



TUGAS AKHIR (MO141326)

ANALISA KETERLAMBATAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN *JACKET STRUCTURE*

Firza Redana

NRP. 4311 100 011

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. DANIEL M ROSYID, Ph.D

SILVIANITA, ST., M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016



FINAL PROJECT (MO141326)

PROJECT DELAY ANALYSIS ON JACKET STRUCTURE CONSTRUCTION

Firza Redana

Reg. 4311 100 011

SUPERVISOR

Prof. Ir. DANIEL M ROSYID, Ph.D

SILVIANITA, ST., M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur saya ucapkan atas segala rahmat dan hidayah dar Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dalam penulisan tugas akhir ini sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Laporan tugas akhir ini berjudul “**Analisa Keterlambatan pada Proyek Pembangunan Jacket Structure**”.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi strata satu (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas akhir ini membahas mengenai analisa keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA), *event tree analysis* (ETA), dan *bow-tie analysis* yang nantinya diharapkan dapat membantu perusahaan pemberi sumber data untuk mengambil kesimpulan dan pencegahan terhadap masalah yang terjadi.

Semoga apa yang penulis kerjakan bermanfaat bagi masyarakat sekitar, perusahaan, pemerintah, maupun penulis sendiri. Serta semoga laporan yang penulis buat ini bisa dijadikan referensi atau pedoman untuk penelitian di bidang yang sama.

Penulis menyadari pada penulisan dan penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan adanya masukan, kritik, maupun saran yang membangun yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini di waktu yang akan datang.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

**ANALISA KETERLAMBATAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN
JACKET STRUCTURE**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

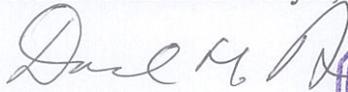
FIRZA REDANA

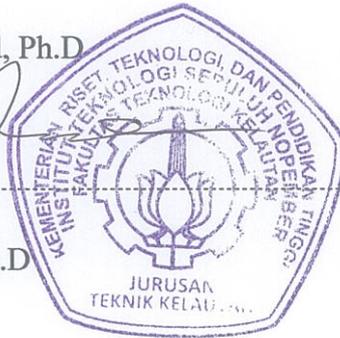
NRP. 4311 100 011

Disetujui oleh :

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

(Pembimbing 1)





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

(Pembimbing 2)



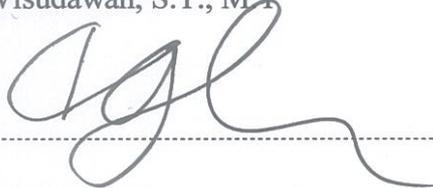
3. Dirda Marina Chamelia, S.T., M.T

(Penguji 1)



4. Agro Wisudawan, S.T., M.T

(Penguji 2)



5. Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T

(Penguji 3)



SURABAYA, JANUARI 2016

ANALISA KETERLAMBATAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN *JACKET STRUCTURE*

Nama : Firza Redana
NRP : 4311100011
Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D
Silvianita ST., M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Proses pembangunan *jacket structure* tidak selalu sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelumnya. Banyak faktor yang mempengaruhi kegagalan perencanaan, antara lain waktu atau jadwal yang direncanakan, biaya yang dianggarkan, peralatan dan material yang diperlukan, sumber daya manusia (*man power*) dan jam pekerja (*man hours*). Perlu adanya cara atau metode yang sistematis untuk mengatasi masalah keterlambatan proyek tersebut. Tugas akhir ini menganalisa faktor penyebab dan dampak keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* di PT. XYZ dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA). Dari kedua analisa tersebut didapatkan diagram *bow-tie* yang berguna untuk menganalisa faktor apa saja yang bisa dicegah dengan membuat pencegahan pada proyek dan menganalisa dampak apa saja yang bisa dikurangi dengan membuat mitigasi proyek. Dari hasil analisa menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) didapatkan hasil total peluang kejadian *top event* pada keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* terjadi sebesar 0,1037. Untuk hasil analisa menggunakan metode *event tree analysis* (ETA) didapatkan hasil yaitu proyek pembangunan *jacket structure* selesai di fabrikasi namun mengalami keterlambatan antara 1 hari hingga 8 minggu (2 Bulan). Hal tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor dan dikenai denda atau pinalti sebesar 0,1% perhari dari total nilai kontrak proyek pembangunan *jacket structure* sebesar Rp 64.620.178.000,-. Denda berkisar antara Rp 64.620.178,- hingga Rp 2.843.287.832,-. Hasil dari kedua analisa tersebut dikombinasikan ke dalam *Bow-Tie Analysis* dalam bentuk *barrier* untuk tindakan pencegahan ancaman dari hasil metode *fault tree analysis* (FTA) dan *barrier* untuk tindakan pemulihan atau pengurangan konsekuensi dari hasil *event tree analysis* (ETA) pada proyek pembangunan *jacket structure*.

Kata Kunci : Analisa Keterlambatan Fabrikasi, *Fault Tree Analysis*, *Event Tree Analysis*, *Bow-Tie Analysis*

PROJECT DELAY ANALYSIS ON JACKET STRUCTURE CONSTRUCTION

Name : Firza Redana
Reg. Number : 4311100011
Department : Ocean Engineering - ITS
Supervisor : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D
Silvianita ST., M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Construction process of the jacket structure is not always in accordance with the planned schedule in advance. Many factors affect the planning failure, among others, the time or the planned schedule, budgeted costs, equipment and material needed, the human resources (manpower) and hours of labor (man hours). The need for a systematic manner or method to overcome the problem of delays in the project. This thesis to analyze the causes and effects of delay in jacket structure construction projects in PT. XYZ using the Fault Tree Analysis (FTA) and Event Tree Analysis (ETA). From both the analysis obtained bow-tie diagram useful for analyzing what factors can be prevented by making prevention on the project and analyze the impact of anything that can be reduced by making projects mitigation. From the analysis using fault tree analysis (FTA) showed total chance occurrence top event on the jacket structure construction project delays occur at 0,1037. For the analysis results using event tree analysis (ETA) showed that the construction project is completed in the fabrication of the jacket structure but experiencing delays between 1 day to 8 weeks (2 months). This is caused by several factors and are subject to a fine or a penalty of 0,1% per day of the total contract value of jacket structure construction projects that is Rp 64.620.178.000,-. Fines range between Rp 64.620.178,- to Rp 2.843.287.832,-. The results of both analyzes are combined into the Bow-Tie Analysis in the form of barrier to preventive measures the threat of the results of the method of fault tree analysis (FTA) and a barrier to recovery action or reduction of the consequences of the results of the event tree analysis (ETA) on jacket structure construction projects.

Keywords: Fabrication Delay Analysis, Fault Tree Analysis, Event Tree Analysis, Bow-Tie Analysis

DAFTAR ISTILAH

<i>Barrier</i>	: Penghalang yang berfungsi sebagai pencegahan penyebab dan pengurangan dampak resiko dalam bow-tie analysis.
<i>Basic Event</i>	: Kejadian dasar yang menyebabkan suatu masalah.
<i>Cut Set</i>	: Kombinasi kejadian pembentuk <i>fault tree</i> yang bila semua terjadi akan menyebabkan <i>top event</i> terjadi.
<i>Hazard</i>	: Resiko atau bahaya.
<i>Initiating Event</i>	: Kejadian yang mengawali urutan kegagalan yang dapat mengakibatkan dampak yang tidak diinginkan.
<i>Minimal Cut Set</i>	: Kombinasi terkecil kejadian pembentuk <i>fault tree</i> yang bila semua terjadi akan menyebabkan <i>top event</i> terjadi.
<i>Mitigation</i>	: Langkah pengurangan dampak dari suatu kegagalan yang terjadi.
<i>Pivotal Event</i>	: Kejadian perantara antara <i>initiating event</i> dan <i>consequence</i> . <i>Pivotal Event</i> merupakan kejadian gagal maupun sukses dari metode keselamatan yang diterapkan untuk mencegah <i>initiating event</i> agar tidak mengakibatkan sebuah kegagalan. Bila <i>pivotal event</i> bekerja dengan sukses, dapat menghentikan skenario kegagalan dan disebut sebagai kejadian yang meringankan. Bila <i>pivotal event</i> gagal bekerja, maka skenario kegagalan terjadi dan disebut sebagai kejadian yang memberatkan.
<i>Prevention</i>	: Kejadian pencegah penyebab suatu kegagalan.
<i>Risk Matrix</i>	: Matriks penggolongan tingkat resiko.
<i>Top Event</i>	: Kejadian awal yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar penyebab kegagalan tersebut terjadi.
<i>Threat</i>	: Ancaman

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR ISTILAH	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum <i>Jacket Structure</i>	7
2.1.1 Pembangunan Konstruksi <i>Jacket</i>	7
2.1.2 <i>Flow</i> Produksi untuk Pembangunan <i>Jacket Structure</i>	9
2.2 Proyek dan Manajemen Proyek	11
2.2.1 Definisi Proyek	11
2.2.2 Definisi Manajemen Proyek	12
2.3 Keterlambatan Proyek	13
2.3.1 Penyebab Keterlambatan Proyek	14
2.3.2 Sasaran dan Kendala Proyek	15
2.4 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	15
2.4.1 Simbol <i>Fault Tree</i>	17

2.4.2 Langkah-Langkah Pengerjaan FTA	18
2.5 <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	20
2.6 <i>Bow-Tie Analysis</i>	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Prosedur Penelitian	28

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data	33
4.2 Pengolahan Data	34
4.3 Pengolahan Data Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i> dengan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	35
4.3.1 Proses Desain Terhambat	36
4.3.2 Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik	37
4.3.3 Sistem Manajemen yang Buruk	42
4.4 Pengolahan Data Faktor Akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i> Dengan Metode <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	52
4.5 Pengolahan Data Penghambat (<i>Barrier</i>) pada Keterlambatan Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i> Dengan Metode <i>Bow-Tie Analysis</i>	62

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70

DAFTAR PUSTAKA	71
-----------------------------	----

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol –Simbol <i>Fault Tree</i>	17
Tabel 2.2 Simbol –Simbol <i>Fault Tree</i> (Lanjutan)	18
Tabel 4.1 Tabel Aktivitas Utama Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i>	34
Tabel 4.2 <i>Basic Event</i> FTA	44
Tabel 4.3 Data Responden	45
Tabel 4.4 Indeks Frekuensi	46
Tabel 4.5 Probabilitas <i>Basic Event</i>	47
Tabel 4.6 <i>Minimal Cut Set</i> pada Proses Desain Terhambat	48
Tabel 4.7 <i>Minimal Cut Set</i> pada Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik	48
Tabel 4.8 <i>Minimal Cut Set</i> pada Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik (Lanjutan)	49
Tabel 4.9 <i>Minimal Cut Set</i> pada Sistem Manajemen yang Buruk	49
Tabel 4.10 <i>Minimal Cut Set</i> pada Sistem Manajemen yang Buruk (Lanjutan)	50
Tabel 4.11 Probabilitas <i>Top Event</i>	51
Tabel 4.12 Ringkasan Konsekuensi dari Masing-Masing <i>Output</i>	57
Tabel 4.13 Ringkasan Konsekuensi dari Masing-Masing <i>Output</i> (Lanjutan)...	58
Tabel 4.14 <i>Frequency Index</i> (FI) untuk <i>Risk Matrix</i>	58
Tabel 4.15 <i>Severity Index</i> (SI) untuk <i>Risk Matrix</i>	59
Tabel 4.16 Hasil Wawancara Responden	59
Tabel 4.17 <i>Risk Matrix</i>	60
Tabel 4.18 Resiko Keterlambatan Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i>	61
Tabel 4.19 Hasil <i>Output</i> pada <i>Risk Index</i>	62
Tabel 4.20 Daftar Ancaman pada <i>Bow-Tie Diagram</i>	65
Tabel 4.21 Daftar Konsekuensi pada <i>Bow-Tie Diagram</i>	66
Tabel 4.22 Daftar Konsekuensi pada <i>Bow-Tie Diagram</i> (Lanjutan).....	67

