Biaya Untuk Percepatan Durasi.....	25
3.2.7.	Kesimpulan	25
BAB IV ANALISIS DAATA DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Data Penjadwalan Proyek	27
4.1.2	Data Penjadwalan Proyek dengan Microsoft Project.....	30
4.2.	Analisis Critical Path Method	31
4.2.1.	Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan.....	32
4.2.2.	Menentukan Waktu Penyelesaian Proyek	33
4.2.3.	Perhitungan Maju (Forward Pass).....	34
4.2.4.	Perhitungan Mundur (Backward Pass).....	35
4.2.5	Menghitung Total Float Pada Proyek	37
4.2.6	Menentukan Kegiatan yang Berada di Jalur Kritis	39
4.3.	Analisis Menggunakan Metode <i>PERT</i>	39
4.3.1	Menentukan Nilai TE.....	41
4.3.2.	Perhitungan Nilai Standard Deviasi dan Varians.....	43
4.4.	Analisis dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	45
4.4.1.	Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)	45
4.4.2.	Analisis <i>Crash Duration</i>	47
4.4.3.	Perhitungan Biaya	52
4.4.3.1.	Biaya Crashing.....	52
4.4.3.2.	Biaya Langsung dan Tidak Langsung.....	56

4.4.4. Durasi Optimal Proyek.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	
BIODADTA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Durasi Kerja.....	27
Tabel 4. 2 Durasi Kerja (Lanjutan)	28
Tabel 4. 3 Durasi Kerja (Lanjutan)	29
Tabel 4. 4 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan	32
Tabel 4. 5 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan	33
Tabel 4. 6 Perhitungan Maju.....	34
Tabel 4. 7 Perhitungan Maju (Lanjutan)	35
Tabel 4. 8. Perhitungan Mundur	35
Tabel 4. 9. Perhitungan Mundur (Lanjutan)	36
Tabel 4. 10. Perhitungan Mundur (Lanjutan)	37
Tabel 4. 11. Perhitungan Nilai Float	37
Tabel 4. 12. Perhitungan Nilai Float (Lanjutan)	38
Tabel 4. 13 Kegiatan yang Berada di Jalur Kritis	39
Tabel 4. 14. Estimasi Waktu pada metode PERT	39
Tabel 4. 15. Estimasi Waktu pada metode PERT (Lanjutan)	40
Tabel 4. 16. Nilai TE (Waktu yang Diharapkan).....	41
Tabel 4. 17. Nilai TE (Waktu yang Diharapkan).....	42
Tabel 4. 18. Nilai Standard Deviasi dan Varians.....	43
Tabel 4. 19. Upah Pekerja Perhari dan Perjam	46
Tabel 4. 20. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur.....	49
Tabel 4. 21. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur (Lanjutan)	50
Tabel 4. 22. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur.....	50
Tabel 4. 23. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur (Lanjutan)	51
Tabel 4. 24. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur.....	51
Tabel 4. 25. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur (Lanjutan)	52
Tabel 4. 26. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 1 jam lembur	53
Tabel 4. 27. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 1 jam lembur (Lanjutan) ..	54
Tabel 4. 28. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 2 jam lembur	54
Tabel 4. 29. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 2 jam lembur (Lanjutan)..	55
Tabel 4. 30. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 3 jam lembur	55
Tabel 4. 31. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 3 jam lembur	56
Tabel 4. 32. Perhitungan Biaya Normal.....	57
Tabel 4. 33. Perhitungan Biaya Normal (Lanjutan).....	58
Tabel 4. 34. Perhitungan Biaya Normal (Lanjutan).....	59
Tabel 4. 35. Perhitungan biaya akibat 1 jam lembur.....	59
Tabel 4. 36. Perhitungan biaya akibat 1 jam lembur (Lanjutan).....	60
Tabel 4. 37. Perhitungan Biaya akibat 2 jam lembur	60
Tabel 4. 38. Perhitungan Biaya akibat 2 jam lembur (Lanjutan)	61
Tabel 4. 39. Perhitungan Biaya akibat 3 jam lembur	61
Tabel 4. 40. Perhitungan Biaya akibat 3 jam lembur (Lanjutan)	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Peta Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.....	1
Gambar 2. 1 Anak Panah	11
Gambar 2. 2. Event/ Node.....	11
Gambar 2. 3. Perbandingan antara Koveniensi AON dan AOA.....	13
Gambar 2. 4. Hubungan ketergantungan dengan memakai dummy	14
Gambar 2. 5. Bentuk Dermaga Jenis Quay/Wharf.....	19
Gambar 2. 7. Bentuk Dermaga Jenis Jetty.....	19
Gambar 2. 7 Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4. 1 Penjadwalan Proyek menggunakan MS. Project.....	30
Gambar 4. 2. Distribusi normal kumulatif Z.....	44
Gambar 4. 3 Hubungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung	63
Gambar 4. 4. Grafik Perbandingan Biaya Langsung	64
Gambar 4. 5. Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung	64
Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan Biaya Total.....	65

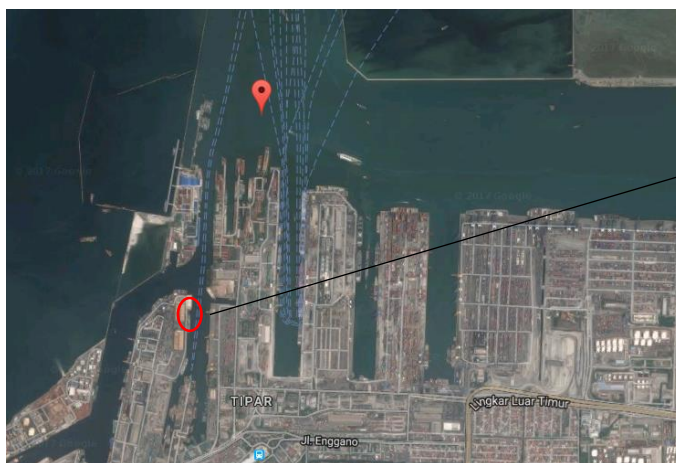
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pelabuhan merupakan suatu daerah perairan yang terlindung dari gelombang dan digunakan sebagai tempat berlabuhnya kapal maupun kendaraan air lainnya yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan penumpang, barang maupun hewan, reparasi, pengisian bahan bakar dan lain sebagainya yang dilengkapi dengan dermagatempat menambatkan kapal, kran-kran untuk bongkar muat barang, gudangtransito, serta tempat penyimpanan barang dalam waktu yang lebih lama, sementara menunggu penyaluran ke daerah tujuan atau pengapalan selanjutnya (Triadmojo, 1992).

Pelabuhan Tanjung Priok sendiri merupakan pelabuhan yang paling sibuk dan besar di Indonesia. Oleh karena itu pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok merupakan prioritas pemerintah Indonesia. Pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok sangat berpengaruh bagi ekonomi Indonesia, dikarenakan pelabuhan ini merupakan gerbang utama masuknya barang ekspor-impor maupun barang antar pulau di Indonesia. Untuk itu pemerintah Indonesia telah merencanakan banyak proyek pembangunan dermaga, salah satunya adalah dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok.



Dermaga “X”
Pelabuhan
Tanjung Priok

Sumber: www.google.com (diolah kembali)

Gambar 1. 1. Peta Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok

Proyek pembangunan konstruksi membutuhkan waktu yang memadai untuk menyelesaikannya. Dalam hal ini dibutuhkan banyak pemikiran untuk memilih metode agar proyek pembangunan suatu konstruksi dapat selesai tepat waktu. Dalam pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan hal penting bagi ekonomi rakyat Indonesia, terdapat banyak faktor yang membuat pembangunan mengalami keterlambatan. Oleh karena itu, dibutuhkan peran para manajer proyek agar pemanfaatan sumber daya dapat dilakukan semaksimal mungkin.

Dalam suatu proyek pembangunan perencanaan kegiatan- kegiatan merupakan suatu aspek yang sangat penting untuk menghindari keterlambatan. Dalam melakukan perencanaan kegiatan-kegiatan beberapa metode telah dikembangkan salah satunya adalah *Network Planning*. Menggunakan metode *Network Planning* sangat membantu dalam melakukan perencanaan pekerjaan yang kompleks seperti pada proyek pembangunan dermaga. Untuk itu diperlukan perencanaan dan penjadwalan yang matang agar pengerjaan proyek dapat dilakukan dengan efisien dan efektif mungkin. Dalam melakukan perencanaan kegiatan pekerjaan proyek, melakukan percepatan durasi proyek pada perencanaan awal merupakan suatu aspek yang penting juga untuk menghindari keterlambatan.

Dalam melakukan penjadwalan *Network Planning* terdapat banyak metode. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penjadwalan *CPM* dan *PERT* untuk meneliti proyek pembangunan Dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok. Dan untuk percepatan durasi proyek penulis menggunakan metode *Time Cost Trade Off*.

Mengingat pentingnya melakukan penjadwalan dan percepatan yang baik pada proyek pembangunan Dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode *CPM* dan *PERT* pada Proyek Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok”.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Aktivitas-aktivitas mana saja yang berada pada lintasan kritis ?
2. Berapa probabilitas proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok bisa selesai tepat waktu?
3. Berapa durasi optimal proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok dengan dilakukan percepatan?

1.3. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak pihak yang terkait seperti :

1. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menambah wawasan baru bagi mahasiswa khususnya akedimisi tentang analisa percepatan suatu proyek.
2. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menambah wawasan baru tentang analisa suatu proyek dengan menggunakan metode *CPM* dan *PERT* bagi mahasiswa dan khususnya akedimisi.
3. Dapat memberikan rekomendasi kepada perusahaan dalam proyek pembangunan dermaga untuk lebih mengetahui cara mengoptimalkan waktu pelaksanaan proyek.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data waktu dan biaya pekerjaan sesuai dengan yang tercantum pada data kurva S dan RAB dari perusahaan.
2. Penelitian dibatasi pada kinerja waktu dan biaya
3. Tidak membahas detail struktur dermaga
4. Percepatan waktu menggunakan alternatif penambahan jam lembur
5. Tidak membahas pekerjaan area penumpukan

1.5. Sistematika Penulisan

1. Bab I Pendahuluan

Menjelaskan mengenai latar belakang masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. Bab II Dasar Teori dan Tinjauan Pustaka

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

3. Bab III Metodologi

Menjelaskan mengenai metode penelitan, prosedur penelitian serta uraian mengenai tahap-tahap pekerjaan yang dilakukan penulis dalam mengerjakan tugas akhir

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Membahas permasalahan pada tugas akhir dan menganalisis data-data yang didapatkan sehingga dapat memperoleh hasil yang diinginkan

5. Bab V Penutup

Menjelaskan mengenai kesimpulan akhir penelitian dan saran-saran yang direkomendasikan berdasarkan hasil anilisis yang dilakukan untuk perbaikan proses pengujian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Percepatan durasi proyek merupakan suatu cara untuk mempercepat waktu proyek selesai dari waktu awal yang ditetapkan dengan menambahkan sumber daya pada proyek dengan biaya yang sekecil mungkin. Percepatan proyek dilakukan biasanya oleh kontraktor untuk mengatasi keterlambatan yang disebabkan oleh banyak faktor. Pada penelitian ini metode digunakan untuk percepatan proyek adalah *Time Cost Trade Off* , sedangkan metode untuk penjadwalan proyek adalah metode *CPM* dan *PERT*.

Penelitian tentang percepatan proyek dengan penjadwalan menggunakan metode *CPM* dan *PERT* sudah banyak dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Febriyanto (2011) dalam penelitiannya tentang Penggunaan Analisis *CPM* dan *PERT System* Sebagai Peningkatan Efisiensi Proyek (Studi Kasus CV.XYZ) membuat kesimpulan bahwa waktu yang dikerjakan proyek pembuatan batik tulis tradisional menjadi lebih singkat dari 449.5 jam menjadi 367 jam, dan untuk batik cap dari 60,5 jam menjadi 48,5 jam. Hal ini menunjukkan efisiensi waktu dan proyek dapat lebih ditingkatkan.

Andi (2015) dalam judulnya Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode *TCTO* (*Time Cost Trade Off*) pada proyek pembangunan Pasar Peting Serang Banten mendapatkan hasil percepatan proyek hingga maksimum yaitu 159 hari atau tanpa ada keterlambatan mengeluarkan biaya yang lebih sedikit yaitu Rp.6.727.075.874,40 daripada percepatan optimu yaitu 182 hari dengan keterlambatan 23 hari sebesar Rp. 6.848.751.591,98.

Ricky (2016), dalam penelitiannya yang berjudul Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode *TCTO* pada proyek bangunan rawat inap kelas III dan parkir RSUD Dr. Moerwardi berkesimpulan bahwa dengan penambahan jam kerja lembur durasi proyek menjadi 148 hari yang mengakibatkan bertambahnya biaya proyek karena jam kerja lembur sebesar Rp. 34.753.437,50 sehingga biaya proyek bertambah dari Rp. 17.316.776.877,83 menjadi Rp. 17.318 .326.252,83.

M. Arsyanshah Alwi (2016), dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Penerapan Sistem Penjadwalan *CPM*, *PERT*, dan *LOB* pada Penjadwalan Proyek Pembangunan Kantor PT. Jasa Asuransi Indonesia mendapatkan hasil perhitungan dengan metode *CPM* durasi keseluruhan kegiatan proyek adalah 182 hari dan dengan metode *PERT* didapatkan hasil probabilitas keberhasilan selesainya proyek dengan durasi 182 hari hanya 25,46%.

Heri Kiswanto (2012), melakukan penelitian yang berjudul Analisis *Network* Dalam Perencanaan Dan Pengawasan Proses Produksi Benang TR45 pada PT. Delta Dunia Textile di Karanganyar berkesimpulan waktu yang diharapkan dengan metode *PERT* yaitu 446,9 menit sedangkan menggunakan metode *CPM* yaitu 448,2 menit.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Definisi Proyek

Pekerjaan yang secara di desain dan dirancang untuk mencapai tujuan tertentu oleh suatu perusahaan atau perseorangan pada umumnya sudah disebut proyek. Menurut Heizer dan Render (2014), bahwa suatu proyek ialah suatu deretan tugas yang diarahkan kepada suatu hasil utama.

Menurut Herjanto (2007) menyatakan proyek meliputi tugas-tugas tertentu yang dirancang secara khusus dengan hasil dan waktu yang telah ditentukan.

Schwalbe yang diterjemahkan oleh Dimyati & Nurjaman (2014) menerangkan bahwa proyek merupakan suatu usaha yang bersifat sementara untuk menciptakan produk atau layanan yang unik. Pada umumnya, proyek melibatkan beberapa orang yang saling berketerkaitan aktivitasnya dan sponsor utama proyek umumnya tertarik dalam penggunaan sumber daya yang efektif untuk menuntaskan proyek secara efisien dan tepat waktu.

Sedangkan menurut Dipohusod (1996). Proyek adalah suatu usaha yang terorganisir untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan.

Setelah mendapatkan berbagai pengertian proyek menurut para ahli dapat disimpulkan bahwa proyek adalah suatu pekerjaan yang sudah direncanakan dengan baik untuk mencapai tujuan tertentu dengan suatu periode waktu yang ditetapkan.

2.2.2. *Work Breakdown Structure* (Struktur Pecahan Kerja)

Menurut Heizer & Render (2014) Struktur pecahan kerja menjeleaskan proyek dengan membaginya menjadi subkomponen (atau tugas) utama, yang kemudian dibagi ke dalam komponen yang lebih detail , dan akhirnya menjadi seperangkat kegiatan dan biaya yang terkait.

Struktur pecahan kerja pada dasarnya menurun dalam ukuran dari atas ke bawah dan dimaksudkan seperti ini

1. Tingkat Proyek
2. Tugas-tugas utama pada proyek
3. Subtugas-subtugas pada tugas utama
4. Kegiatan (atau “paket kerja”) yang harus diselesaikan

Santosa (2008) juga memaparkan bahwa pemecahan ini memudahkan pembuatan penjadwalan proyek dan estimasi ongkos serta menentukan siapa yang harus bertanggung jawab. Sampai sejauh mana pedoman harus dipecah tidak ada pedoman yang baku. Sejauh pekerjaan itu sudah cukup mudah dilaksanakan, dapat ditentukan waktu penyelesaiannya, sumber daya apa yang diperlukan dan biaya yang diperlukan dapat dihitung, itu berarti sudah cukup memadai.

Dari pendapat para ahli diatas dapat diketahui bahwa *WBS* adalah suatu alat manajemen proyek yang digunakan untuk membagi suatu proyek kedalam suatu rincian kegiatan

2.2.3. Batasan Proyek

Menurut Schwalbe (2006) setiap proyek memiliki batasan yang berbeda terhadap ruang lingkup, waktu, dan biaya yang biasanya disebut sebagai triple constraint (3 kendala). Setiap perencana pekerjaan proyek harus memperhatikan ketiga hal tersebut dalam manajemen proyek :

1. Ruang lingkup (scope) : apa yang ingin dicapai dalam proyek produk atau layanan apa yang pelanggan harapkan dari proyek tersebut ?
2. Waktu (time): berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek?bagaimana jadwal kegiatan proyek akan dilaksanakan ?
3. Biaya (cost): berapa biaya yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan proyek ?

Ketiga batasan yang nyatakan oleh Schwalbe memiliki hubungan yang berkaitan. Artinya jika ingin meningkatkan daya kerja produk atau tujuan dalam proyek yang sudah disepakati oleh kontrak biasanya harus diikuti dengan meningkatkan waktu. Dengan meningkatnya waktu proyek, pastinya juga terjadi peningkatan biaya. Dan juga sebaliknya, jika ingin menghemat biaya harus berkompromi dengan tujuan proyek atau waktu.

