IMPLEMENTASI CRASH PROGRAM PADA PROYEK MAINTENANCE MESIN FURNACE BA-XXX UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN PRODUKSI ETHYLENE

(STUDI KASUS: PT. XYZ)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1

Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Nama : Aninda Sagita Nurlaila

No. Mahasiswa : 21522288

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 28-01- 2025

(Aninda Sagita Nurlaila)
21522288

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

IMPLEMENTASI CRASH PROGRAM PADA PROYEK MAINTENANCE MESIN FURNACE BA-XXX UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN PRODUKSI ETHYLENE

(STUDI KASUS: PT. XYZ)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Aninda Sagita Nurlaila

No. Mahasiswa : 21522288

Yogyakarta, 10 Februari 2025

Dosen Pembimbing

(Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

IMPLEMENTASI CRASH PROGRAM PADA PROYEK MAINTENANCE MESIN FURNACE BA-XXX UNTUK MENINGKATKAN KEUNTUNGAN PRODUKSI ETHYLENE

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Aninda Sagita Nurlaila

No. Mahasiswa : 21522288

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta,21 Februari 2025

Tim Penguji

Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.	
Ketua	
Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM.	
Anggota I	
Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.	
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo. S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah hirabbil' alamin tugas akhir ini merupakan salah satu pencapaian saya akhir dari penjalanan penyelesaian program sarjana di program studi Teknik industri Universitas Islam Indonesia yang saya tempuh selama kurang lebih 3,5 tahun saya persembahkan untuk keluarga saya yang senantiasa mendukung dan menjadi prioritas utama hidup saya yaitu ayahanda Ir. H. Heru Sunaryono dan ibunda (Almh) Hj. Cucun Sunarsih, kedua kakak saya mba Noersari Aryanti Pratiwi S.M dan mba Noer Oktadwinda Putri S.T yang senantiasa memberikan dukungan moril dan materil, selalu menyayangi dan mencintai dengan tulus, memberi nasihat dan solusi atas keluh kesah yang saya alami selama kuliah. Kepada semua teman-teman yang menemani perjalanan kuliah saya bekerja sama saling mendukung selama masa masa perkuliahan dari awal hingga akhir, kepada segenap dosen-dosen Teknik Industri Universitas Islam Indonesia yang telah mengajarkan ilmu yang sangat bermanfaat bagi saya kedepannya, serta saya ucapkan terimakasih sebesar besarnya kepada dosen pembimbing saya bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan selama masa penulisan tugas akhir ini terakhir kepada perusahaan PT. XYZ dan mentor lapangan saya bapak Hendra Kurniawan S.T yang telah memberikan tempat serta kesempatan bagi saya untuk belajar, menjalankan penelitian untuk penulisan tugas akhir ini.

MOTTO

“Barang siapa menelusuri jalan untuk mencari ilmu padanya, maka Allah SWT akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

“Ridho Allah SWT tergantung dari ridho kedua orang tua dan kemurkaan Allah SWT bergantung dari kemurkaan orang tua”

(HR. Tirmidzi, Ibu Hibban, Hakim)

“Try not to become a man of success, but rather become a man of value”

(Albert Einstein)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah hirabbil' alamin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang telah senantiasa memberikan rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Implementasi Crash Program Pada Proyek Maintenance Mesin Furnace Ba-Xxx Untuk Meningkatkan Keuntungan Produksi Ethylene" sesuai dengan target yang telah ditentukan meskipun terdapat kendala selama masa penulisan berlangsung. Tanpa pertolongan-nya saya tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik sesuai dengan syarat kelulusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

Selama penulisan Laporan Tugas Akhir, penulis sadar bahwa semua tidak akan berjalan lancar tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berjasa memberikan bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng., selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo. S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, mengajarkan ilmu, memberikan petunjuk, nasehat, motivasi, dan dorongan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dadan Sudrajat. selaku section manager Reliability Analysis and Planning Control. PT. XYZ yang telah membantu penulis dalam penempatan tempat penelitian dan dengan segala kerendahan hati turut membantu penulis ketika terdapat kesulitan.
5. Bapak Hendra Kurniawan S.T selaku mentor dan penanggung jawab Departemen Reliability Analysis and Planning Control. PT. XYZ yang telah membantu penulis dalam pengambilan data, wawancara serta menemani penulis melangsungkan penelitian dengan segala kerendahan hati turut membantu penulis ketika terdapat kesulitan.
6. Team Reliability Analysis and Planning Control. PT. XYZ, Mba Kiki, Mba Evelyne yang selalu memberikan motivasi, ilmu, serta pengalaman baru di dunia kerja.
7. Kedua orang tua tercinta, ayahanda Ir. H. Heru Sunaryono dan ibunda (Almh) Hj. Cucun Sunarsih yang telah menjadi sosok paling berpengaruh dalam hidup penulis yang selalu memberikan doa, nasehat, motivasi, dukungan, kasih sayang, perhatian dan cinta yang tak terhingga kepada penulis dalam menempuh pendidikan.
8. Saudara kandung penulis Noersari Aryan Pratiwi S.M. dan Noer Oktadwinda Putri S.T. yang telah banyak memberikan bantuan serta dukungan untuk penulis dalam meyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Keponakan penulis yang selalu menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan studi Sarjana Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, Muhammad Arshad Pratama dan Noureen Aira Parveen.
10. Pihak keluarga yang selalu memberikan motivasi, semangat dan kasih sayang kepada penulis, Bunda Hanny.
11. Sahabat saya dari awal masa perkuliahan Fasya, Hadi, Raihana, Cygnus, Rifkho, Shalwa, Griselda, Dyna dan Lala. yang telah menemani suka dan duka sejak awal di Jogja hingga saat ini.

12. Sahabat MnM yang telah menemani selama masa perkuliahan, belajar bersama, berjuang bersama untuk menempuh masa perkuliahan hingga saat ini.
13. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan kontribusi selama penyusunan Tugas Akhir.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan balasan yang berlimpah serta rahmat dan karunia atas segala kebaikan yang telah diberikan oleh seluruh pihak diatas kepada penulis. Dalam penulisan tentu saja Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mohon kritik, saran, dan masukan untuk penulis yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagai referensi bagi yang lainya.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 10 – 02 - 2025

Aninda Sagita Nurlaila
21 522 288

ABSTRAK

Penjadwalan merupakan aspek penting dalam manajemen proyek untuk memastikan efektivits dan efisiensi serta menghindari terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek dan pemborosan biaya. Pada penelitian ini akan berfokus pada proyek maintenance mesin Furnace BA-XXX yang melibatkan proses preventive maintenance dan corrective maintenance, saat proyek berlansung mesin harus berada pada kondisi shutdown sehingga hal ini dapat mengganggu proses produksi ethylene pada perusahaan serta penurunan pendapatan yang signifikan pada sektor produksi perusahaan. Oleh karna itu diperlukan optimalisasi penjadwalan untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan mempertimbangkan sumberdaya untuk menghindari kerugian terhadap perusahaan. Penelitian ini menggunakan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) untuk mengidentifikasi jalur kritis pada alur aktivitas kerja dan metode Crashing untuk melakukan pemadatan jadwal guna mempecepat durasi penyelesaian proyek. Analisis jalur kritis menunjukan bahwa aktivitas yang memiliki durasi slack 0 mempengaruhi durasi penyelesaian keseluruhan proyek, penerapan Crashing dilakukan dengan membuat dua skenario pemadatan dengan cara menambah tenaga kerja dalam aktivitas yang berbeda pada jalur kritis. Hasil penelitian menunjukan bahwa pemadatan yang dilakukan meggunakan metode Crashing berhasil mengurangi durasi proyek dari 80 shift kerja menjadi 74 shift kerja, atau percepatan selama 3 hari kerja. Skenario pertama menghasilkan total biaya proyek sebesar Rp1.916.100.000,00, sementara skenario kedua memiliki biaya sebesar Rp1.901.700.000,00. Kedua skenario menunjukan peningkatan efisiensi yang sama terhadap percepatan pemulihan produksi ethylene dengan total pendapatan produksi dalam kondisi crashing sebesar Rp5.920.200.000,00 dan keuntungan terbesar dihasilkan oleh kondisi crashing skenario 2 dengan nilai keuntungan Rp4.018.500.000,00. Hal ini menunjukan peningkatan efisiensi waktu berdampak pada percepatan pemulihan produksi dan peningkatan pendapatan dibandingkan kondisi proyek normal dan delay. Kesimpulannya kombinasi metode PERT dan Crashing terbukti efektif dalam mengoptimalkan jadwal proyek maintenance mesin furnace BA-XXX. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat mengurangi dampak negatif dari shutdown produksi, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta memaksimalkan keuntungan dengan biaya yang terkontrol.

Kata Kunci: Crashing, Maintenance, Mesin Furnace, PERT, Penjadwalan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
MOTTO vi
KATA PENGANTAR vii
ABSTRAK ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Kajian Literatur 5
2.1.1 Utilizing project management software in project scheduling: a case study 5
2.1.2 Application of network analysis Crashing method in evaluating the schedule of naval base facility development Project 6
2.1.3 Penjadwalan proyek mini market dengan menggunakan metode cpm (Critical Path Method) dan pert di pt indomarco prismatama 6
2.1.4 Analisis jaringan kerja pada evaluasi penjadwalan waktu dan biaya penyelesaian proyek dengan menggunakan metode PERT & CPM 7
2.1.5 Analisis Terkait Penggunaan Program Evaluation and Review Technique (PERT) pada Pemeliharaan Gedung (Studi Kasus: GKB 1 UMM Malang) 7
2.1.6 Implementasi Project Evaluation and Review Technique (PERT) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara 8
2.1.7 Analisis Waktu Penyelesaian Perawatan Mesin Pesawat Dengan Metode Pert Dan Fuzzy Pert 8
2.1.8 Maintenance Analysis of Ripple Mill Machine Using PERT Method at PT Ujong Neubok Dalam 9
2.1.9 Analysis of Project time and cost control with CPM, PERT and Crashing Project methods in shop building Projects at CV. Mentari permai 9
2.1.10 Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pounch dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara. 10
2.1.11 Evaluasi Penjadwalan Proyek Kapal Penyeberangan RO-RO 500 GT Melalui Pendekatan Metode CPM Dan PERT Studi Kasus PT. XYZ 11
2.1.12 Penentuan waktu pada proyek shutdown waste gas sulphuric acid recovery plant (wsa) dengan metode critical path method (cpm) di PT mecha angga cipta 11
2.1.13 Network Planning Analysis Using CPM and PERT Methods on Optimization of Time and Cost 12
2.1.14 Sustainable Green City Development Project Analysis using the Critical Path Method (CPM) and the Crashing Project Method on Time and Cost Optimization 12
2.1.15 Optimization of Time and Cost for a Research Project by Crashing Method 13

2.1.16 Reducing Project duration of an apartment Project by waskita karya using Crashing method 13
2.2 Landasan Teori 19
2.2.1 Maintenance 19
2.2.2 Preventive Maintenance 19
2.2.3 Corrective Maintenance 20
2.2.4 Schedulling 20
2.2.5 PERT 21
2.2.6 Critical Path 23
2.2.7 Crashing 23
BAB III METODE PENELITIAN 25
3.1 Subjek dan Objek Penelitian 25
3.2 Pengumpulan Data 25
3.3 Diagram Alur Penelitian 27
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 30
4.1 Pengumpulan Data 30
4.1.1 Work Breakdown Structure 30
4.1.2 Deskripsi Kegiatan 31
4.1.3 Durasi Kerja, Urutan Kegiatan dan Gantt Chart 47
4.1.4 Tabel Biaya 51
4.2 Pengolahan Data 52
4.2.1 AON (Activition on Node) 52
4.2.2 Jalur Kritis 53
4.2.3 PERT 55
4.2.4 Crashing 59
4.2.5 Dampak Crashing 62
4.2.6 Perbandingan 65
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 66
5.1 Analisis Activity on Node 66
5.2 Identifikasi Jalur Kritis 66
5.3 Analisis Perhitungan PERT 67
5.4 Analisis Crashing 68
5.5 Analisis Dampak Crashing 70
5.6 Analisis Perbandingan 71
BAB VI PENUTUP 73
6.1 Kesimpulan 73
6.2 Saran 74
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian 15
Tabel 4. 1 Maintenance Type 31
Tabel 4. 2 Deskripsi Kegiatan 32
Tabel 4. 3 Tabel Durasi Kegiatan dan Urutan Kegiatan 47
Tabel 4. 4 Tabel Biaya Material 51
Tabel 4. 5 Tabel Manpower Cost 52
Tabel 4. 6 Durasi TO, TM, TP 55
Tabel 4. 7 Perhitungan TE dan Varians 57
Tabel 4. 8 Tabel Manpower Cost 59
Tabel 4. 9 Tabel Perbandingan Biaya Crashing Skenario 1 60
Tabel 4. 10 Tabel Perbandingan Biaya Crashing Skenario 2 61
Tabel 4. 11 Perbandingan Durasi Proyek x Total Biaya Proyek x Pendapatan Produksi 65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian 27
Gambar 4. 1 Work Breakdown Structure 30
Gambar 4. 2 Gantt Chart day 1-20 49
Gambar 4. 3 Gantt Chart day 21-40 50
Gambar 4. 4 Actitivy on Network diagram 53
Gambar 4. 5 Jalur Kritis 54
Gambar 4. 6 Jalur Kritis Setelah Crashing 62
Gambar 4. 7 Gantt Chart Setelah Crashing Day 1-18 63
Gambar 4. 8 Gantt Chart Setelah Crashing Day 19-37 64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan merupakan tahap penting dalam pelaksanaan proyek untuk mengetahui dan memastikan pelaksanaan proyek akan berjalan sesuai rencana secara efisien dan efektif sehingga akan terhindar dari permasalahan yang mungkin terjadi saat penjalanan proyek berlangsung seperti adanya pembengkakakn biaya diluar dari perencanaan awal, waktu pelaksanaan yang tidak sesuai dengan perencanaan dan lain sebagainya, alokasi waktu dan sumber daya pada proyek yang optimal akan berpengaruh besar pada umur proyek dimana ini juga akan berpengaruh terhadap penghematan biaya proyek dan juga efisiensi waktu (Jamal et al., 2019).

Penjadwalan memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan proyek karna tanpa adanya penjadwalan yang sesuai dapat menghambat penjalanan dengan adanya kemungkinan terjadinya hal hal yang tidak diinginkan seperti; Terlambatnya pelaksanaan proyek yang akan menyebabkan penjalanan proyek lebih lama dari yang direncanakan, Ketidakseimbangan sumber daya dengan tidak adanya perhitungan penjadwalan sumber daya yang dibutuhkan seperti pekerja, mesin, peralatan dan material dapat menyebabkan adanya ketidakseimbangan sumber daya pada proyek, ketidakpastian biaya juga menjadi dampak dari tidak terjadwalnya proyek dimana dari permasalahan yang timbul seperti ketidak sesuaian sumber daya dan mundurnya waktu proyek akan membutuhkan biaya tambahan yang tidak sesuai dengan anggaran proyek dan mengakibatkan pemborosan (Kulsum et al., 2020).

Pada proyek maintenance mesin furnace BA-XXX meliputi Preventive Maintenance dan Corrective Maintenance, saat proyek berlangsung mesin akan berada pada posisi shutdown atau tidak dapat beroperasi untuk sektor produksi, hal paling umum yang menjadi penyebab lamanya waktu penyelesaian pada proyek maintenance ialah faktor sumberdaya, terbatasnya sumberdaya dapat membuat pelaksanaan proyek menjadi lebih lama selesai. Namun, hal ini perlu pertimbangan karena penambahan sumberdaya dapat membuat cost melambung tinggi.

Upaya untuk mengoptimalkan penyelesaian proyek penelitian ini berfokus pada pemadatan jadwal proyek maintenance untuk melakukan improvisasi pada dampak dari pelaksanaan proyek maintenance mesin furnace terhadap sektor produksi sehingga akan menjadi inovasi

continuous improvement bagi perusahaan, khususnya pada alur produksi olefins plant mesin furnace yang berkapasitas 98 ton/jam merupakan mesin utama yang menjadi proses pertama dari keseluruhan produksi Ethylene, Propylene, Pygas, Crude C4 dan C9 dalam kasus ini fokus proyek penelitian ini adalah maintenance mesin furnace pada alur produksi ethylene. Dengan waktu pelaksanaan selama 80 shift kerja total biaya proyek berkisar diharga Rp1.892.100.000,00 komponen biaya tersebut termasuk biaya material dan tenaga kerja total 32 orang yang berasal dari kontraktor.

Kapasitas full produksi ethylene sebesar 900 KTA dan produksi harian perusahaan dari produksi ethylene yang dialirkan langsung ke 8 titik perusahaan sekitar XYZ melalui pipa bawah tanah yang terhubung langsung dengan pabrik olefins dapat mendapatkan keuntungan sebesar Rp198.000.000,00 per harinya, selama masa shutdown mesin furnace keseluruhan produksi dapat terganggu namun perusahaan memiliki penyimpanan gas cadangan agar proses tidak terganggu sepenuhnya, kapasitas cadangan ini berkapasitas 120 ton/hari per unit yang menggunakan bahan bakar PFO (Pyrolysis Fuel Oil) sebagai energi utamanya apabila mesin utama dalam keadaan shutdown maka akan ada penurunan produksi keseluruhan plant olefins sebesar 84% perhari, dengan konversi keuntungan harian normal produksi gas ethylene di angka $12.500 atau Rp198.000.000,00 dan penurunan 30% dari keuntungan normal perusahaan akan mengalami penurunan pandapatan sebesar $3.700 atau Rp59.400.000,00/hari artinya pendapatan saat proses maintenance dilakukan berkurang menjadi Rp138.600.000,00.

Apabila proyek mengalami keterlambatan melebihi waktu maksimal yang sudah dijanjikan pada kontrak maka kontraktor akan dikenakan denda Rp25.000.000 per hari nya dan perusahaan tetap mengalami pengurangan pendapatan sesuai dengan angka yang sudah dijelaskan diatas, Dengan adanya masalah yang sudah dijabarkan maka dibutuhkan penjadwalan yang optimal agar proyek dapat berjalan dengan lancar, lalu dilanjutkan dengan pemadatan aktivitas agar penyelesaian proyek dapat lebih cepat untuk memaksimalkan efektifitas dan efisiensi sistem produksi ethylene pada perusahaan. Manajemen sumber daya yang lebih baik dan perencanaan optimal diharapkan dapat membantu perusahaan dalam menyelesaikan proyek dengan waktu dan biaya yang paling optimal dan menghasilkan peuntungan produksi yang lebih tinggi bagi perusahaan.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan penjadwalan waktu proyek menggunakan metode Program Evaluation and Review Technique PERT untuk mengetahui jalur kritis proyek yang perlu dipertimbangkan sehingga dapat menghindari terjadinya delay

pada proyek, selain itu analisis Crashing dilakukan untuk melakukan pemadatan pada proyek agar proyek dapat selesai dengan waktu yang paling efisien. Kedua metode di atas dapat digunakan pada manajemen proyek sebagai alat untuk menganalisa waktu pelaksanaan suatu proyek agar lebih optimal, dalam metode ini durasi waktu yang digunakan didapatkan dari jadwal waktu pelaksanaan proyek (Time Schedule) yang telah ditentukan dan mengacu pada predesesor tiap tiap elemen kerja. Sehingga kita dapat mengetahui lintasan kritis pada penjadwalan proyek Maintenance shutdown mesin Furnace BA-XXX secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Penjadwalan proyek merupakan aspek penting untuk memastikan proyek berjalan secara efektif dan efisien, mencegah keterlambatan, dan mengoptimalkan sumber daya. Permasalahan yang terjadi biasanya disebabkan oleh temuan kerusakan pada mesin, keterbatasan sumber daya dan biaya pada PT. XYZ. Pada saat proyek berjalan perusahaan mengalami penurunan pendapatan sekitar 30% perharinya dikarenakan kondisi mesin furnace yang shutdown mengurangi kapasitas produksi normal maka dari itu penjadwalan optimal menggunakan metode PERT dan pemadatan dengan metode Crashing perlu dilakukan untuk mengidentifikasi potensi delay, mengoptimalkan waktu dan biaya serta memadatkan aktivitas agar proyek dapat selesai lebih cepat serta proses produksi dapat berjalan secara normal kembali dengan waktu yang lebih cepat.

- **Research Question 1:** Bagaimana strategi optimal untuk memaksimalkan proyek maintenance Mesin Furnace BA-XXX agar proses produksi segera berjalan normal?
- **Research Question 2:** Bagaimana penerapan metode PERT dapat mengoptimalkan penjadwalan dan mengidentifikasi potensi keterlambatan?
- **Research Question 3:** Bagaimana cara metode Crashing dapat diaplikasikan untuk meningkatkan keuntungan produksi meskipun terdapat penambahan pada total biaya proyek?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diatas berikut ini merupakan tujuan dibuatnya penelitian ini:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis strategi optimal untuk memaksimalkan proyek Maintenance mesin Furnace BA-XXX agar proses produksi dapat segera berjalan normal.