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : Kuesioner Pencarian *Basic Event* dan Probabilitas *Basic Event*.
- LAMPIRAN B : Data Hasil Kuesioner dan Wawancara.
- LAMPIRAN C : Hasil Analisa *Fault Tree Analysis* dan *Minimal Cut Set* dengan Bantuan *Software DPL Syncopation*.
- LAMPIRAN D : Hasil Analisa *Bow-Tie Diagram*
- LAMPIRAN E : Hasil Validasi dengan Perusahaan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Flow Diagram</i> Pembangunan <i>Jacket Structure</i>	10
Gambar 2.2 <i>Jacket Structure</i>	10
Gambar 2.3 Proses Manajemen Proyek	12
Gambar 2.4 Langkah Pembuatan <i>Fault Tree Analysis</i>	18
Gambar 2.5 Tahap <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	21
Gambar 2.6 <i>Event Tree Analysis</i> (ETA) <i>Diagram</i>	22
Gambar 2.7 <i>Bow-Tie Representation</i>	24
Gambar 2.8 Tahap <i>Bow-Tie Analysis</i>	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)	28
Gambar 4.1 Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i>	33
Gambar 4.2 Diagram FTA Proyek Pembangunan <i>Jacket Structure</i> yang Mengalami Keterlambatan	36
Gambar 4.3 Faktor-Faktor Gambar Desain Berubah	37
Gambar 4.4 Faktor-Faktor Pengadaan Material Terhambat	38
Gambar 4.5 Faktor-Faktor Peralatan Kurang Memadai	39
Gambar 4.6 Faktor-Faktor Kondisi Tempat Kerja yang Kurang Mendukung....	40
Gambar 4.7 Faktor-Faktor Pekerja Terbatas	40
Gambar 4.8 Faktor-Faktor Produktifitas Pekerja Kurang Baik	41
Gambar 4.9 Faktor-Faktor Keberterimaan Produk Bermasalah	42
Gambar 4.10 Faktor-Faktor Manajemen Kurang Baik	43
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Probabilitas	51
Gambar 4.12 Diagram <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	53
Gambar 4.13 Diagram <i>Bow-Tie</i>	63
Gambar 4.14 Hasil Diagram <i>Bow-Tie</i>	64

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan dalam kegiatan industri pada beberapa aspek memerlukan manajemen atau pengelolaan yang dituntut memiliki kinerja, kecermatan, keekonomisan, keterpaduan, kecepatan, ketepatan, ketelitian, serta keamanan yang tinggi dalam rangka memperoleh hasil akhir yang sesuai harapan. Pengelolaan suatu kegiatan dengan investasi berskala besar dan tingkat kompleksitas yang sangat sulit membutuhkan cara teknis atau metode yang teruji, sumber daya yang berkualitas, serta penerapan ilmu pengetahuan yang *up to date* (Husen, 2010).

Sebuah proyek merupakan kegiatan yang dilakukan secara terkonsep untuk mencapai tujuan tertentu dengan menggunakan anggaran biaya serta sumber daya yang ada, yang juga terdapat jadwal perencanaan dengan batas waktu untuk menyelesaikan proyek tersebut (Nurhayati, 2010). Ketidaksesuaian pada proses di jadwal dengan keadaan yang sebenarnya dapat menimbulkan masalah pada pihak penyelenggara proyek dengan *owner*.

Proyek merupakan sesuatu yang dinamis, bila kontraktor menginginkan keuntungan yang optimum, maka harus peka dan tanggap terhadap perubahan situasi dan kondisi pada proyek. Agar proyek dapat tetap terlaksana tanpa mengalami keterlambatan, maka kontraktor harus membuat suatu kebijakan perencanaan yang cermat untuk mengantisipasi keadaan-keadaan tersebut (Lock, 1987).

Pada perencanaan yang cermat, dapat disusun penjadwalan proyek yang tepat yang sesuai dengan kondisi lapangan. Perencanaan proyek meliputi penjadwalan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan proyek (Render dan Heizer, 2001). Dengan adanya penjadwalan proyek yang sistematis, maka jadwal proyek lebih terarah dan dapat menghindari masalah yang dapat merugikan proyek (Handoko, 2000).

Kontraktor proyek manapun harus bisa menghindari masalah keterlambatan dalam menyelesaikan suatu proyek. Karena ini bisa berpengaruh buruk pada kredibilitas kontraktor proyek tersebut. Selain itu, keterlambatan dalam penyelesaian proyek dapat menimbulkan biaya tambahan berupa biaya penalti yang harus ditanggung oleh kontraktor proyek tersebut, sehingga keuntungan yang diperoleh kontraktor proyek tersebut bisa berkurang (Soeharto, 1997). Diperlukan adanya perencanaan jadwal yang matang dan penganggaran biaya seminimal mungkin untuk mencegah terjadinya keterlambatan ataupun pemborosan biaya pada proyek yang dikerjakan, sehingga waktu penyelesaian dan biaya proyek dapat memberikan keuntungan maksimal untuk pihak kontraktor (Reksohadiprodjo, 1987).

Anjungan lepas pantai merupakan sebuah struktur yang digunakan untuk proses eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi yang terletak pada lepas pantai. Banyak sekali jenis dari anjungan lepas pantai ini, salah satunya yang ada di Indonesia adalah jenis *fixed platform* atau sering disebut *jacket structure*. Aspek penting yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah *platform* adalah aspek biaya (keekonomisan), aspek fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk pengembangan migas di lepas pantai, dan aspek penting lainnya dalam perancangan *platform* di Indonesia yaitu kemampuan galangan konstruksi (*construction yard*) dalam membangun *platform* (Suroso, 2003).

Proses pembangunan *jacket structure* tidak selamanya sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Terkadang banyak faktor yang mempengaruhi proses pembangunan *jacket structure*, antara lain waktu atau penjadwalan, biaya yang dianggarkan, peralatan dan material yang diperlukan, sumber daya manusia (*man power*) dan jam pekerja (*man hours*) (Clifford et al, 2007).

Perlu adanya identifikasi untuk mengetahui apa saja penyebab dan dampak keterlambatan pada suatu proyek. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa masalah tersebut adalah Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan Metode *Event Tree Analysis* (ETA). Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) ini menganalisis kegagalan apa yang terjadi pada suatu sistem termasuk menganalisis keterlambatan pada suatu proyek. Metode ini digunakan untuk membahas mengenai penyebab mengapa kegagalan dapat terjadi.

Setelah mengetahui penyebab-penyebab kegagalan menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA), selanjutnya adalah mencari dampak dari kegagalan-kegagalan tersebut menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Metode ini berguna dalam menganalisa konsekuensi yang timbul dari kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan. Konsekuensi dari kejadian diikuti melalui serangkaian kemungkinan. Analisa dimulai dengan mempertimbangkan sebuah kejadian awal dan kemudian mencari kejadian lainnya yang timbul dari dasar sistem. Setelah mengetahui faktor penyebab dan dampak keterlambatan langkah selanjutnya adalah melakukan upaya pencegahan untuk mengurangi keterlambatan pada proyek.

Metode-Metode yang dijelaskan tersebut memiliki kegunaan masing-masing dalam analisa keterlambatan. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menganalisa faktor-faktor yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam suatu proyek, sedangkan metode *Event Tree Analysis* (ETA) digunakan untuk menganalisa dampak apa saja yang timbul dari keterlambatan suatu proyek. Dari kedua analisa tersebut nantinya akan didapatkan diagram *bow-tie* yang berguna untuk menganalisa faktor apa saja yang bisa dicegah dengan membuat pencegahan pada proyek dan menganalisa dampak apa saja yang bisa dikurangi dengan membuat mitigasi proyek. Hal ini dilakukan agar proyek pembangunan dapat berjalan sesuai dengan rencana awal yang telah dibuat.

Pembangunan *jacket structure* merupakan salah satu proyek PT. XYZ di sektor migas. Platform ini merupakan pesanan dari Husky Oil dan CNOOC yang rencananya akan beroperasi di sebelah selatan Pulau Madura. Proyek pembangunan *jacket structure* ini direncanakan berjalan selama 1 tahun, tetapi terjadi keterlambatan selama 2 bulan dalam pengerjaannya. Untuk proses fabrikasi *jacket* saja yang semula direncanakan dimulai bulan Agustus 2014 dan selesai pada bulan Agustus 2015, harus selesai pada bulan Oktober 2015.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah :

1. Apa saja faktor yang menyebabkan keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Fault Tree Analysis*?
2. Apa saja dampak yang terjadi dari keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Event Tree Analysis*?
3. Bagaimana upaya mencegah faktor keterlambatan dan mengurangi dampak keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* dengan menggunakan metode *Bow-tie Analysis*?

1.3 Tujuan Penulisan

1. Untuk mengetahui faktor yang menyebabkan keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.
2. Untuk mengetahui dampak yang terjadi dari keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Event Tree Analysis*.
3. Untuk mengetahui pencegahan dari faktor keterlambatan dan pengurangan dampak keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* dengan menggunakan metode *Bow-tie Analysis*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan :

1. Dapat mengetahui faktor yang menyebabkan keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.
2. Dapat mengetahui dampak yang terjadi dari keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Event Tree Analysis*.
3. Dapat mengetahui pencegahan dari faktor keterlambatan dan pengurangan dampak keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* dengan menggunakan metode *Bow-tie Analysis*.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan tugas akhir ini, maka perlu adanya lingkup pengujian atau asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Proyek ini dilakukan pada pembangunan *jacket structure* di PT. XYZ, dan hanya pada proses fabrikasi *jacket structure* saja.
2. Mencari faktor-faktor penyebab dan dampak keterlambatan proyek pada pembangunan *jacket structure*.
3. Mencari upaya pencegahan dari faktor keterlambatan dan pengurangan dampak keterlambatan proyek pada pembangunan *jacket structure*.
4. Data-data yang akan digunakan hanya data dari hasil survey lapangan, kuesioner, wawancara dan dokumen proyek dari pembangunan *jacket structure* di PT. XYZ.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum *Jacket Structure*

Konstruksi *jacket* atau *template* yang ada saat ini adalah struktur baja yang terbuat dari pipa-pipa yang memiliki fungsi sebagai *template* untuk *pilling*. Konstruksi ini berdiri mulai dari dasar laut sampai menjulang di atas permukaan laut. Bagian yang tercelup air ini mempunyai fungsi sebagai selubung untuk *guidance pile* dan penahan gaya lateral guna kestabilan konstruksi. Selain itu *jacket* juga berfungsi sebagai penyangga bagi beberapa peralatan seperti *riser*, *caissons*, *boat landing*, dan lain-lain (Soegiono, 2004).

Jacket merupakan konstruksi *welded tubular joint* yang menjadi kaki-kaki dari *platform* tersebut dan mempunyai fungsi sebagai bagian utama (*prime member*) dari struktur. Hubungan antara kaki-kaki *jacket* dengan *tubular bracing* bermacam-macam, antara lain berupa *T joint*, *K joint*, ataupun *X joint*. Kaki *jacket* yang satu dengan yang lainnya dihubungkan oleh *diagonal bracing* ataupun *horizontal bracing* yang berfungsi sebagai *secondary member*. Konstruksi *jacket* dipancang ke dasar laut menggunakan tiang pancang (*pile foundation*) yang terbuat dari pipa baja yang dipasang (*insert*) ke dalam *tubular jacket*, hingga menembus *seabed* sampai kedalaman yang diperlukan. *Pile* ini menunjang *vertical load*, *side load*, momen puntir karena angin, gelombang, arus, dan gempa bumi (Soegiono, 2004).

Di dunia ini terdapat beberapa sistem *jacket*, yang membedakan satu dengan yang lainnya adalah pada jumlah kaki, konfigurasi sistem *bracing* serta fungsinya. Jumlah kaki pada setiap *jacket* berbeda-beda mulai dari yang berkaki satu hingga delapan kaki yang membentuk konfigurasi tertentu. Begitu juga dengan sistem konfigurasi dari *bracing* yang sederhana sampai yang kompleks (McClelland, 1986).

2.1.1 Pembangunan Konstruksi *Jacket*

Pengerjaan struktur *jacket* ini memiliki tahapan-tahapan dalam pelaksanaannya, yaitu: (Soegiono, 2004)

1. *Detailed Design*

Berdasarkan desain umum yang telah dibuat perencana, kemudian *fabricator* membuat *detailed design* yang meliputi: Pembuatan gambar-gambar detail konstruksi, pembuatan gambar-gambar kerja untuk digunakan di bengkel. Perencanaan kebutuhan material yang digunakan.

2. Pemeriksaan Material

Material yang tiba langsung diperiksa oleh QC (*Quality Control*) *department* yang meliputi pemeriksaan secara visual, *plate number*, dan *mill certificate* sesuai dengan spesifikasinya.

3. Prefabrikasi

Pekerjaan yang dilakukan meliputi *sand blasting* atau *shot blasting* dan *primer (mist) coating* terhadap material yang sudah siap dipakai. *Sand blasting* atau *shot blasting* adalah proses pembersihan permukaan material dari karat atau kotoran yang menempel pada permukaan material. Sedangkan *mist coat* adalah pemberian lapisan tipis di permukaan material yang sudah di-*shot blasting* untuk mencegah karat.

4. *Cut and Profile*

Pemotongan material sesuai dengan gambar kerja yang telah dibuat.