2.2.4. Macam Proyek

Macam-macam proyek menurut R.D. Achibalt (1976)

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
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 diversifikasi 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

2.2.5. Manajemen Proyek

H. Kerzner (dikutip oleh Soeharto, 1999) menyatakan, melihat dari wawasan manajemen, bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang ditentukan.

Ervianto (2002) menyatakan bahwa manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal(gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

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.

2.2.6. Network Planning (Diagram Kerja)

Menurut Gray dan Larson (2006) network planning adalah alat yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengendalikan kemajuan proyek. Diagram jaringan ini merupakan metode yang dianggap mampu

menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan, yang pada giliran selanjutnya dapat dipakai untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan .

Berikut ini beberapa istilah yang digunakan untuk membangun jaringan proyek (Gray dan Larson, 2006):

1. Aktivitas (activity)
Merupakan sebuah elemen proyek yang memerlukan waktu.
2. Aktivitas Gabungan
Merupakan sebuah aktivitas yang memiliki lebih dari satu aktivitas yang mendahuluinya (lebih dari satu anak panah ketergantungan).
3. Aktivitas paralel
Merupakan aktivitas yang terjadi pada saat yang sama atau aktivitas yang dapat terjadi selagi aktivitas ini terjadi.
4. Jalur
Sebuah urutan dari berbagai aktivitas yang berhubungan dan tergantung
5. Predecessor
Aktivitas pendahulu
6. Successor
Aktivitas pengganti atau aktivitas yang mengikuti aktivitas ini.
7. Jalur kritis
Jalur terpanjang pada jaringan. Jika sebuah aktivitas pada jalur ditunda, proyek juga tertunda untuk waktu yang bersamaan
8. Aktivitas menggelembung
Aktivitas ini mempunyai lebih dari satu aktiivitas yang mengikuti (lebih dari satu anak panah ketergantungan yang mengalir dari aktivitas tersebut)
9. Event
Istilah ini digunakan untuk menunjukkan satu titik waktu di mana sebuah aktivitas dimulai atau diselesaikan.

2.2.7. Activity On Node dan Activity On Arrow

Terdapat dua metode dalam membuat *Network Diagram* metode tersebut menggunakan dua blok pembangunan, yaitu anak panah dan *node* (Gray dan Larson, 2006). Berikut adalah penjelasan mengenai anak panah dan *node* menurut Herjanto (2007) :

1. Activity / anak panah

Anak panah menggambarkan arah kegiatan, sehingga dapat diketahui kegiatan terdahulu (*predecessor*) dan kegiatan yang mengikuti (*sucessor*). Setiap anak panah biasanya disertai dengan notasi yang memberikan identitas nama/jenis kegiatan dan estimasi waktu penyelesaian untuk jaringan AOA. Bentuk anak panah dapat disesuaikan dengan keadaan jaringan kerja, jadi tidak selalu garis lurus.



Gambar 2. 1 Anak Panah

2. Event / node

Node menggambarkan peristiwa. Setiap kegiatan biasanya selalu dimulai dengan peristiwa mulainya kegiatan dan diakhiri dengan peristiwa selesainya kegiatan itu.



Gambar 2. 2. Event/ Node

Pada AON sebuah aktivitas diwakili oleh sebuah *Node*. Ketergantungan antar aktivitas dilukiskan dengan anak panah diantara *node* pada jaringan AON. Sedangkan AOA, anak panah menunjukkan aktivitas proyek individual yang memerlukan waktu dan *node* menunjukkan sebuah peristiwa (*event*) (Gray dan Larson, 2006).

Gray dan Larson (2006) berpendapat terdapat 8 aturan yang berlaku secara umum ketika mengembangkan sebuah jaringan proyek :

1. Jaringan umumnya mengalir dari kiri ke kanan.
2. Sebuah aktivitas dapat dimulai sampai semua aktivitas yang mendahuluinya telah dikerjakan.
3. Panah pada jaringan menandakan adanya aktivitas yang mendahului jalur. Panah dapat bersilang satu sama lain.
4. Masing-masing aktivitas harus memiliki nomor identitas (ID) unik.
5. Nomor identifikasi sebuah aktivitas (ID) harus lebih besar dari semua aktivitas yang mendahuluinya.
6. Pengulangan tidak diperbolehkan.
7. Pernyataan bersyarat tidak diperbolehkan (jenis pernyataan ini seharusnya tidak ada).
8. Ketika ada banyak *start*, dapat digunakan sebuah *node* start yang umumnya untuk mengindikasikan permulaan proyek pada jaringan. Dengan cara yang sama, *node* akhir proyek tunggal dapat digunakan untuk mengindikasikan akhir proyek.

Kegiatan-pada-Titik	Arti dari Kegiatan	Kegiatan-pada-Panah
	A datang sebelum B yang datang sebelum C	
	A dan B keduanya harus diselesaikan sebelum C dapat dimulai	
	B dan C tidak dapat dimulai hingga A selesai	
	C dan D tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai	
	C tidak dapat dimulai hingga A dan B keduanya selesai; D tidak dapat dimulai hingga B selesai. Kegiatan ditunjukkan pada AOA	
	B dan C tidak dapat dimulai hingga A, D tidak dapat dimulai hingga B dan C keduanya selesai. Kegiatan ditunjukkan pada AOA	

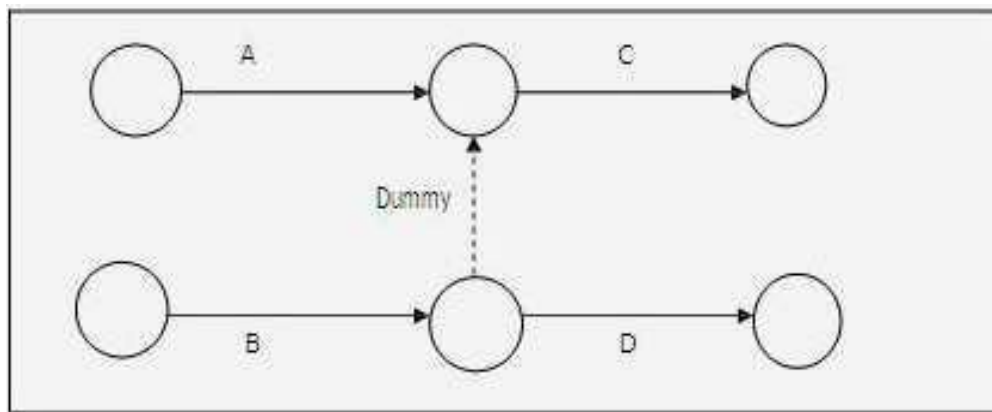
Sumber : (Heizer & Render, 2006)

Gambar 2. 3. Perbandingan antara Kovensi AON dan AOA

9. Anak Panah Terputus-putus (*Dummy*)

Simbol anak panah terputus-putus merupakan simbol yang menunjukkan kegiatan semu (*dummy activity*). Menurut Gitosudarmo (2007) panjang pendeknya garis anak panah kegiatan semu ini tidak menunjukkan lamanya kegiatan dan selalu memiliki jangka waktu penyelesaian sebesar 0 (nol) atau tidak memakan waktu. Di samping itu kadang- kadang kegiatan semu ini digunakan untuk memperbaiki logika ketergantungan dari gambar diagram network, jadi sebenarnya kegiatan itu tidak ada, akan tetapi hanya digunakan untuk mengalihkan arus anak panah guna memperbaiki kebenaran logika urutan kegiatan proses produksi. Gitosudarmo (2007) juga menyatakan bahwa kegiatan semu memiliki 3 buah sifat, yaitu:

1. Waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan tersebut adalah relatif sangat pendek dibandingkan dengan kegiatan biasa. Oleh karena itu maka kegiatan semu ini dianggap tidak memerlukan waktu.
2. Menentukan boleh tidaknya kegiatan selanjutnya dilakukan. Hal ini berarti bahwa apabila kegiatan semu itu belum selesai dikerjakan maka kegiatan selanjutnya belum dimulai.
3. Dapat mengubah jalur kritis dan waktu kritis.



Sumber : (Heizer & Render,2006)

Gambar 2. 4. Hubungan ketergantungan dengan memakai dummy

2.2.8. Metode CPM (*Critical Path Method*)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode jalur kritis (Critical Path Method-CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan.. CPM mengasumsikan bahwa waktu kegiatan diketahui pasti sehingga hanya memerlukan satu perkiraan waktu untuk tiap kegiatan inilah perbedaan utamanya dengan metode PERT (Heizer & Render,2006). Sama halnya dengan PERT, CPM juga menggunakan jaringan kerja untuk menggambarkan kegiatan proyek.

Dalam melakukan analisis jalur kritis menurut Heizer dan Render (2014), digunakan proses two-pass yang terdiri atas forward pass dan backward pass untuk menentukan jadwal waktu suatu aktivitas. ES dan EF ditentukan selama forward pass. LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (earliest start) adalah waktu

paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai. EF (earliest finish) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai. LS (late start) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (late finish) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

2.2.9. Menghitung waktu Slack / Float dan Mengidentifikasi Jalur Kritis

Waktu slack atau waktu bebas ialah waktu yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Secara matematis (Heizer&Render,2014) :

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} \text{ atau } \text{Slack} = \text{LF} - \text{EF}$$

Ada dua tipe *float* (Heizer & Render,2014):

1. *Free float* adalah lamanya suatu tugas dapat mundur tanpa menunda tugas berikutnya.
2. *Total float* adalah lamanya suatu tugas dapat mundur tanpa menunda seluruh proyek.

Jalur Kritis adalah jalur yang melewati aktivitas dimana Total Float = Free Float = 0, artinya jalur dimana setiap aktivitas tidak memiliki waktu kelonggaran, baik total float maupun free float.

2.2.10. Metode PERT

Definisi *PERT* menurut Jay Heizer & Barry Render (2005) adalah metode untuk membagi keseluruhan proyek ke dalam kejadian dan aktivitas. Suatu kejadian menandai mulainya atau selesainya tugas atau aktivitas tertentu. Suatu aktivitas di sisi lain adalah suatu tugas atau subproyek yang terjadi antara dua kejadian. Menurut (Jay Heizer & Barry Render, 2005), dalam jaringan PERT kita menetapkan tiga perkiraan waktu (three times estimates) untuk masing-masing jaringan aktivitas. Tiga estimasi waktu tersebut adalah:

- a. Waktu optimis (optimistic time) adalah waktu terpendek kejadian yang mungkin terjadi. Waktu yang dibutuhkan oleh sebuah kegiatan jika semua

hal berlangsung sesuai rencana. Dalam memperkirakan waktu optimis, biasanya terdapat peluang kecil proyek dapat selesai dalam waktu tersebut.

- b. Waktu pesimis (pessimistic time) adalah waktu terpanjang kejadian yang dibutuhkan. Waktu yang dibutuhkan sebuah kegiatan dengan asumsi kondisi yang ada sangat tidak diharapkan. Dalam perkiraan waktu ini, biasanya terdapat peluang yang kecil juga proyek dapat selesai dalam waktu tersebut.
- c. Waktu realistis (most likely time) (m) : waktu yang paling tepat untuk penyelesaian aktivitas dalam jaringan *PERT*, merupakan waktu yang paling sering terjadi jika suatu aktivitas diulang beberapa kali.

2.2.11. Langkah-Langkah Dalam Menggunakan Metode CPM dan PERT

Menurut Heizer & Render (2014) PERT dan CPM keduanya memiliki enam langkah dasar sebagai berikut :

- a. Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.
- b. Membangun hubungan antara kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus lebih dahulu dikerjakan dan mana yang harus mengikuti yang lain.
- c. Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
- d. Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan.
- e. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Ini yang disebut jalur kritis.
- f. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

2.2.12. Persamaan dan Perbedaan Metode CPM dan PERT

Menurut Herjanto (2003), persamaan dan perbedaan PERT dan CPM adalah sebagai berikut:

A. Persamaan antara PERT dan CPM

- 1. Sama-sama merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam menentukan perencanaan, pengendalian dan pengawasan proyek.
- 2. Keduanya menggambarkan kegiatan-kegiatan dari suatu proyek dalam jaringan kerja.

3. Keduanya dapat dilakukan berbagai analisis untuk membantu manajer dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan waktu, biaya atau penggunaan sumber daya.

B. Perbedaan antara PERT dan CPM

1. CPM menggunakan satu jenis waktu untuk taksiran waktu kegiatan, sedangkan PERT menggunakan tiga jenis waktu : a. Prakiraan waktu paling optimis b. Prakiraan waktu paling mungkin c. Prakiraan waktu paling pesimis
2. CPM menganggap proyek terdiri dari kegiatan-kegiatan yang membentuk satu atau beberapa lintasan, sedangkan PERT menganggap proyek terdiri dari peristiwa yang susul menyusul.
3. CPM menggunakan pendekatan activity on arrow (AOA), yang menggunakan anak panah sebagai representasi dari kegiatan. Sedangkan PERT menggunakan pendekatan activity on node (AON), yang menggunakan lingkaran atau (node) sebagai simbol kegiatan

2.2.13. Biaya Langsung

Menurut Hilton (2005), biaya langsung adalah biaya yang terjadi pada suatu segmen dan terjadinya karena adanya segmen tersebut. Biaya ini merupakan biaya yang dapat ditelusuri dengan jelas dan nyata ke bagian segmen tertentu yang akan dianalisa.

2.2.14. Biaya Tidak Langsung

Menurut Hilton (2005), biaya tidak Langsung adalah biaya yang tidak secara langsung berkaitan dengan segmen Contoh biaya tidak langsung adalah gaji dan eksekutif perusahaan.

2.2.15. Analisis dengan Metode *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:

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan mengidentifikasi float dengan memakai kurun waktu normal.
2. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
3. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
4. Menghitung *cost slope* masing-masing komponen kegiatan.
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *cost slope* terendah.
6. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepatan kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.
7. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik proyek dipersingkat.
8. 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).
9. Hitung biaya tidak langsung proyek dan gambarkan pada grafik di atas.
10. Jumlahkan biaya langsung dan biaya tak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.

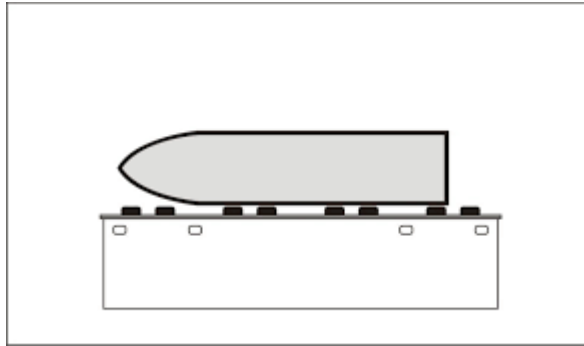
2.2.16. Dermaga

Menurut Triadmojo (1996) Dermaga merupakan tempat kapal ditambatkan di pelabuhan. Pada dermaga dilakukan berbagai kegiatan bongkar muat barang dan orang dari dan ke atas kapal. Triadmojo (1996) juga menjelaskan bahwa dermaga dibagi menjadi 2 macam yaitu :

Dermaga dapat dibagi dalam 3 macam:

1. Quay/Wharf

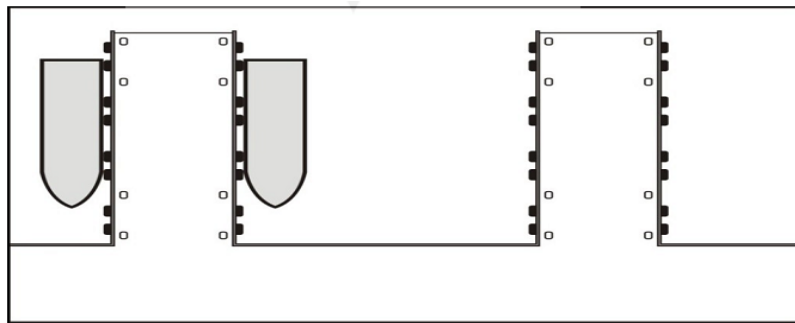
Dermaga jenis ini merupakan dermaga yang letaknya digaris pantai serta sejajar dengan pantai. Dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. 5. 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. 6. Bentuk Dermaga Jenis Jetty

Menurut Irfana (2007) tahapan dalam membangun dermaga adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Persiapan

- Pembersihan Lapangan
- Pengukuran
- Pembuatan direksi keet
- Mobilisasi alat, bahan, dan sebagainya

2. Pekerjaan tiang pancang, yang meliputi :

- 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

2.2.17. Dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok

Dalam melakukan Analisa percepatan durasi proyek ini, proyek yang ditinjau adalah proyek dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok yang dimiliki oleh PT. XYZ . Berikut adalah data-data teknis dari dermaga tersebut :

- Panjang sisi laut : 544,19 m
- Panjang sisi darat : 544,19 m
- Draft kolam dermaga : -5,1 m sampai -9,1m LWS