2. Menerapkan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) untuk mengoptimalkan penjadwalan proyek sehingga dapat meminimalkan keterlambatan dengan cara mengidentifikasi potensi terjadinya keterlambatan.
3. Menganalisis penerapan metode Crashing untuk mempercepat penyelesaian proyek Maintenance untuk meningkatkan keuntungan produksi meskipun terdapat penambahan pada total biaya proyek.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini di harapkan bisa memberikan manfaat baik bagi peneliti, perusahaan dan pembaca Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti dapat menambah wawasan, pengetahuan, dan pengalaman dalam implementasi keilmuan Teknik Industri yang didapat selama kuliah. Sehingga dapat lebih memahami bagaimana cara memecahkan masalah industri secara nyata di lapangan.
2. Bagi perusahaan mendapat masukan dan evaluasi terkait optimalisasi penjadwalan proyek khususnya pada penjadwalan proyek maintenance pada mesin Furnace BA-XXX
3. Bagi masyarakat umum mendapatkan referensi terkait ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan acuan penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan ketentuan yang terdapat pada perusahan tempat penelitian, berikut merupakan batasan dari penelitian ini:

1. Peneliti hanya meneliti pada proyek Maintenance Equipment Furnace BA-XXX.
2. Hanya mengacu pada data yang diberikan perusahaan terkait elemen kerja proyek dan juga waktu pelaksanaannya.
3. Tidak mempertimbangkan faktor-faktor eksternal dari data yang disediakan oleh perusahaan dan allowance privasi dari pihak perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Dibawah ini merupakan beberapa kajian dari jurnal jurnal terdahulu yang membahas metode maupun permasalahan yang serupa dengan penelitian ini:

2.1.1 Utilizing project management software in project scheduling: a case study

Miranda & Sugarindra (2019) Membahas tentang bagaimana pemanfaatan perangkat lunak manajemen proyek dalam penjadwalan proyek dengan studi kasus di industri pesawat terbang. Studi ini menyoroti tantangan dalam menjalankan proyek yang dibatasi oleh sumber daya yang terbatas serta dampak dari tidak terpenuhinya jadwal pada durasi keseluruhan proyek. Dalam kasus ini, proyek pembuatan pesawat NC212i-199 mengalami keterlambatan karena keterbatasan sumber daya, di mana hanya 12 operator yang dialokasikan untuk menyelesaikan 100 aktivitas di enam area proses. Untuk mengatasi masalah ini, perangkat lunak Microsoft Project digunakan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan jadwal proyek. Dengan menerapkan metode leveling sumber daya, waktu penyelesaian proyek berhasil dikurangi dari 155 hari menjadi 91 hari tanpa mengubah struktur kerja (WBS) atau menambah tenaga kerja.
Analisis jalur kritis menunjukkan bahwa proyek awal hanya memiliki satu tugas kritis, sementara jadwal baru dengan mode otomatis mengidentifikasi empat tugas kritis dengan durasi proyek terpendek selama sembilan hari. Selain itu, studi ini juga meninjau penggunaan leads dan lags dalam penjadwalan, yang menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas mengalami keterlambatan akibat keterbatasan sumber daya. Meskipun metode ini belum umum digunakan dalam industri ini, identifikasinya dapat membantu perencanaan proyek yang lebih efisien di masa depan.

Kesimpulan utama dari studi ini adalah bahwa optimalisasi penjadwalan dengan perangkat lunak manajemen proyek dapat secara signifikan mengurangi waktu penyelesaian proyek tanpa perlu menambah sumber daya. Temuan ini menyoroti pentingnya pemahaman terhadap keterbatasan sumber daya dan penerapan strategi optimalisasi dalam manajemen proyek. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi perangkat lunak lain serta mempertimbangkan faktor biaya dan risiko dalam optimasi jadwal proyek.

2.1.2 Application of network analysis Crashing method in evaluating the schedule of naval base facility development Project.

Novianto & Rahman (2021) menjelaskan bahwa Proyek fasilitas dasar merupakan salah satu jenis pengembangan rutin di TNI Angkatan Laut. Dalam pengembangan ini, diperlukan metode yang lebih akurat dalam mengukur kinerja dan mengevaluasi waktu proyek melalui fitur jalur kritis. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengevaluasi jadwal proyek terkait dengan waktu dan biaya pembangunan fasilitas TNI Angkatan Laut dengan melakukan studi kasus sebagai kajian penjadwalan proyek pada tahap selanjutnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jalur kritis proyek melalui analisis jaringan, menentukan faktor penyebab keterlambatan, cara mengatasinya, serta menghitung efektivitas waktu dan efisiensi biaya proyek berdasarkan perhitungan percepatan penjadwalan.

Dalam penelitian ini, pengukuran kinerja proyek dilakukan dengan Metode Nilai Hasil (Earned Value Method/EVM) dan analisis jaringan menggunakan Metode Diagram Pendahuluan (Precedence Diagram Method/PDM). Solusi untuk mengatasi keterlambatan dilakukan dengan metode percepatan proyek (Crashing Project). Hasil penelitian mengidentifikasi 15 aktivitas jalur kritis. Faktor penyebab keterlambatan adalah penundaan pada aktivitas jalur kritis akibat rendahnya tingkat produktivitas kelompok tenaga kerja. Metode percepatan melalui penambahan lembur 2 jam/hari dapat menyelesaikan masalah keterlambatan sehingga pelaksanaan proyek dapat dipercepat dari 256 hari kerja menjadi 226 hari kerja (efektivitas sebesar 11,72%) dengan biaya awal proyek sebesar Rp. 74.316.727.585,00 menjadi Rp. 72.152.162.704,00 (efisiensi sebesar 2,91%). Dengan demikian, tanggung jawab dapat diukur dan masuk akal apabila sesuai dengan target yang ditetapkan.

2.1.3 Penjadwalan proyek mini market dengan menggunakan metode cpm (Critical Path Method) dan pert di pt indomarco prismatama.

Bachrul Ulum et al. (2022) mengatakan bahwa penjadwalan proyek merupakan suatu alat yang digunakan untuk menentukan kapan suatu proyek dapat dimulai dan kapan waktu kegiatan proyek selesai, dalam penjadwalan proyek secara umum membahas kebutuhan waktu, tenaga kerja, material dan juga biaya penyelesaian proyek. Jurnal ini membahas penjadwalan dalam pembuatan minimarket dengan bantuan metode PERT dan CPM dalam analisis nya. Metode PERT digunakan untuk mencari tambahan waktu asumsi menggunakan standar deviasi yang tidak dapat dicari menggunakan metode CPM hal ini dilakukan untuk memenuhi target dari

perusahaan yang mengharuskan pembangunan selesai sebelum kontrak toko lama selesai, hasil dari peneltian ini menunjukan adanya percepatan durasi proyek dari normalnya 23 Minggu dengan biaya Rp.742.704.911,00. Menjadi 17 Minggu dengan penambahan biaya menjadi Rp. 825.124.139,00. Hal ini tetap dilakukan meskipun anggaran bertambah dengan prioritas waktu penyelesaian proyek dan pertimbangan agar tidak menambah masa sewa pada toko lama.

2.1.4 Analisis jaringan kerja pada evaluasi penjadwalan waktu dan biaya penyelesaian proyek dengan menggunakan metode PERT & CPM.

Asri (2019) mengatakan bahwa implementasi metode PERT dan CPM pada penelitian ini digunakan untuk menghindari risiko adanya hambatan dan gangguan pada tahap konstruksi berlangsung sehingga keseluruhan waktupelaksanaan proyek dapat dievaluasi baik dari segi biaya maupun watu penyelesaian proyek. Hasil dari penelitian ini adalah manager dapat mengetahui waktu tercepat dalam pelaksanaan proyek ini dengan menggunakan jalur kritis adalah 80 hari kerja, evaluasi selanjutnya menggunakan metode PERT dapat dilanjutkan pada metode Crashing untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek.

2.1.5 Analisis Terkait Penggunaan Program Evaluation and Review Technique (PERT) pada Pemeliharaan Gedung (Studi Kasus: GKB 1 UMM Malang).

Wahyudiono & Utari (2022) Mengatakan bahwa pemeliharaan gedung merupakan aspek penting dalam pengelolaan aset fisik, terutama di lingkungan pendidikan tinggi seperti Universitas Muhammadiyah Malang (UMM). Gedung Kuliah Bersama 1 (GKB 1) di UMM membutuhkan manajemen pemeliharaan yang baik untuk memastikan fungsinya optimal, saat ini pengelolaan pemeliharaannya belum terintegrasi dan terencana dengan baik. Tantangan seperti keterbatasan anggaran, dan sumber daya manusia yang kompeten menjadi kendala utama. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas manajemen pemeliharaan. Metode ini digunakan untuk menganalisis lima aktivitas pemeliharaan utama, yaitu pembersihan, perawatan AC, perawatan listrik, perawatan plumbing, dan perawatan fasilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total durasi pemeliharaan tahunan adalah 204 hari dengan biaya sebesar Rp 250.000.000 per tahun, atau sekitar Rp 20.833.333 per bulan. Perawatan AC dan plumbing merupakan kegiatan dengan durasi dan biaya terbesar, masing-masing membutuhkan waktu 48 hari per tahun dan biaya sebesar Rp 66.666.667. Penerapan metode

PERT memberikan estimasi waktu yang lebih akurat melalui analisis optimistik, paling mungkin, dan pesimistik. Metode ini juga membantu dalam mitigasi risiko, penghematan biaya, dan perencanaan yang lebih terstruktur. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa metode PERT terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas manajemen pemeliharaan gedung, khususnya di GKB 1 UMM. Selain itu, penerapan PERT memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi biaya, mempercepat jadwal pemeliharaan, dan meningkatkan kualitas pengelolaan aset di institusi pendidikan tinggi.

2.1.6 Implementasi Project Evaluation and Review Technique (PERT) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara.

Penelitian yang dilakukan oleh Armela et al. (2022)menggunakan metode Project Evaluation and Review Technique (PERT) dan Crashing project untuk mengevaluasi serta mempercepat penjadwalan reparasi kapal KMP Royal Nusantara. Kapal ini awalnya direncanakan selesai dalam 25 hari, namun kenyataannya proyek selesai dalam 42 hari akibat keterlambatan pekerjaan, seperti bottom cleaning yang memerlukan waktu tambahan karena dilakukan secara full sandblast. Implementasi metode PERT melibatkan estimasi waktu optimis, realistis, dan pesimis untuk menentukan jalur kritis proyek, dengan hasil probabilitas keberhasilan penyelesaian proyek dalam waktu 22 hari mencapai 81,33%. Untuk percepatan, dilakukan alternatif Crashing project berupa penambahan jam kerja sebanyak 4 jam per hari yang meningkatkan produktivitas hingga 51,11%, dan penambahan tenaga kerja sebesar 30% yang meningkatkan produktivitas hingga 29,32%. Kedua metode ini berhasil mempercepat durasi proyek menjadi 22 hari, lebih cepat 3 hari dari rencana awal. Dari sisi manhour, penambahan jam kerja menghasilkan peningkatan rata-rata sebesar 53,17%, sementara penambahan tenaga kerja meningkatkan rata-rata manhour sebesar 30,36%. Implementasi metode PERT dan Crashing project ini terbukti efektif dalam meminimalkan keterlambatan proyek, meningkatkan efisiensi jadwal, dan memberikan acuan perencanaan yang lebih baik untuk reparasi kapal serupa di masa depan.

2.1.7 Analisis Waktu Penyelesaian Perawatan Mesin Pesawat Dengan Metode Pert Dan Fuzzy Pert.

Citra Ramadhanti et al. (2021) membahas permasalahan mengenai keterlambatan penyelesaian perawatan mesin pesawat di perusahaan Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO) dengan

latar belakang pentingnya menjaga kondisi mesin pesawat agar mencapai performa tepat waktu (OTP) yang tinggi demi kepuasan pelanggan. Mengingat perencanaan konvensional tidak efektif karena mengasumsikan waktu aktivitas yang konstan, metode fuzzy PERT diusulkan untuk menangani ketidakpastian durasi aktivitas menggunakan triangular fuzzy numbers (TFNs). Hasilnya menunjukkan bahwa metode fuzzy PERT lebih akurat dibandingkan PERT dalam memprediksi waktu penyelesaian, dengan sebagian besar waktu aktual terletak di antara rentang waktu optimis dan pesimis. Metode ini juga diikuti oleh usulan tindakan korektif pada aktivitas tertentu, seperti mempercepat proses pengadaan dan pengiriman serta meningkatkan efisiensi workflow, yang mampu mengurangi keterlambatan dan menghasilkan solusi efektif terhadap permasalahan utama keterlambatan perawatan.

2.1.8 Maintenance Analysis of Ripple Mill Machine Using PERT Method at PT Ujong Neubok Dalam.

Perlijar (2023) membahas bagaimana analisis perawatan mesin Ripple Mill di PT Ujong Neubok dengan menggunakan metode PERT Project Evaluation and Review Technique. Permasalahan utama dari proyek pemeliharan mesin Ripple Mill adalah tingginya tingkat kerusakan mesin Ripple Mill yang sering terjadi karena keausan komponen seperti rotor dan ripple plate akibat operasi yang intensif selama hampir 24 jam per hari. Hal ini berdampak negatif pada produktivitas perusahaan, sehingga diperlukan strategi perawatan yang terstruktur dan efisien. Metode PERT diterapkan untuk mengoptimalkan jadwal perawatan dan meminimalkan waktu henti mesin. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode PERT, durasi optimal untuk perawatan mesin dapat dipersingkat menjadi 23 jam dari waktu normal 30 jam, dengan tingkat keberhasilan 95,49%. Implementasi metode ini memberikan solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi operasional perusahaan tanpa mengurangi efektivitas pencegahan kerusakan mesin dan memperpanjang umur komponen.

2.1.9 Analysis of Project time and cost control with CPM, PERT and Crashing Project methods in shop building Projects at CV. Mentari permai.

Ari & Rarasanti (2023) mengatakan bahwa Keterlambatan dalam penyelesaian proyek pembangunan ruko Kelapa Dua di CV. Mentari Permai sering kali menjadi masalah yang berdampak pada keseluruhan proses proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jalur kritis, menghitung biaya yang dikeluarkan dalam pembangunan proyek ruko Kelapa Dua,

baik untuk durasi awal maupun percepatan pengerjaan, serta menghitung persentase pencapaian dari proyek tersebut di CV. Mutia Pesona Alam. Untuk mengatasi keterlambatan tersebut, digunakan beberapa metode pengendalian dalam manajemen proyek, yaitu Metode Jalur Kritis (Critical Path Method), PERT (Program Evaluation and Review Technique), serta Crashing Project.

Hasil analisis menggunakan metode CPM menunjukkan bahwa waktu penyelesaian proyek adalah 91 hari dari durasi awal 154 hari. Namun, dalam kenyataannya, dengan metode CPM, waktu penyelesaian yang dicapai adalah 101 hari dari durasi awal 167 hari. Pada metode PERT, waktu penyelesaian adalah 107 hari dari durasi 181 hari dengan tingkat probabilitas penyelesaian sebesar 0,62%. Sedangkan pada metode Crashing Project, terdapat percepatan waktu penyelesaian selama 9 hari dengan peningkatan biaya sebesar Rp 26.545.194, sehingga total biaya proyek mencapai Rp 506.613.766. Penerapan metode PERT dan CPM memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana keterlambatan dapat diminimalkan dengan pendekatan manajemen proyek yang tepat.

2.1.10 Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pounch dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara.

Yuli Setiawannie & Nita Marikena (2022) mengatakan bahwa Perawatan merupakan salah satu aktivitas utama dalam sektor manufaktur yang memiliki dampak signifikan terhadap kualitas dan kuantitas produksi, biaya produksi, serta kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan jadwal pemeliharaan preventif untuk menjaga kondisi mesin agar proses produksi dapat berjalan secara optimal. PT. Grafika Nusantara adalah perusahaan yang bergerak di industri pengelolaan kertas, dengan spesialisasi pada pembuatan formulir berkelanjutan, percetakan, dan alat tulis kantor, yang proses produksinya berjalan terus-menerus. Dalam proses produksinya, perusahaan sering menghadapi permasalahan pada mesin punch, salah satu mesin utama di pabrik yang berfungsi mencetak kertas menjadi amplop. Permasalahan ini muncul akibat kurangnya pengawasan dan pemeliharaan pada mesin punch, yang mengakibatkan kerusakan mesin serta tidak tercapainya target produksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan jadwal pemeliharaan preventif pada mesin punch menggunakan metode Critical Path Method (CPM), serta menentukan biaya pemeliharaan preventif selama 1 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penjadwalan

pemeliharaan mesin punch menggunakan metode CPM dapat menghemat waktu pemeliharaan hingga 30 jam, dengan total biaya pemeliharaan preventif selama 1 tahun sebesar Rp 1.400.000.

2.1.11 Evaluasi Penjadwalan Proyek Kapal Penyeberangan RO-RO 500 GT Melalui Pendekatan Metode CPM Dan PERT Studi Kasus PT. XYZ.

Padhil et al. (2022) mengatakan bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penjadwalan proyek kapal ferry Ro-Ro 500 GT dan menentukan waktu optimal untuk menyelesaikan proyek tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation and Review Technique (PERT). Hasil dari evaluasi penjadwalan di PT. XYZ menggunakan metode CPM menunjukkan bahwa analisis dan pemrosesan data, bila dibandingkan dengan jadwal waktu perusahaan yang menetapkan 36 minggu atau 252 hari, menunjukkan hasil yang memerlukan 42 minggu atau 292 hari untuk penyelesaian. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode CPM memungkinkan penyelesaian proyek tepat waktu sesuai dengan waktu realisasi yang lebih realistis, meskipun ada perbedaan 6 minggu dibandingkan dengan metode penjadwalan perusahaan. Sementara itu, dengan metode PERT, waktu optimal yang diperoleh adalah 43 minggu.

2.1.12 Penentuan waktu pada proyek shutdown waste gas sulphuric acid recovery plant (wsa) dengan metode critical path method (cpm) di PT mecha angga cipta.

Nugraha et al. (2023) mengatakan bahwa prioritas PT. Mecha Angga Cipta adalah meningkatkan efektivitas penjadwalan kerja pada proyek shutdown maintenace asam sulfat dari gas buangan, karena proyek tersebut awalnya menghasilkan hasil yang kurang optimal dengan waktu penyelesaian 65 hari kerja, sementara target perusahaan adalah 34 hari kerja. Kesimpulan ini diperoleh melalui analisis penulis menggunakan metode Critical Path Method (CPM) dan menerapkan Crashing Project. Dengan menggunakan metode CPM, jalur kritis, skenario keterlambatan, dan aktivitas yang tertunda dapat diidentifikasi. Selain itu, dengan menerapkan Crashing Project, pekerjaan dapat dipercepat agar sesuai dengan target perusahaan. Penulis mencapai target dengan tambahan biaya sebesar Rp. 19.987.200 untuk jam kerja tambahan (lembur).

2.1.13 Network Planning Analysis Using CPM and PERT Methods on Optimization of Time and Cost.

Aulia & Cipta (2023) mengatakan bahwa metode CPM dan PERT digunakan untuk menjadwalkan dan merencanakan akivitas pada proyek perbaikan kapal TK Aek Sigala Gala di PT DNC. Penelitian ini berupaya mengoptimalkan waktu dan biaya proyek dengan metode Crashing, Peneliti menggunakan data sekunder terkait urutan dan hubungan aktivitas, waktu pelaksanaan, serta rencana anggaran biaya (RAB). Metode CPM digunakan untuk menentukan jalur kritis yang memengaruhi waktu penyelesaian proyek. Sementara itu, metode PERT digunakan untuk menghitung estimasi waktu penyelesaian proyek dengan memperhitungkan ketidakpastian. Selain itu, metode Crashing diterapkan untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan menambah tenaga kerja. Hasil dari penelitian ini adalah menemukan bahwa durasi optimal proyek adalah 98 hari, durasi proyek dapat dipersingkat menjadi 72 hari dengan penghematan biaya sebesar Rp 16.351.708. hal ini dilakukan dengan alasan apabila proyek tidak melewati batas waktu penyelesaian, penalti yang harus dibayar atas keterlambatan adalah Rp 3.072.963.905.

2.1.14 Sustainable Green City Development Project Analysis using the Critical Path Method (CPM) and the Crashing Project Method on Time and Cost Optimization.

Abuhasel (2023) menjelaskan bahwa dalam pengelolaan proyek kompleks seperti seperti pengembangan kota seperti yang dibahas pada penelitian ini, salah satu metode yang sering digunakan adalah Critical Path Method (CPM), sebuah teknik yang sangat berguna ketika durasi setiap aktivitas sudah diketahui. Namun, dalam penerapannya, durasi aktivitas sering kali berubah akibat berbagai faktor, seperti kerusakan peralatan, kesalahan manusia, serta kekurangan material. Penelitian ini juga menggunakan metode Crashing, yaitu teknik percepatan proyek dengan mengoptimalkan jalur kritis. Berdasarkan analisis menggunakan CPM, durasi awal proyek adalah 1205 minggu, namun dapat dipercepat menjadi 1197 minggu, menghasilkan pengurangan durasi sebesar 0,67%, yaitu sekitar 8 minggu. Akan tetapi, percepatan ini juga berdampak pada biaya total proyek. Biaya yang semula sebesar USD 55 juta meningkat menjadi USD 59 juta setelah dilakukan percepatan. Penelitian ini menjelaskan bahwa percepatan proyek dapat memperpendek durasi waktu secara minimal, namun peningkatan biaya tetap menjadi faktor yang harus dipertimbangkan secara matang.

2.1.15 Optimization of Time and Cost for a Research Project by Crashing Method.

Sharma et al. (2020) mengatakan bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi hubungan antara waktu dan biaya untuk durasi sebuah proyek. Sebuah model pemrograman linear dikembangkan dan digunakan untuk tujuan tersebut. Biaya normal dan biaya percepatan untuk aktivitas-aktivitas proyek diperoleh dari peneliti utama proyek dan digunakan dalam analisis dengan excel solver. Durasi maksimum dan minimum untuk proyek tersebut didapatkan melalui metode jalur kritis dan metode percepatan secara berturut-turut. Hasil studi menunjukkan pengurangan durasi proyek yang signifikan dengan peningkatan biaya proyek yang wajar. Peningkatan kecil dalam biaya proyek disertai dengan pengurangan hampir 45 hari dalam interval proyek. Peningkatan biaya proyek sekitar 5% tercatat dengan pengurangan 15% dalam total durasi proyek.

2.1.16 Reducing Project duration of an apartment Project by waskita karya using Crashing method.

Penelitian yang dilakukan oleh Ririh & Hidayah (2020) bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara waktu dan biaya dalam penyelesaian sebuah proyek penelitian dengan menggunakan metode Project Crashing. Metode ini digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan peningkatan biaya seminimal mungkin. Penelitian ini menggunakan model pemrograman linier yang diterapkan melalui Excel Solver untuk menganalisis pengurangan durasi proyek. Data mengenai biaya normal dan biaya percepatan diperoleh dari investigator utama proyek, sementara metode Critical Path dan metode Crashing digunakan untuk menghitung durasi maksimum dan minimum proyek.