5. Fabrikasi

Proses fabrikasi yang dilakukan diantaranya adalah:

- *Fit up and assembly* yaitu penyetulan dan perakitan bagian-bagian konstruksi menjadi suatu bentuk konstruksi yang lebih lengkap. Penyetulan dilakukan dengan las ikat (*tack welding*) agar apabila masih terdapat kesalahan dapat dengan mudah diperbaiki. Setelah penyetulan selesai kemudian diadakan pemeriksaan oleh QC, baik terhadap ukuran-ukurannya maupun lokasi elemen-elemen yang di-*fit up*.
- *Weld out* adalah pengelasan yang dilakukan secara menyeluruh terhadap suatu konstruksi yang sudah di-*assembly* sesuai dengan perencanaan. Setelah pengelasan selesai hasil pengelasan di tes secara NDT (*Non Destructive Test*). Apabila hasil pengujian masih ditemukan cacat harus dilakukan perbaikan pengelasan.

- *Sweep blast* dan *primer* pada seluruh permukaan konstruksi yang akan dicat, dengan maksud untuk menghilangkan *mist coat* dan membersihkan permukaan. Selanjutnya adalah pengecatan pertama (*primer*) pada konstruksi yang telah di-*assembly* (rakit) sesuai spesifikasi.
- *Intermediate coat* merupakan kegiatan pengecatan konstruksi untuk lapisan yang kedua. Hasilnya juga diperiksa *QC department*.

6. Ereksi

Ereksi adalah proses penyambungan seksi-seksi yang sudah dibuat sebelumnya. Proses *erection* ini dilakukan di *yard*. Pada waktu permulaan *erection*, bagian terbawah struktur sudah didudukkan di atas *skidshoe*, sehingga bila semua struktur tersebut telah selesai dibangun maka dengan mudah struktur dapat diluncurkan ke *jetty*. Pada tahap ini dilakukan secara *tack weld*.

7. *Clean up prior to painting and spot blast*

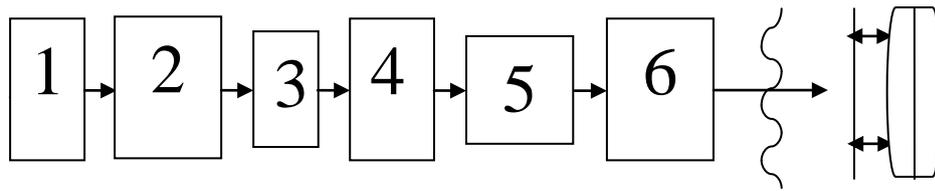
Merupakan pembersihan semua permukaan sebelum pengecatan. Pada langkah ini juga dilakukan *spot blast* yaitu pembersihan permukaan konstruksi tertentu yang menjadi kotor akibat pengelasan atau akibat lain setelah proses ereksi. Hasil ini kemudian diperiksa secara visual oleh *QC department*.

8. *Top coat and touch up*

Top coat adalah pengecatan akhir seluruh konstruksi sesuai dengan warna yang direncanakan. Untuk bagian konstruksi tertentu yang tidak bisa dijangkau pengecatan dengan kompresor maka dilakukan *touch up*. Khusus untuk lantai geladak pengecatannya hanya dua kali yaitu setelah *primer* langsung cat anti licin.

2.1.2 Flow Produksi untuk Pembangunan *Jacket Structure*

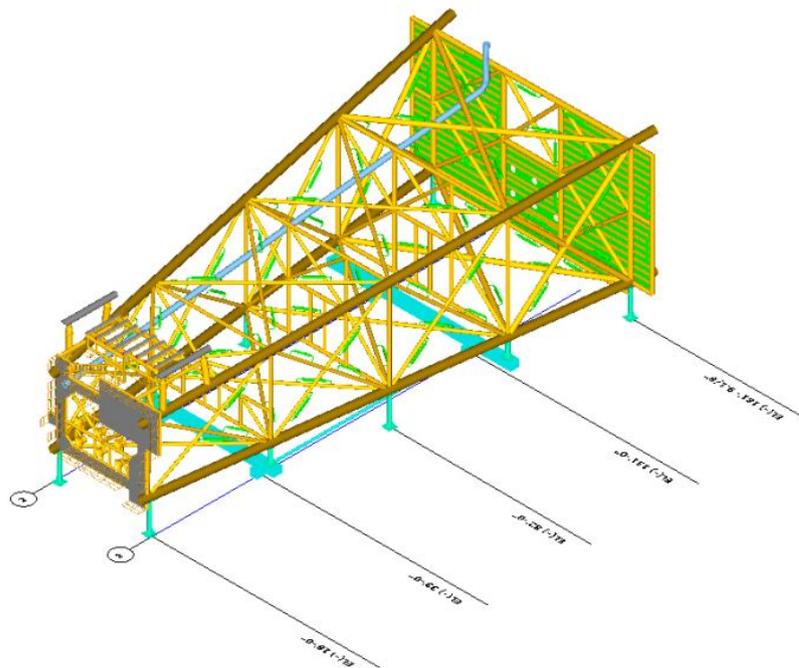
Pembangunan *jacket structure* memiliki urutan fabrikasi yang pada umumnya hampir sama dengan proses fabrikasi pada kapal, berikut ini adalah *flow* produksi pembangunan *jacket structure* yang berguna untuk mengawasi setiap pekerjaan yang sudah terlaksana:



Gambar 2.1 Flow Diagram Pembangunan Jacket Structure (Soegiono, 2004)

Keterangan:

1. Tempat penyimpanan material baja yang telah dipesan (*material storage*).
2. Bengkel *fabrication*.
3. *Fabrication section-section*.
4. Bengkel *assembly* setiap *section* pipa dan *caisson*.
5. *Erection section-section* yang sudah di-*assembly* sampai terbentuk modul atau blok-blok.
6. *Finalizing*, pengecekan dimensi akhir, *spot blasting*, *painting* dan *coating* persiapan *loadout* ke *barge*.
7. Jacket siap di-*loadout*.



Gambar 2.2 Jacket Structure (PT. XYZ, 2014)

2.2 Proyek dan Manajemen Proyek

Proses dalam manajemen sifatnya umum dan dapat digunakan dalam berbagai kegiatan/bidang yang membutuhkan pengelolaan yang sistematis, terarah serta mempunyai sasaran dan tujuan yang jelas. Salah satu bidang yang menggunakan ilmu manajemen adalah manajemen proyek. Manajemen proyek biasanya kurun waktu dibatasi oleh program-program yang sifatnya sementara dan berakhir bila sasaran dan tujuan organisasi proyek sudah tercapai. Bila membuat proyek sejenis pada waktu sesudahnya, biasanya sasaran dan tujuannya lebih inovatif dengan memodifikasi program-program sebelumnya (Husen, 2010).

2.2.1 Definisi Proyek

Proyek didefinisikan gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan dan modal/biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2010). Sedangkan menurut Santosa (2009), proyek adalah sebuah rangkaian kegiatan yang saling terkait untuk mencapai suatu hasil tertentu dan dilakukan dalam periode waktu tertentu.

Dari definisi proyek yang telah tertera di atas, maka bisa diketahui bahwa ciri pokok dari suatu proyek adalah: (Nurhayati, 2010)

1. Mempunyai tujuan yang khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir.
2. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan telah ditentukan.
3. Mempunyai sifat sementara, maksudnya adalah umur proyek dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
4. Nonrutin, tidak dilakukan berulang-ulang. Jenis dan intensitas kegiatan dapat berubah sepanjang proyek berlangsung.

Menurut *PMBOK Guide* (2004), Karakteristik penting yang terkandung di dalam sebuah proyek antara lain:

1. *Temporary* atau sementara yang merupakan setiap proyek memiliki jadwal yang jelas kapan dimulai dan kapan diselesaikan. Sebuah proyek berakhir

jika tujuannya telah tercapai atau kebutuhan terhadap proyek itu tidak ada lagi sehingga proyek tersebut dihentikan.

2. Unik yang berarti bahwa setiap proyek menghasilkan suatu produk, solusi, service atau output tertentu yang berbeda satu sama lainnya.
3. *Progressive elaboration* merupakan karakteristik dari proyek yang memiliki hubungan dengan dua konsep sebelumnya yaitu sementara dan unik. Setiap proyek terdiri dari langkah-langkah yang terus berkembang dan berlanjut sampai proyek selesai.

Karakteristik tersebut di atas adalah pembeda dari aktifitas rutin operasional. Aktifitas operasional cenderung dilakukan secara terus menerus dan berulang-ulang, sedangkan aktifitas proyek mempunyai sifat sementara dan unik. Maksudnya adalah aktifitas proyek bisa selesai/berhenti bila tujuannya telah tercapai, sedangkan aktifitas operasional akan berjalan terus menerus menyesuaikan tujuannya agar pekerjaan bisa terus berjalan (Santoso, 2009).

2.2.2 Definisi Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan ketrampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Husen, 2010).



Gambar 2.3 Proses Manajemen Proyek (Husen, 2010)

Dari gambar 2.3 dapat diuraikan bahwa proses manajemen proyek dimulai dari kegiatan perencanaan hingga pengendalian yang didasarkan atas input-input seperti tujuan dan sasaran proyek, informasi dan data yang digunakan, serta penggunaan sumber daya yang benar dan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

Dalam proses sesungguhnya, pemimpin dan wewenang yang ada dalam organisasi proyek mengelola dan mengarahkan segala perangkat dan sumber daya yang ada dengan kondisi terbatas, tetapi berusaha memperoleh pencapaian paling maksimal sesuai dengan standar kinerja proyek dalam hal biaya, mutu, waktu dan keselamatan kerja yang telah ditetapkan sebelumnya. Untuk mendapatkan produk akhir yang maksimal, segala macam kegiatan pada proses manajemen proyek direncanakan dengan detail dan akurat untuk mengurangi penyimpangan-penyimpangan. Dan bila ada tindakan koreksi dalam proses selanjutnya, diusahakan koreksi tersebut tidak terlalu banyak (Husen, 2010).

2.3 Keterlambatan Proyek

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi yang bisa menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan penyelesaian proyek menjadi terlambat. Penyebab keterlambatan yang sering terjadi adalah akibat terjadinya perbedaan kondisi lokasi, perubahan desain, pengaruh cuaca, kurang terpenuhinya kebutuhan pekerja, material atau peralatan, kesalahan perencanaan atau spesifikasi, dan pengaruh keterlibatan pemilik proyek (*owner*) (Frederika, 2010).

Keterlambatan pelaksanaan proyek pada umumnya selalu menimbulkan akibat yang merugikan baik bagi *owner* maupun kontraktor, karena dampaknya adalah konflik dan perdebatan tentang apa dan siapa yang menjadi penyebab, juga tuntutan waktu dan biaya tambah (Proboyo, 1999).

Keterlambatan proyek sering menjadi sumber perselisihan dan tuntutan antara pemilik proyek dan kontraktor, sehingga akan menjadi sangat mahal nilainya baik ditinjau dari segi pemilik maupun dari segi kontraktor. Dari segi pemilik, keterlambatan proyek akan membawa dampak pengurangan pemasukan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya. Sedangkan dari segi kontraktor,

kontraktor akan terkena denda penalti sesuai dengan kontrak, selain itu kontraktor juga akan mengalami tambahan biaya *overhead* selama proyek berlangsung (Alifen et al, 2000).

2.3.1 Penyebab Keterlambatan Proyek

Menurut Levis dan Atherley (1996), penyebab-penyebab keterlambatan dalam suatu proyek dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

1. *Excusable Non Compensable Delays*, penyebab keterlambatan yang paling sering mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek pada keterlambatan tipe ini adalah:
 - a. *Act of God*, seperti gangguan pada alam antara lain gempa bumi, banjir, kebakaran, badai, ataupun letusan gunung.
 - b. *Force majeure*, termasuk didalamnya adalah semua penyebab *Act of God*, kemudian perang, huru hara, demonstrasi, dan mogok kerja.
 - c. Cuaca menjadi tidak bersahabat dan melebihi kondisi normal maka hal ini menjadi sebuah faktor penyebab keterlambatan yang dapat dimaafkan (*execusing delay*).
2. *Excusable Compensable Delays*, keterlambatan ini disebabkan oleh *owner client*, kontraktor berhak atas perpanjangan waktu dan *claim* atas keterlambatan tersebut. Penyebab keterlambatan yang termasuk dalam *excusable compensable delay* adalah:
 - a. Terlambatnya penyerahan secara total lokasi proyek.
 - b. Terlambatnya pembayaran kepada pihak kontraktor.
 - c. Kesalahan pada gambar dan spesifikasi.
 - d. Terlambatnya pendetailan pekerjaan.
 - e. Terlambatnya persetujuan atas gambar-gambar fabrikasi.
3. *Non-excusable delays*, keterlambatan ini merupakan sepenuhnya tanggung jawab dari kontraktor, karena kontraktor memperpanjang waktu pelaksanaan proyek sehingga melewati tanggal penyelesaian yang telah disepakati, yang sebenarnya penyebab keterlambatan diramalkan dan dihindari oleh kontraktor. Dengan demikian pihak

owner client dapat meminta *monetary damages* untuk keterlambatan tersebut. Penyebabnya adalah:

- a. Kesalahan dalam mengkoordinasikan pekerjaan, bahan serta peralatan.
- b. Kesalahan dalam pengelolaan keuangan proyek.
- c. Keterlambatan dalam memperkerjakan personil yang kurang cakap.
- d. Keterlambatan dalam penyerahan *shop drawing*/gambar kerja.