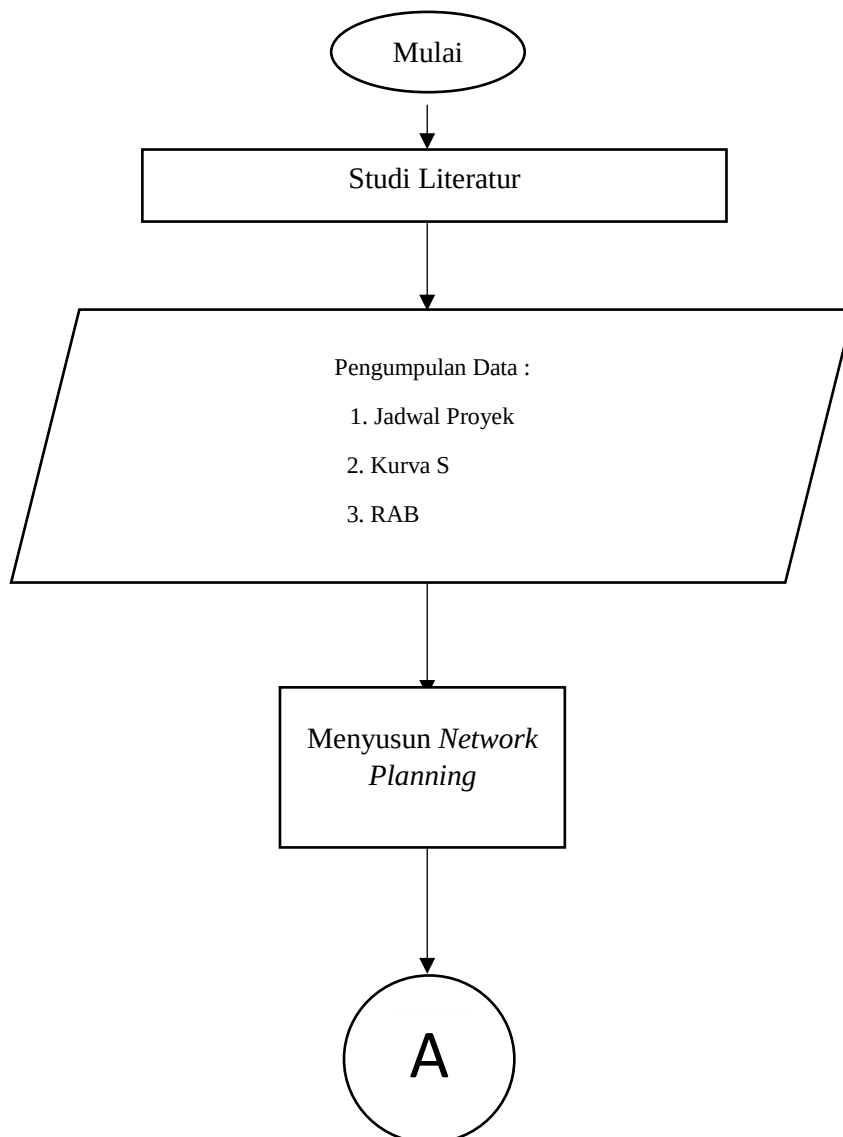
Gambar 2. 7 Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok

BAB III

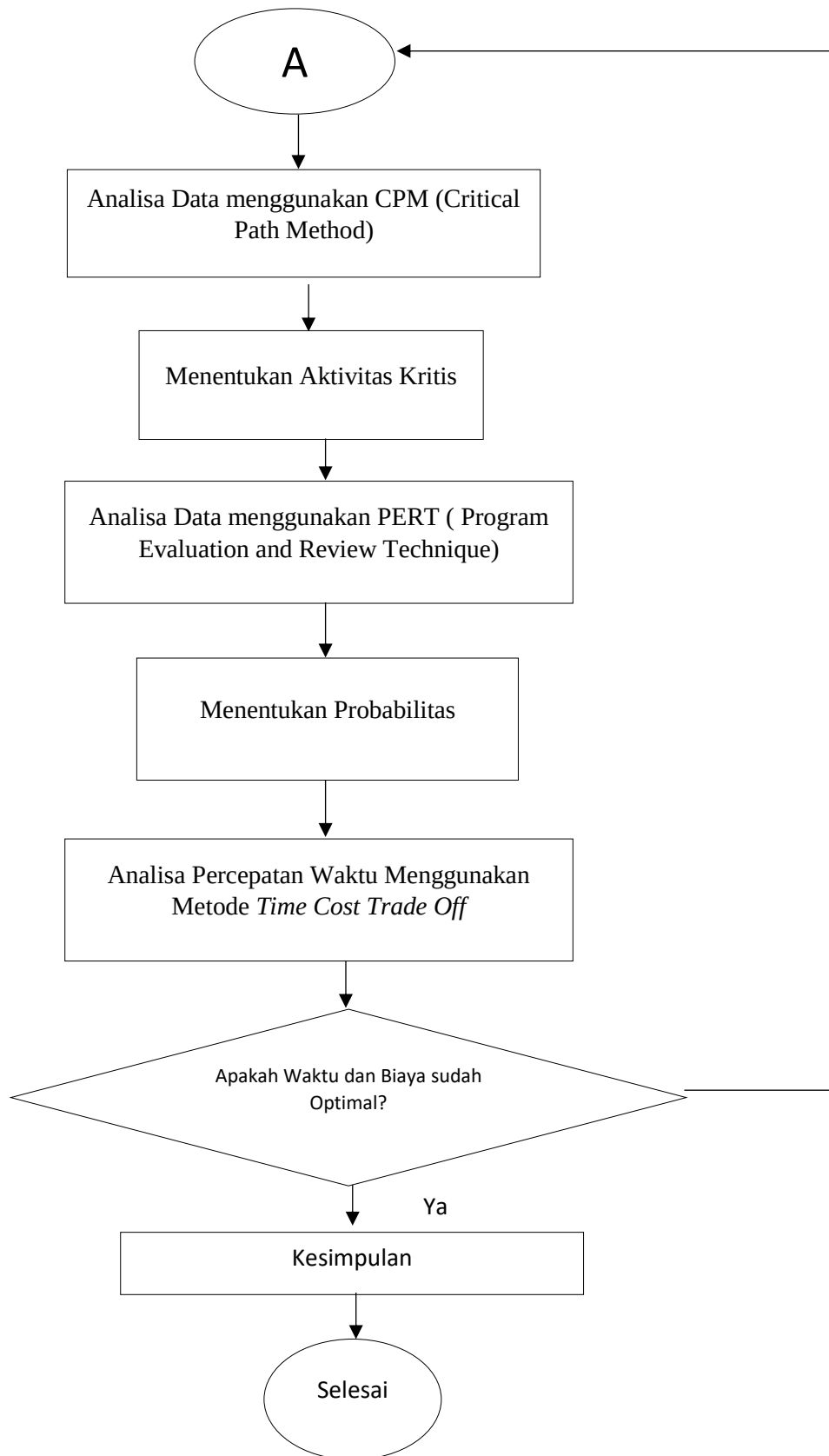
METODOLOGI PENELITIAN

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

3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur dan langkah - langkah penelitian dalam Tugas Akhir ini di jelaskan sebagai berikut :

3.2.1. 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*

3.2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan oleh penulis di PT.XYZ dan juga dengan studi literatur yang terkait tugas akhir penulis. Data yang diambil oleh penulis terbagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Data Primer

Data primer diambil oleh penulis langsung di PT. XYZ, data yang diambil merupakan data jadwal proyek, g, kurva S, Rencana Anggaran Biaya proyek, serta data-data lain yang berkaitan dengan penelitian penulis.

2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data pendukung yang berupa dari literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian penulis, literature ini dapat berupa buku, catatan kuliah, jurnal yang berkaitan dengan penelitian penulis.

3.2.3. Analisis Data Menggunakan Metode CPM serta Menentukan Aktivitas Kritisnya

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.

3.2.4. 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.

3.2.5. Menentukan Probabilitas

Menentukan hasil probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu melalui analisis metode *PERT*

3.2.5. Analisis Menggunakan Metode TCTO

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.

3.2.6. Hasil Analisis Biaya Untuk Percepatan Durasi

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.

3.2.7. 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 proyek dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Sebagai pelabuhan yang mempunyai peran penting tidak saja bagi wilayah metropolitan Jakarta tapi juga bagi seluruh rakyat Indonesia saat ini dan di masa mendatang, Tanjung Priok menghadapi berbagai masalah antara lain peningkatan kapasitas beban dermaga agar bisa disandari kapal antar pulau ataupun kapal internasional berukuran besar. Untuk itu pembangunan dermaga di Tanjung Priok sangat diperlukan. Maka dari itu diperlukan percepatan durasi dalam pembangunan dermaga agar dapat selesai tepat waktu sehingga tidak menyebabkan berbagai kerugian.

4.1 Data Penjadwalan Proyek

Dalam melaksanakan penjadwalan proyek, data penjadwalan proyek harus dibuat secara terperinci mungkin untuk memudahkan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek harus diselesaikan

Dalam hal ini, penjadwalan merupakan faktor yang sangat penting dalam melakukan percepatan proyek. Pada proyek pembangunan Dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok, pengerjaan proyek membutuhkan waktu 427 hari yang dimulai pada 25 September 2017 sampai 25 November 2018. Berikut adalah data durasi pekerjaan proyek pembangunan Dermaga “X” Pelabuhan Tanjung Priok.

Tabel 4. 1 Durasi Kerja

No	Jenis Kegiatan	Waktu (Hari)
I	Pekerjaan Persiapan	
1	Direksi Keet	14
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	35
3	Pengukuran	35
4	Pagar Proyek	21

Tabel 4. 2 Durasi Kerja (Lanjutan)

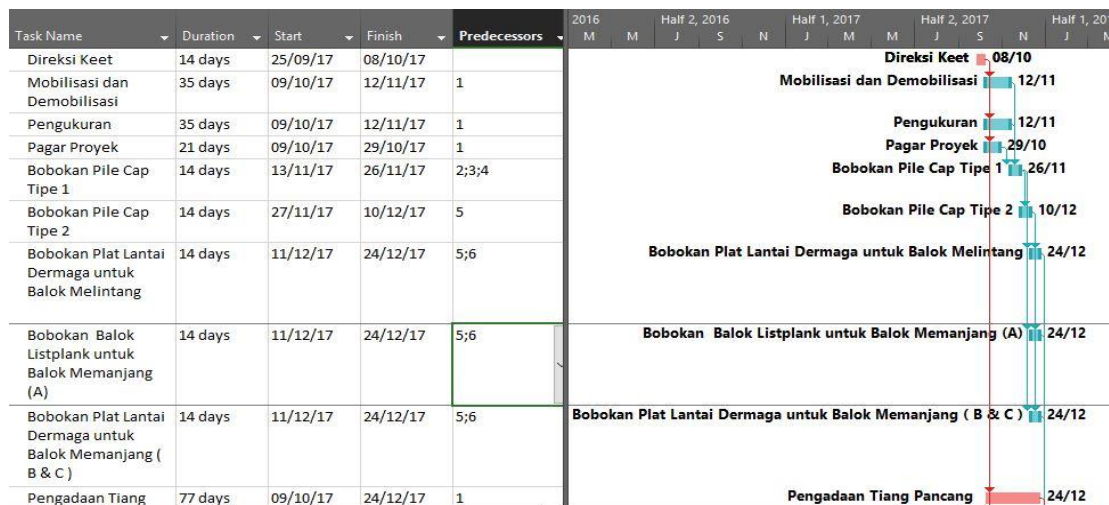
No	Jenis Kegiatan	Waktu (Hari)
II	Pekerjaan Bobokan	
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	14
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	14
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	14
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	14
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	14
III	Pekerjaan Dermaga	
10	Pengadaan Tiang Pancang	77
11	Pengangkatan Tiang Pancang	77
12	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	70
13	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	70
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	70
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	70
16	Penyambungan Tiang Pancang	77
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	21
18	Test PDA	14
19	Pengadaan Soldier Pile	21
20	Pengadaan King Pile	21

Tabel 4. 3 Durasi Kerja (Lanjutan)

No	Jenis Kegiatan	Waktu (Hari)
21	Pengadaan Clutch Pile	21
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	28
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	28
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	28
25	Pemancangan Darat King Pile	28
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	28
27	Pemancangan Laut King Pile	28
28	Pemotongan King Pile	14
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	28
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	28
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	35
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	35
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	35
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	35
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	35
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	28
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	21
39	Pekerjaan Lighting Tower	14

4.1.2 Data Penjadwalan Proyek dengan Microsoft Project

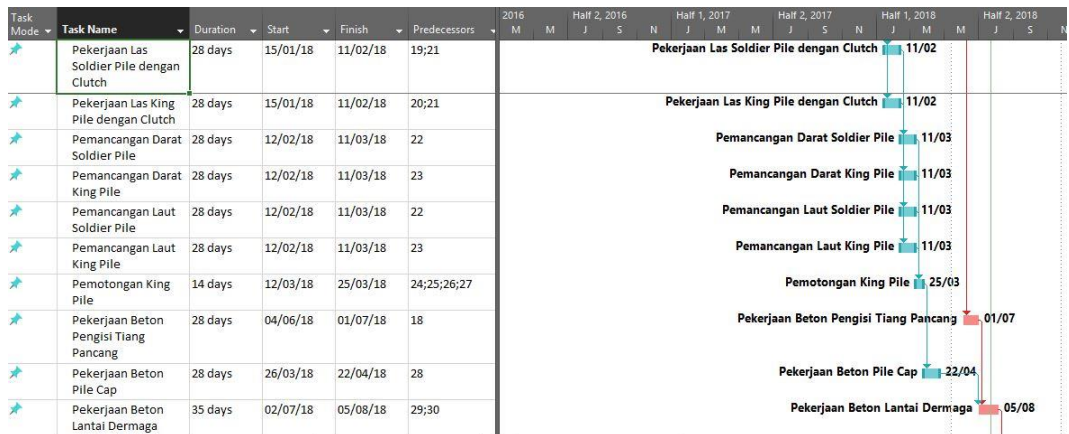
Microsoft Project merupakan *software* yang dapat membantu merencanakan dan mengelola suatu data proyek sehingga dapat menghasilkan penjadwalan proyek yang baik. Kelebihan dari *software* ini adalah menyediakan menu yang lebih lengkap seperti *task usage*, *network planning*, *gant chart*, dll. Berikut adalah data penjadwalan proyek dengan menggunakan *software* Microsoft Project :



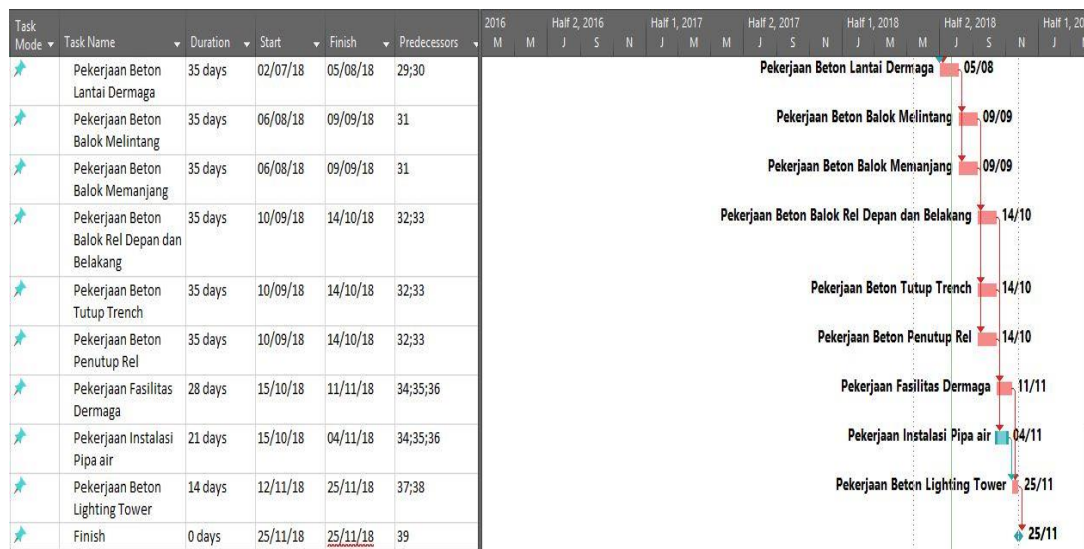
Gambar 4.1 Penjadwalan Proyek menggunakan MS. Project (Lanjutan)



Gambar 4. 1 Penjadwalan Proyek menggunakan MS. Project



Gambar 4.1. Penjadwalan Proyek menggunakan MS.Project (Lanjutan)



Gambar 4.1. Penjadwalan Proyek menggunakan MS.Project (Lanjutan)

4.2. Analisis Critical Path Method

Analisis *CPM* adalah metode yang digunakan untuk mengendalikan dan merencanakan waktu pengerjaan proyek dengan mengetahui kegiatan-kegiatan yang berada di lintasan kritis.

4.2.1. Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

Dalam menganalisis *CPM*, diperlukan suatu hubungan keterkaitan antar pekerjaan untuk mengetahui hubungan aktivitas sebelumnya ke aktivitas berikutnya. Suatu kegiatan berkemungkinan untuk memiliki banyak kegiatan pendahulu (*Predecessor*) dan banyak kegiatan yang mengikuti (*Successor*). Berikut adalah Urutan kegiatan yang sesuai dengan hubungan ketergantungan pada Proyek Pembangunan Dermaga Tanjung Priok

Tabel 4. 4 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

No	Jenis Kegiatan	Kode	Aktivitas Pendahulu
I	Pekerjaan Persiapan		
1	Direksi Keet	A	
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	B	A
3	Pengukuran	C	A
4	Pagar Proyek	D	A
II	Pekerjaan Bobokan		
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	E	B,C,D
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	F	E
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	G	E,F
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	H	E,F
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	I	E,F
III	Pekerjaan Dermaga		
10	Pengadaan Tiang Pancang	J	A
11	Pengangkatan Tiang Pancang	K	A
12	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	J,K
13	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	J,K
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	J,K
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	J,K
16	Penyambungan Tiang Pancang	P	L,M,N,O
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	Q	L,M,N,O
18	Test PDA	R	P,Q
19	Pengadaan Soldier Pile	S	G,H,I
20	Pengadaan King Pile	T	G,H,I
21	Pengadaan Clutch Pile	U	G,H,I
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	V	S,U

Tabel 4. 5 Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

No	Jenis Kegiatan	Kode	Aktivitas Pendahulu
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	W	T,U
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	X	V
25	Pemancangan Darat King Pile	Y	W
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	Z	V
27	Pemancangan Laut King Pile	AA	W
28	Pemotongan King Pile	AB	X,Y,Z,AA
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	R
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	AD	AB
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	AC,AD
32	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	AE
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	AE
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	AF,AG
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	AI	AF,AG
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	AJ	AF,AG
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	AH,AI,AJ
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	AH,AI,AJ
39	Pekerjaan Lighting Tower	AM	AK,AL

4.2.2. Menentukan Waktu Penyelesaian Proyek

Untuk menentukan waktu penyelesaian proyek diperlukan beberapa perhitungan yaitu :

A) ES (Earliest Start)

Waktu mulai paling awal dari aktivitas.