Dalam kajian literatur, metode LP Solver diidentifikasi sebagai teknik paling andal untuk menganalisis trade-off antara waktu dan biaya. Selain itu, beberapa metode lain yang disebutkan termasuk pendekatan heuristic seperti Genetic Algorithm dan Fuzzy Multi Objective Genetic Algorithm (FMOGA), serta teknik-teknik matematis seperti Linear Programming, Integer Programming, dan Dynamic Programming. Studi ini menemukan bahwa waktu proyek dapat dikurangi secara signifikan, yakni sekitar 45 hari, dengan peningkatan biaya yang minimal. Dalam konteks penelitian ini, peningkatan sekitar 5% dari total biaya menghasilkan pengurangan sebesar 15% dalam durasi proyek. Secara spesifik, durasi proyek dapat dipersingkat dari 300 hari menjadi 255 hari dengan penambahan biaya proyek sebesar ₹23,622.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengurangan durasi proyek melalui metode Project Crashing memberikan manfaat signifikan dalam hal penghematan waktu dengan peningkatan biaya yang relatif kecil. Penelitian ini juga membuka peluang untuk penggunaan metode PERT di masa mendatang, yang memungkinkan pertimbangan ketidakpastian dalam durasi aktivitas proyek. Penelitian ini juga mengacu pada kajian sebelumnya terkait pemrograman linier dan metode heuristik dalam manajemen proyek, serta menekankan pentingnya mencapai keseimbangan antara waktu dan biaya untuk mencapai efisiensi proyek yang optimal.

Tabel 2.1 menunjukan posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu yng sudah dijabarkan diatas.

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

Penulis	Objek Penelitian	Proyek Maintenance	Penjadwalan	Jalur Kritis	PERT	Crashing
(Miranda & Sugarindra 2019)	Proyek Pembuatan Pesawat Terbang Model NC212i-199		√	√		
(Novianto & Rahman, 2021)	Pembangunan Fasilitas TNI AL		√	√		√
(Bachrul Ulum et al., 2022)	Proyek Pembagunan Mini Market		√	√	√	√
(Asri et al., 2019)	Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi		√	√	√	

Penulis	Objek Penelitian	Proyek Maintenance	Penjadwalan	Jalur Kritis	PERT	Crashing
(Wahyudiono & Utari, 2022)	Penjadwalan Pemeliharaan Gedung GKB 1 UMM Malang	√	√		√	
(Armela et al., 2022)	Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara	√	√		√	√
(Citra Ramadhanti et al., 2021)	Perawatan Mesin Pesawat	√	√		√	
(Perlijar, 2023)	Perawatan Mesin Ripple Mill	√			√	
(Ari & Rarasanti, 2023)	Proyek Pembangunan Ruko		√	√	√	√

Penulis	Objek Penelitian	Proyek Maintenance	Penjadwalan	Jalur Kritis	PERT	Crashing
(Yuli Setiawannie & Nita Marikena, 2022)	Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pounch	√	√	√		
(Padhil et al., 2022)	Penjadwalan Proyek Kapal Penyebrangan RO-RO 500 GT		√	√	√	
(Nugraha et al., 2023)	Penjadwalan Shutdown Waste Gas Sulphuric Acid Recovery		√	√		√
(Aulia & Cipta, 2023)	Proyek Perbaikan Kapal TK Aek Sigala Gala		√	√	√	√
(Abuhasel, 2023)	Sustainable Green City Development Project		√	√		√

Penulis	Objek Penelitian	Proyek Maintenance	Penjadwalan	Jalur Kritis	PERT	Crashing
(Sharma et al., 2020)	Optimisasi Penyelesaian dan Estimasi Biaya Proyek Penelitian		√			√
(Ririh & Hidayah, 2020)	Proyek Pembangunan Apartment		√	√		√
Usulan (2025)	Pengaruh Waktu Penyelesaian Proyek Maintenance Terhadap Produksi Ethylene	√	√	√	√	√

Penelitian ini merujuk kepada penelitian terdahulu yang berjudul “Implementasi Project Evaluation and Review Technique (PERT) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara”. Penelitian tugas akhir membahas cakupan yang lebih luas dalam evaluasi proyek karena bahasan dalam penelitian ini tidak hanya efisiensi waktu dan biaya namun menganalisis dampaknya terhadap keuntungan produksi. Inovasi utama dalam penelitian tugas akhir adalah dengan menggunakan 2 skenario crashing yang lebih flexible dibandingkan dengan jurnal pembanding yang hanya mengavaluasi satu metode percepatan proyek. Deangan demikian penelitian tugas akhir ini dapat dianggap sebagai pengembangan lebih lanjut dari metode PERT dan Crashing dengan fokus improve optimalisasi keuntungan produksi yang belum banyak di eksplorasi dalam penelitian sebelumnya.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori berisikan tentang istilah, teori atau formula yang terkait dengan topik penelitian. Landasan teori disusun dengan bersumber pada jurnal bereputasi dan/atau buku.

2.2.1 Maintenance.

Maintenance atau perawatan merupakan suatu kegiatan pemeliharaan fasilitas yang ada serta memperbaikinya untuk menjaga kualitasnya agar selalu berada dalam kondisi baik dan sesuai dengan prosedur yang ada (Pamungkas et al., 2021). berikut ini merupakan beberapa tujuan utama dari perawatan:

1. Mempertahankan kemampuan alat atau fasilitas produksi.
2. Mengurangi pemakaian diluar batas kemampuan mesin.
3. Menjaga agar kualitas produk dapat berada pada tingkat yang diharapkan dengan mempertahankan kualitas alat produksi.
4. Memperhatikan dan menghindari kegiatan operasi mesin agar terhindar dari kecelakaan kerja.

Dalam perusahaan ada dua jenis perawatan yaitu *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance.*

2.2.2 Preventive Maintenance.

Preventive Maintenance atau Perawatan Pencegahan merupakan perawatan yang memiliki tujuan untuk mencegah timbulnya kerusakan kerusakan pada suatu fasilitas dihari mendatang yang mungkin akan menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu proses produksi (Dwi Cahyani & Iftadi, 2021). Fasilitas produksi yang mendapatkan Preventive Maintenance akan lebih terjamin dan terpantau kualitasnya sehingga fasilitas produksi siap untuk dipergunakan produksi disetiap saat, Preventive Maintenance dapat lebih terjadwal dari Corrective Maintenance karna tujuannya adalah memelihara dan mengecek agar terhindar dari kerusakan dikemudian hari. Preventive Maintenance dapat dibagi menjadi dua berdasarkan aktivitasnya yaitu:

a. Perawatan rutin, Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin dan terjadwal.
b. Perawatan periodik, kegiata perawatan yang dilakukan secara berkala atau dalam jangka waktu tertentu.

2.2.3 Corrective Maintenance.

Corrective Maintenance merupakan perawatan suatu fasilitas yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki suatu kesalahan atau kerusakan yang terjadi secara mendadak pada mesin atu fasilitas produksi dimana sistemnya mengalami kesalahan dan kegagalan sehingga harus segera dilakukan perbaikan agar dapat dikembalikan ke kondisi semula sesuai dengan kualitas yang ditentukan, Corrective Maintenance biasanya dilakukan apabila terjadi kerusakan mendadak pada fasilitas sehingga perlu dilakukan prosedur berupa pemecahan masalah, pembongkaran, penyesuaian, perbaikan, penggantian dan penyesuaian Kembali. Preventive Maintenance apabila ditemukan potensi kerusakan pada fasilitas, para ahli setuju bahwa perawatan prefentif harus dilakukan sebanyak 80% dan korektif 20% (Permana & Arvianto, 2016)

2.2.4 Schedulling.

Penjadwalan merupakan suatu proses pengurutan elemen elemen pekerjaan dalam suatu proyek, penjadwalan memiliki peran inti dalam pelaksanaan proyek karna proyek harus memiliki urutan proses yang terjadwal agar dapat berjalan secara efektif dan efisien (Kulsum et al., 2020). Metode penjadwalan proyek yang paling umum digunakan ada dua yaitu metode Gantt Chart dan metode Network atau Jaringan.(Kumara & Priyo, 2018)

Metode Gantt Chart, metode yang paling sederhana, mudah dimengerti, dan mudah untuk digunakan dalam memantau perkembangan proyek metode Gantt Chart menunjukan waktu pelaksanaan tiap tiap elemen kerja pada proyek dengan gambaran bar chart pada tabel. Namun, metode Gantt Chart memiliki beberapa kelemahan, antara lain tidak dapat menunjukkan kegiatan apa saja yang merupakan kegiatan kritis dan tidak secara langsung dapat menunjukkan hubungan antar kegiatan, sehingga apabila suatu kegiatan mengalami penundaan maka akan sulit untuk mengetahui kegiatan berikut apa yang akan terpengaruh, dan bagaimana dampaknya terhadap waktu selesainya proyek (Widyastuti et al., 2019)

Metode Network planning, merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membantu manager proyek dalam perencanaan dan pengendalian proyek. Terdapat dua metode yang paling sering digunakan dalam Network planning, yaitu metode lintasan kritis/Critical Path Method (CPM) dan teknik menilai dan meninjau kembali program/Program Evaluation Review and Technique (PERT)(Mutia Astari & Momon Subagyo, 2021). CPM (Critical Path Method) adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal

dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti. Sedangkan PERT (Program Evaluation Review and Technique) adalah metode berorientasi pada waktu mengarah pada penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik/kemungkinan (Haris dan Tinggi Jakarta 2019).

2.2.5 PERT.

Program Evaluation and Review Technique merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi lamanya penyelesaian suatu proyek degan mempertimbangkan kemungkinan kemungkinan yang ada dan mempertimbangkan variasi lamanya waktu penyelesaian dalam pengerjaan suatu aktivitas (Samari and Muslih 2017). Metode ini membantu dalam mengestimasi waktu dan mengelola jalannya proyek secara efisien dan efektif. Dalam konteks perencanaan dan pengendalian proyek, PERT memiliki peran penting dalam menentukan kegiatan kritis dan memperkirakan waktu penyelesaian proyek(Giri Aspia Ningrum & Hartono, 2017).

Teknik PERT bertujuan untuk mengurangi penundaan atau delay sebagainya banyaknya, Metode PERT umumnya digunakan pada proyek proyek yang kompleks yang menuntut permasalahan teknis yang dibahas guna menentukan jadwal kegiata beserta anggaran sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu.PERT digunakan pada perencanaan proyek yang belum dilaksanakan, Teknik PERT merupakan Teknik probabilistic dimana PERT menggunakan tiga waktu pengerjaan yang terdiri dari; Waktu Optimis (TO), Waktu Paling Memungkinkan (TM) dan Waktu Pesimis (TP) pada metode PERT menekankan efisiensi waktu dan ketepatan waktu, pada diagram PERT anak panah menunjukan urutan kerja sesuai dengan AON dan Predesesor elemen kerja.

PERT (Project Evaluation Review Technique) adalah metode penjadwalan proyek yang berdasarkan jaringan waktu yang memerlukan tiga dugaan waktu untuk setiap kejadian: optimis, paling mungkin dan pesimis. Dengan menggunakan tiga dugaan waktu ini, peluang penyelesaian proyek pada tanggal yang di tetapkan dapat di hitung, bersama dengan waktu mulai dan akhir standar untuk setiap kegiatan atau kejadian”(Yuwono, Kaukab, and Mahfud 2021).

Maksud dari ketiga dugaan tersebut adalah:

a. Waktu Optimis (TO) Yaitu merupakan waktu perkiraan kegiatan terbaik yang dapat di harapkan andai kata segala sesuatu berjalan dengan baik.

b. Waktu Paling Mungkin (TM) Yaitu waktu kegiatan yang akan terjadi bila suatu kegiatan di laksanakan dalam kondisi normal, dengan penundaan- penundaan tertentu yang dapat di terima.
c. Waktu Pesimis (TP) Yaitu merupakan waktu kemungkinan terburuk, bila terjadi hambatan atau penundaan yang banyak.

Masing-masing durasi aktivitas ditunjukan sebagai continous probability distribution dengan durasi rata-rata, standar deviasi, dan varian yang dapat ditentukan. Distribusi dari durasi lintasan kritis dapat ditentukan dari durasi rata-rata, dan varian lintasan kritis. Penentuan TO, TP, dan TM merupakan langkah awal dari PERT, karena ketiga asumsi waktu ini menentukan TE. Tiga durasi tersebut diasumsikan sebagai fungsi atau generalisasi dari distribusi beta dengan variable durasi aktivitas yang berarti durasi PERT merupakan statistical data tidak keluar dari daerah distribusinya(Bachrul Ulum et al., 2022).

TE merupakan waktu rata rata dari suatu elemen kerja rumus perhitungan TE pada metode PERT ialah:

$$\mathrm{TE} = \frac{\mathrm{TO} + (4\ \mathrm{X}\ \mathrm{TM}) + \mathrm{TP}}{6}$$

Varians merupakan ambang batas range perkiraan waktu penyelesaian elemen kerja, karna pada PERT memiiki 3 waktu kemungkinan sehingga dibutuhkan waktu perkiraan skala range, berikut ini rumus perhitungan V:

$$\mathrm{V} = [(\mathbf{tO} - \frac{\mathbf{tP}}{\mathbf{6}})]^{\mathbf{2}}$$

langkah-langkah penerapan metode PERT:

1. Identifikasi Kegiatan Spesifik: Identifikasi semua kegiatan yang harus dilakukan dalam melaksanakan suatu pekerjaan.
2. Tentukan Urutan Kegiatan yang Tepat: Susun urutan kegiatan berdasarkan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya.
3. Bangun Diagram Jaringan: Buat diagram jaringan (network diagram) yang menggambarkan hubungan antara kegiatan-kegiatan.
4. Perkirakan Waktu yang Diperlukan untuk Setiap Kegiatan: Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan.
5. Tentukan Jalur Kritis: Identifikasi jalur kritis, yaitu rangkaian kegiatan yang mempengaruhi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

6. Perbarui Grafik PERT: Selama pelaksanaan proyek, perbarui grafik PERT dengan informasi aktual mengenai kemajuan dan perubahan.

2.2.6 Critical Path.

Lintasan kritis merupakan serangkaian tugas yang memiliki total waktu float atau Slack 0, lintasan kritis umumnya rangkaian tugas yang memiliki durasi terpanjang dan mempengaruhi keseluruhan waktu penyelesaian proyek, dalam penentuan lintasan kritis perlu memperhatikan hal hal seperti identifikasi kegiatan-kegiatan dalam proyek, termasuk durasi, predesesor, dan urutan pelaksanaan, selanjutnya membuat diagram jaringan agar dapat dilihat lintasan dari aktivitas pekerjaan yang dilakukan, menghitung waktu awal dan waktu akhir penyelesaian proyek, menghitung waktu terlambat dan waktu akhir terlambat untuk mengidentifikasi kemungkinan terlama proyek dilaksanakan, menghitung Slack dimana Slack (juga dikenal sebagai float) adalah selisih antara waktu akhir terlambat dan waktu awal. Kegiatan di lintasan kritis memiliki Slack 0 (nol), yang berarti tidak ada ruang untuk penundaan, menentukan lintasan kritis dengan melihat elemen kerja yang memiliki Slack 0 (Yuwono et al., 2021).

2.2.7 Crashing.

Metode Crashing merupakan salah satu pendekatan yang digunakan dalam manajemen proyek untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek. Dalam metode ini, kita berfokus pada lintasan-lintasan kritis (aktivitas yang memiliki pengaruh signifikan terhadap durasi total proyek) dan mengambil tindakan untuk memperpendek durasi aktivitas-aktivitas tersebut (Matahelumual et al., 2022). Metode Crashing dapat sangat berguna dalam efisiensi waktu penyelesaian proyek namun metode ini dapat memakan biaya yang lebih mahal pada beberapa kasus penambahan biaya variabel contohnya biaya lembur, gaji karyawan dan lain sebagainya karna metode Crashing akan memaksimalka sumber daya yang ada selain itu metode Crashing dapat dilakukan dengan menganalisis pekerjaan pekerjaan yang dapat dilakukan secara bersamaan agar waktu proyek dapat menjadi lebih cepat karna ekerjaanyang tidak saling berhubungan dapat dilakukan dengan bersama tanpa adanya penambahan waktu tunggu(Muhammad, 2020).

Meskipun dapat memakan biaya yang lebih besar metode ini dapat berguna dalam proyek proyek yang membutuhkan efisiensi waktu contohnya pada kasus penelitian ini dengan dipercepatnya waktu penyelesaian maka akan lebih cepat juga mesin dapat dioperasikan dan digunaan untuk produksi semakin lama mesin berada dalameadaan mati maka semakin banyak

waktu terbuang untuk proses produksi hal ini dapat berpengaruh terhadap keseluruhan perusahaan bukan hanya pada bagian maintenance karna apabila produksi terhenti maka perusahaan beresiko mengalami lost sales.

Langkah-langkah Crashing pada proyek:

1. Identifikasi lintasan-lintasan kritis: Analisis jadwal proyek untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang membatasi durasi total proyek.
2. Pilih aktivitas yang akan diperpendek: Fokus pada aktivitas-aktivitas yang memiliki potensi untuk memperpendek durasi proyek.
3. Hitung biaya tambahan: Menambahkan sumber daya (misalnya, jam kerja lembur) dan menghitung biaya tambahan yang terkait.
4. Evaluasi dampak: Memeriksa apakah penambahan sumber daya akan menghasilkan peningkatan signifikan dalam durasi proyek.
5. Implementasi: Jika layak, terapkan penambahan sumber daya sesuai dengan rencana.

Keuntungan metode ini ialah dapat menyelesaikan waktu proyek menjadi lebih cepat, mengurangi waktu delay, menigkatkan fleksibilitas jadwal. Kerugian metode Crashing antara lain biaya tambahan, potensi konflik tenaga kerja karna elemen elemen kerja yang dilakukan berpotensi bertabrakan, mungkin berdampak pada kualitas pekerjaa. Maka dari ini manager proyek harus denganbijak menentukan Crashing agar kemungkinan kemungkinan terburuk dapat dihindari dan proyek berjalan sesuai dengan kualitas yang dinginkan dengan waktu penyelesaian lebih cepat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Subjek dan Objek Penelitian

Dibawah ini merupakan subjek dan objek penelitian dari tugas akhir ini:

a. Subjek Penelitian

   Menurut (Rahmadi, 2011)subjek penelitian merupakan suatu peristiwa, objek maupun individu yang menjadi lokasi sumber data variabel penelitian terkait dilakukan ataupun yang menjadi fokus permasalahan penelitian. Pada penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah aktivitas proyek maintenance mesin furnace BA-XXX dan optimalisasi sumber daya didalamnya.

b. Objek Penelitian

   Menurut (Rahmadi, 2011) objekadalah hal atau fenomena yang menjadi fokus yang lebih terarah dalam suatu penelitian, objek penelitian ini adalah proyek maintenance mesin furnace BA-XXX pada PT. XYZ.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini ada beberapa metode yang dilakukan sebagai alur proses dari pengumpulan data, diantaranya adalah:

a. Overview

   Overview dilakukan pertama kali pada saat melakukan penelitian di PT. XYZ dimana pembimbing lapangan mengenalkan perusahaan secara general, cakupan pekerjaan yang ada dalam section Reliability Analysis and Planning, Plant Visit, Analisis masalah yang menjadi concern bagi perusahaan dan lain sebagainya. Hal ini dilakukan sebagai upaya bagi perusahaan untuk melihat kemampuan peneliti dalam memecahkan masalah yang ada dalam perusahaan.

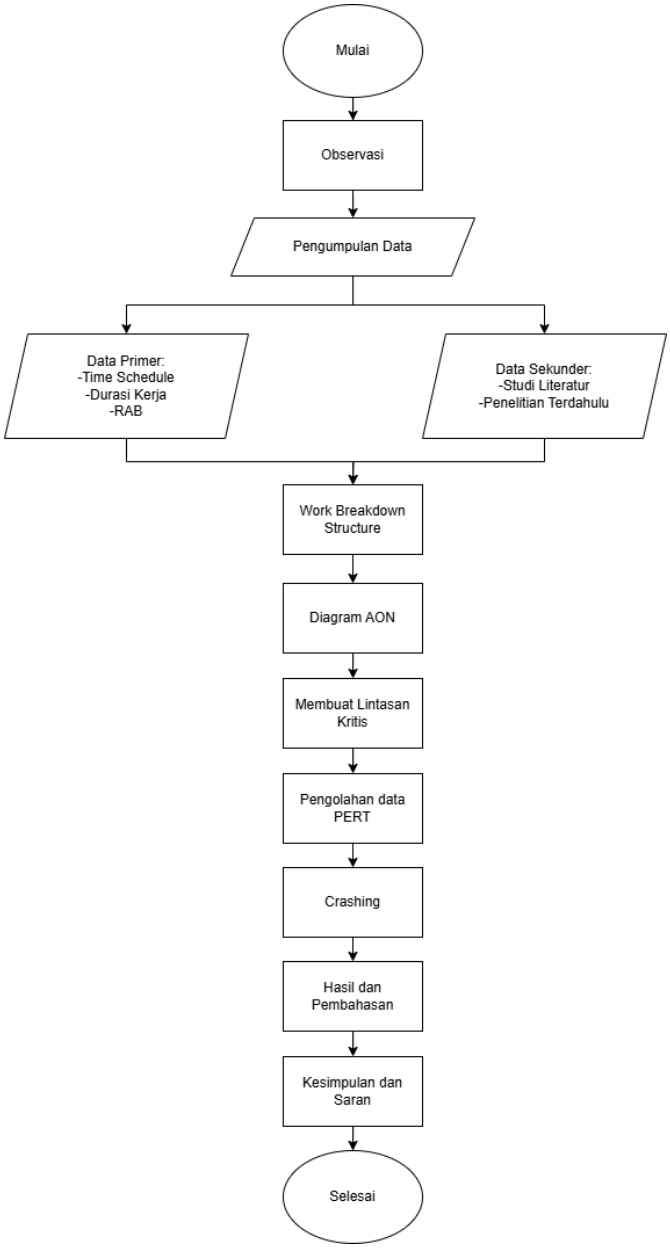
b. Studi Pustaka

   Studi Pustaka dilakukan untuk mendapatkan materi mengenai isu isu terkait yang menjadi temuan dalam perusahaan, berbagai macam literatur dipelajari dalam tahap ini seperti kutipan jurnal, buku, dan beberapa sumber bibliografi untuk mendapatkan data sekunder mengenai masalah terkait dan menjadikan kajian tersebut menjadi referensi bahan penelitian.

c. Observasi secara langsung

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang didapat secara langsung melalui observasi di PT. XYZ khususnya pada pabrik ethylene. Data yang diambil seperti informasi mesin furnace BA-XXX, total mesin, waktu operasi mesin. dan data tambahan lainnya didapatkan dari divisi yang Realibility Analysis and Planning Control seperti RAB, Elemen Kerja Proyek, SDM. Pada penelitian ini data diobservasi melalui studi lapangan dan wawancara kepada divisi terkait karna adanya batasan dalam memasuki bagian inti plant tempat proyek berlangsung untuk tidak dimasuki siapapun selain pekerja yang bersangkutan dan memiliki Safety Work Permit. Dalam hal ini peran divisi Realibility Analysis and Planning Control sangat mempengaruhi pengambilan data penjadwalan.