2.3.2 Sasaran dan Kendala Proyek

Untuk mencapai sasaran dan tujuan dari suatu proyek yang telah ditentukan terdapat batasan-batasan yang disebut *triple constrain* yang terdiri atas :

1. Biaya / Anggaran (*Cost*)
2. Waktu / Jadwal (*Time*)
3. Mutu (*Quality*)

Dari segi teknis, patokan keberhasilan suatu proyek bisa dinilai bila ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi. Agar perpaduan ketiganya dapat berjalan sesuai yang diinginkan maka perlu pengaturan yang baik, yaitu manajemen proyek.

2.4 Fault Tree Analysis (FTA)

Keterlambatan proyek merupakan masalah klasik yang sering terjadi pada proses pengerjaan suatu proyek, maka dari itu agar tidak terulang masalah tersebut perlu dicari faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan tersebut. Salah satu metode untuk mengidentifikasi keterlambatan proyek itu adalah dengan metode FTA (*Fault Tree Analysis*). Metode ini memfokuskan untuk mencari penyebab atau kegagalan dan tidak membahas tentang akibat yang terjadi.

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*) yang terjadi pada sistem. Kemudian sistem tersebut dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* (Vesely, 1981).

Menurut Nugroho (2011), *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah suatu analisis pohon kesalahan yang dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis. Dalam membuat model *fault tree* bisa dilakukan dengan cara wawancara dengan manajemen terkait dan melakukan pengamatan langsung di lapangan pada saat proyek berlangsung. Kemudian faktor-faktor keterlambatan tersebut digambarkan dalam bentuk model pohon kesalahan (*fault tree*). Analisa pohon kesalahan (*fault tree analysis*) adalah salah satu metode untuk menganalisa akar penyebab masalah pada suatu kegiatan / proyek.

Analisa *Fault Tree* memiliki nilai penting dalam penyelesaian sebagai berikut (Kocecioğlu, 1991) :

1. Menganalisa kegagalan sistem
2. Mencari aspek-aspek dari sistem yang terlibat dalam kegagalan utama
3. Membantu pihak manajemen mengetahui perubahan dalam sistem
4. Membantu mengalokasikan penganalisa untuk berkonsentrasi pada bagian kegagalan dalam sistem
5. Membantu memberikan pilihan kualitatif, yang sama baiknya dengan kuantitatif, pada analisa sistem keandalan
6. Membantu penganalisa menggunakan pengetahuannya untuk masuk dalam perilaku sistem.

Ada beberapa definisi dasar yang harus diketahui dalam pembahasan *fault tree analysis* (Brown, 1976), diantaranya adalah :

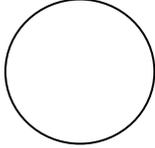
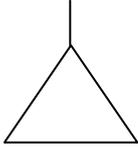
1. *Event* adalah sesuatu yang terjadi dalam sistem. Mempunyai dua modus, yaitu terjadi atau tidak.
2. *Fault event* adalah sebuah *event* dimana satu dari dua modusnya adalah kejadian yang tidak normal, sehingga mengakibatkan kegagalan atau kesalahan.
3. *Normal event* adalah sebuah *event* yang kedua modusnya diharapkan dan cenderung terjadi pada waktu tertentu.
4. *Basic event* adalah sebuah *event* yang kedua modusnya diharapkan dan cenderung terjadi pada waktu tertentu.
5. *Event primer* adalah sebuah *event* yang disebabkan oleh sifat di dalam komponen itu sendiri.

6. *Event sekunder* adalah sebuah *event* yang disebabkan oleh sumber dari luar.
7. *Head event* adalah *event* pada puncak *fault tree* yang dianalisa , mengakibatkan terjadinya kegagalan.

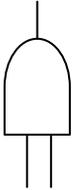
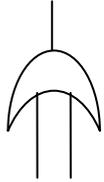
2.4.1. Simbol *Fault Tree*

Dalam menggambarkan *fault tree* simbol standard untuk mempermudah analisa. Simbol yang dipakai dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Simbol –Simbol *Fault Tree*

Primary Event Symbol	Keterangan
 <i>Basic Event</i>	Menggambarkan suatu <i>basic initiating fault</i> yang tidak memerlukan pengembangan atau uraian lebih lanjut
Intermediate Event Symbol	Keterangan
 <i>Intermediate Event</i>	Suatu <i>fault tree</i> yang dihasilkan dari interaksi kejadian kegagalan lainnya yang disusun menggunakan ' <i>logic gate</i> '
Transfer Symbol	Keterangan
 <i>Transfer Symbol</i>	Menunjukkan bahwa <i>fault tree</i> berhubungan lebih lanjut dengan <i>fault tree</i> di lembaran halaman lain

Tabel 2.2 Simbol – Simbol *Fault Tree* (Lanjutan)

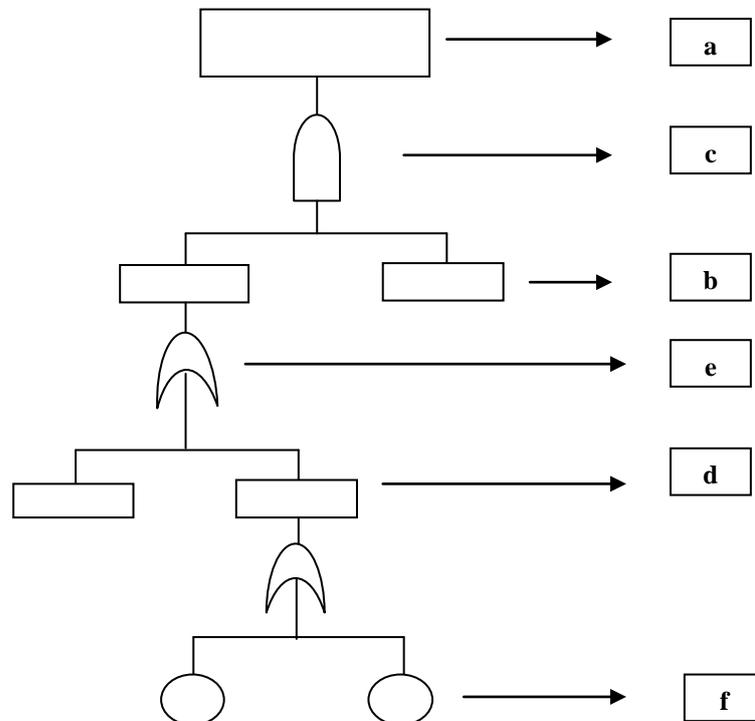
Gate Symbol	Keterangan
 <p data-bbox="491 562 635 595">AND Gate</p>	<p data-bbox="847 398 1367 544">Menunjukkan bahwa <i>output event</i> akan terjadi jika dan hanya jika semua kejadian <i>input event</i> ada/terjadi (<i>exist</i>)</p>
 <p data-bbox="501 837 624 871">OR Gate</p>	<p data-bbox="847 676 1367 822">Menunjukkan bahwa <i>output event</i> akan terjadi jika salah satu atau lebih <i>input event</i> ada/terjadi (<i>exist</i>)</p>

(sumber : Kocecioglu, 1991)

2.4.2 Langkah – Langkah Pengerjaan FTA

Langkah – langkah dalam penerapan FTA (*Fault Tree Analysis*) ini adalah sebagai berikut (Priyanta, 2000) :

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang ditinjau.
2. Membuat gambar konstruksi *fault tree*



Gambar 2.4 Langkah Pembuatan *Fault Tree Analysis*

Penggambaran FTA dimaksudkan untuk mengetahui hubungan yang logis antara *basic event* dan *top event* yang telah ditentukan sebelumnya. Cara pembuatan FTA dimulai dari *top event*, kemudian ke *event* berikutnya sampai akhirnya ke *basic event*. Langkah-langkah pembuatan FTA adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan kejadian puncak (*top event* yang telah ditentukan sebelumnya)
- b. Menentukan *intermediate event* tingkat pertama terhadap kejadian puncak
- c. Menentukan hubungan *intermediate event* tingkat pertama terhadap kejadian puncak
- d. Menentukan hubungan *intermediate event* tingkat pertama ke *top event* dengan menggunakan gerbang logika (*logic gate*)
- e. Menentukan hubungan *intermediate event* tingkat kedua ke *intermediate event* tingkat pertama dengan menggunakan gerbang logika
- f. Melanjutkan sampai ke *basic event*.

3. Mencari *minimal cut set* dari analisa *fault tree*

Sebuah *fault tree* memiliki kombinasi dari *fault tree* yang mengarah pada *critical failure system*. *Cut set* adalah kombinasi pembentukan pohon kesalahan yang mana bila semua terjadi akan menyebabkan peristiwa puncak terjadi. *Cut set* digunakan untuk mengevaluasi diagram pohon kesalahan dan diperoleh dengan menggambarkan garis melalui blok dalam sistem untuk menunjukkan jumlah minimum blok gagal yang menyebabkan seluruh sistem gagal (Clemens, 2002).

4. Melakukan analisa kualitatif dari *fault tree*

Evaluasi kualitatif dari sebuah *fault tree* dapat dilakukan berdasarkan *minimal cut set*. Kekritisian dari sebuah *cut set* jelas tergantung pada jumlah *basic event* di dalam *cut set* (orde dari *cut set*). Sebuah *cut set* dengan orde satu umumnya lebih kritis daripada sebuah *cut set* dengan orde dua atau lebih. Jika sebuah *fault tree* memiliki *cut set* orde

satu, maka *top event* akan terjadi sesaat setelah *basic event* yang bersangkutan terjadi. Jika sebuah *cut set* memiliki *basic event*, kedua *event* ini harus terjadi secara serentak agar *top event* dapat terjadi.

5. Melakukan analisa kuantitatif dari *fault tree*

Evaluasi kuantitatif *fault tree* yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan perhitungan langsung (*direct numerical approach*) yang bersifat *bottom-up approach*. Pendekatan numerik ini berawal dari level hirarki yang paling rendah dan mengkombinasikan semua probabilitas dari *event* yang ada pada level ini dengan menggunakan *logic gate* yang tepat dimana *event-event* ini dikaitkan. Kombinasi probabilitas ini akan memberikan nilai probabilitas dari *intermediate event* pada level hirarki di atasnya sampai *top event* dicapai. Rumus yang digunakan adalah:

$$Q_s = P(C_1 \cup C_2 \dots \cup C_i \dots \cup C_n) = \sum_{i=1}^n P(C_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} P(C_i \cap C_j) + \sum_{j=3}^n \sum_{i=2}^{j-1} \sum_{k=1}^{j-1} P(C_i \cap C_j \cap C_k) + \dots + (-1)^{n-1} P(C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_n)$$

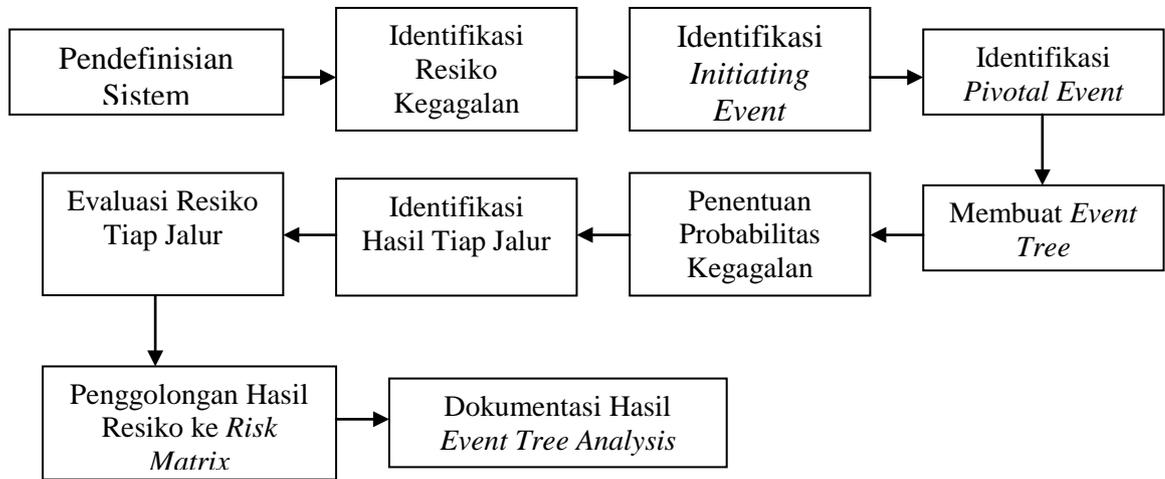
Dengan : C_i = minimal cut set ke -i

$P(C_i)$ = probabilitas untuk event C_i

2.5 Event Tree Analysis (ETA)

Metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah teknik analisa yang digunakan untuk mengevaluasi proses dan kejadian yang mengarah pada kemungkinan kegagalan. Metode ini berguna dalam menganalisa konsekuensi yang timbul dari kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan. Konsekuensi dari kejadian diikuti melalui serangkaian kemungkinan. Analisa dimulai dengan mempertimbangkan sebuah kejadian awal dan kemudian mencari kejadian lainnya yang timbul dari dasar sistem. Metode ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi semua hasil yang mungkin yang diakibatkan dari sebuah inisiasi proyek. Dengan menganalisa semua hasil yang mungkin, adalah mungkin untuk menentukan persentase hasil

yang mengarah pada hasil yang diinginkan maupun hasil yang tidak diinginkan (Ericson, 2005).