B) EF (earliest finish)

Waktu Selesai paling awal suatu aktivitas.

EF suatu aktivitas terdahulu = ES aktivitas berikutnya

C) LS (latest start)

Waktu paling lambat aktivitas boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

D) LF (latest finish)

Waktu paling lambat aktivitas diselesaikan tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

g) t (duration)

Durasi waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas .

4.2.3. Perhitungan Maju (Forward Pass)

Perhitungan Maju adalah cara perhitungan yang dimulai dari *Start (Initial Event)* menuju *Finish (Terminal Event)* yang digunakan untuk menghitung waktu penyelesaian penyelesaian tercepat suatu kegiatan (EF) dan waktu tercepat terjadinya kegiatan (ES). Dimana EF didapatkan dari penjumlahan antara ES dan Durasi.

Tabel 4. 6 Perhitungan Maju

No	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi (Hari)	ES	EF
I	Pekerjaan Persiapan				
1	Direksi Keet	A	14	0	14
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	B	35	14	49
3	Pengukuran	C	35	14	49
4	Pagar Proyek	D	21	14	35
II	Pekerjaan Bobokan				
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	E	14	49	63
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	F	14	49	63
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	G	14	63	77
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	H	14	63	77
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	I	14	63	77
III	Pekerjaan Dermaga				
10	Pengadaan Tiang Pancang	J	77	14	91
11	Pengangkatan Tiang Pancang	K	77	14	91
12	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	70	91	161
13	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	70	91	161
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	70	91	161
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	70	91	161
16	Penyambungan Tiang Pancang	P	77	161	238
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	Q	21	161	182
18	Test PDA	R	14	238	252
19	Pengadaan Soldier Pile	S	21	77	98
20	Pengadaan King Pile	T	21	77	98
21	Pengadaan Clutch Pile	U	21	77	98

Tabel 4. 7 Perhitungan Maju (Lanjutan)

No	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi (Hari)	ES	EF
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	V	28	98	126
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	W	28	98	126
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	X	28	126	154
25	Pemancangan Darat King Pile	Y	28	126	154
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	Z	28	126	154
27	Pemancangan Laut King Pile	AA	28	126	154
28	Pemotongan King Pile	AB	14	154	168
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	28	252	280
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	AD	28	168	196
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	35	280	315
32	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	35	315	350
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	35	315	350
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	35	350	385
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	AI	14	350	364
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	AJ	14	350	364
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	28	385	413
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	21	385	427
39	Pekerjaan Lighting Tower	AM	14	413	427

4.2.4. Perhitungan Mundur (Backward Pass)

Perhitungan Mundur adalah perhitungan dari Finish menuju Start untuk mengetahui waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LF) dan waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (LS) dimana LS didapatkan dari pengurangan antara LF dan Durasi. Berikut adalah perhitungan mundur Critical Path Method.

Tabel 4. 8. Perhitungan Mundur

No	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi (Hari)	LS	LF
I	Pekerjaan Persiapan				
1	Direksi Keet	A	14	0	14
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	B	35	14	133
3	Pengukuran	C	35	14	133
4	Pagar Proyek	D	21	14	133

Tabel 4. 9. Perhitungan Mundur (Lanjutan)

No	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi (Hari)	LS	LF
II	Pekerjaan Bobokan				
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	E	14	133	147
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	F	14	133	147
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	G	14	147	161
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	H	14	147	161
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	I	14	147	161
III	Pekerjaan Dermaga				
10	Pengadaan Tiang Pancang	J	77	14	91
11	Pengangkatan Tiang Pancang	K	77	14	91
12	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	70	91	161
13	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	70	91	161
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	70	91	161
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	70	91	161
16	Penyambungan Tiang Pancang	P	77	161	238
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	Q	21`	161	238
18	Test PDA	R	14	238	252
19	Pengadaan Soldier Pile	S	21	161	182
20	Pengadaan King Pile	T	21	161	182
21	Pengadaan Clutch Pile	U	21	161	182
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	V	28	182	210
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	W	28	182	210
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	X	28	210	238
25	Pemancangan Darat King Pile	Y	28	210	238
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	Z	28	210	238
27	Pemancangan Laut King Pile	AA	28	210	238
28	Pemotongan King Pile	AB	14	238	252
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	28	252	280
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	AD	28	252	280
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	35	280	315
32	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	35	315	350
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	35	315	350

Tabel 4. 10. Perhitungan Mundur (Lanjutan)

No	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi (Hari)	LS	LF
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	35	350	385
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	AI	14	350	385
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	AJ	14	350	385
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	28	385	413
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	21	385	427
39	Pekerjaan Lighting Tower	AM	14	413	427

4.2.5 Menghitung Total Float Pada Proyek

Total Float adalah jumlah waktu suatu kegiatan yang dapat ditunda tanpa memperlambat waktu penyelesaian proyek. Perhitungan Total Float dapat dilakukan dengan mengurangkan *Latest Start* dengan *Earliest Start* atau *Latest Finish* – *Earliest Finish*. Suatu kegiatan dikatakan kritis jika nilai Total Float nya sama dengan 0.

Tabel 4. 11. Perhitungan Nilai Float

No	Jenis Kegiatan	Kode	ES	EF	LS	LF	Float
I	Pekerjaan Persiapan						
1	Direksi Keet	A	0	14	0	14	0
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	B	14	49	14	133	84
3	Pengukuran	C	14	49	14	133	84
4	Pagar Proyek	D	14	35	14	133	98
II	Pekerjaan Bobokan						
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	E	49	63	133	147	84
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	F	49	63	133	147	84
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	G	63	77	147	161	84
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	H	63	77	147	161	84
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	I	63	77	147	161	84
III	Pekerjaan Dermaga						
10	Pengadaan Tiang Pancang	J	14	91	14	91	0
11	Pengangkatan Tiang Pancang	K	14	91	14	91	0
12	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	91	161	91	161	0

Tabel 4. 12. Perhitungan Nilai Float (Lanjutan)

No	Jenis Kegiatan	Kode	ES	EF	LS	LF	Float
13	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	91	161	91	161	0
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	91	161	91	161	0
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	91	161	91	161	0
16	Penyambungan Tiang Pancang	P	161	238	161	238	0
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	Q	161	182	161	238	56
18	Test PDA	R	238	252	238	252	0
19	Pengadaan Soldier Pile	S	77	98	161	182	21
20	Pengadaan King Pile	T	77	98	161	182	21
21	Pengadaan Clutch Pile	U	77	98	161	182	21
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	V	98	126	182	210	84
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	W	98	126	182	210	84
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	X	126	154	210	238	84
25	Pemancangan Darat King Pile	Y	126	154	210	238	84
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	Z	126	154	210	238	84
27	Pemancangan Laut King Pile	AA	126	154	210	238	84
28	Pemotongan King Pile	AB	154	168	238	252	84
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	252	280	252	280	0
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	AD	168	196	252	280	84
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	280	315	280	315	0
32	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	315	350	315	350	0
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	315	350	315	350	0
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	350	385	350	385	0
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	AI	350	364	350	385	21
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	AJ	350	364	350	385	21
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	385	413	385	413	0
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	385	427	385	427	0
39	Pekerjaan Lighting Tower	AM	413	427	413	427	0

4.2.6 Menentukan Kegiatan yang Berada di Jalur Kritis

Setelah menentukan total float pada proyek tersebut, dapat diidentifikasi kegiatan yang berada di jalur kritis dengan melihat kegiatan yang memiliki nilai float = 0

Tabel 4. 13 Kegiatan yang Berada di Jalur Kritis

Jenis Kegiatan	Kode	Float
Direksi Keet	A	0
Pengadaan Tiang Pancang	J	0
Pengangkatan Tiang Pancang	K	0
Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	0
Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	0
Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	0
Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	0
Penyambungan Tiang Pancang	P	0
Test PDA	R	0
Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	0
Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	0
Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	0
Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	0
Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	0
Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	0
Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	0
Pekerjaan Lighting Tower	AM	0

4.3. Analisis Menggunakan Metode PERT

Analisis dengan metode *PERT* digunakan untuk menghitung probabilitas proyek dapat selesai tepat waktu. Jika dalam *CPM* digunakan waktu pasti, pada metode *PERT* menggunakan tiga perkiraan waktu untuk masing-masing kegiatan pekerjaannya yaitu, waktu optimis (a) , waktu paling mungkin (m) dan waktu pesimis (b). Berikut adalah hasil analisa waktu optimis, waktu paling mungkin dan waktu pesimis pada proyek pembangunan dermaga pelabuhan Tanjung Priok.

Tabel 4. 14. Estimasi Waktu pada metode PERT

No	Jenis Kegiatan	Kode	A	M	B
			Hari	Hari	Hari
1	Pekerjaan Persiapan				
1	Direksi Keet	A	11	14	19
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	B	28	35	47

Tabel 4. 15. Estimasi Waktu pada metode PERT (Lanjutan)

No	Jenis Kegiatan	Kode	A	M	B
			Hari	Hari	Hari
3	Pengukuran	C	28	35	47
4	Pagar Proyek	D	17	21	28
II	Pekerjaan Bobokan				
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	E	11	14	19
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	F	11	14	19
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	G	11	14	19
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	H	11	14	19
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	I	11	14	19
III	Pekerjaan Dermaga				
10	Pengadaan Tiang Pancang	J	62	77	103
11	Pengangkatan Tiang Pancang	K	62	77	103
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	56	70	93
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	56	70	93
16	Penyambungan Tiang Pancang	P	62	77	103
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	Q	17	21	28
18	Test PDA	R	11	14	19
19	Pengadaan Soldier Pile	S	17	21	28
20	Pengadaan King Pile	T	17	21	28
21	Pengadaan Clutch Pile	U	17	21	28
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	V	22	28	37
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	W	22	28	37
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	X	22	28	37
25	Pemancangan Darat King Pile	Y	22	28	37
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	Z	22	28	37
27	Pemancangan Laut King Pile	AA	22	28	37
28	Pemotongan King Pile	AB	11	14	19
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	22	28	37
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	AD	22	28	37
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	28	35	47
32	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	28	35	47
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	28	35	47
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	28	35	47
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	AI	28	35	47
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	AJ	28	35	47
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	22	28	37
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	17	21	28
39	Pekerjaan Lighting Tower	AM	11	14	19

4.3.1 Menentukan Nilai TE

Nilai TE adalah nilai rata-rata jika suatu kegiatan dilakukan dalam jumlah yang besar. Dalam perhitungan TE, waktu pesimis dan optimis mendapatkan bobot 1 sedangkan waktu paling mungkin memiliki bobot 4, sehingga nilai TE didapatkan dengan rumus sebagai berikut :

$$te = \frac{a+4m+b}{6}$$

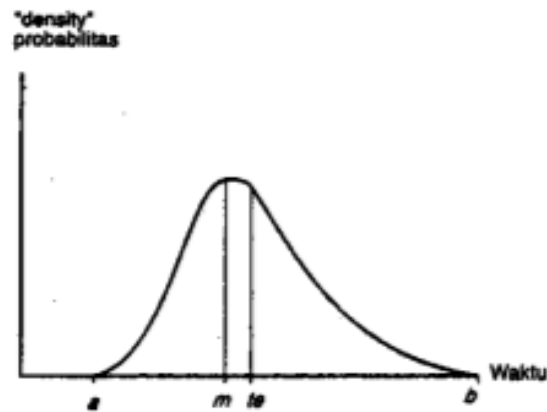
keterangan :

te = waktu yang diharapkan

a = waktu optimis

b = waktu pesimis

m = waktu paling mungkin



Gambar 4. 2. Gambar Distribusi Asimetris (Beta)

Berikut adalah nilai TE untuk setiap jenis kegiatan pada proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.

Tabel 4. 16. Nilai TE (Waktu yang Diharapkan)

No	Nama Kegiatan	Kode	te (hari)
			$\frac{(a+4m+b)}{6}$
I	Pekerjaan Persiapan		
1	Direksi Keet	A	14.31
2	Mobilisasi dan Demobilisasi	B	35.78
3	Pengukuran	C	35.78

Tabel 4. 17. Nilai TE (Waktu yang Diharapkan)

No	Nama Kegiatan	Kode	te (hari)
			(a+4m+b) /6
4	Pagar Proyek	D	21.47
II	Pekerjaan Bobokan		0.00
5	Bobokan Pile Cap Tipe 1	E	14.31
6	Bobokan Pile Cap Tipe 2	F	14.31
7	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	G	14.31
8	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	H	14.31
9	Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	I	14.31
III	Pekerjaan Dermaga		0.00
10	Pengadaan Tiang Pancang	J	78.71
11	Pengangkatan Tiang Pancang	K	78.71
12	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	71.56
13	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	71.56
14	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	71.56
15	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	71.56
16	Penyambungan Tiang Pancang	P	78.71
17	Pemotongan Kepala Tiang Pancang	Q	21.47
18	Test PDA	R	14.31
19	Pengadaan Soldier Pile	S	21.47
20	Pengadaan King Pile	T	21.47
21	Pengadaan Clutch Pile	U	21.47
22	Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	V	28.62
23	Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	W	28.62
24	Pemancangan Darat Soldier Pile	X	28.62
25	Pemancangan Darat King Pile	Y	28.62
26	Pemancangan Laut Soldier Pile	Z	28.62
27	Pemancangan Laut King Pile	AA	28.62
28	Pemotongan King Pile	AB	14.31
29	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	28.62
30	Pekerjaan Beton Pile Cap	AD	28.62
31	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	35.78
32	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	35.78
33	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	35.78
34	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	35.78
35	Pekerjaan Beton Tutup Trench	AI	35.78
36	Pekerjaan Beton Penutup Rel	AJ	35.78
37	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	28.62
38	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	21.47
39	Pekerjaan Lighting Tower	AM	14.31

4.3.2. Perhitungan Nilai Standard Deviasi dan Varians

Setelah melakukan perhitungan nilai te, dapat dilakukan perhitungan nilai standard deviasi dengan rumus sebagai berikut:

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

Setelah melakukan perhitungan nilai standard deviasi dapat dicari nilai Varians (V) dengan rumus sebagai berikut:

$$V(te) = S^2$$

Berikut adalah perhitungan nilai standard deviasi dan varians pada jalur kritis di proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.

Tabel 4. 18. Nilai Standard Deviasi dan Varians

No	Nama Kegiatan	Kode	A	B	S	V(te)
			Hari	Hari	(b-a)/6	S^2
I	Pekerjaan Persiapan					
1	Direksi Keet	A	11	19	1.24	1.5
2	Pengadaan Tiang Pancang	J	62	103	6.84	46.8
3	Pengangkatan Tiang Pancang	K	62	103	6.84	46.8
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	56	93	6.22	38.7
5	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Darat)	M	56	93	6.22	38.7
6	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	56	93	6.22	38.7
7	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	56	93	6.22	38.7
8	Penyambungan Tiang Pancang	P	62	103	6.84	46.8
9	Test PDA	R	11	19	2.45	1.5
10	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	22	37	2.49	6.2
11	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	28	47	3.11	9.7
12	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	28	47	3.11	9.7
13	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	28	47	3.11	9.7
14	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	28	47	3.11	9.7
15	Pekerjaan Fasilitas Demaga	AK	22	37	2.49	6.2
16	Pekerjaan Instalasi Pipa air	AL	17	28	1.87	3.5
17	Pekerjaan Lighting Tower	AM	11	19	1.24	1.5
$\sum V (te)$			354.4			
Standard Deviasi			18.82			

Setelah mendapatkan nilai standard deviasi dapat ditentukan probabilitas proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok dapat selesai tepat waktu yaitu dengan rumus :

$$Z = \frac{T_d - T_e}{S}$$

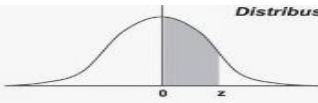
$$Z = \frac{436 - 427}{18.82}$$

$$Z = 0,478$$

Z = Peluang Penyelesaian proyek (dapat dilihat di table distribusi Z)

Dalam daftar distribusi normal Z, jika Z memiliki nilai 0,478 diperoleh hasil 0,1844. Sehingga didapatkan probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu 427 hari adalah $1 - 0,1844 = 0,8156$. Artinya peluang proyek dapat selesai dalam waktu 427 hari adalah 82 %.

Kumulatif sebaran frekuensi normal
(Area di bawah kurva normal baku dari 0 sampai z)



Distribusi Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990
3.1	0.4990	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998
3.5	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998	0.4998
3.6	0.4998	0.4998	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.7	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.8	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999	0.4999
3.9	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000

Gambar 4. 2. Distribusi normal kumulatif Z

4.4. Analisis dengan Metode *Time Cost Trade Off*

Analisis Metode *Time Cost Trade Off* adalah analisis dengan melakukan pertukaran waktu dan biaya sehingga dapat mempercepat waktu penyelesaian proyek tetapi mengakibatkan penambahan biaya . Dalam penelitian ini dilakukan percepatan waktu proyek pada kegiatan yang berada di jalur kritis dengan menambah jam kerja lembur pekerja.