3.3 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

1. Mulai.

   Proses dimulai dengan menetapkan tujuan penelitin yang berfokus pada proyek maintenance di PT. XYZ khususnya pada section Reliability Analysis and Planning Control. Dalam tahap pertama ini dilakukan diskusi dengan mentor untuk memahami lingkup penelitian secara menyeluruh dan kendala apa yang dapat diangkat menjadi topik penelitian.

2. Observasi

   Observasi permasalahan, Pada penelitian ini peneliti bekerjasama dengan mentor untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada PT. XYZ khususnya pada section Realibility Analysis and Planning Control yang bertujuan untuk memahami kondisi aktual di lapangan, mengidentifikasi potensi permasalahan dalam perencanaan proyek maintenance Mesin Furnace BA-XXX, mencari kebutuhan data dengan cara melihat hasil wawancara, diskusi dengan tim terkait dan melihat data pelaksanaan proyek tahun sebelumnya.

3. Pengumpulan Data

   Pemngumpulan data dilakuan untuk mendapatkan informasi yang relevan sebagai dasar analisis, data yang dibutuhkan berupa:

   a. Data Primer:
      - Elemen Kerja: Mengidentifikasi tugas-tugas spesifik yang harus diselesaikan.
      - Durasi Kerja: Mengestimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap elemen kerja.
      - Biaya: Melibatkan analisis biaya dari setiap elemen kerja untuk mendukung efisiensi proyek.
   b. Data Sekunder:
      - Studi Literatur: Referensi dari jurnal, buku, dan dokumen teknis untuk memahami konsep jalur kritis dan metode PERT.
      - Penelitian Terdahulu: Studi kasus serupa untuk membandingkan dan memperkaya analisis.

4. Work Breakdown Structure

   Data yang telah dikumpulkan digunakan untuk menyusun Work Breakdown Structure (WBS). WBS merupakan hierarki yang menjabarkan elemen kerja menjadi unit-unit kecil yang lebih mudah dikelola. Setiap level dalam WBS menunjukkan rincian pekerjaan mulai dari kegiatan utama hingga aktivitas mendetail, yang memberikan panduan menyeluruh terhadap alur kerja.

5. Diagram AON

   Berdasarkan WBS, data yang tertera dari tingkatan level dan sub sub elemen kerja yang saing berkaitan akan divisualisasikan dalam AON (Activity on Node) diagram ini akan

mengorganisasikan aktivitas secara grafis yang menunjukan alur hubungan antar aktivitas.

6. Membuat Lintasan Kritis

   Identifikasi lintasan kritis dilakukan untuk melihat jalur yang paling berpegaruh terhadap keserulurah total durasi proyek, lintasan kritis perlu diidentifiksi dan menjadi krusial untuk diidentifikasi karena apabila terjadi keterlambatan pada jalur ini maka akan mempengaruhi keseluruhan jadwal proyek.

7. Pengolahan data menggunakan metode PERT

   Pengolahan data menggunakan metode PERT digunakan untuk menghitung durasi kerja setiap elemen bedasarkan tiga estimasi waktu perbandingan yaitu; Waktu optimal atau TO, Waktu yang paling mungiki terjadi atau TM dn Waktu pesimis atau TP. Metode ini akan menghasilkan rentang waktu yang realistis bagi peninjau untuk melihat penyelesaian tiap elemen kerja dan emberikan fleksibilitas dalam perencanaan waktu proyek.

8. Crashing

   Tahap Crashing atau pemadatan dilakukan dengan memadatkan durasi elemen kerja yang berada pada lintasan kritis tujuannya adalah utuk mengurangi waktu pelaksanaan proyek tanpa mengorbankan kualitas pekerjaan pemadatan ii disesuaikan dengan penambahan sumber daya ataupun metode kerja yang lebih efisien untuk mencapai tingkat efisiensi dan efektivitas optimal.

9. Hasil dan Pembahasan

   Setelah Langkah-langkah sebelumnya selesai dikerjakan hasil perhitungan akan dibuat analisis, peneliti akan membahas implikasi dari watu dan biaya yang diterapkan perubahan melalui metode metode PERT dan Crashing. Analisis akan membantu merepresentasikan dan mengevaluasi apakah metode yang diaplikasikan dapat memberikan solusi optimal.

10. Kesimpulan dan Saran

    Kesimpulan dibuat berdasarkan analisis melihat keberhasilan pengaplikasian metode terkait yang digunakan dalam pengoptimalisasian durasi proyek. Saran diberikan untuk perbaikan proyek selanjutnya.

11. Selesai.

BAB IV

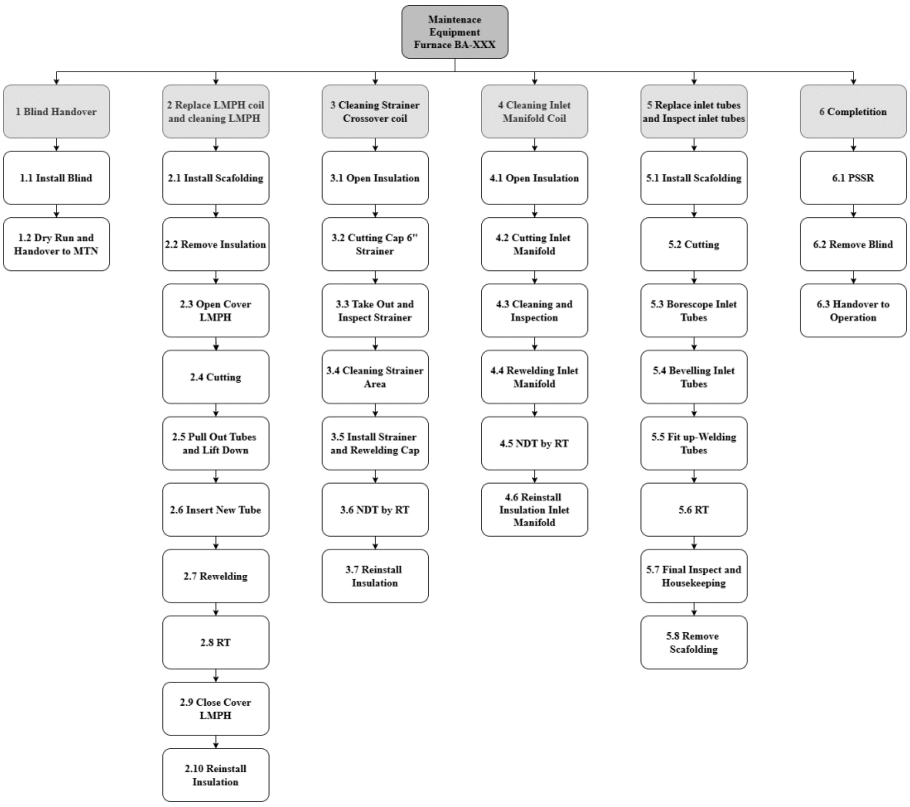
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Seluruh data yag digunakan dalam penelitian ini merupakan kegiatan pekerjaan dan waktu dalam proyek maintenance mesin furnace BA-XXX di PT. XYZ yang kemudian data tersebut digunakan dalam diagram jaringan kerja, Dalam proses pengumpulan data dilakukan dengan observasi mesin furnace BA-XXX pada plant Olefins dan wawancara dengan mentor lapangan. Pedoman proses penjadwalan menggunakan metode PERT dan analisi Crashing dilakukan untuk memadatkan waktu proyek dengan output yang diharapkan proyek dapat selesai lebih cepat dan menghindari terjadinya lostsales pada perusahaan.

4.1.1 Work Breakdown Structure.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat WBS dari kegiatan proyek maintenance equipment furnace BA-XXX, WBS dibuat untuk mengelompokan keseluruhan kegiatan menjadi bagian bagian yang lebih rinci agar alur proses data terlihat dengan jelas.



Gambar 4. 1 Work Breakdown Structure

4.1.2 Deskripsi Kegiatan.

Dari rincian kegiatan yang ada pada tabel 4.1 akan dijelaskan aktivitas apa saja yang menjadi bagian corrective dan preventive maintenance:

Tabel 4. 1 Maintenance Type

Kegiatan	Sub Kegiatan	Tipe Maintenance
1 Blind Handover	1.1 'Install blind 1.2 Dry run + Handover to MTN	Preventive
2 Replace LMPH Coil and Cleaning LMPH	2.1 Install scaffolding 2.2 Remove insulation 2.3 Open cover LMPH 2.4 Cutting 2.5 Pull out tubes and lift down 2.6 Insert new tube 2.7 Rewelding 2.8 RT 2.9 Close cover LMPH 2.10 Reinstall insulation	Corrective
3 Cleaning Strainer Crossover coil	3.1 Open insulation 3.2 Cutting cap 6" Strainer 3.3 Take out and inspect strainer 3.4 Cleaning strainer area 3.5 Install strainer and rewelding cap 3.6 Reinstall insulation	Preventive
4 Cleaning Inlet manifold coil	4.1 Open insulation 4.2 Cutting inlet manifold 4.3 Cleaning and inspection 4.4 Rewelding inlet manifold 4.5 NDT by RT 4.6 Reinstall insulation inlet manifold	Preventive
5 Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes	5.1 Install scaffolding 5.2 Cutting 5.3 Borescope inlet tubes 5.4 Bevelling inlet tubes 5.5 Fit up - Welding tubes 5.6 RT 5.7 Final inspect and housekeeping 5.8 Remove scaffolding	Preventive
6 Completition	6.1 PSSR (Doc & Site) 6.2 Remove blind 6.3 Handover to MTN	Preventive

Rincian kegiatan yang diadaptasi dari WBS sebelumnya dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4. 2 Deskripsi Kegiatan

Level 0	Level 1	Level 2
Proyek Maintenance Mesin Furnace BA-XXX	1 Blind Handover	1.1 Install Blind Tujuan: Blind (penutup sementara) dipasang untuk memisahkan aliran proses dalam sistem guna menjamin keselamatan pekerja dan mencegah kebocoran fluida atau gas selama pekerjaan berlangsung. Tindakan: - Mengidentifikasi lokasi pemasangan Blind). - Menyiapkan peralatan dan material seperti Blind plate, gasket, dan baut. - Mematikan aliran produksi pada jalur yang akan di pasang Blind. - Memasang Blind di antara flange dengan prosedur pemasangan yang aman, termasuk pengencangan baut secara merata. - Memastikan Blind terpasang dengan benar dan pastikan tidak ada kebocoran. 1.2 Dry run + Handover to MTN Tujuan: Melakukan uji coba untuk memastikan bahwa semua komponen siap untuk digunakan. Tindakan: - Melakukan simulasi operasional untuk memverifikasi kesiapan alat dan memastikan tidak ada hambatan teknis. - Penyerahan kepada tim Maintenance (MTN) untuk melanjutkan pekerjaan.
	2 Replace LMPH Coil and Cleaning LMPH	2.1 Install scaffolding Tujuan: Scaffolding didirikan untuk memberikan akses aman kepada pekerja ke area kerja yang sulit dijangkau.

Level 0	Level 1	Level 2
		Tindakan: - Melakukan survei lokasi untuk menentukan jenis dan konfigurasi scaffolding. - Memastikan scaffolding sesuai standar keselamatan (SNI atau internasional sesuai dengan standar perusahaan). - Melakukan inspeksi akhir sebelum digunakan. 2.2 Remove insulation Tujuan: Melepas insulasi untuk membuka akses ke LMPH (Low-Pressure Manifold Header). Tindakan: - Memotong insulasi. - Menandai dan menyimpan insulasi yang dilepas untuk dipasang kembali jika memungkinkan. 2.3 Open cover LMPH Tujuan: Membuka penutup LMPH untuk mengakses bagian dalamnya. Tindakan: - Melepas baut pengencang dengan alat yang sesuai. - Mengangkat penutup menggunakan crane atau alat bantu lainnya. 2.4 Cutting Tujuan: Memotong tabung koil yang rusak untuk diganti. Tindakan: - Menggunakan alat pemotong seperti grinder atau torch cutter. - Memastikan area kerja bebas percikan api untuk menghindari bahaya kebakaran. 2.5 Pull out tubes and lift down Tujuan:

Level 0	Level 1	Level 2
		Mengeluarkan tabung koil lama dari LMPH. Tindakan: - Menarik tabung menggunakan winch atau alat bantu mekanis lainnya. - Mengangkat tabung dengan crane dan menurunkannya ke area aman. 2.6 Insert new tube Tujuan: Memasang tabung koil baru ke posisi yang sama seperti semula. Tindakan: - Memasukkan tabung dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan. - Memastikan posisi tabung sejajar dan sesuai spesifikasi. 2.7 Rewelding Tujuan: Menghubungkan tabung baru dengan bagian lain melalui proses pengelasan. Tindakan: - Menggunakan metode pengelasan yang sesuai untuk pengelasan alat berat yaitu Shielded Metal Arc Weilding (SMAW) - Memastikan parameter lasan (ampere, tegangan, dll.) sesuai standar perusahaan. 2.8 RT (Radiographic Testing) Tujuan: Memastikan kualitas sambungan las melalui pengujian radiografi. Tindakan: - Menganalisis hasil film radiografi untuk mendeteksi cacat seperti porositas atau retakan menggunakan alat radiografi seperti X-Ray/Gamma. 2.9 Close cover LMPH Tujuan:

Level 0	Level 1	Level 2
		Menutup kembali LMPH setelah proses penggantian selesai. Tindakan: - Memasang penutup dengan baut. - Melakukan pengencangan secara bertahap untuk mencegah deformasi. 2.10 Reinstall insulation Tujuan: Memulihkan fungsi insulasi untuk melindungi sistem. Tindakan: - Memasang kembali insulasi yang dilepas atau menggantinya jika diperlukan. - Memastikan insulasi terpasang rapat untuk menghindari kehilangan panas.
	3 Cleaning Strainer Crossover Coil	3.1 Open insulation Tujuan: Membuka akses ke strainer crossover coil untuk memungkinkan pembersihan area secara menyeluruh. Tindakan: - Mengidentifikasi titik akses insulasi yang harus dilepas. - Menggunakan alat yang sesuai, seperti pisau atau alat pemotong insulasi, untuk melepas material tanpa merusaknya secara berlebihan. - Menandai dan menyimpan insulasi yang dilepas untuk dipasang kembali setelah pekerjaan selesai. 3.2 Cutting cap 6" Strainer Tujuan: Membuka akses ke elemen internal strainer untuk memungkinkan pembersihan dan inspeksi. Tindakan: - Mengidentifikasi lokasi pemotongan pada penutup strainer.

Level 0	Level 1	Level 2
		- Menggunakan alat pemotong grinder secara hati-hati untuk menghindari kerusakan pada strainer. - Memastikan area kerja bebas percikan api dan mengikuti prosedur keselamatan yang berlaku pada pabrik petrokimia. 3.3 Take out and inspect strainer Tujuan: Memastikan kondisi strainer dalam keadaan baik dan bebas dari hambatan yang dapat mengganggu aliran. Tindakan: - Mengambil strainer dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada elemen. - Memeriksa permukaan strainer untuk mendeteksi kotoran, penyumbatan, atau kerusakan fisik seperti sobekan atau deformasi. - Tim akan mendokumentasikan temuan untuk langkah perbaikan atau pembersihan selanjutnya. 3.4 Cleaning strainer area Tujuan: Menghilangkan kotoran dan kerak yang menempel di area strainer untuk memastikan aliran fluida tetap lancar dan mencegah penyumbatan. Tindakan: - Menggunakan alat pembersih seperti sikat kawat, atau bahan kimia khusus. - Membersihkan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada komponen strainer. - Memastikan seluruh area strainer bebas dari residu. 3.5 Install strainer and rewelding cap Tujuan:

Level 0	Level 1	Level 2
		Mengembalikan fungsi strainer dalam sistem setelah pembersihan dan inspeksi selesai dilakukan. Tindakan: - Memasang strainer ke posisinya dengan hati-hati untuk memastikan penempatan yang benar. - Menggunakan alat pengencang untuk memastikan strainer terpasang dengan kokoh. - Mengelas kembali penutup dengan metode pengelasan yang sesuai yaitu Shielded Metal Arc Weilding (SMAW) untuk pengerjaan alat berat dan proyek yang dikerjakan diluar ruangan memastikan hasil lasan bebas cacat. - Melakukan pemeriksaan visual terhadap hasil lasan sebelum melanjutkan ke pengujian NDT. 3.6 NDT by RT Tujuan: Memverifikasi kualitas sambungan las dan memastikan tidak ada cacat yang dapat memengaruhi integritas struktural. Tindakan: - Memasang alat radiografi di posisi yang tepat untuk mendapatkan gambar yang jelas dari sambungan las. - Mengoperasikan sumber radiasi (X-ray atau gamma ray). - Mengambil hasil film radiografi untuk dianalisis oleh teknisi bersertifikasi. - Mengevaluasi hasil untuk mendeteksi adanya cacat seperti porositas, retak, atau penyisipan yang tidak sempurna. 3.7 Reinstall insulation Tujuan: Mengembalikan insulasi untuk menjaga suhu sistem dan melindungi komponen dari

Level 0	Level 1	Level 2
		kehilangan panas atau kerusakan eksternal. Tindakan: - Memeriksa kembali insulasi yang dilepas untuk memastikan kondisinya masih baik dan dapat digunakan. - Memasang ulang insulasi pada posisi semula dengan mengikuti panduan teknis. - Mengencangkan ikatan atau perekat insulasi untuk memastikan pemasangan rapat dan tidak mudah lepas. - Melakukan inspeksi akhir untuk memastikan tidak ada celah atau bagian yang terlewat.
	4 Cleaning Inlet Manifold Foil	4.1 Open insulation Tujuan: Membuka akses ke inlet manifold coil untuk pembersihan dan inspeksi. Tindakan: - Mengidentifikasi area insulasi yang perlu dilepas menggunakan panduan teknis. - Menggunakan alat potong yang sesuai untuk melepas insulasi tanpa menyebabkan deformasi. - Menyimpan insulasi yang dilepas untuk pemasangan ulang. 4.2 Cutting inlet manifold Tujuan: Membuka inlet manifold untuk pembersihan dan inspeksi internal. Tindakan: - Menentukan titik potong berdasarkan gambar teknik. - Menggunakan alat pemotong seperti grinder atau torch cutter untuk membuat potongan presisi. - Memastikan prosedur keselamatan saat pemotongan untuk menghindari percikan api.

Level 0	Level 1	Level 2
		4.3 Cleaning and inspection Tujuan: Membersihkan bagian internal inlet manifold coil dan melakukan inspeksi untuk mendeteksi kerusakan atau penumpukan material. Tindakan: - Menggunakan alat pembersih seperti sikat kawat, tekanan udara, atau bahan kimia khusus. - Memeriksa permukaan internal untuk mendeteksi korosi, retak, atau kerusakan lainnya. - Mencatat hasil inspeksi dan menentukan tindakan perbaikan jika diperlukan. 4.4 Rewelding inlet manifold Tujuan: Menutup kembali inlet manifold coil setelah pembersihan selesai. Tindakan: - Menyambung kembali inlet manifold menggunakan metode pengelasan SMAW. - Memastikan parameter pengelasan sesuai spesifikasi material. - Melakukan inspeksi visual terhadap hasil lasan. 4.5 NDT by RT Tujuan: Memastikan sambungan las pada inlet manifold coil bebas dari cacat struktural. Tindakan: - Memasang alat radiografi untuk mendapatkan gambaran jelas dari hasil lasan. - Melakukan pengambilan gambar radiografi dengan prosedur aman. - Mengevaluasi hasil untuk memastikan integritas lasan. 4.6 Reinstall insulation inlet manifold Tujuan:

Level 0	Level 1	Level 2
		Memulihkan fungsi isolasi termal pada inlet manifold coil. Tindakan: - Memasang kembali insulasi yang dilepas dengan mengikuti spesifikasi teknis. - Menggunakan perekat atau alat pengikat yang sesuai untuk memastikan pemasangan kokoh. - Melakukan pemeriksaan akhir untuk memastikan tidak ada celah pada insulasi.
	5 Replace Inlet Tubes and Inspect Inlet Tubes	5.1 Install Scaffolding Tujuan: Memastikan akses yang aman dan nyaman bagi pekerja ke lokasi inlet tubes yang sulit dijangkau. Tindakan: - Melakukan survei lokasi untuk menentukan kebutuhan Scaffolding. - Memastikan pemasangan perancah sesuai standar keselamatan yang berlaku (SNI atau internasional yag sudah ditentukan perusahaan). - Memastikan kestabilan scaffolding dengan pemasangan penguat tambahan bila diperlukan. - Melakukan inspeksi akhir pada perancah sebelum digunakan untuk memastikan tidak ada bagian yang longgar atau tidak stabil. 5.2 Cutting Tujuan: Memotong tabung inlet yang rusak atau tidak layak digunakan untuk dilakukan pergantian tabung Tindakan: - Mengidentifikasi dan menandai area yang akan dipotong. - Menggunakan alat pemotong torch cutter untuk memastikan potongan presisi.