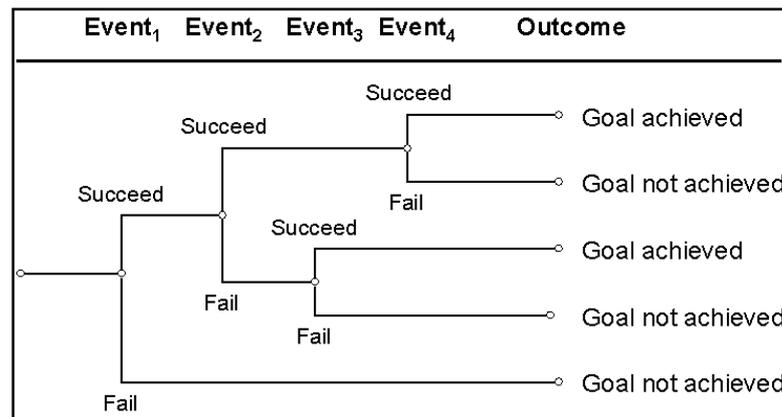


Gambar 2.5 Tahap *Event Tree Analysis* (ETA)

Urutan tahap *Event Tree Analysis* (ETA) berdasarkan gambar 2.5 adalah sebagai berikut:

1. Pendefinisian Sistem : pemeriksaan sistem dan menentukan batas-batas sistem, subsistem, dan *interface*.
2. Identifikasi Resiko Kegagalan : Penilaian sistem atau analisa bahaya untuk mengidentifikasi bahaya sistem dan skenario kegagalan yang ada dalam desain sistem.
3. Identifikasi *Initiating Event* (Kejadian Awal) : Perkecil analisa bahaya untuk mengidentifikasi *initiating event* (kejadian awal) dalam skenario kegagalan.
4. Identifikasi *Pivotal Event* : Pengidentifikasi hambatan keamanan atau penanggulangan yang terlibat dengan skenario tertentu yang dimaksudkan untuk menghalangi kegagalan.
5. Membuat *Event Tree* : Pembuatan *Event Tree Diagram* logis, dimulai dari *Initiating Event*, *Pivotal Event*, dan diselesaikan oleh hasil masing-masing jalur.

6. Penentuan Probabilitas Kegagalan : Penghitungan probabilitas kegagalan untuk *pivotal event* di *event tree diagram*. Mungkin bisa menggunakan *fault tree* untuk menentukan bagaimana *pivotal event* bisa mengalami kegagalan dan untuk mendapatkan probabilitas juga.
7. Identifikasi Hasil Tiap Jalur : Penghitungan resiko hasil untuk tiap jalur pada *event tree diagram*.
8. Evaluasi Resiko Tiap Jalur : Pengevaluasian resiko hasil pada tiap jalur dan penentuan apakah resiko dapat diterima.
9. Penggolongan Hasil Resiko ke *Risk Matrix* : Penggolongan hasil resiko *event tree analysis* ke dalam *risk matrix* dengan menentukan frekuensi dan masalah dari masing-masing *output event tree analysis* (ETA).
10. Dokumentasi Hasil *Event Tree Analysis* (ETA) : Pendokumentasian semua proses *event tree analysis* diperlukan untuk pembaruan informasi yang baru.



Gambar 2.6 *Event Tree Analysis* (ETA) *Diagram* (Clifton, 2005)

Dalam melakukan analisa menggunakan metode *event tree analysis* (ETA) ini terdapat kelebihan dan kekurangan dalam pengerjaannya. Dibawah ini akan dijelaskan apa saja kelebihan dan kekurangan dari metode *event tree analysis* (ETA) ini.

Kelebihan :

1. Relatif mudah dipelajari, dilakukan, dan diikuti.
2. Dapat dilakukan secara efektif pada berbagai tingkat detail desain.
3. Sebagian besar pekerjaan dapat dibantu oleh perangkat komputer.

4. Model hubungan sistem yang kompleks dengan cara yang dapat dimengerti.
5. Mengikuti jalur kesalahan melintasi batas-batas sistem.
6. Menggabungkan *software*, lingkungan, dan interaksi manusia dalam pengerjaannya.
7. Tersedianya *software* untuk membantu pengerjaan.

Kekurangan :

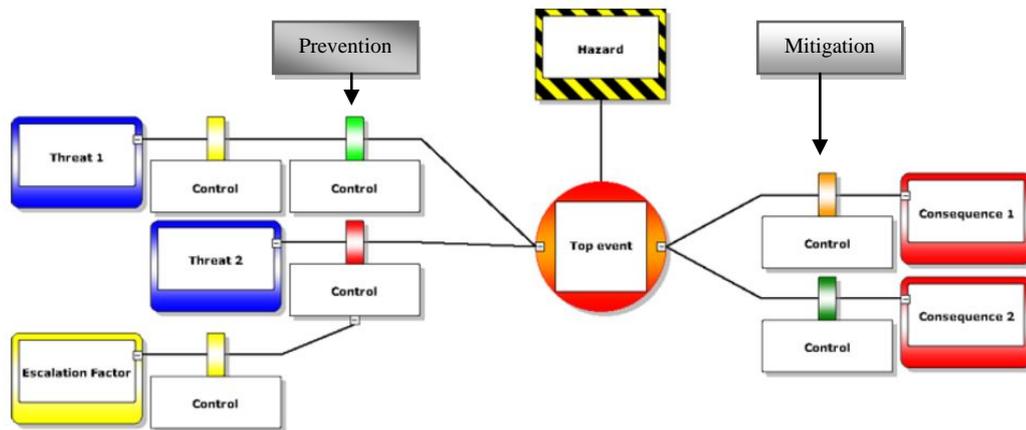
1. Membutuhkan seorang analis yang berpengalaman dan terlatih agar tidak terjadi kesalahan dalam pengerjaan.
2. Metode ini hanya memiliki satu *initiating event*, oleh karena itu beberapa *event tree analysis* (ETA) akan diperlukan untuk mengevaluasi konsekuensi dari beberapa kejadian awal.
3. Keberhasilan parsial / kegagalan tidak bisa dibedakan.

2.6 Bow-Tie Analysis

Analisa *Bow-Tie* (dasi kupu-kupu) adalah metode diagramatis yang digunakan untuk menggambarkan dan menganalisa jalur suatu resiko dari faktor penyebab kegagalan hingga dampaknya. Metode ini sering dianggap sebagai kombinasi dari metode *fault tree analysis* (FTA) atau pohon kesalahan yang digunakan untuk menganalisa faktor penyebab suatu kegagalan dengan metode *event tree analysis* (ETA) atau pohon kejadian yang digunakan untuk menganalisa dampak dari suatu kegagalan. Pada dasarnya *Bow-Tie* lebih berfokus kepada penghambat (*barrier*) antara faktor penyebab dan resiko, serta antara resiko dan dampak. Metode ini disebut *Bow-Tie* karena diagram yang dihasilkan menyerupai dasi kupu-kupu dengan faktor penyebab dan dampak masing-masing menjadi dua sayap kiri kanan yang mengapit kejadian resiko di bagian tengah. Metode *Bow-Tie* menjelaskan beberapa kejadian yang berasal dari faktor penyebab dan dampak dari kegagalan yang membentuk representasi grafis dari : (Gifford et. Al., 2003)

1. Sebuah kejadian utama yang merugikan
2. Faktor yang dapat menyebabkan kegagalan suatu kejadian dengan probabilitas tertentu.
3. Dampak dari suatu kegagalan beserta konsekuensinya.

4. Kontrol yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kejadian kehilangan yang terjadi, dan kontrol yang bertujuan untuk mengurangi dampak dari peristiwa hilangnya setelah mereka telah terjadi.



Gambar 2.7 *Bow-Tie Representation*

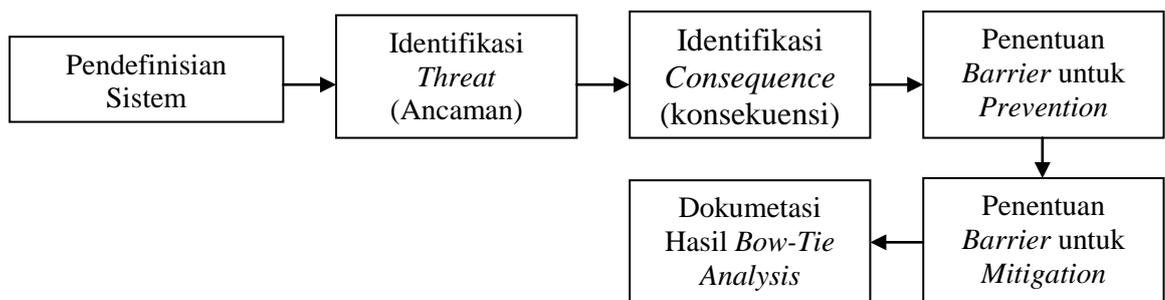
(Sumber : www.cgerisk.com)

Metode *Bow-Tie* memiliki peranan sebagai pengaruh sistem keselamatan (dan hambatan) pada perkembangan skenario kecelakaan. Diagram pada gambar 2.7 di atas adalah contoh representasi sederhana dari metode *Bow-Tie*. Kelebihan dari diagram *Bow-Tie* adalah dapat memberikan gambaran beberapa skenario yang masuk akal pada satu gambar. Singkatnya, ia menyediakan penjelasan visual yang sederhana dari resiko yang akan jauh lebih sulit untuk dijelaskan. Metode *Bow-Tie* pada dasarnya adalah sebuah teknik probabilistik, tetapi dalam waktu yang telah dikembangkan dalam versi yang berbeda, tergantung pada sistem yang sedang dianalisa.

Dalam metode *Bow-Tie* terdapat berbagai macam istilah antara lain, *hazard* (resiko) *prevention* (pencegahan), *mitigation* (pemulihan), *threat* (ancaman), dan *consequence* (konsekuensi). Awal dari setiap *Bow-Tie* adalah adanya resiko. Resiko adalah sesuatu di sekitar kita atau bagian dari organisasi yang memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan atau kegagalan. *Prevention* (pencegahan) disini adalah langkah pencegahan terhadap faktor penyebab kegagalan. Sedangkan *mitigation* (pemulihan) adalah langkah pemulihan / peringanan terhadap dampak dari kegagalan. *Threat* (Ancaman) adalah kegiatan yang dapat menyebabkan kegagalan atau faktor penyebab kegagalan dari hasil

fault tree analysis (FTA). Sedangkan *consequence* (konsekuensi) adalah dampak atau akibat yang timbul dari kegagalan yang bisa diperoleh dari hasil *event tree analysis* (ETA).

Dalam penyusunan diagram *Bow-Tie* tidak hanya membutuhkan data yang dapat diandalkan pada frekuensi dari semua kejadian, tetapi juga perlu mengetahui probabilitas kegagalan hambatan. Penyusunan diagram *Bow-Tie* memerlukan penilaian dan pendapat dari berbagai narasumber yang ahli dan berpengalaman di bidangnya. Tidak semua perusahaan dapat menerapkan metode ini. Meskipun demikian, *Bow-Tie analysis* merupakan dasar yang menarik untuk mendukung analisa kualitatif. Metode *Bow-Tie* merupakan langkah maju dalam keadaan saat ini dalam pengelolaan resiko, termasuk yang berhubungan dengan keselamatan kerja.