4.4.1. Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)

Dalam menambah jam lembur pekerja terdapat peraturan-peraturan pemerintah yang harus diikuti oleh kontraktor. Peraturan yang harus diikuti adalah peraturan keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur yang berisi :

Pasal 3

1. Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
2. Ketentuan waktu kerja lembur sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) tidak termasuk kerja lembur yang dilakukan pada waktu istirahat mingguan atau hari libur resmi.

Pasal 7

Perusahaan yang mempekerjakan pekerja/buruh selama waktu kerja lembur berkewajiban :

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

Pasal 11

Cara perhitungan upah kerja lembur sebagai berikut :

- a. Apabila kerja lembur dilakukan pada hari kerja :
 - a.1.untuk jam kerja 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.

Besar Upah untuk pekerja pada pekerjaan proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok adalah sebagai berikut :

Upah pekerja perjam = Upah Pekerja Perhari / 8 jam = 20.727,471

Tabel 4. 19. Upah Pekerja Perhari dan Perjam

Jenis Pekerja	Upah Pekerja Perhari	Upah Pekerja Perjam
Pekerja	165.819,77	20.727,471

Setelah mengetahui jumlah upah pekerja perhari dan perjam dapat diketahui biaya lembur untuk 1-3 jam dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan Biaya Lembur :

Biaya per hari (*Normal Cost*) : Rp.165.819,77

Biaya per jam : Rp.20.727,471

Biaya Lembur 1 Jam : Biaya normal pekerja perjam x 1,5

: Rp. 20.727,471 x 1,5

: Rp. 31.091,21

Biaya Lembur 2 Jam : (Biaya normal pekerja perjam x 1,5) + (1 ×

Biaya normal pekerja perjam × 1,5 × 2)

: (Rp.20.727,471× 1,5) + (1 × Rp.20.727,471
× 1,5 × 2)

: Rp. 93.273,62

Biaya Lembur 3 Jam : (Biaya normal pekerja perjam x 1,5) + (2 ×

Biaya normal pekerja perjam × 1,5 × 2)

: (Rp.20.727,471× 1,5) + (2 × Rp.20.727,471

$$\times 1,5 \times 2)$$

$$: \text{Rp. } 155.456,03$$

Perhitungan biaya lembur per jam untuk penambahan 1-3 jam lembur adalah sebagai berikut :

Lembur 1 Jam

$$\text{Biaya lembur per jam} : \frac{\text{Rp. } 31.091,21}{1 \text{ jam/hari}}$$

$$: \text{Rp. } 31.091,2067$$

Lembur 2 Jam

$$\text{Biaya lembur per jam} : \frac{\text{Rp. } 93.273,62}{2 \text{ jam/hari}}$$

$$: \text{Rp. } 46.136,81$$

Lembur 3 Jam

$$\text{Biaya lembur per jam} : \frac{\text{Rp. } 155.456,03}{3 \text{ jam/hari}}$$

$$: \text{Rp. } 51.818,68$$

4.4.2. Analisis *Crash Duration*

Crash Duration adalah suatu metode mempercepat waktu proyek secepat mungkin dari waktu yang direncanakan diawal. Dalam penelitian ini, percepatan waktu proyek menggunakan penambahan jam lembur pada aktivitas-aktivitas pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan produktivitas pekerja jika ditambahkan jam kerja pada pekerja tersebut. Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam lembur adalah 90 %, pada 2 jam lembur adalah 80 %, pada tiga jam lembur adalah 70 %. Penurunan produktivitas pekerja tersebut dikarenakan oleh banyak faktor yang meliputi kelelahan pekerja, cuaca yang dingin, dan penglihatan yang kurang baik pada malam hari. Perhitungan *Crash Duration* pada proyek pembangunan dermaga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Contoh perhitungan durasi yang bisa di *crash* pada pekerjaan tiang pancang dengan penambahan 1 jam lembur :

$$\frac{(Volume)}{(Prod. perjam \times jam kerja) + (\sum jam lembur \times penurunan prod \times prod. perjam)}$$

Volume = 16.600

Durasi Normal = 77 hari

Durasi Normal = 77 x 8
= 616 jam

Produktivitas Jam Normal = $\frac{Volume}{Durasi Normal} = \frac{16600}{616} = 26,95 \text{ m/jam}$

Maksimal Crashing = $\frac{16600}{(26,95 \times 8) + (1 \times 0,9 \times 26,95)}$
= 69 Hari

Selisih Crashing = 77 hari – 69 hari
= 8 hari

Contoh perhitungan durasi yang bisa di crash pada pekerjaan tiang pancang dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\frac{(Volume)}{(Prod. perjam \times jam kerja) + (\sum jam lembur \times penurunan prod \times prod. perjam)}$$

Volume = 16.600

Durasi Normal = 77 hari

Durasi Normal = 77 x 8
= 616 jam

Produktivitas Jam Normal = $\frac{Volume}{Durasi Normal} = \frac{16600}{616} = 26,95 \text{ m/jam}$

Maksimal Crashing = $\frac{16600}{(26,95 \times 8) + (2 \times 0,8 \times 26,95)}$
= 64 Hari

Selisih Crashing = 77 hari – 64 hari
= 13 hari

Contoh perhitungan durasi yang bisa di crash pada pekerjaan tiang pancang dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\frac{(Volume)}{(Prod.perjam \times jam\ kerja) + (\sum jam\ lembur \times penurunan\ prod \times prod.perjam)}$$

$$Volume = 16.600$$

$$Durasi\ Normal = 77\ hari$$

$$Durasi\ Normal = 77 \times 8 = 616\ jam$$

$$Produktivitas\ Jam\ Normal = \frac{Volume}{Durasi\ Normal} = \frac{16600}{616} = 26,95\ m/jam$$

$$Maksimal\ Crashing = \frac{16600}{(26,95 \times 8) + (3 \times 0,7 \times 26,95)}$$

$$= 61\ Hari$$

$$Selisih\ Crashing = 77\ hari - 61\ hari$$

$$= 16\ hari$$

Berikut adalah durasi *crashing* akibat penambahan 1-3 jam lembur pada kegiatan yang berada di jalur kritis.

Tabel 4. 20. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi akibat Crashing (Hari)
I	Proyek Pembangunan Dermaga		427	385
1	Pengadaan Tiang Pancang	J	77	69
2	Pengangkatan Tiang Pancang	K	77	69
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	70	63
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	70	63
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	70	63

Tabel 4. 21. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi akibat Crashing (Hari)
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	70	63
7	Penyambungan Tiang Pancang	P	77	69
8	Test PDA	R	14	13
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	28	25
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	35	31
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	35	31
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	35	31
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	35	31
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	28	25
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	21	19
16	Pekerjaan Lighting Tower	AM	14	13

Tabel 4. 22. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi akibat Crashing (Hari)
I	Proyek Pembangunan Dermaga		427	358
1	Pengadaan Tiang Pancang	J	77	64
2	Pengangkatan Tiang Pancang	K	77	64
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	70	58
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	70	58

Tabel 4. 23. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi akibat Crashing (Hari)
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	70	58
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	70	58
7	Penyambungan Tiang Pancang	P	77	64
8	Test PDA	R	14	12
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	28	23
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	35	29
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	35	29
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	35	29
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	35	29
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	28	23
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	21	18
16	Pekerjaan Lighting Tower	AM	14	12

Tabel 4. 24. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi akibat Crashing (Hari)
I	Proyek Pembangunan Dermaga		427	341
1	Pengadaan Tiang Pancang	J	77	61
2	Pengangkatan Tiang Pancang	K	77	61
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	70	55
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	70	55

Tabel 4. 25. Hasil Perhitungan durasi dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Durasi Normal (Hari)	Durasi akibat Crashing (Hari)
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	70	55
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	70	55
7	Penyambungan Tiang Pancang	P	77	61
8	Test PDA	R	14	11
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	28	22
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	35	28
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	35	28
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	35	28
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	35	28
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	28	22
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	21	17
16	Pekerjaan Lighting Tower	AM	14	11

Dari tabel diatas dapat diketahui dengan penambahan 1 jam lembur durasi maksimal proyek akibat percepatan adalah 385 hari , 2 jam lembur 358 hari, dan 3 jam lembur 341 hari.

4.4.3. Perhitungan Biaya

4.4.3.1. Biaya Crashing

Penambahan biaya langsung untuk menyelesaikan aktivitas pada kondisi crashing (pada kondisi waktu terpendek yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu aktivitas).

Berikut adalah contoh perhitungan biaya *Crashing* pada kegiatan pekerjaan beton lantai dermaga dengan penambahan 1 jam lembur :

$$\begin{aligned}
\text{Crash Cost} &= \text{Gaji Tenaga Kerja Per Jam} \times \text{Banyak Tenaga Kerja} \times \text{Jam} \\
&\quad \text{Lembur} \times \text{Durasi Crashing} \\
&= \text{Rp.}31.091,2067 \times 35 \times 1 \times 31 \\
&= \text{Rp. } 33.733.959
\end{aligned}$$

Berikut adalah contoh perhitungan biaya *Crashing* pada kegiatan pekerjaan beton lantai dermaga dengan penambahan 2 jam lembur :

$$\begin{aligned}
\text{Crash Cost} &= \text{Gaji Tenaga Kerja Per Jam} \times \text{Banyak Tenaga Kerja} \times \text{Jam} \\
&\quad \text{Lembur} \times \text{Durasi Crashing} \\
&= \text{Rp. } 46.136,81 \times 35 \times 2 \times 29 \\
&= \text{Rp. } 93.657.724
\end{aligned}$$

Berikut adalah contoh perhitungan biaya *Crashing* pada kegiatan pekerjaan beton lantai dermaga dengan penambahan 3 jam lembur :

$$\begin{aligned}
\text{Crash Cost} &= \text{Gaji Tenaga Kerja Per Jam} \times \text{Banyak Tenaga Kerja} \times \text{Jam} \\
&\quad \text{Lembur} \times \text{Durasi Crashing} \\
&= \text{Rp. } 51.818,68 \times 35 \times 3 \times 28 \\
&= \text{Rp. } 152.346.919
\end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan biaya *crashing* pada kegiatan kritis akibat penambahan 1-3 jam lembur :

Tabel 4. 26. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 1 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Biaya <i>Crashing</i>
I	Proyek Pembangunan Dermaga		Rp. 559.019.896
1	Pengadaan Tiang Pancang	J	Rp. 10.726.466
2	Pengangkatan Tiang Pancang	K	Rp. 184.495.221
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	Rp. 127.318.491

Tabel 4. 27. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 1 jam lembur
(Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Biaya <i>Crashing</i>
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	Rp. 52.886.143
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	Rp. 7.834.984
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	Rp. 7.834.984
7	Penyambungan Tiang Pancang	P	Rp. 10.726.466
8	Test PDA	R	Rp. 1.212.557
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	Rp. 3.109.121
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	Rp. 33.733.959
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	Rp. 7.710.619
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	Rp. 6.746.792
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	Rp. 42.408.406
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	Rp. 38.864.008
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	Rp. 16.540.522
16	Pekerjaan Lighting Tower	AM	Rp. 6.871.157

Tabel 4. 28. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 2 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Biaya <i>Crashing</i>
I	Proyek Pembangunan Dermaga		Rp. 1.536.909.415
1	Pengadaan Tiang Pancang	J	Rp. 29.527.558
2	Pengangkatan Tiang Pancang	K	Rp. 507.874.004
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	Rp. 347.871.547
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	Rp. 144.500.489
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	Rp. 21.407.480
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	Rp. 21.407.480
7	Penyambungan Tiang Pancang	P	Rp. 29.527.558
8	Test PDA	R	Rp. 3.321.850

Tabel 4. 29. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 2 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Biaya <i>Crashing</i>
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	Rp. 8.489.173
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	Rp. 93.657.724
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	Rp. 21.407.480
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	Rp. 18.731.545
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	Rp. 117.741.139
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	Rp. 106.114.663
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	Rp. 46.505.904
16	Pekerjaan Lighting Tower	AM	Rp. 18.823.818

Tabel 4. 30. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 3 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Biaya <i>Crashing</i>
I	Proyek Pembangunan Dermaga		Rp. 2.467.398.267
1	Pengadaan Tiang Pancang	J	Rp. 47.414.092
2	Pengangkatan Tiang Pancang	K	Rp. 815.522.386
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	L	Rp. 555.755.343
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	M	Rp. 230.852.219
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	N	Rp. 34.200.329
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	O	Rp. 34.200.329
7	Penyambungan Tiang Pancang	P	Rp. 47.414.092
8	Test PDA	R	Rp. 5.130.049
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	AC	Rp. 13.680.132
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	AE	Rp. 152.346.919
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	AF	Rp. 34.822.153
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	AG	Rp. 30.469.384

Tabel 4. 31. Hasil Perhitungan biaya dengan penambahan 3 jam lembur
(Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Kode	Biaya <i>Crashing</i>
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	AH	Rp. 191.521.841
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	AK	Rp. 171.001.644
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	AL	Rp. 73.997.075
16	Pekerjaan Lighting Tower	AM	Rp. 29.070.279

4.4.3.2. Biaya Langsung dan Tidak Langsung

A. Biaya Langsung

Biaya yang secara akurat ditelusuri ke objek biaya dan dapat dikenali secara langsung untuk memproduksi suatu satuan output. Objek biaya dapat berupa bahan, upah atau gaji yang dapat secara khusus digunakan untuk pekerjaan suatu proyek.

B. Biaya Tidak Langsung

Biaya yang tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan objek tertentu. Biaya ini mencakup biaya asuransi, biaya listrik, biaya pengawas, dll.

Untuk perhitungan biaya langsung dan tidak langsung dengan penambahan 1-3 jam lembur dapat dilihat contoh pada pekerjaan fasilitas deramga dibawah ini.

1. Kondisi Normal

Biaya Langsung = Rp. 11.092.461.656

Biaya Tidak Langsung = Rp. 834.916.469

Biaya Total = Rp. 11.092.461.656 + Rp. 834.916.469
= Rp. 11.927.378.124,36

2. Kondisi Lembur 1 Jam

Biaya Langsung = Biaya Langsung Normal + Biaya Crash
= Rp. 11.092.461.656 + Rp. 38.864.008
= Rp. 11.131.325.664

Biaya Tidak Langsung = (Rp. 834.916.469 : 28) x 25
= Rp. 745.461.133

Biaya Total = Rp. 11.131.325.664 + Rp. 745.461.133

$$= \text{Rp. } 11.876.786.797$$

3. Kondisi Lembur 2 Jam

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Crash} \\ &= \text{Rp. } 11.092.461.656 + \text{Rp. } 106.114.663 \\ &= \text{Rp. } 11.198.576.319 \\ \text{Biaya Tidak Langsung} &= (\text{Rp. } 834.916.469 : 28) \times 23 \\ &= \text{Rp. } 685.824.242 \\ \text{Biaya Total} &= \text{Rp. } 11.198.576.319 + \text{Rp. } 685.824.242 \\ &= \text{Rp. } 11.884.400.561 \end{aligned}$$

4. Kondisi Lembur 3 Jam

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya Langsung Normal} + \text{Biaya Crash} \\ &= \text{Rp. } 11.092.461.656 + \text{Rp. } 656.005.797 \\ &= \text{Rp. } 11.263.463.300 \\ \text{Biaya Tidak Langsung} &= (\text{Rp. } 834.916.469 : 28) \times 22 \\ &= \text{Rp. } 656.005.797 \\ \text{Biaya Total} &= \text{Rp. } 11.263.463.300 + \text{Rp. } 656.005.797 \\ &= \text{Rp. } 11.919.469.096 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan biaya langsung dan tidak langsung pada kegiatan yang berada di jalur kritis pada kondisi normal dan penambahan 1-3 jam lembur.