Level 0	Level 1	Level 2
		- Memastikan langkah-langkah keselamatan seperti penggunaan pelindung percikan api dan pemantauan lingkungan kerja terhadap bahaya kebakaran, dalam proyek yang dilakukan pada perusahaan XYZ setia pekerjaan akan didampingi oleh fire man. - Membersihkan area sekitar potongan setelah selesai. 5.3 Borescope Inlet Tubes Tujuan: Memeriksa kondisi internal tabung inlet untuk mendeteksi kerusakan seperti korosi, retak, atau penumpukan material. Tindakan: - Memasukkan alat borescope melalui ujung tabung inlet. - Memeriksa kondisi internal tabung secara visual menggunakan kamera borescope. - Mendokumentasikan hasil pemeriksaan untuk analisis lebih lanjut. - Menentukan apakah tabung memerlukan penggantian atau perbaikan berdasarkan temuan. 5.4 Bevelling Inlet Tubes Tujuan: Membentuk ujung tabung dengan bevel untuk memastikan sambungan las yang kuat dan presisi. Tindakan: - Menggunakan mesin bevel atau alat manual untuk membentuk bevel pada ujung tabung baru. - Memastikan sudut bevel sesuai dengan spesifikasi teknik yang ditentukan. - Membersihkan permukaan bevel untuk menghilangkan

Level 0	Level 1	Level 2
		serpihan atau kontaminasi sebelum proses pengelasan. 5.5 Fit Up - Welding Tubes Tujuan: Menyambungkan tabung baru dengan komponen lain melalui proses pengelasan. Tindakan: - Memposisikan tabung baru dengan hati-hati agar sejajar dengan sambungan yang ada. - Menggunakan alat penjepit atau jig untuk memastikan posisi tabung stabil selama pengelasan. - Melakukan pengelasan awal (tack weld) untuk mengunci posisi tabung sebelum pengelasan penuh. - Melakukan pengelasan dengan teknik SMAW. 5.6 RT (Radiographic Testing) Tujuan: Memastikan sambungan las pada tabung baru bebas dari cacat struktural yang dapat memengaruhi integritas sistem. Tindakan: - Memasang alat radiografi (X-ray atau gamma ray) untuk mengecek kualitas sambungan las. - Mengambil gambar radiografi sesuai prosedur keselamatan dan teknik yang berlaku. - Menganalisis hasil film radiografi untuk mendeteksi cacat seperti porositas, retakan, atau inklusi. - Melakukan pengulangan pada lasan jika ditemukan cacat. 5.7 Final Inspect and Housekeeping Tujuan: Memastikan semua pekerjaan telah selesai dengan kualitas yang diinginkan dan area kerja bersih serta aman.

Level 0	Level 1	Level 2
		Tindakan: - Melakukan inspeksi visual pada semua sambungan las dan komponen yang telah diganti. - Memastikan tidak ada kebocoran atau deformasi pada tabung baru. - Membersihkan area kerja dari sisa material, alat, atau limbah pekerjaan. - Mendokumentasikan hasil pekerjaan untuk laporan akhir. 5.8 Remove Scaffolding Tujuan: Membongkar scaffolding setelah pekerjaan selesai untuk mengembalikan kondisi area kerja. Tindakan: - Memastikan bahwa semua pekerjaan yang memerlukan scaffolding telah selesai. - Membongkar scaffolding secara bertahap dengan mengikuti prosedur keselamatan. - Mengangkut material scaffolding ke gudang penyimpanan dengan aman. - Melakukan inspeksi akhir area kerja untuk memastikan tidak ada bagian yang tertinggal atau membahayakan.
	6 Completition	6.1 PSSR (Pre-Startup Safety Review) - Doc & Site Tujuan: Memastikan bahwa semua pekerjaan telah selesai sesuai dengan standar keselamatan dan operasional. Proses ini memastikan bahwa sistem aman untuk digunakan kembali dan mematuhi semua persyaratan teknis serta prosedur yang telah ditentukan. Tindakan: - Dokumen: • Melakukan verifikasi terhadap semua dokumen teknis, termasuk gambar

Level 0	Level 1	Level 2
		teknik terbaru, catatan inspeksi, dan laporan pengujian (seperti RT, visual inspection, dll.) • Memastikan bahwa dokumen prosedur keselamatan kerja telah ditandatangani oleh pihak terkait. • Meninjau catatan pekerjaan untuk memastikan tidak ada langkah yang terlewat atau tidak sesuai. - Lapangan (Site): • Melakukan inspeksi lapangan untuk memastikan semua komponen dipasang dengan benar sesuai spesifikasi. • Memastikan tidak ada peralatan kerja atau material sisa yang tertinggal di area sistem. • Memeriksa kelengkapan perlengkapan keselamatan seperti, flange, Blind, dan penanda keselamatan. • Melakukan diskusi atau simulasi singkat dengan tim untuk mengidentifikasi potensi masalah yang belum terlihat. • Memberikan persetujuan akhir setelah semua aspek teknis dan keselamatan terpenuhi. 6.2 Remove Blind Tujuan: Membuka kembali aliran fluida atau gas dalam sistem dengan melepas Blind yang sebelumnya dipasang untuk memisahkan area kerja selama proses pemeliharaan. Tindakan: - Persiapan: • Mengidentifikasi lokasi pemasangan Blind

Level 0	Level 1	Level 2
		menggunakan diagram proses (P&ID). • Memastikan semua pekerjaan pemeliharaan telah selesai dan area kerja dinyatakan aman. • Melakukan koordinasi dengan tim operasi untuk memastikan tidak ada tekanan atau aliran pada jalur sebelum melepas Blind. - Pelepasan Blind: • Mematikan aliran pada jalur terkait (jika belum dilakukan) dan memastikan sistem dalam kondisi nol tekanan. • Melepas baut flange dengan alat yang sesuai secara merata untuk menghindari kerusakan atau deformasi. • Mengambil Blind secara hati-hati untuk menghindari kebocoran atau gangguan pada gasket. - Penyesuaian Akhir: • Memasang kembali gasket atau flange sesuai kebutuhan dan mengencangkan baut dengan torsi yang sesuai standar. • Melakukan pemeriksaan akhir untuk memastikan tidak ada kebocoran setelah sistem dinyalakan. 6.3 Handover to Operation Tujuan: Menyerahkan kembali sistem kepada tim operasi setelah semua pekerjaan selesai, sistem diuji, dan dinyatakan aman untuk digunakan kembali. Tindakan: - Persiapan Penyerahan:

Level 0	Level 1	Level 2
		• Memastikan bahwa semua pekerjaan pemeliharaan telah selesai dan diverifikasi melalui inspeksi serta pengujian. • Melakukan uji coba sistem untuk memastikan kelancaran operasional. • Memberikan briefing singkat kepada tim operasi terkait perbaikan atau perubahan yang dilakukan selama pemeliharaan. - Dokumentasi Penyerahan: • Menyusun laporan akhir pekerjaan, termasuk hasil inspeksi, pengujian, dan PSSR. • Menyerahkan dokumen teknis terkait seperti prosedur operasi, catatan pengujian, dan laporan pekerjaan. - Penyerahan Formal: • Melakukan diskusi atau tur lapangan dengan tim operasi untuk menjelaskan kondisi sistem saat ini. • Mendapatkan tanda tangan persetujuan dari tim operasi sebagai bukti serah terima. • Menginformasikan bahwa sistem sudah siap digunakan dan menghapus batasan akses atau izin kerja di area terkait.

4.1.3 Durasi Kerja, Urutan Kegiatan dan Gantt Chart.

Setiap elemen kerja memiliki perkiraan waktu penyelesaian dalam proses pengerjaannya selain durasi kerja, setiap elemen kerja memiliki keterkaitan dengan elemen kerja sebelumnya, Durasi kegiatan dan urutan kegiatan didapatkan dari data master schedule perusahaan.

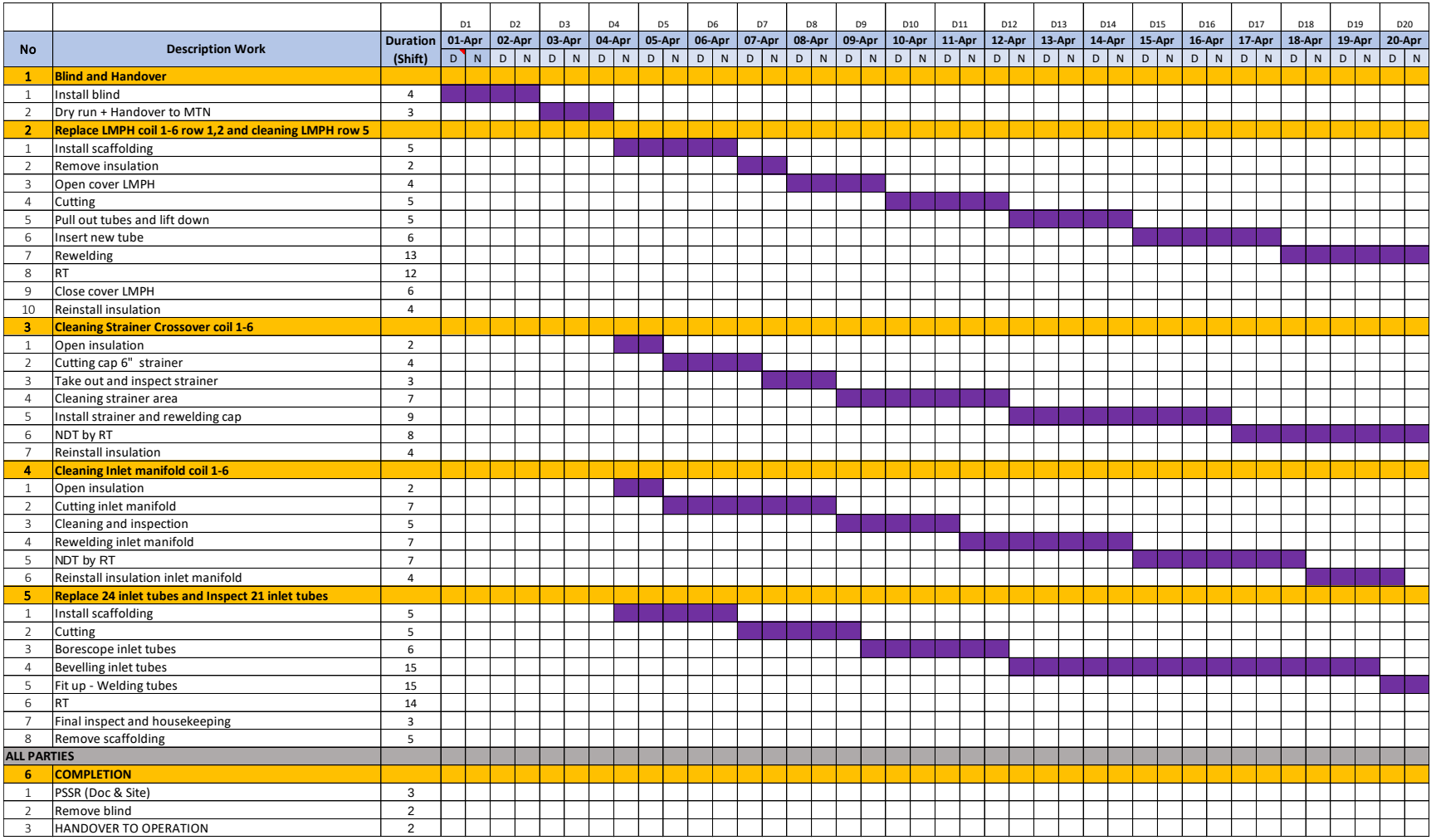
Rincian durasi elemen kerja dapat dilihat pada tabel 4.3:

Tabel 4. 3 Tabel Durasi Kegiatan dan Urutan Kegiatan

Durasi Kegiatan dan Urutan Kegiatan			
No	Activity	Predecessor	Duration
1	**Blind Handover**		
1.1	Install Blind	-	4
1.2	Dry run + Handover to MTN	1.1	3
2	**Replace LMPH coil and cleaning LMPH**		
2.1	Install scaffolding	1.1,1.2	5
2.2	Remove insulation	1.1,1.2,2.1	2
2.3	Open cover LMPH	1.1,1.2,2.1,2.2	4
2.4	Cutting	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3	5
2.5	Pull out tubes and lift down	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4	5
2.6	Insert new tube	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5	6
2.7	Rewelding	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6	13
2.8	RT	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7	12
2.9	Close cover LMPH	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7,2.8	6
2.10	Reinstall insulation	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7,2.8,2.9	4
3	**Cleaning Strainer Crossover coil**		
3.1	Open insulation	1.1,1.2	2
3.2	Cutting cap 6" Strainer	1.1,1.2,3.1	4
3.3	Take out and inspect strainer	1.1,1.2,3.1,3.2	3
3.4	Cleaning strainer area	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3	7
3.5	Install strainer and rewelding cap	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3,3.4	9
3.6	NDT by RT	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5	8
3.7	Reinstall insulation	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5,3.6	4
4	**Cleaning Inlet manifold coil**		
4.1	Open insulation	1.1,1.2	2
4.2	Cutting inlet manifold	1.1,1.2,4.1	7
4.3	Cleaning and inspection	1.1,1.2,4.1,4.2	5
4.4	Rewelding inlet manifold	1.1,1.2,4.1,4.2,4.3	7
4.5	NDT by RT	1.1,1.2,4.1,4.2,4.3,4.4	7

Durasi Kegiatan dan Urutan Kegiatan			
4.6	Reinstall insulation inlet manifold	1.1,1.2,4.1,4.2,4.3,4.4,4.5	4
5	**Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes**		
5.1	Install scaffolding	1.1,1.2	5
5.2	Cutting	1.1,1.2,5.1	5
5.3	Borescope inlet tubes	1.1,1.2,5.1,5.2	6
5.4	Bevelling inlet tubes	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3	15
5.5	Fit up - Welding tubes	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4	15
5.6	RT	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4,5.5	14
5.7	Final Inspect and housekeeping	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4,5.5,5.6	3
5.8	Remove scaffolding	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5.7	5
6	**Completition**		
6.1	PSSR (Doc & Site)	5.8	3
6.2	Remove Blind	5.8,6.1	2
6.3	HANDOVER TO OPERATION	5.8,6.1	2

Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukan Gantt Chart dari penjadwalan maintenance mesin furnace BA-XXX:



No	Description Work	Duration (Shift)	D1 01-Apr		D2 02-Apr		D3 03-Apr		D4 04-Apr		D5 05-Apr		D6 06-Apr		D7 07-Apr		D8 08-Apr		D9 09-Apr		D10 10-Apr		D11 11-Apr		D12 12-Apr		D13 13-Apr		D14 14-Apr		D15 15-Apr		D16 16-Apr		D17 17-Apr		D18 18-Apr		D19 19-Apr		D20 20-Apr	
			D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
1	**Blind and Handover**																																									
1	Install blind	4																																								
2	Dry run + Handover to MTN	3																																								
2	**Replace LMPH coil 1-6 row 1,2 and cleaning LMPH row 5**																																								
1	Install scaffolding	5																																								
2	Remove insulation	2																																								
3	Open cover LMPH	4																																								
4	Cutting	5																																								
5	Pull out tubes and lift down	5																																								
6	Insert new tube	6																																								
7	Rewelding	13																																								
8	RT	12																																								
9	Close cover LMPH	6																																								
10	Reinstall insulation	4																																								
3	**Cleaning Strainer Crossover coil 1-6**																																									
1	Open insulation	2																																								
2	Cutting cap 6" strainer	4																																								
3	Take out and inspect strainer	3																																								
4	Cleaning strainer area	7																																								
5	Install strainer and rewelding cap	9																																								
6	NDT by RT	8																																								
7	Reinstall insulation	4																																								
4	**Cleaning Inlet manifold coil 1-6**																																									
1	Open insulation	2																																								
2	Cutting inlet manifold	7																																								
3	Cleaning and inspection	5																																								
4	Rewelding inlet manifold	7																																								
5	NDT by RT	7																																								
6	Reinstall insulation inlet manifold	4																																								
5	**Replace 24 inlet tubes and Inspect 21 inlet tubes**																																									
1	Install scaffolding	5																																								
2	Cutting	5																																								
3	Borescope inlet tubes	6																																								
4	Bevelling inlet tubes	15																																								
5	Fit up - Welding tubes	15																																								
6	RT	14																																								
7	Final inspect and housekeeping	3																																								
8	Remove scaffolding	5																																								
ALL PARTIES																																									
6	**COMPLETION**																																									
1	PSSR (Doc & Site)	3																																								
2	Remove blind	2																																								
3	HANDOVER TO OPERATION	2																																								

Gambar 4. 2 Gantt Chart day 1-20

No	Description Work	Duration (Shift)	D21		D22		D23		D24		D25		D26		D27		D28		D29		D30		D31		D32		D33		D34		D35		D36		D37		D38		D39		D40	
			21-Apr		22-Apr		23-Apr		24-Apr		25-Apr		26-Apr		27-Apr		28-Apr		29-Apr		30-Apr		01-May		02-May		03-May		04-May		05-May		06-May		07-May		08-May		09-May		10-May	
			D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
1	**Blind and Handover**																																										
1	Install blind	4																																									
2	Dry run + Handover to MTN	3																																									
2	**Replace LMPH coil 1-6 row 1,2 and cleaning LMPH row 5**																																										
1	Install scaffolding	5																																									
2	Remove insulation	2																																									
3	Open cover LMPH	4																																									
4	Cutting	5																																									
5	Pull out tubes and lift down	5																																									
6	Insert new tube	6																																									
7	Rewelding	13																																									
8	RT	12																																									
9	Close cover LMPH	6																																									
10	Reinstall insulation	4																																									
3	**Cleaning Strainer Crossover coil 1-6**																																										
1	Open insulation	2																																									
2	Cutting cap 6" strainer	4																																									
3	Take out and inspect strainer	3																																									
4	Cleaning strainer area	7																																									
5	Install strainer and rewelding cap	9																																									
6	NDT by RT	8																																									
7	Reinstall insulation	4																																									
4	**Cleaning Inlet manifold coil 1-6**																																										
1	Open insulation	2																																									
2	Cutting inlet manifold	7																																									
3	Cleaning and inspection	5																																									
4	Rewelding inlet manifold	7																																									
5	NDT by RT	7																																									
6	Reinstall insulation inlet manifold	4																																									
5	**Replace 24 inlet tubes and Inspect 21 inlet tubes**																																										
1	Install scaffolding	5																																									
2	Cutting	5																																									
3	Borescope inlet tubes	6																																									
4	Bevelling inlet tubes	15																																									
5	Fit up - Welding tubes	15																																									
6	RT	14																																									
7	Final inspect and housekeeping	3																																									
8	Remove scaffolding	5																																									
ALL PARTIES																																										
6	**COMPLETION**																																										
1	PSSR (Doc & Site)	3																																									
2	Remove blind	2																																									
3	HANDOVER TO OPERATION	2																																									

Gambar 4. 3 Gantt Chart day 21-40

4.1.4 Tabel Biaya.

Tabel biaya digunakan untuk menganalisis jumlah pengeluaran perusahaan dalam pelaksanaan proyek, tabel biaya dibawah berisikan biaya material dari setiap elemen pekerjaan dan biaya manpower kedua sumber daya tersebut berasal dari kontraktor yang merupakan pekerja diluar karyawan PT. XYZ.

Rincian biaya material dapat dilihat pada tabel 4.4 dan biaya manpower pada tabel 4.5:

Tabel 4. 4 Tabel Biaya Material

Biaya Material			
No	Activity	Material	Cost
1	**Blind Handover**		
1.1	Install Blind	Blind	Rp237.735.000
1.2	Dry run + Handover to MTN		
2	**Replace LMPH coil and cleaning LMPH**		
2.1	Install scaffolding	Coil LMPH Insulation Scafolding Welding Rods	Rp396.225.000
2.2	Remove insulation		
2.3	Open cover LMPH		
2.4	Cutting		
2.5	Pull out tubes and lift down		
2.6	Insert new tube		
2.7	Rewelding		
2.8	RT		
2.9	Close cover LMPH		
2.10	Reinstall insulation		
3	**Cleaning Strainer Crossover coil**		
3.1	Open insulation	Strainer Insulation Material Welding Rods	Rp158.490.000
3.2	Cutting cap 6" trainer		
3.3	Take out and inspect strainer		
3.4	Cleaning strainer area		
3.5	Install strainer and rewelding cap		
3.6	NDT by RT		
3.7	Reinstall insulation		
4	**Cleaning Inlet manifold coil**		
4.1	Open insulation	Manifold Insulation Material Welding Rods	Rp190.188.000
4.2	Cutting inlet manifold		
4.3	Cleaning and inspection		
4.4	Rewelding inlet manifold		
4.5	NDT by RT		
4.6	Reinstall insulation inlet manifold		
5	**Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes**		
5.1	Install scaffolding	Inlet Tubes Scafolding	Rp475.470.000
5.2	Cutting		
5.3	Borescope inlet tubes		
5.4	Bevelling inlet tubes		

	Biaya Material		
5.5	Fit up - Welding tubes	Welding Rods	
5.6	RT		
5.7	Final Inspect and housekeeping		
5.8	Remove scaffolding		
6	**Completition**		
6.1	PSSR (Doc & Site)	Testing and Inspect Tools	Rp126.792.000
6.2	Remove Blind		
6.3	HANDOVER TO OPERATION		
	Total		Rp1.584.900.000

Tabel 4. 5 Tabel Manpower Cost

Group	People/Group	Total People	Manpower Cost/Person	Total
Group 1	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 2	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 3	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 4	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 5	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 6	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 7	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Group 8	4	32	Rp9.600.000	Rp38.400.000
Total Manpower Cost				Rp307.200.000

Total keseluruhan biaya proyek berkisar diangka Rp1.892.100.000,00.