Gambar 2.8 Tahap *Bow-Tie Analysis*

Urutan tahap *Bow-Tie Analysis* berdasarkan gambar 2.8 adalah sebagai berikut:

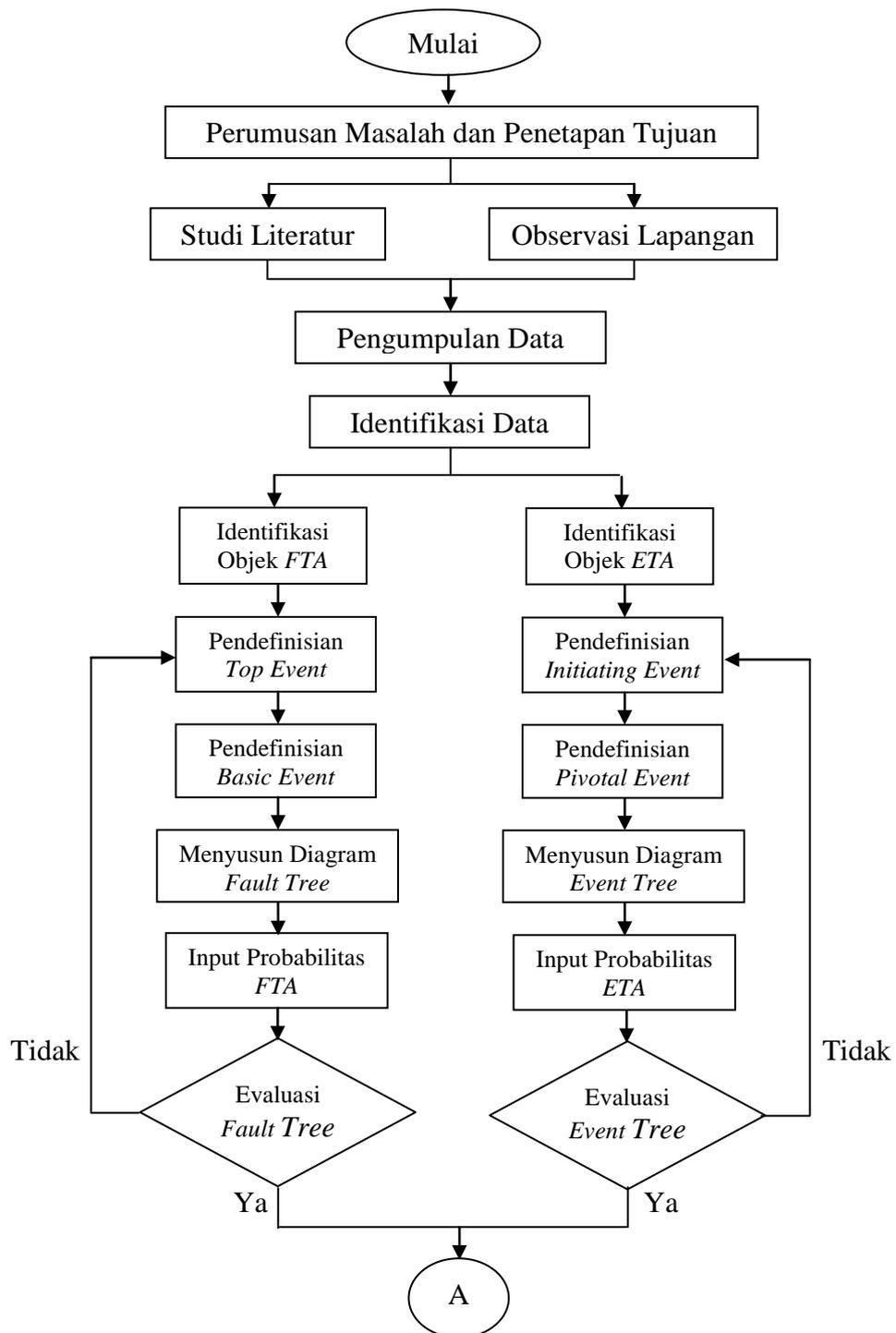
1. Pendefinisian Sistem : Memeriksa sistem dan menentukan batas-batas sistem, subsistem, dan *interface*.
2. Identifikasi *Threat* (Ancaman) : Mengidentifikasi penyebab kegagalan dari *basic event* dalam diagram *fault tree analysis* (FTA).
3. Identifikasi *Consequence* (konsekuensi) : Mengidentifikasi dampak kegagalan dari *output* diagram *event tree analysis* (ETA).
4. Penentuan *barrier* untuk *prevention* : Menentukan langkah pencegahan terhadap faktor penyebab kegagalan yang terjadi.
5. Penentuan *barrier* untuk *mitigation* : Menentukan langkah pemulihan atau pengurangan terhadap dampak kegagalan yang terjadi.
6. Dokumentasi hasil *Bow-Tie Analysis* : Dokumen seluruh proses pada *Bow-Tie diagram* diperlukan untuk pembaruan informasi yang baru.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

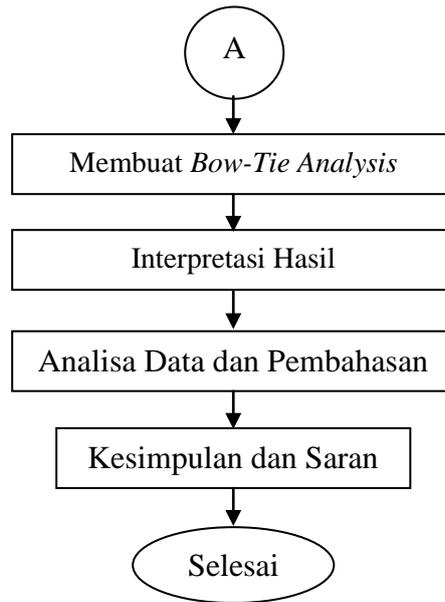
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dapat dijelaskan melalui diagram alir atau *flowchart* di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

3.2 Prosedur Penelitian

1. Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan

Dalam melakukan sebuah penelitian tahap awal yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi masalah yang akan dibahas dalam topik tugas akhir. Identifikasi merupakan suatu pernyataan bahwa terdapat suatu permasalahan yang akan dijelaskan penyebabnya serta bagaimana langkah pengerjaannya. Dari perumusan masalah kemudian ditetapkan tujuan penelitian agar penelitian menjadi jelas dan terarah. Setelah itu dilanjutkan studi literatur dan observasi lapangan guna mencari referensi serta data penelitian terdahulu yang dapat dijadikan perbandingan untuk mengerjakan penelitian selanjutnya.

2. Studi Literatur dan Observasi Lapangan

Berguna untuk membantu melakukan penulisan tugas akhir yang memerlukan banyak literatur pendukung yang akan digunakan sebagai pengembangan wawasan dan analisa.

Adapun studi literatur yang diperlukan antara lain:

- a. Studi mengenai manajemen proyek.
- b. Studi mengenai produksi *jacket structure*.

c. Studi mengenai *Fault Tree Analysis*, *Event Tree Analysis*, dan *Bow-Tie Analysis*.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berguna untuk mendukung hipotesa dari penelitian. Data yang digunakan berhubungan dengan evaluasi kinerja proyek yang berfungsi sebagai bahan analisis dan kondisi terkini dari perusahaan tersebut. Adapun data yang diperlukan antara lain:

- a. Data mengenai *jacket structure*.
- b. Data yang meliputi waktu pengerjaan (*time schedule*) proyek yang dimiliki oleh perusahaan yang mengerjakan proyek.
- c. Data kendala-kendala yang ada pada proyek.

4. Identifikasi Data

Mengidentifikasi dan menerjemahkan data yang telah didapat untuk diolah dalam *Fault Tree Analysis*, *Event Tree Analysis*, dan *Bow-Tie Analysis*.

5. Identifikasi Objek *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Bow-Tie Analysis*.

Mengidentifikasi objek *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Bow-Tie Analysis* yang akan diteliti.

6. Pendefinisian *Top Event*, *Initiating Event*

Setelah mengidentifikasi dan memahami objek *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA), kemudian dilanjutkan pada pendefinisian *Top Event* untuk objek *Fault Tree Analysis* (FTA), *Initiating Event* untuk objek *Event Tree Analysis* (ETA).

7. Pendefinisian *Basic Event* dan *Pivotal Event*

Setelah mendefinisikan *Top Event* dan *Initiating Event* kemudian dilanjutkan pada pendefinisian *Basic Event* untuk objek *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Pivotal Event* untuk objek *Event Tree Analysis* (ETA).

8. Menyusun Diagram *Fault Tree* dan *Event Tree*

Setelah mendefinisikan *basic event* dan *pivotal event*, selanjutnya adalah penyusunan diagram *fault tree* atau struktur pohon kegagalan dan *event tree* atau struktur pohon kejadian.

9. Input Nilai Probabilitas *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA)

Memasukkan nilai probabilitas berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara yang akan dihitung.

10. Evaluasi *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA)

Selanjutnya melakukan evaluasi terhadap *fault tree* dan *event tree* yang telah dibuat. Untuk mengevaluasi *fault tree* dan *event tree* yang telah dibuat dapat menggunakan metode kuesioner kepada pakar yang berkompeten.

Bila evaluasi tidak diterima maka melakukan penyusunan ulang *fault tree* dan *event tree* berdasarkan koreksi dari hasil kuesioner, bila evaluasi diterima maka dapat dilanjutkan pada *Bow-Tie Analysis*, yaitu dengan cara menentukan faktor penyebab dan dampak kegagalan.

11. Membuat *Bow-Tie Analysis*

Menyusun *Bow-Tie Analysis* dari hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA).

12. Interpretasi Hasil *Fault Tree*, *Event Tree*, dan *Bow-Tie Analysis*

Membuat laporan hasil dari *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Bow-Tie Analysis*.

13. Analisa Data dan Pembahasan

Dari data-data yang telah didapat, kemudian dilakukan analisa dan pembahasan, antara lain:

- a. Melakukan analisa dari hasil wawancara dan kuesioner untuk mendapatkan item pekerjaan yang mengalami keterlambatan dan menemukan faktor-faktor serta dampak yang dapat mempengaruhi item pekerjaan yang mengalami keterlambatan.
- b. Membuat diagram *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Bow-Tie Analysis* dari proyek pembangunan *jacket structure*, selanjutnya mencari faktor-faktor yang mempengaruhi dan dampak keterlambatan pada proyek serta mencari *Barrier* (penghambat) pada *Bow-Tie Analysis*.

14. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian dibutuhkan analisa dari pengolahan data yang telah dilakukan. Dengan adanya kesimpulan dari penelitian maka dapat disusun saran-saran yang berguna sebagai peningkatan kinerja perusahaan dan sebagai referensi pada penelitian yang selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian tugas akhir ini studi kasus yang diambil adalah pada proyek pembangunan *jacket structure* di PT. XYZ.



Gambar 4.1 Proyek Pembangunan *Jacket Structure*

Berikut ini adalah rincian spesifikasi pada proyek pembangunan *jacket structure* :

- Type Platform : *Well Head Platform*
- Type Brace : *X Brace*
- Jumlah kaki : 4 kaki
- Panjang Jacket : 205 feet 16 inch
- OD Jacket : 47 inch, thickness 1 inch
- Panjang Pile : 527 feet
- OD Pile : 42 inch, thickness 2 inch
- Mudmat : Panjang: 111 feet 7 inch ; Lebar: 55,9 feet 8,3 inch
- Anoda : Panjang: 10 feet ; Berat: 725 lbs ; Jumlah: 102 buah pada leg dan brace, 18 buah pada mudmat.

Tugas akhir ini dilakukan untuk mencari faktor-faktor dan dampak keterlambatan, serta menganalisa percepatan dengan biaya yang optimal dari keterlambatan yang terjadi pada proyek tersebut.

Proyek ini direncanakan berjalan selama 1 tahun, tetapi terjadi keterlambatan selama 2 bulan dalam pengerjaannya. Untuk proses fabrikasi *jacket* saja yang semula direncanakan dimulai bulan Agustus 2014 dan selesai pada bulan Agustus 2015, harus selesai pada bulan Oktober 2015.