Tabel 4. 32. Perhitungan Biaya Normal

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
I	Proyek Pembangunan Dermaga	Rp130.290.664.200,78	Rp9.806.824.187,16	Rp140.097.488.387,93

Tabel 4. 33. Perhitungan Biaya Normal (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
1	Pengadaan Tiang Pancang	Rp16.310.531.059	Rp1.227.674.381	Rp17.538.205.440
2	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp648.396.000	Rp48.804.000	Rp697.200.000
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp1.124.481.600	Rp84.638.400	Rp1.209.120.000
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp476.308.800	Rp35.851.200	Rp512.160.000
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	Rp61.380.000	Rp4.620.000	Rp66.000.000
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	Rp36.828.000	Rp2.772.000	Rp39.600.000
7	Penyambungan Tiang Pancang	Rp592.819.200	Rp44.620.800	Rp637.440.000
8	Test PDA	Rp284.580.000	Rp21.420.000	Rp306.000.000
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	Rp775.217.784	Rp58.055.229	Rp829.360.411
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	Rp771.305.182	Rp799.636.313	Rp11.423.375.896
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	Rp3.988.683.474	Rp300.223.487	Rp4.288.906.962
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	Rp2.379.619.331	Rp179.111.132	Rp2.558.730.464
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	Rp23.918.666.891	Rp1.800.329.766	Rp25.718.996.657
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	Rp11.092.461.656	Rp834.916.469	Rp11.927.378.124

Tabel 4. 34. Perhitungan Biaya Normal (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	Rp1.973.453.155	Rp148.539.485	Rp2.121.992.640
16	Pekerjaan Lighting Tower	Rp3.822.302.713	Rp287.700.204	Rp4.110.002.917

Tabel 4. 35. Perhitungan biaya akibat 1 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
I	Proyek Pembangunan Dermaga	Rp.130.849.684.097,24	Rp.8.842.218.529	Rp.139.691.902.626,64
1	Pengadaan Tiang Pancang	Rp. 16.321.257.526	Rp.1.100.123.796	Rp. 17.421.381.321
2	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp. 832.891.221	Rp. 43.733.455	Rp. 876.624.675
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp. 1.251.800.091	Rp. 76.174.560	Rp. 1.327.974.651
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp. 529.194.943	Rp. 32.266.080	Rp. 561.461.023
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	Rp. 69.214.984	Rp. 4.158.000	Rp. 73.372.984
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	Rp. 44.662.984	Rp. 2.494.800	Rp. 47.157.784
7	Penyambungan Tiang Pancang	Rp. 603.545.666	Rp. 39.984.873	Rp. 643.530.539
8	Test PDA	Rp. 112.366.157	Rp. 7.768.800	Rp. 120.134.957
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	Rp. 287.689.121	Rp. 19.125.000	Rp. 306.814.121
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	Rp. 10.657.473.542	Rp. 708.249.306	Rp. 11.365.722.848
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	Rp. 3.996.394.094	Rp. 265.912.232	Rp. 4.262.306.325

Tabel 4. 36. Perhitungan biaya akibat 1 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	Rp. 2.386.366.123	Rp. 158.641.289	Rp. 2.545.007.412
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	Rp. 23.961.075.297	Rp. 1.594.577.793	Rp. 25.555.653.090
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	Rp. 11.131.325.664	Rp. 745.461.133	Rp. 11.876.786.797
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	Rp. 1.989.993.677	Rp. 134.392.867	Rp. 2.124.386.544
16	Pekerjaan Lighting Tower	Rp. 3.829.173.869	Rp. 267.150.190	Rp. 4.096.324.059

Tabel 4. 37. Perhitungan Biaya akibat 2 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
I	Proyek Pembangunan Dermaga	Rp.131.827.573.615,50	Rp. 8.222.114.892	Rp. 140.049.688.507,77
1	Pengadaan Tiang Pancang	Rp. 16.340.058.618	Rp.1.020.404.680	Rp. 17.360.463.298
2	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp. 1.156.270.004	Rp. 40.564.364	Rp. 1.196.834.368
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp. 1.472.353.147	Rp. 70.128.960	Rp. 1.542.482.107
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp. 620.809.289	Rp. 29.705.280	Rp. 650.514.569
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	Rp. 82.787.480	Rp. 3.828.000	Rp. 86.615.480
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	Rp. 58.235.480	Rp. 2.296.800	Rp. 60.532.280
7	Penyambungan Tiang Pancang	Rp. 622.346.758	Rp. 37.087.418	Rp. 659.434.177

Tabel 4. 38. Perhitungan Biaya akibat 2 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
8	Test PDA	Rp. 114.475.450	Rp. 7.171.200	Rp. 121.646.650
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	Rp. 293.069.173	Rp. 17.595.000	Rp. 310.664.173
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	Rp. 10.717.397.307	Rp. 662.555.802	Rp. 11.379.953.109
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	Rp. 4.010.090.954	Rp. 248.756.604	Rp. 4.258.847.558
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	Rp. 2.398.350.876	Rp. 148.406.367	Rp. 2.546.757.243
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	Rp. 24.036.408.030	Rp.1.491.701.806	Rp. 25.528.109.836
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	Rp. 11.198.576.319	Rp. 685.824.242	Rp. 11.884.400.561
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	Rp. 2.019.959.060	Rp. 127.319.558	Rp. 2.147.278.618
16	Pekerjaan Lighting Tower	Rp. 3.841.126.531	Rp. 246.600.175	Rp. 4.087.726.706

Tabel 4. 39. Perhitungan Biaya akibat 3 jam lembur

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
I	Proyek Pembangunan Dermaga	Rp.132.758.062.467,66	Rp. 7.831.679.269	140.589.741.736,55
1	Pengadaan Tiang Pancang	Rp.16.357.945.151	Rp. 972.573.211	Rp. 17.330.518.362
2	Pengangkatan Tiang Pancang	Rp. 1.463.918.386	Rp. 38.662.909	Rp. 1.502.581.295

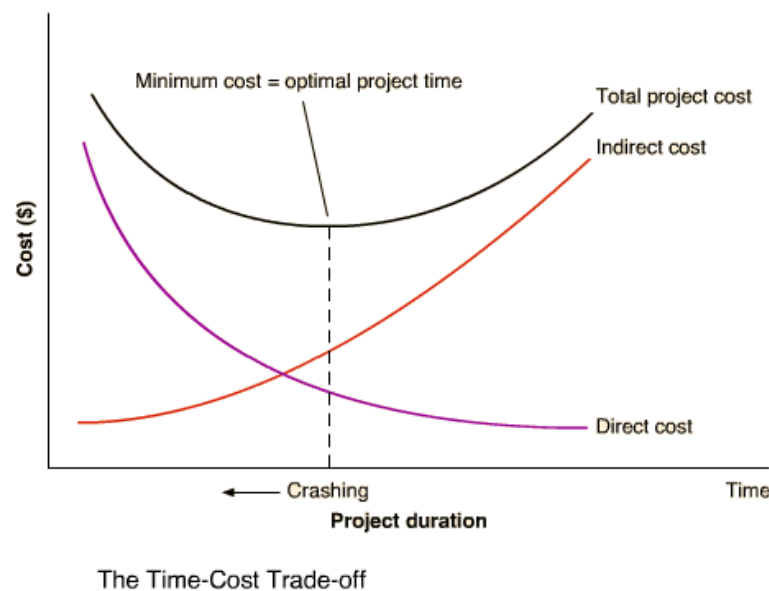
Tabel 4. 40. Perhitungan Biaya akibat 3 jam lembur (Lanjutan)

NO	Jenis Kegiatan	Biaya		
		Langsung	Tidak Langsung	TOTAL
3	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp. 1.680.236.943	Rp. 66.501.600	Rp. 1.746.738.543
4	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	Rp. 707.161.019	Rp. 28.168.800	Rp. 735.329.819
5	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	Rp. 95.580.329	Rp. 3.630.000	Rp. 99.210.329
6	Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	Rp. 71.028.329	Rp. 2.178.000	Rp. 73.206.329
7	Penyambungan Tiang Pancang	Rp. 640.233.292	Rp. 35.348.945	Rp. 675.582.238
8	Test PDA	Rp. 116.283.649	Rp. 6.573.600	Rp. 122.857.249
9	Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	Rp. 298.260.132	Rp. 16.830.000	Rp. 315.090.132
10	Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	Rp.10.776.086.502	Rp. 639.709.050	Rp. 11.415.795.552
11	Pekerjaan Beton Balok Melintang	Rp. 4.023.505.627	Rp. 240.178.790	Rp. 4.263.684.417
12	Pekerjaan Beton Balok Memanjang	Rp. 2.410.088.715	Rp. 143.288.906	Rp. 2.553.377.621
13	Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	Rp.24.110.188.732	Rp. 1.440.263.813	Rp. 25.550.452.545
14	Pekerjaan Fasilitas Dermaga	Rp.11.263.463.300	Rp. 656.005.797	Rp. 11.919.469.096
15	Pekerjaan Instalasi Pipa Air	Rp. 2.047.450.230	Rp. 120.246.250	Rp. 2.167.696.480
16	Pekerjaan Lighting Tower	Rp. 3.851.372.992	Rp. 226.050.160	Rp. 4.077.423.153

Dari tabel diatas dapat diketahui dengan penambahan 1 jam lembur biaya total lebih hemat sebesar Rp. 405.585.761,29 dan 2 jam lembur sebesar Rp. 47.799.880,16 . Sedangkan pada penambahan 3 jam lembur biaya lebih mahal sebesar Rp. 492.253.348,62

4.4.4. Durasi Optimal Proyek

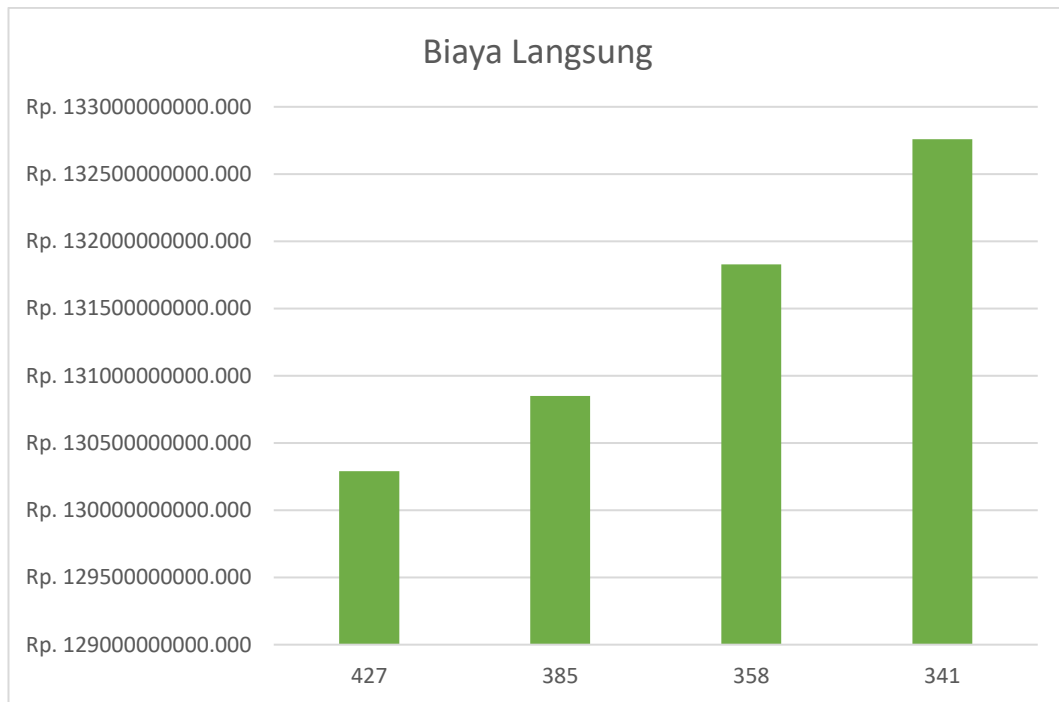
Durasi optimal proyek adalah durasi tercepat proyek dapat selesai dengan biaya yang semurah-murahnya



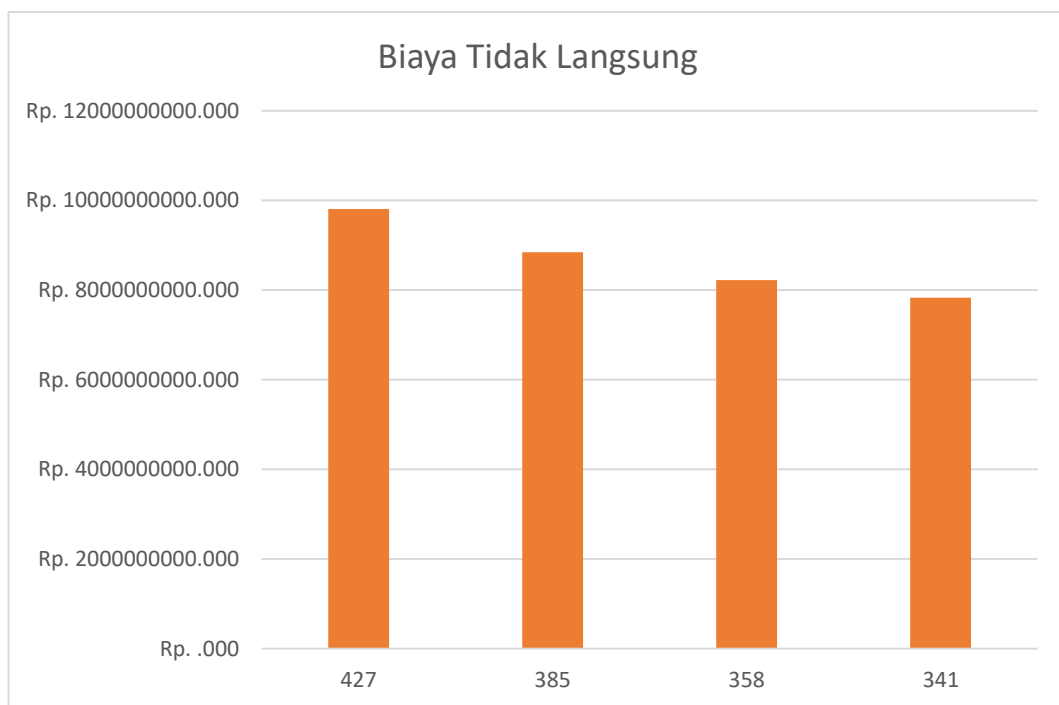
Gambar 4. 3 Hubungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa biaya langsung proyek akan lebih mahal jika waktu pengerjaan proyek mengalami percepatan durasi yang banyak , sedangkan biaya tidak langsung proyek akan lebih murah jika waktu pengerjaan proyek lebih cepat.

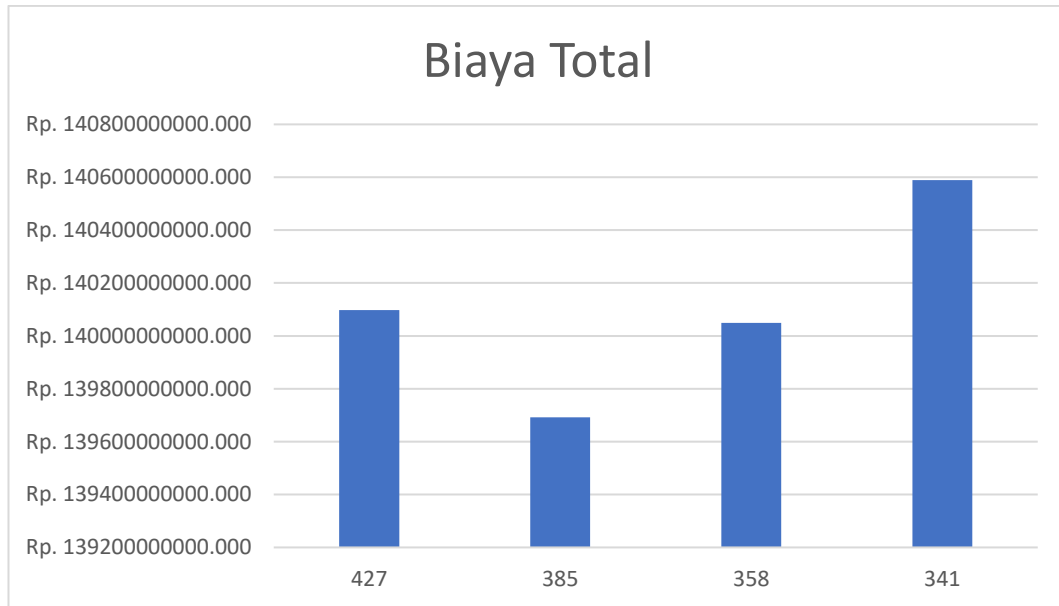
Berikut akan disajikan grafik perbandingan biaya langsung, tidak langsung, dan total pada proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.



Gambar 4. 4. Grafik Perbandingan Biaya Langsung



Gambar 4. 5. Grafik Perbandingan Biaya Tidak Langsung



Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan Biaya Total

Dari grafik diatas diketahui bahwa pada proyek pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjung Priok durasi percepatan dengan biaya total termurah adalah dengan penambahan 1 jam lembur yaitu 385 hari dari waktu normal 427 hari. Sehingga dapat diperoleh hasil bahwa durasi optimal proyek pembangunan dermaga pelabuhan Tanjung Priok adalah 385 hari

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis tentang percepatan proyek dengan metode *CPM* dan *PERT* pada pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode *CPM* proyek pada pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok diketahui lintasan kritis berada pada kegiatan A-J-K-L-M-N-O-P-R-AC-AE-AF-AG-AH-AK-AL-AM
2. Dengan menggunakan metode *PERT* didapatkan probabilitas proyek pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok dapat selesai tepat waktu yaitu dalam jangka waktu 427 hari adalah 81,56%.
3. Berdasarkan hasil perhitungan Time Cost Trade Off, maka didapatkan proyek pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok dapat selesai paling cepat dalam waktu 341 hari dengan penambahan 3 jam lembur tetapi terdapat penambahan biaya sebesar Rp. 492.253.348,62
4. Berdasarkan hasil perhitungan Time Cost Trade Off, maka didapatkan durasi optimal pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok adalah 385 hari dengan penambahan 1 jam lembur dan penghematan biaya sebesar Rp. 405.585.761,29

5.2. Saran

1. Penjadwalan proyek dapat dilakukan dengan PDM dikarenakan menunjukkan hubungan keterkaitan antar pekerjaan yang lebih detail seperti *Start-Start*, *Finish-Finish*, *Finish-Start*, *Start-Finish*
2. Dapat dilakukan percepatan proyek dengan alternatif lain seperti penambahan tenaga kerja atau penambahan alat kerja

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiya. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan tenaga kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off* (Studi Kasus: Proyek Pembaguan Amaris Sagan Yogyakarta). Tugas akhir. Yogyakarta: Jurusan Teknk Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Andi, M. 2015. *Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) pada proyek pembangunan Pasar Peting Serang Banten*. Banten : Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Agung Tirtayasa
- Charles, Kirkpatrick.A. dan Levin, Richard,I. 1972. *Perencanaan dan pengawasan dengan PERT dan CPM*. Jakarta : Bhatarra
- Dimiyati, H., Nurjaman , K. 2014. *Manajemen Proyek*. Bandung: Pustaka Setia
- Dipohusodo, Istimawan. 1996 *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I., 2002. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta.
- Ervianto. 2004. *Teori – Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta
- Frederika, Ariany. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi*. Jurnal. Fakultas Teknik. Denpasar : Universitas Udayana.
- Febriyanto. 2011. *Analisis CPM dan PERT System Sebagai Peningkatan Efisiensi Proyek (Studi Kasus CV.XYZ)*. Tugas Akhir. Lampung : Fakultas Ekonomi Universitas Muhammadiyah Metro Lampung
- Gray dan Larson, E. 2006. *Project Management*. First Edition.