4.2 Pengolahan Data

Setelah data didapatkan maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data menggunakan metode terpilih, harapannya data yang sudah dikumpulkan dapat diolah sehingga output perhitungan waktu dan jadwal proyek bisa di dapatkan.

4.2.1 AON (Activition on Node)

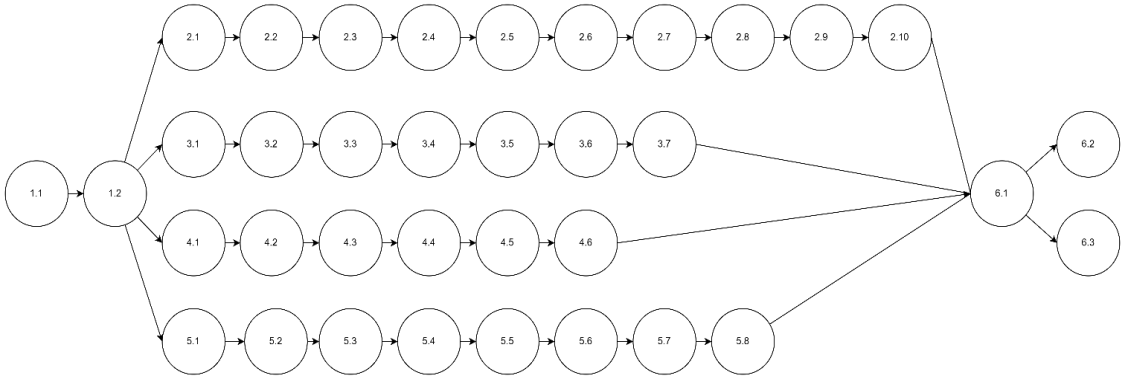
AON merupakan salah satu bentuk network diagram yang sering digunakan dalam manajemen proyek, AON merupakan representasi visual dari aktivits kerja dan elemen pekerjaan yang perlu diselesaikan secara berurutan atau bersamaan untuk mencpai tujuan yang sama. Diagram AON digunakan untuk menjadwalkan, merencanakan dan mengontro jalannya proyek.

Dalam AON ada beberaa kemungkinan yang dapat terjadi dari hubungan antar kegiatan yang disusun menjadi network diagram antara lain:

1. Start to Start (SS): Susunan kegiatan dikerjakan secara bersamaan dengan kegiatan lainnya.

2. Finish to Start (FS): Susunan kegiatan hanya dapat dikerjakan apabila kegiatan sebelumnya sudah selesai dilakukan
3. Start to Finish (SF): Susunan kegiatan dapat dilakukan secara sendiri tanpa menunggu kegiatan sebelumnya.

Apabila alur kegiatan proyek maintenance mesin furnace dijadikan network diagram maka akan terlihat seperti pada gambar 4.2:



Gambar 4. 4 Actitivy on Network diagram

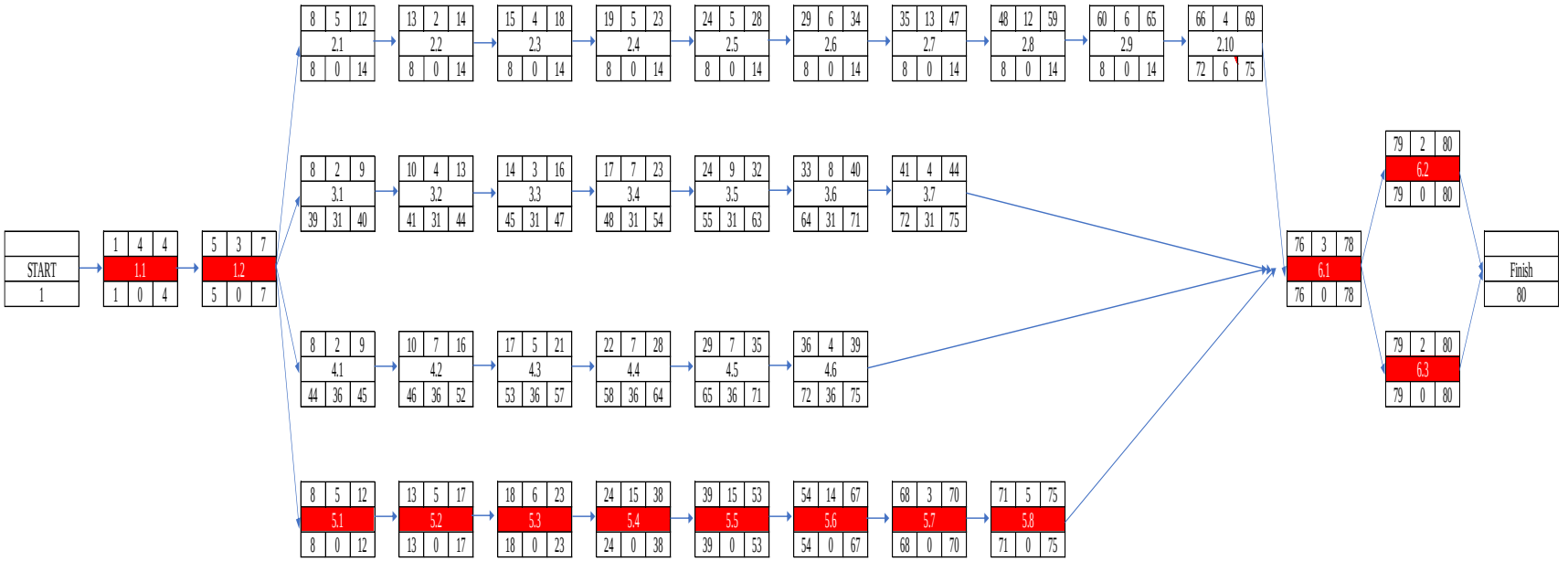
4.2.2 Jalur Kritis.

Jalur kritis merupakan urutan kerja terpanjang yang paling berpengaruh dalam keseluruhan penyelesaian proyek dalam jalur kritis ada beberapa perhitunan yang dilakukan menggunakan data durasi dan urutan kerja sebagai data utama pengolahan, data tersebut antara lain:

1. Perhitungan Maju/Forward Pass: Perhitungan tanggal mulai (ES / Earliest Start) dan Akhir Awal (EF / Earliest Finish) nilai ES didapatkan dari nilai EF tertinggi aktivitas prasyarat, dan EF didapatkan dari nilai ES+Durasi. Perhitungan ES pertama dimulai dari 0 lalu berlanjut pada perhitungan selanjutnya. Perhitungan ini digunakan untuk melihat alkasi awal sumber daya pada proyek.
2. Perhitungan mundur/ Backward Pass: Perhitungan tanggal mulai terakhir (LS/ Late Start Time) perhitungan LS didapatkan dari nilai LF – Durasi, LF (Late Finish Time) didapatkan dari niai LS terendah dari aktivitas lanjutan, perhitungan dimulai dari aktivitas terakhir yang dijadwalkan.

Dengan begitu tanggal mulai dan tanggal terakhir dapat digunakan untuk menghitung kelonggaran waktu dalam urutan proses dan fleksibilitas setiap tugas.

Pada gambar 4.5 merupakan perhitungan jalur kritis dari proyek Maintenance mesin Furnace BA-XXX



Gambar 4. 5 Jalur Kritis

Dari jalur diatas total Slack positif / 0 didapatkan pada jalur yang artinya jalur tersebut merupakan jalur kritis, dan Slack 6 pada jalur kritis kedua yaitu pada elemen kerja 2.10 yang artinya Crashing maksimal dapat dilakukan maksimal diangka 6 shift pemadatan.

4.2.3 PERT.

Dalam analisis PERT dibutuhkan tiga varian waktu yaitu waktu optimis, waktu yang paling memungkinkan dan waktu pesimis dimana ketiga varian waktu tersebut didapatkan dari Analisa expert yang merupakan mentor lapangan tempat peneliti melakukan penelitian.

Pada tabel 4.6 tertera data waktu optimis, waktu paling memungkinkan dan waktu pesimis:

Tabel 4. 6 Durasi TO, TM, TP

Tabel PERT (Per Shift Kerja)					
No	Activity	Predecessor	TO	TM	TP
1	**Blind Handover**				
1.1	Install Blind	-	2	4	7
1.2	Dry run + Handover to MTN	1.1	1	3	5
2	**Replace LMPH coil and cleaning LMPH**				
2.1	Install scaffolding	1.1,1.2	2	5	8
2.2	Remove insulation	1.1,1.2,2.1	1	2	4
2.3	Open cover LMPH	1.1,1.2,2.1,2.2	2	4	7
2.4	Cutting	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3	3	5	7
2.5	Pull out tubes and lift down	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4	4	5	7
2.6	Insert new tube	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5	4	6	8
2.7	Rewelding	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6	11	13	16
2.8	RT	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7	9	12	15
2.9	Close cover LMPH	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7,2.8	4	6	8
2.10	Reinstall insulation	1.1,1.2,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7,2.8,2.9	2	4	7
3	**Cleaning Strainer Crossover coil**				
3.1	Open insulation	1.1,1.2	1	2	3
3.2	Cutting cap 6" Strainer	1.1,1.2,3.1	2	4	7
3.3	Take out and inspect strainer	1.1,1.2,3.1,3.2	2	3	4
3.4	Cleaning strainer area	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3	5	7	9
3.5	Install strainer and rewelding cap	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3,3.4	6	9	11

Tabel PERT (Per Shift Kerja)

No	Activity	Predecessor	TO	TM	TP
3.6	NDT by RT	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5	5	8	10
3.7	Reinstall insulation	1.1,1.2,3.1,3.2,3.3,3.4,3.5,3.6	2	4	7
4	**Cleaning Inlet manifold coil**				
4.1	Open insulation	1.1,1.2	1	2	3
4.2	Cutting inlet manifold	1.1,1.2,4.1	5	7	9
4.3	Cleaning and inspection	1.1,1.2,4.1,4.2	2	5	7
4.4	Rewelding inlet manifold	1.1,1.2,4.1,4.2,4.3	4	7	9
4.5	NDT by RT	1.1,1.2,4.1,4.2,4.3,4.4	4	7	10
4.6	Reinstall insulation inlet manifold	1.1,1.2,4.1,4.2,4.3,4.4,4.5	2	4	7
5	**Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes**				
5.1	Install scaffolding	1.1,1.2	2	5	8
5.2	Cutting	1.1,1.2,5.1	3	5	7
5.3	Borescope inlet tubes	1.1,1.2,5.1,5.2	4	6	8
5.4	Bevelling inlet tubes	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3	12	15	18
5.5	Fit up - Welding tubes	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4	12	15	18
5.6	RT	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4,5.5	11	14	17
5.7	Final Inspect and housekeeping	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4,5.5,5.6	2	3	4
5.8	Remove scaffolding	1.1,1.2,5.1,5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,5.7	2	5	8
6	**Completition**				
6.1	PSSR (Doc & Site)	5.8	2	3	4
6.2	Remove Blind	5.8,6.1	1	2	3
6.3	HANDOVER TO OPERATION	5.8,6.1	1	2	3

Waktu optimis, waktu paling memungkinkan dan waktu pesimis selanjutnya akan diolah untuk mencari nilai TE (nilai waktu rata rata) dan nilai Varians dari setiap elemen kerjanya, Varians merupakan ambang batas range perkiraan waktu penyelesaian elemen kerja, karna pada PERT memiiki 3 waktu kemungkinan sehingga dibutuhkan waktu perkiraan skala range

Pada tabel 4.7 tertera perhitungan TE dan Varians:

Tabel 4. 7 Perhitungan TE dan Varians

Tabel PERT (Per Shift Kerja)						
No	Activity	TO	TM	TP	TE	V
1	**Blind Handover**					
1.1	Install Blind	2	4	7	4,166667	0,694444
1.2	Dry run + Handover to MTN	1	3	5	3	0,027778
2	**Replace LMPH coil and cleaning LMPH**					
2.1	Install scaffolding	2	5	8	5	0,444444
2.2	Remove insulation	1	2	4	2,166667	0,111111
2.3	Open cover LMPH	2	4	7	4,166667	0,694444
2.4	Cutting	3	5	7	5	3,361111
2.5	Pull out tubes and lift down	4	5	7	5,166667	8,027778
2.6	Insert new tube	4	6	8	6	7,111111
2.7	Rewelding	11	13	16	13,16667	69,44444
2.8	RT	9	12	15	12	42,25
2.9	Close cover LMPH	4	6	8	6	7,111111
2.10	Reinstall insulation	2	4	7	4,166667	0,694444
3	**Cleaning Strainer Crossover coil**					
3.1	Open insulation	1	2	3	2	0,25
3.2	Cutting cap 6" Strainer	2	4	7	4,166667	0,694444
3.3	Take out and inspect strainer	2	3	4	3	1,777778
3.4	Cleaning strainer area	5	7	9	7	12,25
3.5	Install strainer and rewelding cap	6	9	11	8,833333	17,36111
3.6	NDT by RT	5	8	10	7,833333	11,11111
3.7	Reinstall insulation	2	4	7	4,166667	0,694444
4	**Cleaning Inlet manifold coil**					
4.1	Open insulation	1	2	3	2	0,25
4.2	Cutting inlet manifold	5	7	9	7	12,25
4.3	Cleaning and inspection	2	5	7	4,833333	0,694444
4.4	Rewelding inlet manifold	4	7	9	6,833333	6,25
4.5	NDT by RT	4	7	10	7	5,444444
4.6	Reinstall insulation inlet manifold	2	4	7	4,166667	0,694444
5	**Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes**					
5.1	Install scaffolding	2	5	8	5	0,444444
5.2	Cutting	3	5	7	5	3,361111
5.3	Borescope inlet tubes	4	6	8	6	7,111111
5.4	Bevelling inlet tubes	12	15	18	15	81
5.5	Fit up - Welding tubes	12	15	18	15	81
5.6	RT	11	14	17	14	66,69444
5.7	Final Inspect and housekeeping	2	3	4	3	1,777778
5.8	Remove scaffolding	2	5	8	5	0,444444
6	**Completition**					
6.1	PSSR (Doc & Site)	2	3	4	3	1,777778
6.2	Remove Blind	1	2	3	2	0,25

Tabel PERT (Per Shift Kerja)						
No	Activity	TO	TM	TP	TE	V
6.3	HANDOVER TO OPERATION	1	2	3	2	0,25

4.2.4 Crashing.

Dari data yang sudah diolah sebelumnya menggunakan metode PERT selanjutnya akan dilakukan Crashing pada jalur kritis, total shift kerja yang dapat dilakukan pemadatan yaitu sebesar 6 shift kerja, selanjutnya akan dilakukan dua skenario Crashing dimana skenario ini dibedakan dengan aktivitas kerja apa saja yang akan dilakukan pemadatan hal ini bertujuan untuk menentukan skenario Crashing manakah yang paling ptimal dalam meninkatkan performa produksi perusahaan dengan kenaikan biaya proyek serendah-rendahnya, aktivitas-aktivitas yang akan dilakukan pemadatan dianalisis dan ditentukan bersama dengan manajer yang bertanggung jawab terhadap proyek maintenance mesin Furnace BA-XXX.

Pemadatan dilakukan dengan cara menambah total pekerja pada lapangan, dimana biaya tersebut akan bertambah dibandingkan dengan surasi normal tabel perbandingan biaya dapat dilihat pada tabel 4.8:

Tabel 4. 8 Tabel Manpower Cost

Tabel Biaya Pekerja	
Normal manpower (cost/ person/ day)	Rp120.000
Additional Manpower (cost/person/day)	Rp150.000

4.2.4.1 Skenario 1

Pada tabel 4.9 tertera perhitungan Crashing dan analisis biaya penambahan nya:

Tabel 4. 9 Tabel Perbandingan Biaya Crashing Skenario 1

Crashing Skenario 1						
No	Activity	Normal Duration	Crash Duration	Additional Person	Normal Cost	Crashing Cost
1	**Blind Handover**					
1.1	Install blind	4	3	4	Rp1.920.000	Rp3.720.000
1.2	Dry run + Handover to MTN	3	2	2	Rp1.440.000	Rp2.040.000
5	**Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes**					
5.1	Install scaffolding	5	4	4	Rp2.400.000	Rp4.800.000
5.2	Cutting	5	4	4	Rp2.400.000	Rp4.800.000
5.3	Borescope inlet tubes	6	6	0	Rp2.880.000	Rp2.880.000
5.4	Bevelling inlet tubes	15	14	4	Rp7.200.000	Rp15.600.000
5.5	Fit up - Welding tubes	15	14	4	Rp7.200.000	Rp15.600.000
5.6	RT	14	14	0	Rp6.720.000	Rp6.720.000
5.7	Final Inspect and housekeeping	3	3	0	Rp1.440.000	Rp1.440.000
5.8	Remove scaffolding	5	5	0	Rp2.400.000	Rp2.400.000
6	**Completition**					
6.1	PSSR (Doc & Site)	3	3	0	Rp1.440.000	Rp1.440.000
6.2	Remove blind	2	2	0	Rp960.000	Rp960.000
6.3	HANDOVER TO OPERATION	2	2	0	Rp960.000	Rp960.000
					Rp39.360.000	Rp63.360.000

4.2.4.2 Skenario 2

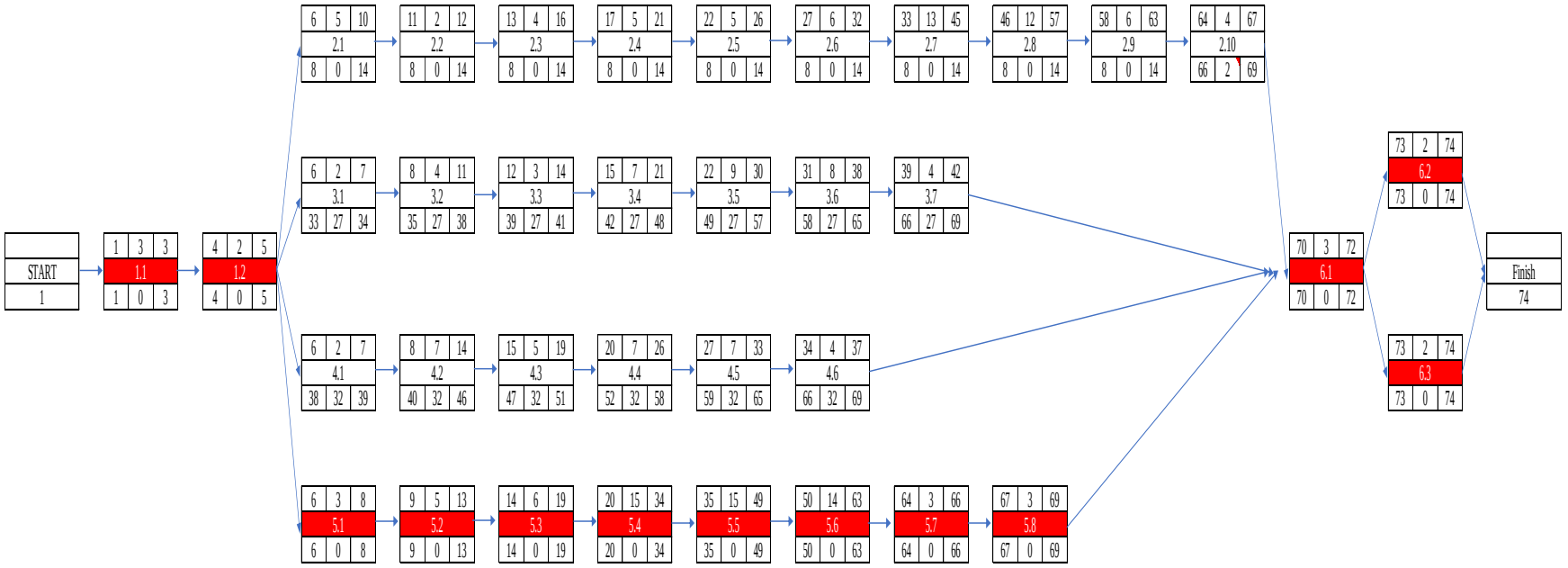
Pada tabel 4.10 tertera perhitungan Crashing skenario 2 dan analisis biaya penambahan nya:

Tabel 4. 10 Tabel Perbandingan Biaya Crashing Skenario 2

Crashing Skenario 2						
No	Activity	Normal Duration	Crash Duration	Additional Person	Normal Cost	Crashing Cost
1	**Blind Handover**					
1.1	Install blind	4	3	4	Rp1.920.000	Rp3.720.000
1.2	Dry run + Handover to MTN	3	2	2	Rp1.440.000	Rp2.040.000
5	**Replace inlet tubes and Inspect inlet tubes**					
5.1	Install scaffolding	5	3	8	Rp2.400.000	Rp6.000.000
5.2	Cutting	5	5	0	Rp2.400.000	Rp2.400.000
5.3	Borescope inlet tubes	6	6	0	Rp2.880.000	Rp2.880.000
5.4	Bevelling inlet tubes	15	15	0	Rp7.200.000	Rp7.200.000
5.5	Fit up - Welding tubes	15	15	0	Rp7.200.000	Rp7.200.000
5.6	RT	14	14	0	Rp6.720.000	Rp6.720.000
5.7	Final Inspect and housekeeping	3	3	0	Rp1.440.000	Rp1.440.000
5.8	Remove scaffolding	5	3	8	Rp2.400.000	Rp6.000.000
6	**Completition**					
6.1	PSSR (Doc & Site)	3	3	0	Rp1.440.000	Rp1.440.000
6.2	Remove blind	2	2	0	Rp960.000	Rp960.000
6.3	HANDOVER TO OPERATION	2	2	0	Rp960.000	Rp960.000
					Rp39.360.000	Rp48.960.000

4.2.5 Dampak Crashing.

Pada gambar 4.6 menunjukan hasil jalur kritis setelah dilakukan pemadatan terhadap jalur kritis sebelumnya dan gambar 4.7 juga 4.8 menunjukan hasil adaptasi jadwal terbaru setelah terjadi pemadatan pada jalur kritis:



Gambar 4. 6 Jalur Kritis Setelah Crashing

No	Description Work	Duration (Shift)	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10		D11		D12		D13		D14		D15		D16		D17		D18	
			01-Apr		02-Apr		03-Apr		04-Apr		05-Apr		06-Apr		07-Apr		08-Apr		09-Apr		10-Apr		11-Apr		12-Apr		13-Apr		14-Apr		15-Apr		16-Apr		17-Apr		18-Apr	
			D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
1	**Blind and Handover**																																					
1	Install blind	3																																				
2	Dry run + Handover to MTN	2																																				
2	**Replace LMPH coil 1-6 row 1,2 and cleaning LMPH row 5**																																					
1	Install scaffolding	5																																				
2	Remove insulation	2																																				
3	Open cover LMPH	4																																				
4	Cutting	5																																				
5	Pull out tubes and lift down	5																																				
6	Insert new tube	6																																				
7	Rewelding	13																																				
8	RT	12																																				
9	Close cover LMPH	6																																				
10	Reinstall insulation	4																																				
3	**Cleaning Strainer Crossover coil 1-6**																																					
1	Open insulation	2																																				
2	Cutting cap 6" strainer	4																																				
3	Take out and inspect strainer	3																																				
4	Cleaning strainer area	7																																				
5	Install strainer and rewelding cap	9																																				
6	NDT by RT	8																																				
7	Reinstall insulation	4																																				
4	**Cleaning Inlet manifold coil 1-6**																																					
1	Open insulation	2																																				
2	Cutting inlet manifold	7																																				
3	Cleaning and inspection	5																																				
4	Rewelding inlet manifold	7																																				
5	NDT by RT	7																																				
6	Reinstall insulation inlet manifold	4																																				
5	**Replace 24 inlet tubes and Inspect 21 inlet tubes**																																					
1	Install scaffolding	3																																				
2	Cutting	5																																				
3	Borescope inlet tubes	6																																				
4	Bevelling inlet tubes	15																																				
5	Fit up - Welding tubes	15																																				
6	RT	14																																				
7	Final inspect and housekeeping	3																																				
8	Remove scaffolding	3																																				
ALL PARTIES																																						
6	**COMPLETION**																																					
1	PSSR (Doc & Site)	3																																				
2	Remove blind	2																																				
3	HANDOVER TO OPERATION	2																																				

Gambar 4. 7 Gantt Chart Setelah Crashing Day 1-18

No	Description Work	Duration (Shift)	D19		D20		D21		D22		D23		D24		D25		D26		D27		D28		D29		D30		D31		D32		D33		D34		D35		D36		D37	
			19-Apr		20-Apr		21-Apr		22-Apr		23-Apr		24-Apr		25-Apr		26-Apr		27-Apr		28-Apr		29-Apr		30-Apr		01-May		02-May		03-May		04-May		05-May		06-May		07-May	
			D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
1	**Blind and Handover**																																							
1	Install blind	3																																						
2	Dry run + Handover to MTN	2																																						
2	**Replace LMPH coil 1-6 row 1,2 and cleaning LMPH row 5**																																							
1	Install scaffolding	5																																						
2	Remove insulation	2																																						
3	Open cover LMPH	4																																						
4	Cutting	5																																						
5	Pull out tubes and lift down	5																																						
6	Insert new tube	6																																						
7	Rewelding	13																																						
8	RT	12																																						
9	Close cover LMPH	6																																						
10	Reinstall insulation	4																																						
3	**Cleaning Strainer Crossover coil 1-6**																																							
1	Open insulation	2																																						
2	Cutting cap 6" strainer	4																																						
3	Take out and inspect strainer	3																																						
4	Cleaning strainer area	7																																						
5	Install strainer and rewelding cap	9																																						
6	NDT by RT	8																																						
7	Reinstall insulation	4																																						
4	**Cleaning Inlet manifold coil 1-6**																																							
1	Open insulation	2																																						
2	Cutting inlet manifold	7																																						
3	Cleaning and inspection	5																																						
4	Rewelding inlet manifold	7																																						
5	NDT by RT	7																																						
6	Reinstall insulation inlet manifold	4																																						
5	**Replace 24 inlet tubes and Inspect 21 inlet tubes**																																							
1	Install scaffolding	3																																						
2	Cutting	5																																						
3	Borescope inlet tubes	6																																						
4	Bevelling inlet tubes	15																																						
5	Fit up - Welding tubes	15																																						
6	RT	14																																						
7	Final inspect and housekeeping	3																																						
8	Remove scaffolding	3																																						
ALL PARTIES																																							
6	**COMPLETION**																																							
1	PSSR (Doc & Site)	3																																						
2	Remove blind	2																																						
3	HANDOVER TO OPERATION	2																																						

Gambar 4. 8 Gantt Chart Setelah Crashing Day 19-37

4.2.6 Perbandingan.

Perbandingan dilakukan untuk melihat durasi manakah diantara Crashing, Normal dan Delay yang paling menguntungkan bagi perusahaan, total biaya proyek pada kondisi Crashing bertambah karena adanya penambahan biaya pada manpower cost, kondisi normal menetap seperti semula dan kondisi delay mengalami penurunan dari biaya normal karena adanya biaya pinalti yang dibayarkan oleh kontraktor ke perusahaan sebesar Rp25.000.000,00:

Tabel 4. 11 Perbandingan Durasi Proyek x Total Biaya Proyek x Pendapatan Produksi

(perhitungan skala 41 hari kerja/waktu proyek maksimal dalam perhitungan)						
Kondisi	Durasi Penyelesaian Proyek (hari)	Biaya Proyek	Pendapatan Normal (Rp198.000.000/hari) (hari)	Pengurangan Pendapatan 30% (Rp138.600.000/hari) (hari)	Total Pendapatan Produksi	Selisih Total Pendapatan Produksi dan Total Biaya Proyek (keuntungan)
Crashing Skenario 1	37	Rp1.916.100.000,00	4	37	Rp5.920.200.000	Rp4.004.100.000
Crashing Skenario 2	37	Rp1.901.700.000,00	4	37		Rp4.018.500.000
Normal	40	Rp1.892.100.000,00	1	40	Rp5.742.000.000	Rp3.849.900.000
Delay	41	Rp1.867.100.000,00	0	41	Rp5.682.600.000	Rp3.815.500.000

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Activity on Node

AON yang terbentuk berdasarkan data sebelumnya yaitu predesesor melihat hubungan antar elemen yang dituangkan kedalam bentuk jaringan, pada AON di gambar 4.2 seluruh elemen kerja dimulai dengan persiapan sub elemen 1.1 dan 1.2 lalu terbentuk 4 cabang lintasan kerja yaitu lintasan 2.1-2.2-2.3-2.4-2.5-2.5-2.6-2.7-2.8-2.9-2.20-6.1-6.2-6.3, lintasan kedua yaitu 3.1-3.2- 3.3-3.4-3.5-3.6-3.7-6.1-6.2-6.3, lintasan ketiga yaitu 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-6.1-6.2-6.3 dan lintasan terakhir 5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7-5.8-6.1-6.2-6.3. setelah dibuat network diagram sebagai gambaran awal perlu mengetahui durasi pasti dari setiap elemen kerja yang nantinya akan menjadi dasar perhitungan waktu probabilitas dan penentuan lintasan kritis.

Dari network diagram pada gambar 4.2 akan dilanjutkan perhitungan jalur kritis untuk melihat urutan kerja yang memiliki total float 0, artinya kegiatan tersebut merupakan kegiatan yang paling berpengaruh dari keseluruhan urutan kerja dan jalur tersebut yang dapat dilakukan analisis Crashing untuk dilakukan pemadatan yang bertujuan untuk efisiensi waktu keseluruhan proyek.

5.2 Identifikasi Jalur Kritis

Analisis jalur kritis dilakukan untuk melihat pendekatan metode apakah berpengaruh terhadap data yang diolah, jalur kritis terbentuk dari runtutan aktivitas yang saling bergantung seperti pada diagram AON gambar 4.2 suatu jalur kritis penting untuk diidentifikasi agar manajer proyek dapat melihat proses penjalanan proyek secara menyeluruh dan dapat membuat keputusan yang paling efektif untuk penjalanan proyek kedepannya karena jalur kritis merupakan runtutan yang paling berpengaruh terhadap keseluruhan pelaksanaan proyek sehingga manajer dapat berfokus pada jalur tersebut saja.

Aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis memiliki suatu karakter yang sama yaitu sama sama tidak memiliki fleksibilitas waktu atau Slack, Slack merupakan jumlah waktu fleksibel yang dapat digunakan untuk menuda aktivitas tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek, apabila Slack elemen kerja tersebut bernilai 0 maka kegiatan

tersebut merupakan jalur kritis. Pada penelitian ini jalur kritis berada pada jalur 1.1-1.2-5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7-5.8-6.1-6.2-6.3.

Slack pada elemen kerja merujuk pada fleksibilitas waktu yang dimiliki suatu aktivitas, aktivitas dengan Slack positif (lebih dari 0) berarti aktivitas tersebut memiliki waktu tambahan yang memungkiinkan untuk ditunda atau apabila sesuatu terjadi pada aktivitas tersebut seperti keterlambatan tidak akan menyebabkan keterlambatan terhdap elemen kerja lain yang berada pada jalur lainnya. Sedangkan Slack 0 berarti aktivitas tersebut tidak memiliki fleksibilitas sama sekali dan berpengaruh terhadap total durasi proyek keseluruhan, dalam beberapa kondisi ada aktivitas yang memiliki Slack negate (kurang dari 0) yang artinya aktivitas terseut sudah memiliki keterlambatan dan pada penelitian ini tidak ada aktivitas yang memiliki Slack negatif.

Pengaruh jalur kritis terhadap keseluruhan proyek sangat signifikan, jalur kritis menentukan waktu minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek, dengan memahami jalur kritis aktivitas dapat diidentifikasi skala prioritasnya untuk mengalokasikan sumberdaya secara efisien, mengurangi risiko keterlambatan, dan memastikan proyek berjalan sesuai jadwal. Selain itu fokus pada jalur kritis juga membantu dalam pengelolaan perubahan yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek. Jika ada perubahan dalam suatu aktivitas di jalur kritis maka dampaknya dapat diantisipasi dan diatasi untuk meminimalisir gangguan pada keseluruhan proyek.

Dalam konteks perencanaan proyek, jalur kritis memerlukan perhatian khusus karena aktivitas yang termasuk dalam jalur ini memiliki dampak langsung terhadap keberhasilan proyek. Keterlambatan dalam satu aktivitas di jalur kritis tidak hanya memengaruhi jadwal, tetapi juga berpotensi meningkatkan biaya proyek dan mengurangi kepuasan stakeholder. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang jalur kritis dan penerapan analisis durasi menggunakan PERT menjadi langkah penting dalam memastikan keberhasilan pelaksanaan proyek, terutama untuk proyek yang kompleks dan penuh dengan ketidakpastian. Selanjutnya hasil analisis jalur kritis akan diolah menggunakan metode PERT, Teknik ini digunakan untuk menghitung durasi waktu aktivitas yang lebih realistis dengan mempertimbangkan ketidakpastian yang ada.

5.3 Analisis Perhitungan PERT

PERT menggunakan tiga estimasi waktu untuk setiap aktivitas, yaitu waktu optimis, waktu pesimis, dan waktu yang paling mungkin terjadi. Dengan menggunakan formula yang

menggabungkan ketiga estimasi ini, PERT menghasilkan waktu estimasi yang diharapkan. Teknik ini memberikan manfaat besar dalam situasi di mana terdapat ketidakpastian signifikan mengenai durasi aktivitas. Dengan mengintegrasikan analisis PERT ke dalam jalur kritis, manajer proyek dapat memperoleh gambaran yang lebih akurat tentang jadwal proyek secara keseluruhan dan mengidentifikasi potensi risiko yang dapat memengaruhi penyelesaian proyek.

5.3.1 Perhitungan TO, TM dan TP

Nilai To (Waktu Optimis) merupakan waktu tercepat suatu aktivitas dapat diselesaikan apabila seriap proses berjaloan dengan baik, nilai TM (Most Likely) merupakan waktu yang paling mungkin untuk menyelesaikan suatu aktivitas dalam kondisi normal nilai ini merupakan waktu normal durasi nilai TP (Pessimistic) merupakan waktu waling lama suatu aktivitas dapat diselesaikan hal ini dapat terjadi apabila terdapat kendala dalam proses penjalanan proyek, nilai nilai tersebut didapatkan dari hasil wawancara peneliti kepada mentor dan berdasar pada data historis suatu proyek yang sudah dikonsultasika kepada expert. Nilai TO, TM dan TP pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.6.

5.3.2 Perhitungan TE dan Varians

Selain mengetahui nilai TO, TM dan TP diperlukan juga perhitungan TE (Expected Time) dan Varians yang menggunakan nilai TO, TM dan TP sebagai angka hitungnya, TE merupakan waktu yang diharqapkan atau waktu yang dianggap paling efektif penyelesaiannya dan varians merupakan nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat ketidakpastian suatu aktivitas. Nilai perhitungan TE dan Varians dapat dilihat pada tabel 4.7

5.4 Analisis Crashing

Crashing merupakan salah satu teknik manajemen proyek yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan cara mengurangi durasi aktivitas yang berada di jalur kritis. Teknik ini dilakukan dengan cara menambahkan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, atau material ke aktivitas-aktivitas tertentu. Dalam penelitian ini tujuan utama metode Crashing digunakan untuk mamadatkan waktu proyek melihat dari permasalahan yang terjadi pada perusahaan yaitu terjadinya pengurangan pendapatan sebanyak 30% setiap harinya pada kondisi mesin shutdown saat maintenance. Dengan penambahan sumber daya memunginkan kenaikan cost proyek untuk mencfapai waktu yang lebih cepat, namun hal ini dipertimbangkan dengan perbandingan antara banyaknya pengurangan pendapatan dan kenaikan biaya

meskipun biasanya menyebabkan kenaikan biaya. Dengan kata lain proyek maintenance mesin Furnace BA-XXX Crashing menjadi relevan karena keterlambatan penyelesaian dapat berdampak besar pada kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

Penerapan Crashing pada proyek maintenance mesin furnace BA-XXX dimulai dengan mengidentifikasi jalur kritis, yaitu rangkaian aktivitas dengan durasi penyelesaian terpanjang yang menentukan waktu penyelesaian proyek. Setelah jalur kritis diidentifikasi, rangkaian aktivitas di dalamnya dievaluasi untuk menentukan aktivitas apakah yang dapat dipercepat tanpa menimbulkan risiko atau menurunkan kualitas. Langkah berikutnya adalah menambahkan sumber daya, misalnya dengan menambah sumber daya pekerja ataukah menambah mesin yang digunakan dalam penelitian ini Crashing dilakukan dengan cara menambahkan sumber daya pekerja. Dalam proses ini sangat penting untuk melihat penambahan biaya proyek dengan manfaat yang akan diperoleh, seperti dengan berkurangnya waktu penyelesaian maka proses prosuksi akan berjalan normal lebih cepat dan perusahaan tidak mengalami penurunan pendapatan.

Crashing dilakukan dengan membuat 2 skenario kedua skenario tersebut dibedakan oleh aktivitas apa saja yang menjadi elemen pemadatan, pemadatan dilakukan dengan lebih dari satu skenario berfungsi untuk membuktikan bahwa penerapan pemadatan pada aktivitas yang berbeda dapat menghasilkan kenaikan total biaya proyek yang berbeda dengan total waktu pengurangan yang sama, skenario pertama pada tabel 4.9 pemadatan dilakukan pada aktivitas 1.1-1.2-5.1-5.2-5.4-5.5, dimana pada aktivitas 1.1 dilakukan penambahan pekerja sebanyak 4 orang dan kenaikan biaya menjadi Rp3.720.000,00 dari kondisi normal yaitu Rp1.920.000,00,. lalu pada aktivitas 1.2 diberikan penambahan pekerja sebanyak 2 orang dan mengalami kenaikan biaya menjadi Rp2.040.000,00 dari kondisi normal yaitu Rp1.440.000,00, pada aktivitas 5.1 diberikan penambahan 4 orang aktivitas ini mengalami kenaikan biaya menjadi Rp4.800.000,00 dari kondisi normal yang semula di angka Rp2.400.000,00, selanjutnya pada aktivitas 5.2 dilakukan penambahan 4 pekerja dengan biaya Rp4.800.000,00 dari biaya semula Rp2.400.000,00, lalu pada aktivitas 5.4 dan 5.6 memiliki angka penambahan yang sama yaitu 4 pekerja dan kenaikan biaya yang sama yaitu Rp15.600.000,00 dari kondisi normal yang semula bernilai Rp7.200.000,00. Total biaya manpower skenario 1 adalah sebesar Rp63.360.000,00

skenario kedua yang tertera pada tabel 4.10 pemadatan dilakukan pada aktivitas 1.1-1.2-5.1-5.8, dimana pada aktivitas 1.1 dilakukan penambahan pekerja sebanyak 4 orang dan kenaikan biaya menjadi Rp3.720.000,00 dari kondisi normal yaitu Rp1.920.000,00, lalu pada aktivitas 1.2 diberikan penambahan pekerja sebanyak 2 orang dan mengalami kenaikan biaya menjadi Rp2.040.000,00 dari kondisi normal yaitu Rp1.440.000,00, pada aktivitas 5.1 diberikan penambahan 4 orang pekerja karena aktivitas ini salah satu aktivitas yang kompleks dan aktivitas ini mengalami kenaikan biaya menjadi Rp6.000.000,00 dari kondisi normal yang semula di angka Rp2.400.000,00, terakhir pada skenario 2 aktivitas 5.8 dilakukan penambahan 8 pekerja dengan biaya Rp6.000.000,00 dari biaya semula Rp2.400.000,00. Total biaya manpower skenario 2 adalah sebesar Rp48.960.000,00.

Perhitungan elemen kerja yang dilakukan pemadatan dibantu oleh pembimbing lapangan pemadatan dapat dilakukan dengan adanya penambahan tenaga kerja yang membantu dalam penyelesaian pekerjaan terkait. Dari perhitungan skenario 1 terdapat perbedaan biaya tenaga kerja normal pada jalur kritis yang semula berkisar Rp39.360.000,00 menjadi Rp65.360.000,00 terdapat selisih sebesar Rp24.000.000,00. Pada skenario 2 selisih biaya manpower sebesar Rp9.600.000,00 dengan perbandingan biaya normal Rp39.360.000,00 menjadi Rp48.960.000,00 Total biaya proyek keseluruhan setelah dilakukan Crashing Skenario 1 menjadi Rp1.916.100.000,00 dari biaya normal awal Rp1.892.100.000,00 dengan kenaikan Rp24.000.000,00 pada skenario 2 total biaya proyek keseluruhan berubah menjadi Rp1.901.700.000,00 dengan kenaikan biaya sebesar Rp9.600.000,00. Total waktu penyelesaian proyek normal selama 80 shift kerja dipadatkan menjadi 74 shift kerja atau penghematan waktu selama 3 hari kerja pada kedua scenario sehingga produksi dapat berjalan secara normal lebih cepat dari durasi normal.

5.5 Analisis Dampak Crashing

Dari gambar 4.6 menunjukan bahwa adanya perubahan terhadap jalur kritis proyek setelah diberi perlakuan pemadatan pada aktivitas 1.1,1.2,5.1 dan 5,8, dimana jalur kritis utama tetap berada di jalur 1.1-1.2-5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7-5.8-6.1-6.2-6.3 yang disimbolkan dengan seluruh nilai slack 0 dari keseluruhan proyek setelah diberlakukan pemadatan terjadi pengurangan total waktu penyelesaian proyek dari 80 shift menjadi 74 shift kerja lalu pada jalur kritis kedua pada jalur 1.1-1.2-2.1-2.2-2.3-2.4-2.5-2.6-2.7-2.8-2.9-2.10-6.1-6.2-6.3 terjadi perubahan nilai slack pada aktivitas 2.10 yang tadinya berada diangka 6 berubah menjadi 2 yang artinya pada aktivitas tersebut masih memilihi fleksibilitas sebanyak 2 shift pengerjaan

dan dapat diberlakukan pemadatan iterasi kedua apabila diperlukan sebanyak 2 shift kerja. Dari keseluruhan waktu pengerjaan terlihat tidak ada slack yang menunjukan angka negative artinya proyek tidak memiliki keterlambatan atau delay dalam pengerjaannya.

Pada gambar 4.7 dan 4.8 menunjukan Gantt Chart terbaru proyek maintenance mesin furnace BA-XXX setelah dilakukan pemadatan dimana pada Gantt Chart terbukti bahwa penjadwalan berhasil dipersingka dengan total waktu penyelesaian 37 hari atau 3 hari lebih cepat dari kondisi waktu normal.

5.6 Analisis Perbandingan

Dilihat dari Tabel 4.11 Menjelaskan tentang perbandingan empat skenario penyelesaian proyek berdasarkan variabel durasi, biaya, pendapatan dan keuntungan perusahan yang dihasilkan dari proses produksi pada plant ethylene yang menggunakian mesin furnace sebagai salah satu alur proses produksinya, perhitungan keuntungan dimaksimalkan untuk mencari keuntungan total dalam 41 hari kerja dengan perbandingan 4 kondisi durasi, perhitungan maksimal di 41 hari kerja megikuti waktu maksimal dalam perbandingan yaitu pada kondisi delay dengan waktu maksimal 41 hari kerja sehingga perbandingan keuntungan dapat dilihat secara fair. Crashing pada penelitian ini memiliki 2 skenario yang dibedakan berdasarkan aktivitas kerja yang diimplementasikan pemadatan, kedua kondisi Crashing memiliki durasi yang tercepat diantara kondisi normal dan delay karena adanya percepatan sebanyak 3 hari kerja dengan waktu total penyelesaian proyek selama 37 hari, dengan biaya proyek pada skenario 1 sebesar Rp1.916.100.000,00 dan skenario 2 sebesar Rp1.901.700.000,00. Kedua skenario menghasilkan pendapatan produksi tertinggi yaitu sebesar Rp5.920.200.000,00 dengan perhitungan 37 hari pendapatan berkurang 30% dan 4 hari pendapatan penuh. Namun dari perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa skenario 2 memberikan keuntungan yang terbesar yaitu Rp4.018.500.000,00 dikarenakan biaya proyek yang lebih rendah dibandingkan skenario 1 dengan selisih kedua skenario Rp14.400.000,00. Selisih ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan durasi penambahan pekerja dimana skenario 2 pemadatan dilakukan pada aktivitas yang memiliki durasi kecil sehingga penambahan biaya pekerja tidak sebesar skenario 1.