Tabel 4.1 Tabel Aktivitas Utama Proyek Pembangunan *Jacket Structure*

No.	Aktivitas	Rencana (hari)	Realisasi (hari)	Terlambat (hari)
1	<i>Main Steel</i>	297	376	79
2	<i>Steel Appurtenances</i>	261	317	56
3	<i>Pile</i>	120	120	0

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa aktivitas proyek pembangunan *jacket structure* dibagi menjadi 3 bagian yaitu pengerjaan *main steel*, *steel appurtenances*, dan *pile*. Proyek pembangunan *jacket structure* telah menghabiskan waktu pengerjaan 1 tahun lebih 2 bulan dari pertengahan Agustus 2014 sampai pertengahan Oktober 2015 dengan rencana awal pengerjaan selama 1 tahun dari pertengahan Agustus 2014 sampai dengan pertengahan Agustus 2015. Berarti dapat disimpulkan bahwa proyek ini mengalami keterlambatan selama 2 bulan.

Tabel di atas adalah aktivitas utama proyek pembangunan *jacket structure*. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa keterlambatan proyek ini dari pengerjaan *main steel* dan *steel appurtenance*. Keterlambatan yang terjadi ini saling berkaitan satu sama lainnya karena dari permasalahan salah satu bidang di atas dapat mempengaruhi pengerjaan yang lainnya. Penelitian ini hanya dilakukan pada proses pembangunan *jacket structure* saja.

4.2 Pengolahan Data

Dalam melakukan pengolahan data untuk mencari faktor keterlambatan dalam bentuk *fault tree analysis* dibantu dengan menggunakan *software* DPL 6.0 *fault tree*. Langkah yang dilakukan adalah melakukan *input* dari *software* ini berupa data *basic event* dan probabilitas dari hasil wawancara dan kuesioner. Data

kemudian diproses dalam bentuk diagram FTA sehingga akan muncul *output* berupa diagram FTA yang telah tersusun rapi beserta *minimal cut set* dari masing-masing probabilitas *basic event*.

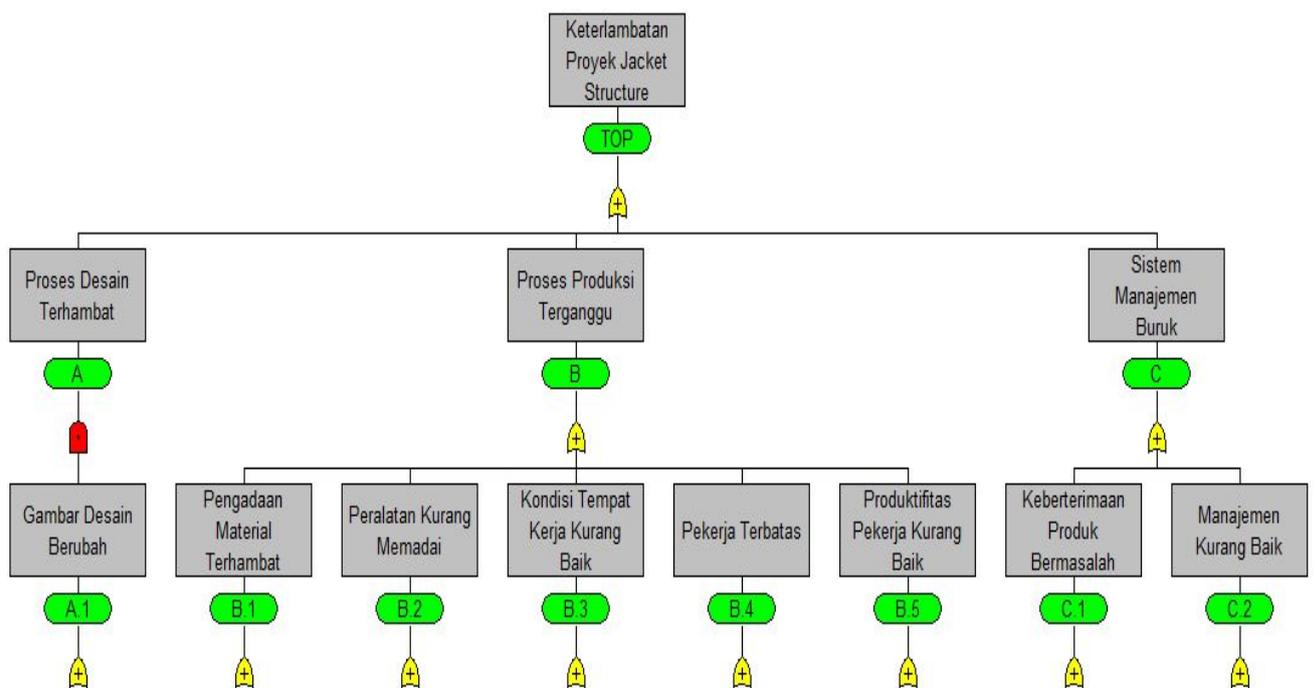
Untuk melakukan pengolahan data ETA tidak perlu menggunakan *software*. Dalam mengolah data ETA bisa langsung membuat diagram berdasarkan hasil dari wawancara yang digunakan untuk menyusun *initiating event*, *pivotal event*, dan *output*. Setelah itu menentukan probabilitas dan *severity* untuk digolongkan dalam *risk matrix*.

Dari kedua analisa tersebut nantinya akan didapatkan diagram *bow-tie* yang berguna untuk menganalisa faktor apa saja yang bisa dicegah dengan membuat pencegahan pada proyek dan menganalisa dampak apa saja yang bisa dikurangi dengan membuat mitigasi proyek. Hal ini dilakukan agar proyek pembangunan dapat berjalan sesuai dengan rencana awal yang telah dibuat.

4.3 Pengolahan Data Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Jacket Structure dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*) yang terjadi pada sistem. Kemudian sistem tersebut dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event*. Disini akan dijelaskan secara menyeluruh mengenai apa saja faktor-faktor yang dapat menyebabkan keterlambatan mulai dari masalah desain yang terhambat, proses produksi tidak berjalan dengan baik, hingga proses serah terima yang terhambat. Semua proses tersebut dijabarkan dalam bentuk diagram FTA sehingga nantinya dapat diketahui apa saja faktor-faktor yang dapat menyebabkan pembangunan *jacket structure* mengalami keterlambatan beserta probabilitasnya.

Di bawah ini dijelaskan mengenai keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* yang dibagi menjadi 3 cabang utama yaitu proses desain terhambat, proses produksi tidak berjalan dengan baik, dan proses serah terima terhambat. Dari cabang proses desain terhambat terdapat 1 proses yang menyebabkan keterlambatan, dari cabang proses produksi tidak berjalan dengan baik terdapat 5 cabang utama dan dari cabang serah terima terhambat terdapat 2 cabang utama. Dari setiap cabang ini akan dijabarkan lagi menjadi lebih rinci mengenai akar permasalahan dari masing-masing kejadian.

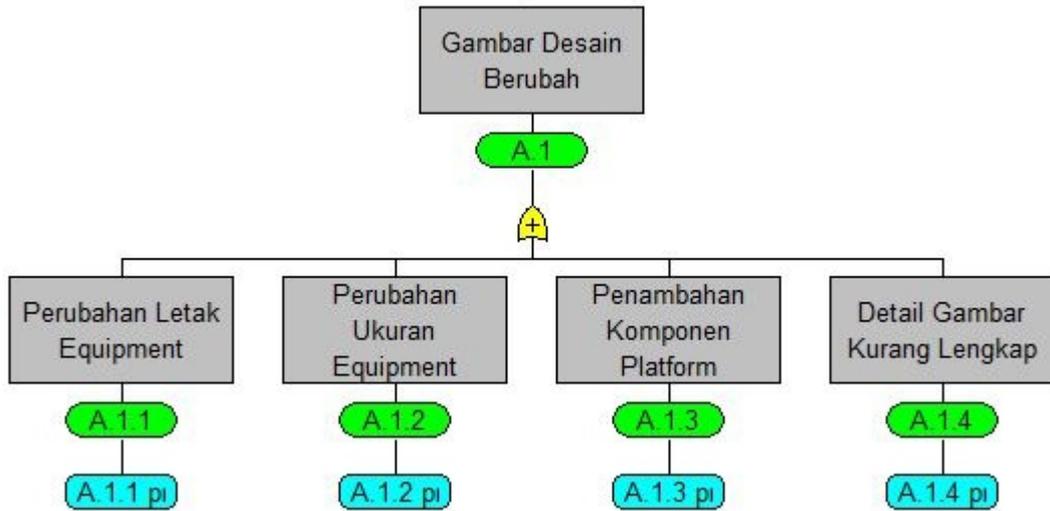


Gambar 4.2 Diagram FTA Proyek Pembangunan *Jacket Structure* yang Mengalami Keterlambatan

4.3.1 Proses Desain Terhambat

Proses desain terhambat disebabkan oleh perubahan desain saat proyek pembangunan *jacket structure*. Faktor-faktor ini didapatkan dari hasil wawancara dan kuesioner dengan karyawan-karyawan yang terlibat dalam pembangunan *jacket structure*.

a. Gambar Desain Berubah



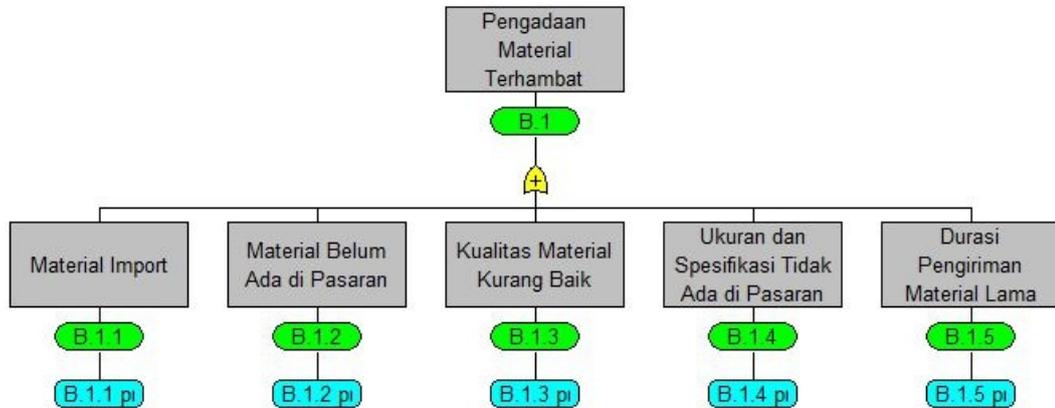
Gambar 4.3 Faktor-Faktor Gambar Desain Berubah

Faktor-faktor yang menyebabkan gambar desain berubah antara lain perubahan tata letak *equipment*, perubahan ukuran *equipment*, penambahan komponen *platform*, dan *detail* gambar kurang lengkap. Faktor-faktor tersebut sangat besar pengaruhnya terhadap kelanjutan proyek ke depannya. Hal ini dikarenakan bila desain tidak segera di revisi berdasarkan kondisi di lapangan maka proyek akan semakin mengalami keterlambatan. Faktor-faktor tersebut sering terjadi karena adanya perbedaan kondisi sesuai yang ada di lapangan dengan desain yang dibuat. Tidak semua yang ada di desain bisa terlaksana dengan benar dan sesuai kenyataan.

4.3.2 Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik

Proses produksi saat pembangunan *jacket structure* tidak berjalan dengan baik disebabkan oleh beberapa hal yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Hal-hal tersebut antara lain pengadaan material yang lama, peralatan yang kurang memadai, kondisi tempat kerja yang kurang mendukung, jumlah pekerja terbatas dan pekerja yang kurang produktif. Faktor-faktor ini didapatkan dari hasil wawancara dan kuesioner dengan karyawan-karyawan yang terlibat dalam pembangunan *jacket structure*.

a. Pengadaan Material Terhambat

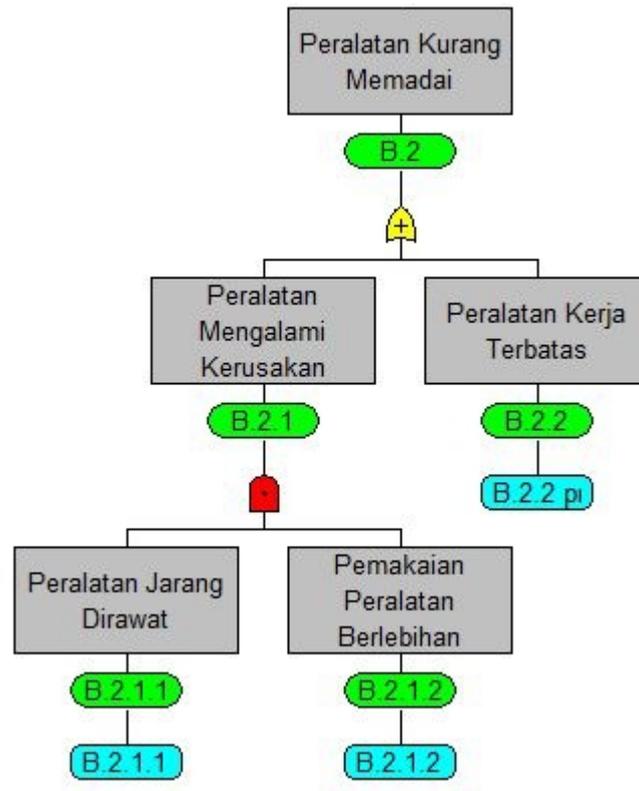


Gambar 4.4 Faktor-Faktor Pengadaan Material Terhambat

Beberapa faktor yang menyebabkan pengadaan material menjadi terhambat adalah pemesanan material yang tidak ada di dalam negeri, sehingga perlu membeli material di luar negeri atau mengimpor material untuk memenuhi kebutuhan material yang diperlukan. Faktor lain yaitu ketersediaan material yang belum ada di pasaran lokal, maka dari itu harus *order* terlebih dahulu yang dapat menyebabkan jadwal pengerjaan proyek terganggu. Selain itu kualitas material yang kurang baik juga dapat menghambat jalannya suatu proyek.