Heizer dan Render, Barry. 2006. *Operation Management Sustainability and Supply Chain Management: 7th Edition*. Pearson

Heizer dan Render, Barry. 2014. *Operation Management Sustainability and Supply Chain Management: 11th Edition*. Pearson

Herjanto, Eddy. 2007. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Grasindo.

Hilton, Ronald W. 2009. *Managerial Accounting: Creating Value in a Dynamic Business Environment*. Eighth Edition. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

Irfana Perdana, Aulia, 2007. *Perencanaan Pembangunan Dermaga Penyeberangan Ferry di Nusa Penida*. Tugas Akhir. Bandung : Teknik Kelautan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung

Novitasari. 2014. *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off* . Tugas Akhir. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Render, B., Stair, R. dan Hanna, M. 2009. *Quantitative Analysis for Management : 9th Edition*. Pearson

Arvianto, Ricky. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) (Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta)*. Tugas akhir. Surakarta : Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Santosa. 2008. *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu

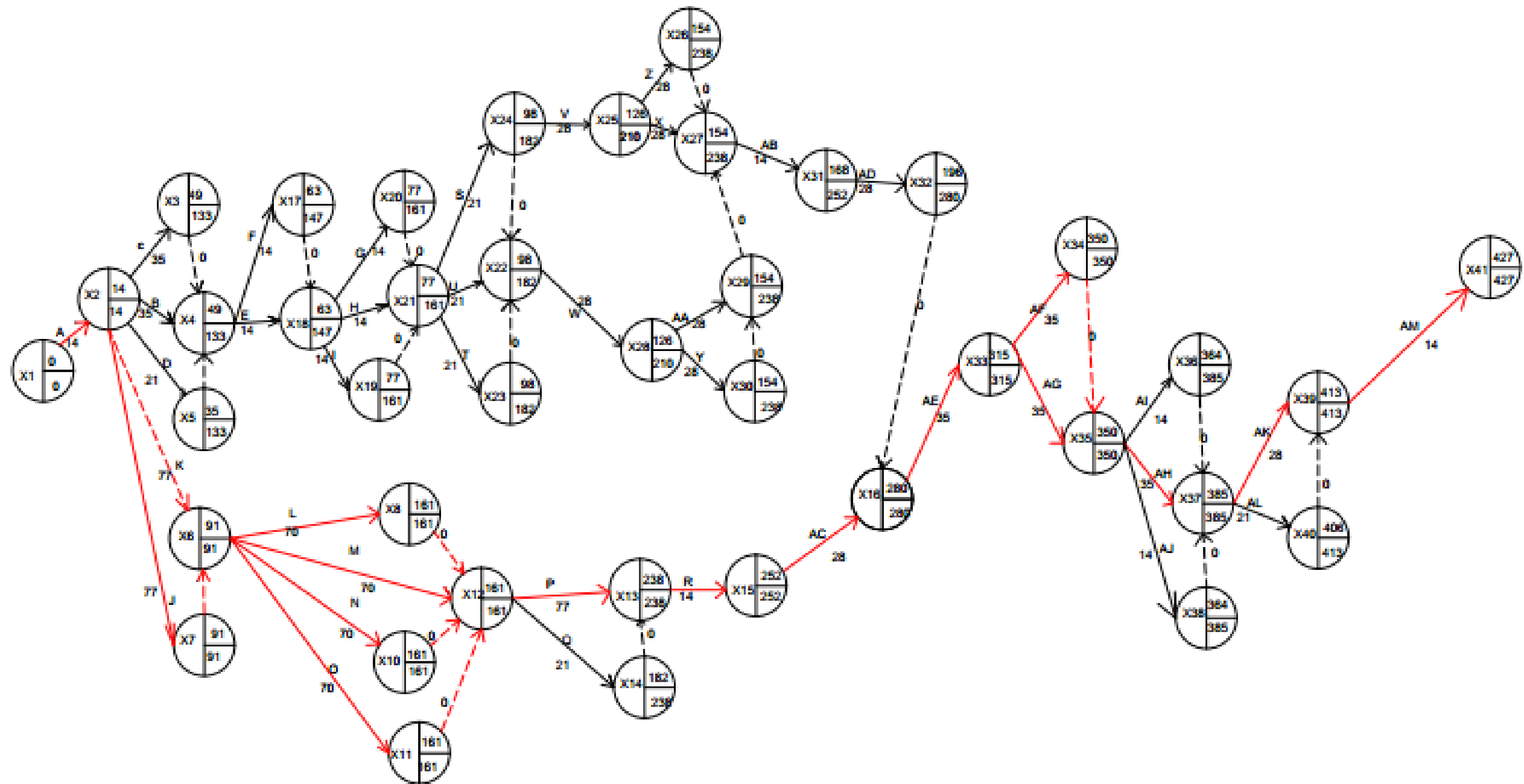
Schwalbe, K. 2006. *Information Technology Project Management*. 4th Edition.
Thompson Course Technology.

Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*.
Jilid 1. Jakarta: Erlangga

Susilo Yayuk Sundari. *Analisis Pelaksanaan Proyek dengan metode CPM dan PERT (studi Kasus Proyek Pelaksanaan Main Stadium University Of Riau (Multiyears)*. Riau : Universitas Riau-

LAMPIRAN I

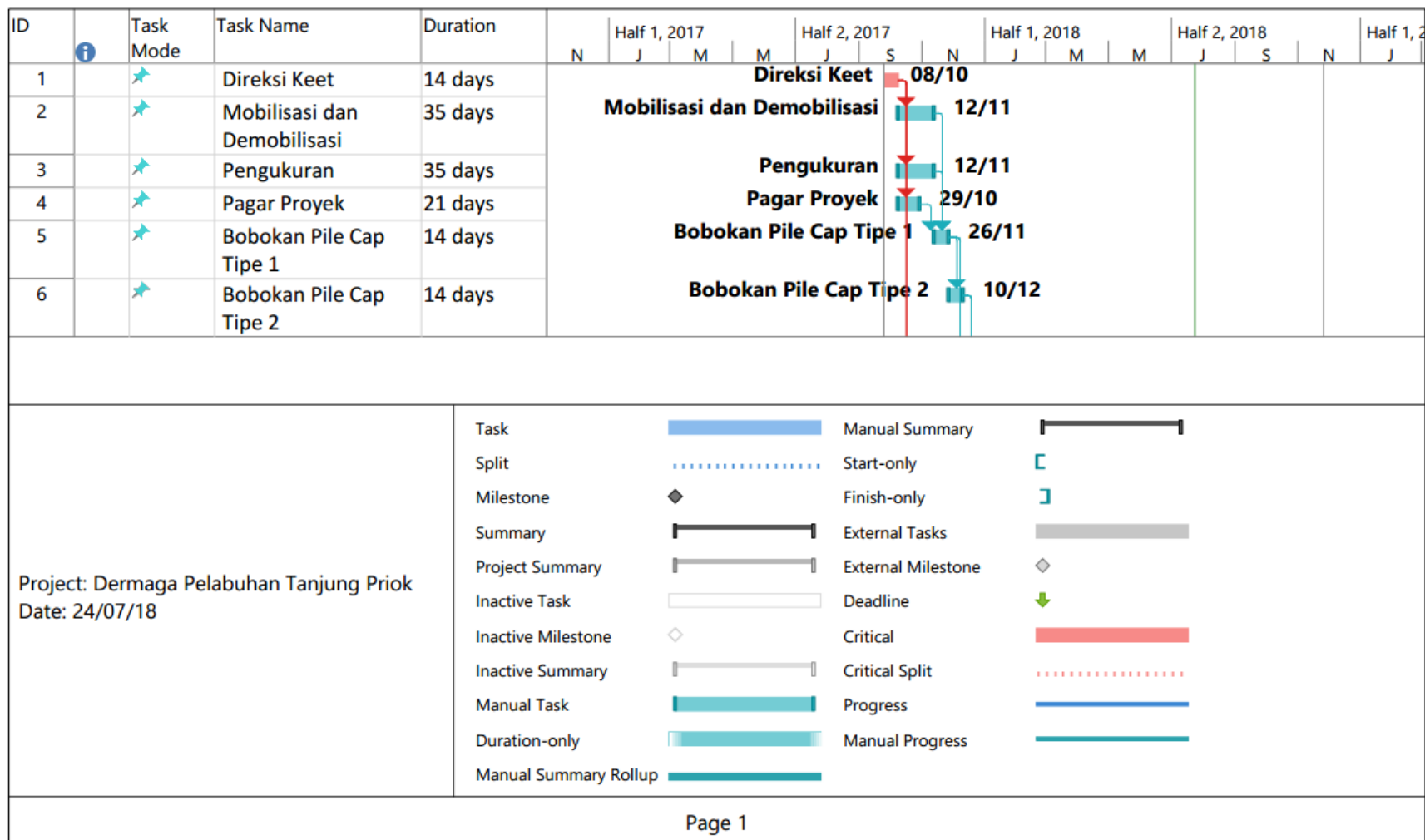
NETWORK PLANNING



NETWORK PLANNING CPM

DERMAGA PELABUHAN TJ.PRIOK

LAMPIRAN II
DATA MICROSOFT PROJECT



ID		Task Mode	Task Name	Duration	Half 1, 2017		Half 2, 2017		Half 1, 2018			Half 2, 2018		Half 1, 2019					
					N	J	M	M	J	S	N	J	M	M	J	S	N	J	
7		✈️	Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	14 days	Lantai Dermaga untuk Balok Melintang														24/12
8		✈️	Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	14 days	Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)														24/12

Project: Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok
Date: 24/07/18

Task

Manual Summary

Split

Start-only

Milestone

Finish-only

Summary

External Tasks

Project Summary

External Milestone

Inactive Task

Deadline

Inactive Milestone

Critical

Inactive Summary

Critical Split

Manual Task

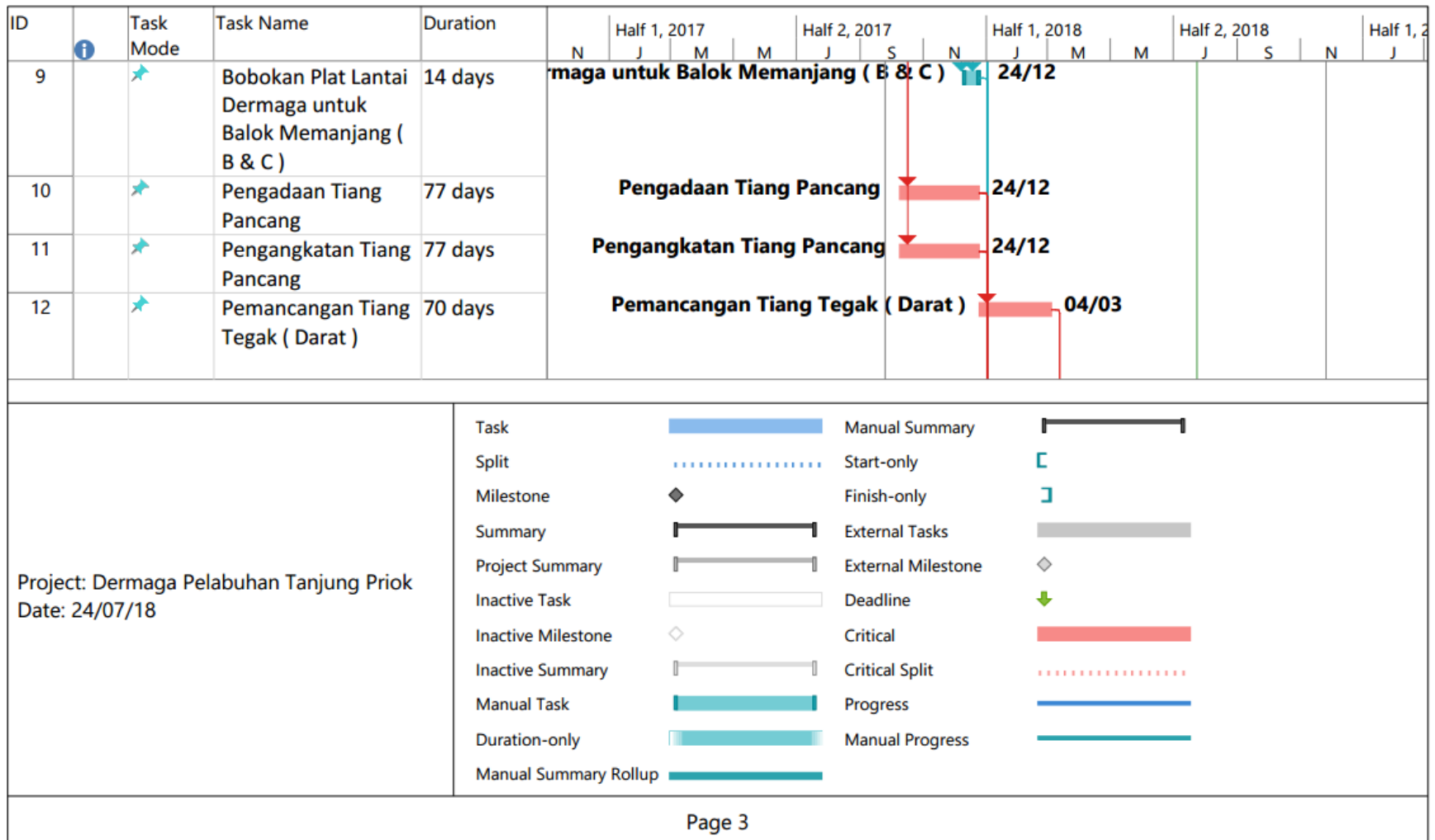
Progress

Duration-only

Manual Progress

Manual Summary Rollup

Page 2



ID		Task Mode	Task Name	Duration	Half 1, 2017			Half 2, 2017			Half 1, 2018			Half 2, 2018			Half 1, 2019	
					N	J	M	M	J	S	N	J	M	M	J	S	N	J
13			Pemancangan Tiang Miring (Darat)	70 days	Pemancangan Tiang Miring (Darat)											04/03		
14			Pemancangan Tiang Miring (Laut)	70 days	Pemancangan Tiang Miring (Laut)											04/03		
15			Pemancangan Tiang Tegak (Laut)	70 days	Pemancangan Tiang Tegak (Laut)											04/03		
16			Penyambungan Tiang Pancang	77 days	Penyambungan Tiang Pancang											20/05		
17			Pemotongan Tiang Pancang	21 days	Pemotongan Tiang Pancang											25/03		
18			Test PDA	14 days	Test PDA											03/06		