Pada kondisi normal proyek diselesaikan dalam waktu 40 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp1.892.100.000,00 dikarenakan hanya ada penambahan 1 hari dengan pendapatan penuh, keuntungan yang diperoleh perusahaan dengan kondisi normal adalah sebesar Rp3.849.000.000,00, keuntungan dengan konisi normal ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi Crashing, pada kondisi delay memiliki durasi terlama pada perbandingan yaitu

41 kerja. Total biaya proyek kondisi delay paling rendah diantara kondisi lainnya yaitu diangka Rp1.867.100.000,00 hal ini dapat tejadi dikarenakan pihak kontraktor akan membayar biaya pinalti sebesar Rp25.000.000,00 per hari keterlambatan, sehingga dalam penelitian ini menjelaskan apabila adanya keterlambatan 1 hari dari kndisi normal maka total biaya proyek menjadi lebih rendah Rp25.000.000,00 dari total biaya proyek normal, meskipun total biaya proyek kondisi delay menunjukan angka yang paling kecil dibandingkan dengan kondisi lainnya total pendapatan perusahaan dalam kondisi delay menjadi yang paling rendah dengan total pendapatan sebesar Rp5.682.600.000,00 dan akumulasi keuntungan sebesar Rp3.815.500.000,00 menjadikan kondisi ini yang paling tidak menguntungkan perusahaan.

Dari analisis penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi yang paling menguntungkan bagi perusahaan adalah menggunakan alternatif Crashing dan skenario yang digunakan adalah skenario 2 dimana kondisi ini menghasilkan keuntungan maksimal dengan durasi penyelesaian proyek tercepat diangka 37 hari kerja dan biaya proyek yang lebih efisien dibandingkan skenario 1, selain itu kondisi delay sebaiknya dihindari karena meskipun biaya proyek yang dikeluarkan lebih kecil, durasi penyelesaian proyek yang lama dapat mengurangi pendapatan secara signifikan, apabila kondisi Crashing tidak memungkinkan dikarenakan keterbatasan biaya proyek kondisi normal menjadi alternatif moderate dengan keuntungan yang masih lebih tinggi dari kondisi delay dan biaya proyek yang lebih rendah dari kondisi Crashing.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Strategi optimal untuk memaksimalkan proyek maintenance mesin Furnace BA-XXX PT. XYZ agar proses produksi dapat berjalan Kembali secara normal ialah dengan cara mengidentifikasi aktivitas aktivitas yang merupakan aktivitas kritis, mengalokasikan waktu dan sumber daya menggunakan metode PERT serta memadatkan aktivitas menggunakan metode Crashing agar penyelesaian proyek dapat dipercepat sehingga proses produksi berjalan normal dan perusahaan tidak mengalami pengurangan pendapatan dalam waktu yang lama.
2. Penerapan metode PERT dilakukan dengan mengidentifikasi lintasan kritis atau menganalisis aktivitas yang memiliki Slack 0 pada alur aktivitas kerja, dimana alur tersebut diadaptasi dari alur kerja dan perhitungan jalur kritis pada penelitian ini jalur kritis berada pada jalur 1.1-1.2-5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7-5.8-6.1-6.2-6.3.
3. Pengaplikasian metode Crashing atau pemadatan waktu pelaksanakan dilakukan dengan cara mengaplikasikan pemadatan skenario 2 menambahkan sumber daya pekerja pada 4 aktivitas terpilih yaitu aktivitas 1.1, 1.2, 5.1, 5.8. yang bertujuan untuk mempercepat pelaksanaan proyek pada penelitian ini waktu penyelesaian proyek berhasil dipercepat selama 3 hari sehingga terdapat penambahan waktu produksi dengan kapasitas full tanpa adanya pengurangan keuntungan yang disebabkan oleh kondisi mesin shutdown dengan selisih keuntungan kondisi normal dan crashing ialah sebesar Rp168.600.000,00. Crashing skenario 2 menyebabkan kenaikan pada biaya proyek sebesar Rp9.600.000,00 meskipun demikian menurut analisis perusahaan tidak mengalami kerugian karena total keuntungan perusahaan dalam kondisi Crashing menghasilkan total keuntungan tertinggi dibanding kondisi normal dan delay dengan total keuntungan sebesar Rp4.018.500.000,00 dan kenaikan total biaya proyek lebih kecil dari selisih keuntungan kondisi normal dan kondisi crashing menggunakan skenario 2.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat diimplementasikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Melakukan penelitian dampak jangka Panjang dari hasil penelitian apakah metode Crashing atau pemadatan dapat mempengaruhi efektivitas operasional dan keberlanjutan jangka Panjang dari mesin furnace BA-XXX seperti menganalisis apakah kualitas pengerjaan menurun apabila dilakukan pemadatan dibandingkan dengan kondisi normal.
2. Menambahkan simulasi risiko untuk menganalisis skenario keterlambatan dari faktor eksternal seperti gangguan cuaca atau kendala rantai pasok material yang digunakan dalam pengerjaan proyek.
3. Menggunakan penambahan sumber daya lain seperti penambahan mesin atau mengganti mesin yang lebih canggih, pada penelitian ini keterbatasan peneliti hanya dapat mengolah data sumber daya manusia atau penambahan pekerja dalam proses pemadatan waktu pelaksanaan proyek diharapkan penelitian selanjutnya dapat melakukan perbandingan efesiensi biaya antara penambahan pekerja atau pergantian mesin manakah dari keduanya yang memiliki penambahan biaya paling kecil dengan output pemadatan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Abuhasel, K. (2023). Sustainable Green City Development Project Analysis using the Critical Path Method (CPM) and the Crashing Project Method on Time and Cost Optimization. Engineering, Technology and Applied Science Research, 13(3), 10973–10977. https://doi.org/10.48084/etasr.5980

Ari, S. R., & Rarasanti, D. (2023). ANALYSIS OF PROJECT TIME AND COST CONTROL WITH CPM, PERT AND CRASHING PROJECT METHODS IN SHOP BUILDING PROJECTS AT CV. MENTARI PERMAI (Vol. 6, Issue 1).

Armela, A. C., Amiruddin, W., & Hadi, S. (2022). Implementasi Project Evaluation and Review Technique (PERT) Pada Penjadwalan Reparasi Kapal KMP Royal Nusantara. Jurnal Teknik Perkapalan, 10(2), 68. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval

Asri, D. F. L., Setiawan, T. H., & Rusdiana, Y. (2019). ANALISIS JARINGAN KERJA PADA EVALUASI PENJADWALAN WAKTU DAN BIAYA PENYELESAIAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERT & CPM. Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam, 2(2), 136. https://doi.org/10.32493/jsmu.v2i2.3323

Aulia, S., & Cipta, H. (2023). Network Planning Analysis Using CPM and PERT Methods on Optimization of Time and Cost. Sinkron, 8(1), 171–177. https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i1.11961

Bachrul Ulum, R., Ramdhan, G., Studi Teknik Industri, P., & Tinggi Teknologi Wastukancana, S. (2022). PENJADWALAN PROYEK MINI MARKET DENGAN MENGGUNAKAN METODE CPM (CRITICAL PATH METHOD) DAN PERT DI PT INDOMARCO PRISMATAMA SCHEDULING MINI MARKET PROJECTS USING CPM (CRITICAL PATH METHOD) AND PERT METHODS AT PT INDOMARCO PRISMATAMA.

Citra Ramadhanti, L., Kurniaty Ratoko, S., Edhiargo Toyosito Fakultas Teknik, R., Tangerang Raya Jalan Syeh Mubarok No, U., & Perumahan Sudirman ndah, K. I. (2021). ANALISIS WAKTU PENYELESAIAN PERAWATAN MESIN PESAWAT DENGAN METODE PERT DAN FUZZY PERT.

Dwi Cahyani, O., & Iftadi, I. (2021). Penjadwalan Preventive Maintenance dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada Stasiun Cabinet PU di PT IJK.

Giri Aspia Ningrum, F., & Hartono, W. (2017). PENERAPAN METODE CRASHING DALAM PERCEPATAN DURASI PROYEK DENGAN ALTERNATIF PENAMBAHAN JAM LEMBUR DAN SHIFT KERJA (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha, Yogyakarta).

Haris, A., & Tinggi Teknik PLN Jakarta, S. (2019). Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal. In Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika (Vol. 28, Issue 1).

Jamal, M., Noor Abdi, F., Kasus, S., & Badan Kepegawaian Daerah Provinsi Kalimantan Timur Fedrikson, G. S. (2019). JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan dan

teknologi sipil OPTIMALISASI BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PADA PROYEK DENGAN METODE LEAST COST ANALYSIS.

Kulsum, Febianti, E., & Apriani, F. (2020). PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE JADWAL AKTIF DI PT. XYZ. In Journal Industrial Servicess (Vol. 5, Issue 2).

Kumara, A., & Priyo, M. (2018). Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Kontruksi dengan Metode Duration Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang Zona 2 STA 13+725-15+575 Cost and Time Efficiency of Construction Project Implementation with Duration Cost Trade Off on Highway Method Road Contruction Project Pandaan-Malang Project Zone 2 STA 13+725-15+575.

Matahelumual, R., Jamlaay, O., Sahusilawane, T., Sipil, T., Politeknik, D., & Ambon, N. (2022). ANALISA PERCEPATAN PROYEK DENGAN METODE CRASHING PROGRAM PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG AUDITORIUM IAIN KOTA AMBON (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Auditorium IAIN Kota Ambon). JOURNAL AGREGATE, 1(1).

Miranda, S., & Sugarindra, M. (2019). Utilizing project management software in project scheduling: A case study. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 528(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012037

Muhammad, A. H. (2020). OPTIMASI PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE PERT DAN CPM.

Mutia Astari, N., & Momon Subagyo, A. (2021). PERENCANAAN MANAJEMEN PROYEK DENGAN METODE CPM (CRITICAL PATH METHOD) DAN PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE). In Jurnal Konstruksia | (Vol. 13).

Novianto, R., & Rahman, A. (2021). APPLICATION OF NETWORK ANALYSIS CRASHING METHOD IN EVALUATING THE SCHEDULE OF NAVAL BASE FACILITY DEVELOPMENT PROJECT (Vol. 1, Issue 1).

Nugraha, S., Fawa, A., Fata, I., & Hermawan, A. (2023). PENENTUAN WAKTU PADA PROYEK SHUTDOWN WASTE GAS SULPHURIC ACID RECOVERY PLANT (WSA) DENGAN METODE CRITICAL PATH METHOD (CPM) DI PT MECHA ANGGA CIPTA. Asep Hermawan, 2(5), 146. https://doi.org/10.56127/jukim.v2i05

Padhil, A., Shadiq Anwari, M., Mail, A., Dwi Wahyuni, A., & Hafid, M. F. (2022). Evaluasi Penjadwalan Proyek Kapal Penyeberangan RO-RO 500 GT Melalui Pendekatan Metode CPM Dan PERT Studi Kasus PT. XYZ. Jurnal Rekayasa Industri (JRI), 4(2).

Pamungkas, I., Irawan, H. T., & Pandria, T. M. A. (2021). IMPLEMENTASI PREVENTIVE MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN PADA KOMPONEN KRITIS BOILER DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP. VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal, 2(2), 73–78. https://doi.org/10.38038/vocatech.v2i2.53

Perlijar, A. (2023). Maintenance Analysis of Ripple Mill Machine Using PERT Method at PT Ujong Neubok Dalam. 8(1), 198–202. https://doi.org/10.31572/inotera.Vol8.Iss1.2023.ID240W

Permana, I., & Arvianto, A. (2016). ANALISIS PREVENTIVE DAN CORRECTIVE MAINTENANCE LOADING ARM PADA PT. PERTAMINA TBBM SEMARANG GROUP.

Rahmadi. (2011). Pengantar Metodologi Penelitian.

Ririh, K. R., & Hidayah, N. Y. (2020). Reducing project duration of an apartment project by waskita karya using crashing method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 852(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012087

Samari, H., & Muslih, S. B. E. (2017). Analisis Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Rumah Tipe 165 The Nusa Penida House Kota Blitar) Analysis Of Project Implementation Using The PERT Method (Case Study Of Type 165 Building Project The Nusa Penida House Blitar City) Dibimbing oleh.

Sharma, S., Bedi, N., & Sukhwani, V. K. (2020). Optimization of Time and Cost for a Research Project by Project Crashing Method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 998(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/998/1/012057

Wahyudiono, S., & Utari, R. P. (2022). Analisis Terkait Penggunaan Program Evaluation and Review Technique (PERT) pada Pemeliharaan Gedung (Studi Kasus: GKB 1 UMM Malang). Jurnal Media Teknik Sipil, 20(2), 53–58. https://doi.org/10.22219/jmts.v20i2.35561

Widyastuti, M., Irawan, E., & Windarto, A. P. (2019). Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS) Penerapan Metode Gantt Chart dalam Menentukan Penjadwalan Kinerja Karyawan.

Yuli Setiawannie, & Nita Marikena. (2022). Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pounch dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara. INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi, 1(1), 01–10. https://doi.org/10.55123/insologi.v1i1.105

Yuwono, W., Kaukab, M. E., & Mahfud, Y. (2021a). Kajian Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek. Journal of Economic, Management, Accounting and Technology, 4(2), 192–214. https://doi.org/10.32500/jematech.v4i2.1925

Yuwono, W., Kaukab, M. E., & Mahfud, Y. (2021b). Kajian Metode PERT-CPM dan Pemanfaatannya dalam Manajemen Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek. Journal of Economic, Management, Accounting and Technology, 4(2), 192–214. https://doi.org/10.32500/jematech.v4i2.1925

LAMPIRAN

Data masalalu proyek maintenance tahun 2024

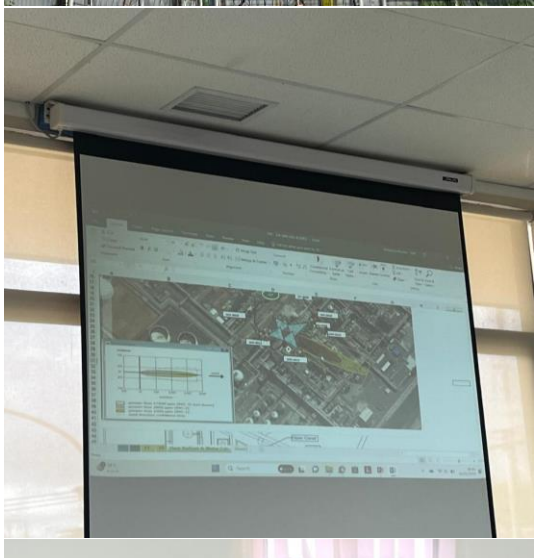
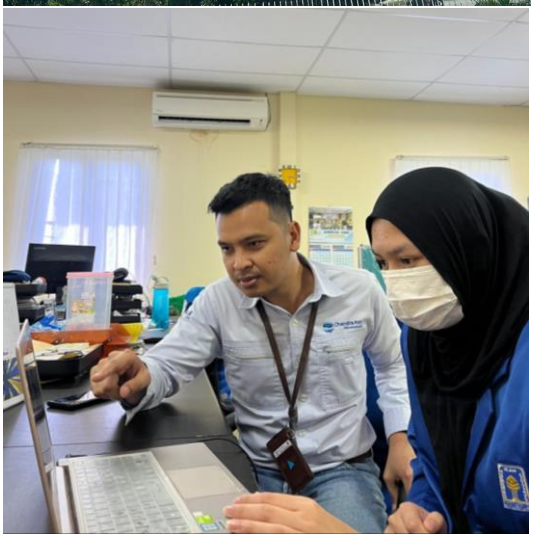
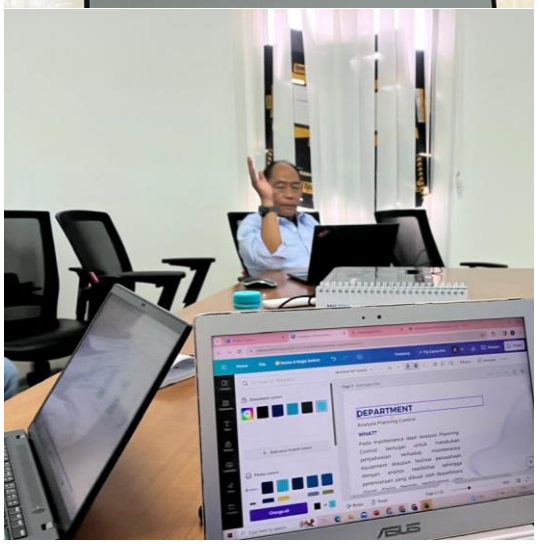
FURNACE BA-XXX

No	Description Work	Section in Charge	QTY		Duration (Shift)	Weight	P/A	
			Vol	Unit				
1	**Blind and Handover**							
1	Install blind	MOM-S	1	Unit	4	1,88%	1,88%	P
						100,00%	1,88%	A
2	Dry run + Handover to MTN	OPE-MTN	1	Unit	3	1,41%	1,41%	P
						100,00%	1,41%	A
2	**Replace LMPH coil 1-6 row 1,2 and cleaning LMPH row 5**							
1	Install scaffolding	CMS	1	Unit	5	2,35%	2,35%	P
						100,00%	2,35%	A
2	Remove insulation	CMS	1	Unit	2	0,94%	0,94%	P
						100,00%	0,94%	A
3	Open cover LMPH	MOM-S	2	Side	4	1,88%	1,88%	P
						100,00%	1,88%	A
4	Cutting	MOM-S	30	Joint	5	2,35%	2,35%	P
						100,00%	2,35%	A
5	Pull out tubes and lift down	MOM-S	13	Tube	5	2,35%	2,35%	P
						100,00%	2,35%	A
6	Insert new tube	MOM-S	13	Tube	6	2,82%	2,82%	P
						100,00%	2,82%	A
7	Rewelding	MOM-S	32	Joint	13	6,10%	6,10%	P
						21,88%	1,34%	A
8	RT	PDM	32	Joint	12	5,63%	5,63%	P
						0,00%	0,00%	A
9	Close cover LMPH	MOM-S	2	Side	6	2,82%	2,82%	P
						0,00%	0,00%	A
10	Reinstall insulation	CMS	1	Unit	4	1,88%	1,88%	P
						100,00%	1,88%	A
3	**Cleaning Strainer Crossover coil 1-6**							
1	Open insulation	CMS	1	Unit	2	0,94%	0,94%	P
						100,00%	0,94%	A
2	Cutting cap 6" strainer	MOM-S	6	Unit	4	1,88%	1,88%	P
						100,00%	1,88%	A
3	Take out and inspect strainer	MOM, PDM-S	6	Unit	3	1,41%	1,41%	P
						100,00%	1,41%	A
4	Cleaning strainer area	MOM-S	1	Unit	7	3,29%	3,29%	P

FURNACE BA-XXX

No	Description Work	Section in Charge	QTY		Duration (Shift)	Weight	P/A	
			Vol	Unit				
						100,00%	3,29%	A
5	Install strainer and rewelding cap	MOM, WSS	6	Unit	9	4,23%	4,23%	P
						50,00%	2,11%	A
6	NDT by RT	PDM-S	6	Unit	8	3,76%	3,76%	P
						0,00%	0,00%	A
7	Reinstall insulation	CMS	6	Joint	4	1,88%	1,88%	P
						0,00%	0,00%	A
4	**Cleaning Inlet manifold coil 1-6**							
1	Open insulation	CMS	6	Unit	2	0,94%	0,94%	P
						100,00%	0,94%	A
2	Cutting inlet manifold	MOM-S	6	Unit	7	3,29%	3,29%	P
						100,00%	3,29%	A
3	Cleaning and inspection	MOM, PDM-S	6	Unit	5	2,35%	2,35%	P
						100,00%	2,35%	A
4	Rewelding inlet manifold	MOM-S	6	Unit	7	3,29%	3,29%	P
						0,00%	0,00%	A
5	NDT by RT	PDM-S	6	Unit	7	3,29%	3,29%	P
						0,00%	0,00%	A
6	Reinstall insulation inlet manifold	CMS	6	Unit	4	1,88%	1,88%	P
						0,00%	0,00%	A
4	**Replace 24 inlet tubes and Inspect 21 inlet tubes**							
1	Install scaffolding	CMS	1	Unit	5	2,35%	2,35%	P
						100,00%	2,35%	A
2	Cutting	MOM-S, WSS	92	Joint	5	2,35%	2,35%	P
						80,43%	1,89%	A
3	Borescope inlet tubes	PDM-S	45	Tube	6	2,82%	2,82%	P
						100,00%	2,82%	A
4	Bevelling inlet tubes	MOM-S, WSS	160	Point	15	7,04%	7,04%	P
						42,50%	2,99%	A
5	Fit up - Welding tubes	MOM-S, WSS	92	Joint	15	7,04%	7,04%	P
						6,52%	0,46%	A
6	RT	PDM-S	92	Joint	14	6,57%	6,57%	P
						0,0%	0,00%	A
7	Final inspect and housekeeping	ALL	1	Unit	3	1,41%	1,41%	P
						0,00%	0,00%	A
8	Remove scaffolding	CMS	1	Unit	5	2,35%	2,35%	P
						0,00%	0,00%	A

FURNACE BA-XXX

No	Description Work	Section in Charge	QTY		Duration (Shift)	Weight	P/A	
			Vol	Unit				
ALL PARTIES								
12	**COMPLETION**							
1	PSSR (Doc & Site)	ALL	1	Unit	3	1,41%	1,41%	P
						0,00%	0,00%	A
2	Remove blind	MOM	1	Unit	2	0,94%	0,94%	P
						0,00%	0,00%	A
3	HANDOVER TO OPERATION	MPS, OPE	1	Unit	2	0,94%	0,94%	P
						0,00%	0,00%	A

DOKUMENTASI