Task

Split

Milestone

Summary

Project Summary

Inactive Task

Inactive Milestone

Inactive Summary

Manual Task

Duration-only

Manual Summary Rollup

Manual Summary

Start-only

Finish-only

External Tasks

External Milestone

Deadline

Critical

Critical Split

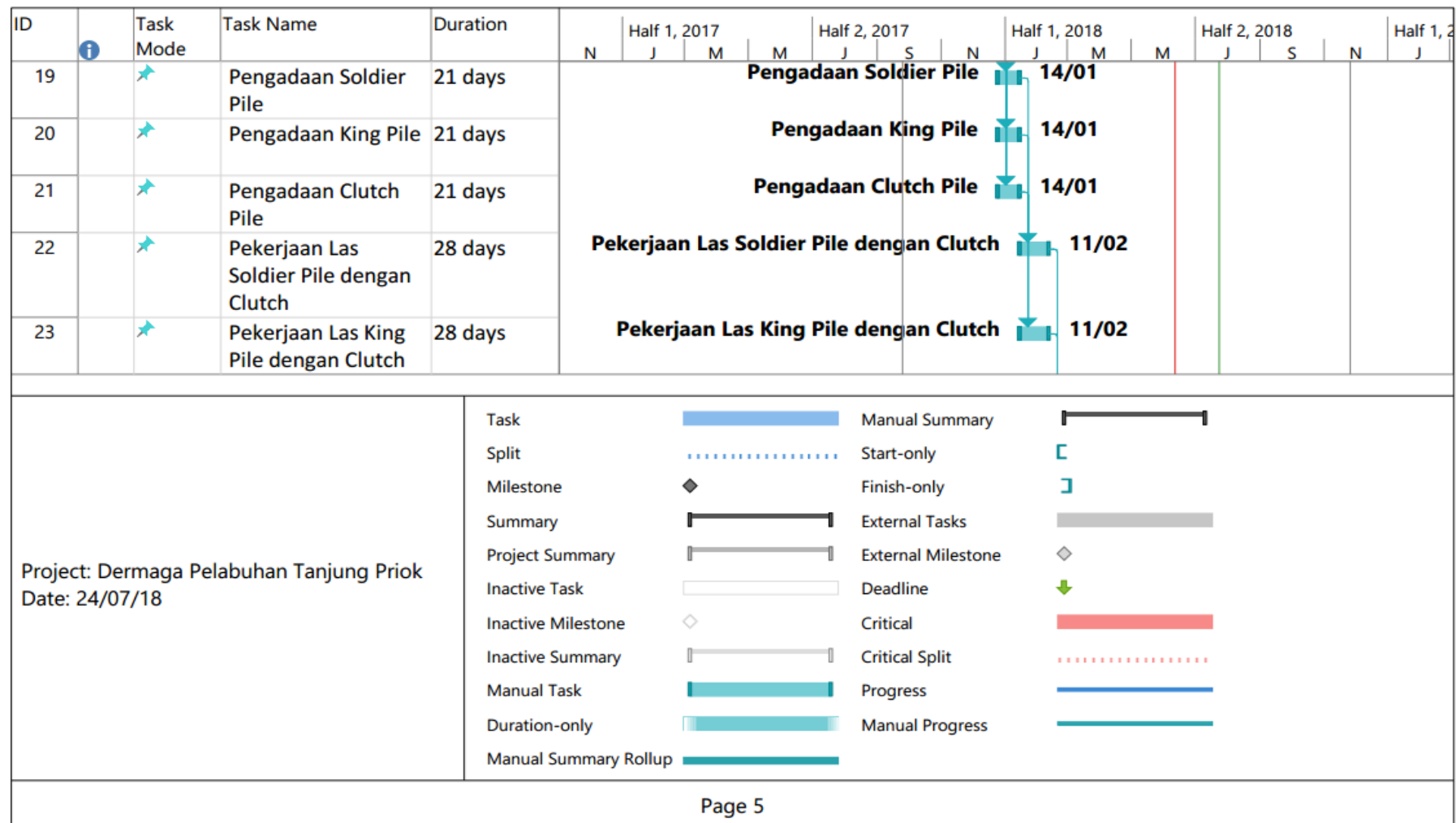
Progress

Manual Progress

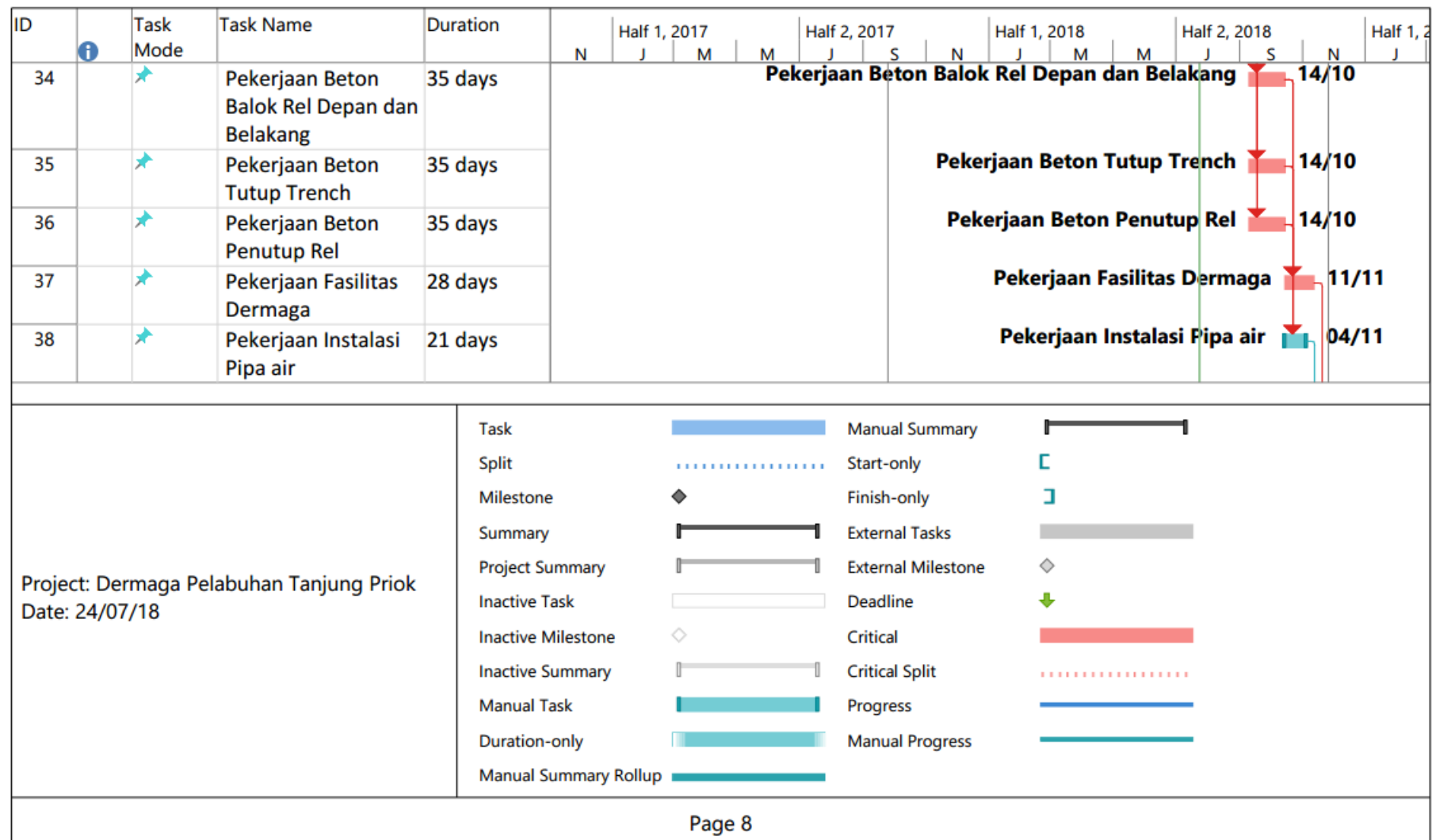
Project: Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok

Date: 24/07/18

Page 4



ID		Task Mode	Task Name	Duration	Half 1, 2017				Half 2, 2017			Half 1, 2018			Half 2, 2018			Half 1, 2019	
					N	J	M	M	J	S	N	J	M	M	J	S	N	J	
24			Pemancangan Darat Soldier Pile	28 days	Pemancangan Darat Soldier Pile 11/03														
25			Pemancangan Darat King Pile	28 days	Pemancangan Darat King Pile 11/03														
26			Pemancangan Laut Soldier Pile	28 days	Pemancangan Laut Soldier Pile 11/03														
27			Pemancangan Laut King Pile	28 days	Pemancangan Laut King Pile 11/03														
28			Pemotongan King Pile	14 days	Pemotongan King Pile 25/03														
Project: Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok Date: 24/07/18				Task		Manual Summary													
				Split		Start-only													
				Milestone		Finish-only													
				Summary		External Tasks													
				Project Summary		External Milestone													
				Inactive Task		Deadline													
				Inactive Milestone		Critical													
				Inactive Summary		Critical Split													
				Manual Task		Progress													
				Duration-only		Manual Progress													
				Manual Summary Rollup															
Page 6																			



LAMPIRAN III
DATA RAB

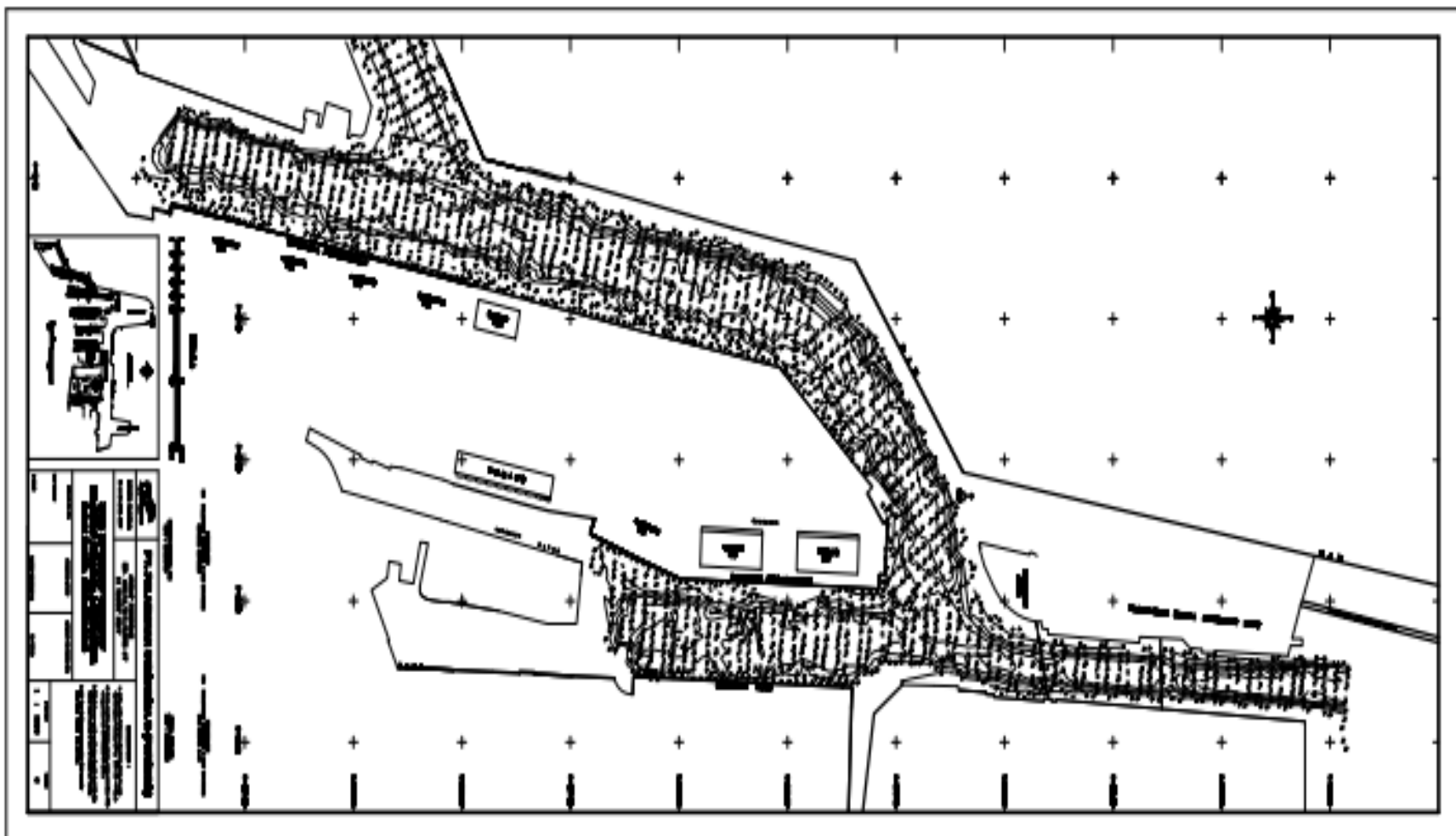
incian Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Jumlah Pekerja	Harga Satuan	Total Biaya
Direksi Keet	ls	1	8	Rp. 275.880.000,00	Rp275.880.000,00
Mobilisasi dan Demobilisasi	ls	1	7	Rp. 404.550.000,00	Rp404.550.000,00
Pengukuran	ls	1	7	Rp. 129.600.000,00	Rp129.600.000,00
Pagar Proyek	m'	200	5	Rp. 783.000,00	Rp156.600.000,00
Bobokan Pile Cap Tipe 1	m3	216,576	8	Rp. 414.600,00	Rp89.792.409,60
Bobokan Pile Cap Tipe 2	m3	112,896	5	Rp. 414.600,00	Rp46.806.681,60
Bobokan Plat Lantai Dermaga untuk Balok Melintang	m3	123,039	5	Rp. 414.600,00	Rp51.011.969,40
Bobokan Balok Listplank untuk Balok Memanjang (A)	m3	1389,57	39	Rp. 414.600,00	Rp576.115.722,00
Bobokan Plat Lantai Dermaga Untuk Balok Memanjang (B&C)	m3	98,1	4	Rp. 414.600,00	Rp40.672.260,00
Pengadaan Tiang Pancang	m3	16600	5	Rp. 1.056.518,40	Rp17.538.205.440,00

incian Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Jumlah Pekerja	Harga Satuan	Total Biaya
Pengangkatan Tiang Pancang	m'	16600	86	Rp. 42.000,00	Rp697.200.000,00
Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	m'	11450	65	Rp. 105.600,00	Rp1.209.120.000,00
Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Darat)	m'	4850	27	Rp. 105.600,00	Rp512.160.000,00
Pemancangan Tiang Pancang Tegak (Laut)	m'	200	4	Rp. 330.000,00	Rp66.000.000,00
Pemancangan Tiang Pancang Miring (Laut)	m'	100	4	Rp. 396.000,00	Rp39.600.000,00
Penyambungan Tiang Pancang	ttk	664	7	Rp. 960.000,00	Rp637.440.000,00
Pemotongan Kepala Tiang Pancang	ttk	664	15	Rp. 180.000,00	Rp119.520.000,00
Test PDA	ttk	17	3	Rp. 18.000.000,00	Rp306.000.000,00
Pengadaan Soldier Pile	Kg	1245420	5	Rp. 12.513,14	Rp. 15.584.115.960,00
Pengadaan King Pile	Kg	834768	5	Rp. 12.138,00	Rp. 10.132.413.984,00
Pengadaan Clutch Pile	m'	12462,27	5	Rp. 1.595.055,55	Rp. 19.878.012.900,00
Pekerjaan Las Soldier Pile dengan Clutch	m'	27972	100	Rp. 24.000,00	Rp. 671.328.000,00
Pekerjaan Las King Pile dengan Clutch	m'	14061,6	50	Rp. 24.000,00	Rp. 337.478.400,00

incian Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Jumlah Pekerja	Harga Satuan	Total Biaya
Pemancangan Darat Soldier Pile	m'	6528	93	Rp. 132.000,00	Rp. 861.696.000,00
Pemancangan Darat King Pile	m'	4392	63	Rp. 132.000,00	Rp. 579.744.000,00
Pemancangan Laut Soldier Pile	m'	132	4	Rp. 462.000,00	Rp. 60.984.000,00
Pemancangan Laut King Pile	m'	72	5	Rp. 462.000,00	Rp. 33.264.000,00
Pemotongan King Pile	ttk	186	7	Rp. 360.000,00	Rp. 66.960.000,00
Pekerjaan Beton Pengisi Tiang Pancang	m3	200	5	Rp. 4.145.765,83	Rp. 829.360.410,99
Pekerjaan Beton Pile Cap	m3	897,288	13	Rp. 20.723,65	Rp. 4.164.493.918,44
Pekerjaan Beton Lantai Dermaga	m3	3078,912125	35	Rp. 3.710.198,74	Rp. 11.423.375.895,54
Pekerjaan Beton Balok Melintang	m3	737,40375	8	Rp. 5.816.226,13	Rp. 4.288.906.961,57
Pekerjaan Beton Balok Memanjang	m3	571,6575	7	Rp. 4.475.985,12	Rp. 2.558.730.463,74
Pekerjaan Beton Balok Rel Depan dan Belakang	m3	3883,6503	44	Rp. 6.622.377,06	Rp. 25.718.996.657,16

incian Item Pekerjaan	Satuan	Volume	Jumlah Pekerja	Harga Satuan	Total Biaya
Pekerjaan Beton Tutup Trench	m3	270,4031	9	Rp. 5.256.030,89	Rp. 1.421.247.047,02
Pekerjaan Beton Penutup Rel	m3	61,07	5	Rp. 1.324.127,96	Rp. 80.862.011,71
Pekerjaan Fasilitas Dermaga	Unit	1	50	Rp. 11.927.378.124,36	Rp. 11.927.378.124,36
Pekerjaan Instalasi Pipa Air	m	1.470,00	28	Rp. 1.443.532,41	Rp. 2.121.992.640,00
Pekerjaan Lighting Tower	Unit	1	17	Rp. 4.110.002.917,00	Rp. 4.110.002.917,00
DERMAGA PELABUHAN TANJUNG PRIOK					Rp140.097.488.387,93

LAMPIRAN IV
DATA GAMBAR PROYEK



BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Eigar Lamgok Tardok Damanik lahir di Jakarta pada 9 Januari 1997. Penulis menjalani pendidikan formal di SD Djuwita Medan selama 6 tahun, melanjutkan pendidikan di SMP Santo Thomas 1 Medan selama 2 tahun dan melanjutkan pendidikan SMA di SMA Santo Thomas 1 Medan selama 3 tahun. Setelah lulus SMA pada tahun 2014, penulis mengikuti SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan diterima di Departemen Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menempuh masa perkuliahan penulis aktif di organisasi AIESEC sebagai *staff of lead nurturing* pada periode 2015-2016 dan sebagai Kepala Divisi Komunitas di Departemen Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan pada periode 2016-2017. Penulis juga aktif sebagai anggota dari Society Of Petroleum Engineers ITS Student Chapters (SPE ITS SC) dan pernah menjadi panitia dalam acara Community Outreach dan PETROLIDA yang diselenggarakan oleh Society Of Petroleum Engineers ITS SC. Penulis juga aktif di berbagai kepanitiaan lain seperti dalam acara OCEANO dan ITS Expo. Penulis juga diberi kesempatan untuk melakukan kerja praktek di PT. PELINDO II Jakarta pada bulan Juli – September 2017 dan ditempatkan di divisi teknik. Saat melakukan kerja praktek penulis mendapat pekerjaan untuk menganalisis pengerukan pada kolam dermaga. Berdasarkan ketertarikan dan pengetahuan penulis selama kuliah, penulis memilih untuk menulis tugas akhir dalam bidang manajemen proyek yang berjudul “Analisis Percepatan Waktu Menggunakan Metode CPM dan PERT pada Proyek Pembangunan Dermaga Pelabuhan Tanjung Priok.

Kontak Penulis:

Email : eigarltd@gmail.com