Faktor yang lainnya adalah ukuran dan spesifikasi material yang tidak selalu ada di pasaran. Ukuran dan spesifikasi material yang dikerjakan di lapangan sering tidak sesuai dengan yang ada pada desain. Sehingga bila ukuran dan spesifikasi material tidak tersedia perlu memesan ulang material sesuai kebutuhan di lapangan. Hal ini juga dapat menyebabkan jadwal suatu proyek menjadi mundur. Faktor terakhir yang dapat menyebabkan pengadaan material lama adalah durasi pengiriman material yang lama. Dalam pengiriman material terkadang ada kendala tertentu, misalnya kecelakaan saat pengiriman ataupun persiapan yang lama saat akan pengiriman material.

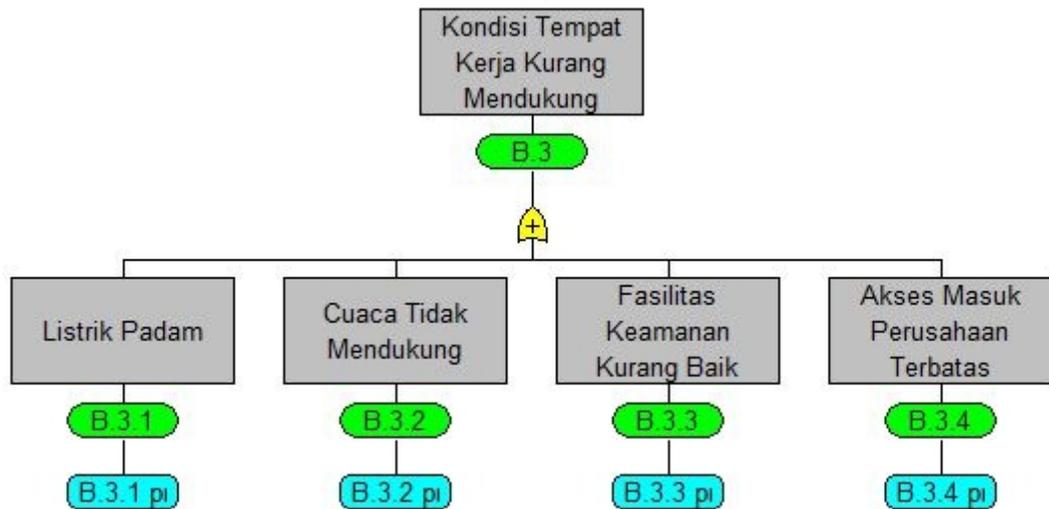
b. Peralatan Kurang Memadai



Gambar 4.5 Faktor-Faktor Peralatan Kurang Memadai

Fasilitas peralatan yang kurang memadai dapat mengganggu aktifitas pengerjaan suatu proyek. Faktor yang mengganggu tersebut antara lain peralatan kerja yang mengalami kerusakan dan keterbatasan peralatan kerja. Rusaknya peralatan kerja tersebut disebabkan jarangya melakukan perawatan terhadap peralatan kerja dan pemakaian yang berlebihan dan tidak sesuai aturan.

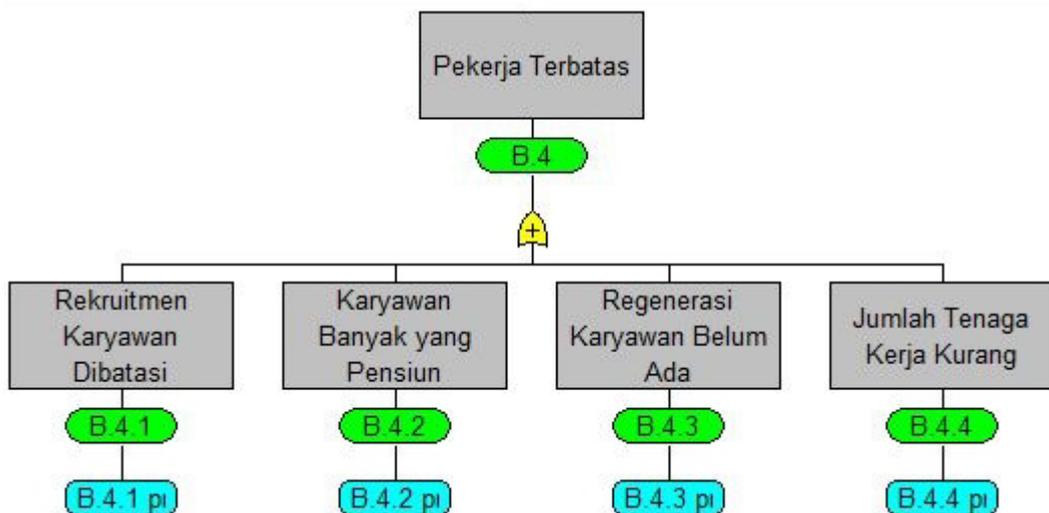
c. Kondisi Tempat Kerja Kurang Mendukung



Gambar 4.6 Faktor-Faktor Kondisi Tempat Kerja yang Kurang Mendukung

Kondisi tempat kerja kurang mendukung dapat menimbulkan masalah dalam pengerjaan suatu proyek. Listrik yang padam dapat menyebabkan pengerjaan proyek terhenti. Bila cuaca tidak mendukung, pengerjaan fabrikasi bisa terhenti dan dapat mengganggu jadwal pengerjaan proyek. Kemudian fasilitas keamanan yang kurang baik dapat membuat pekerja merasa kurang aman dalam bekerja sehingga mereka akan bekerja tidak dengan perasaan tenang dan aman. Faktor lain yaitu akses masuk perusahaan yang terbatas dan ketat. Ini dapat mengganggu mobilitas karyawan yang ingin bepergian keluar masuk perusahaan.

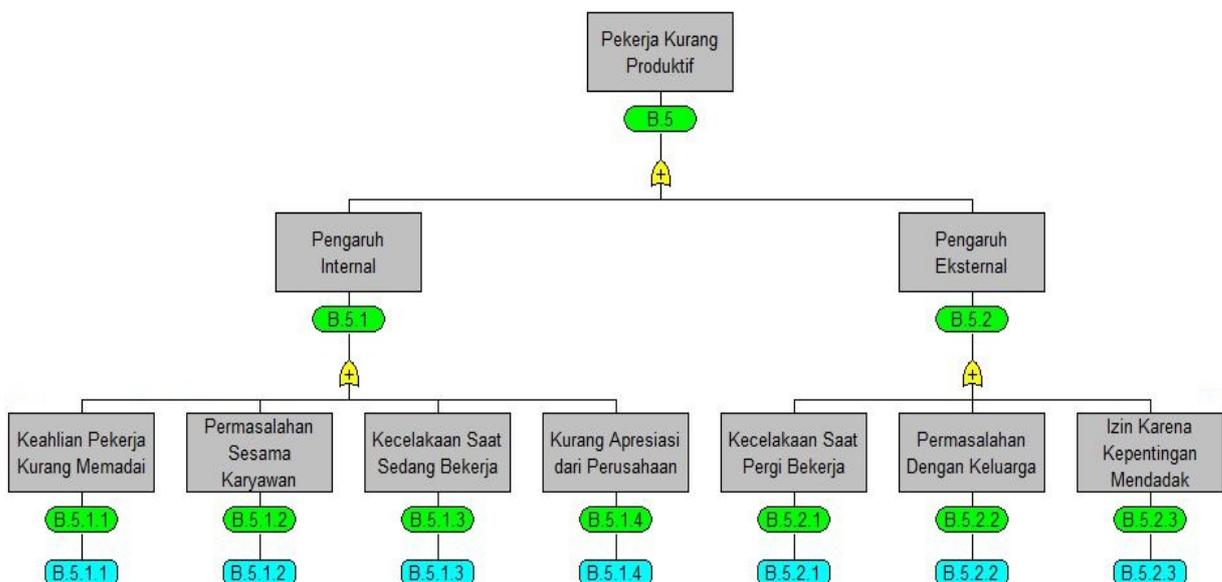
d. Pekerja Terbatas



Gambar 4.7 Faktor-Faktor Pekerja Terbatas

Ada beberapa faktor lain yang dapat menyebabkan proses pengerjaan proyek terhambat. Faktor tersebut menyangkut jumlah pekerja yang terbatas. Jumlah pekerja yang terbatas ini disebabkan antara lain rekrutmen karyawan yang terbatas, banyaknya karyawan yang pensiun, regenerasi karyawan yang belum ada, dan kurangnya jumlah tenaga kerja di beberapa bagian pekerjaan. Dengan terbatasnya jumlah pekerja maka laju pengerjaan proyek tidak akan maksimal.

e. Produktifitas Pekerja Kurang Baik



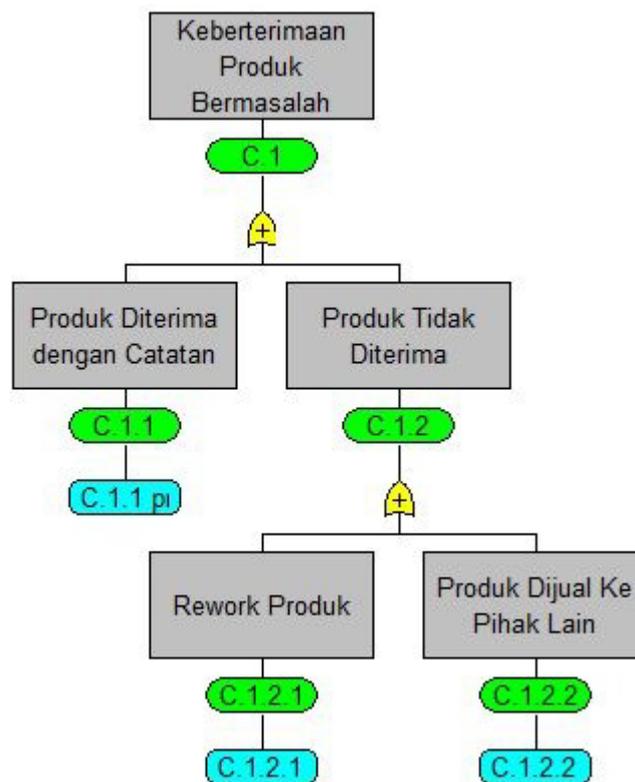
Gambar 4.8 Faktor-Faktor Produktifitas Pekerja Kurang Baik

Produktifitas pekerja yang kurang baik dapat mempengaruhi kinerja proyek yang sedang berlangsung. Pengaruh produktifitas yang kurang baik ini dibagi ke dalam 2 bagian, yaitu pengaruh internal dan eksternal. Adapun pengaruh internal tersebut antara lain keahlian pekerja yang kurang memadai, adanya permasalahan sesama karyawan, kecelakaan saat sedang bekerja, dan kurangnya apresiasi dari perusahaan. Sedangkan pengaruh eksternal yang dapat mempengaruhi kinerja proyek adalah terjadi kecelakaan saat pergi bekerja, adanya permasalahan dengan keluarga, mendadak izin dikarenakan ada kepentingan lain di luar pekerjaan. Hal-hal tersebut tentu menghambat proses pengerjaan proyek.

4.3.3 Sistem Manajemen yang Buruk

Sistem Manajemen yang buruk dalam pelaksanaan proyek dapat disebabkan oleh beberapa hal yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Hal-hal tersebut antara lain keberterimaan produk bermasalah dan manajemen yang kurang baik dan kurang terstruktur. Faktor-faktor ini didapatkan dari hasil wawancara dan kuesioner dengan karyawan-karyawan yang terlibat dalam pembangunan *jacket structure*.

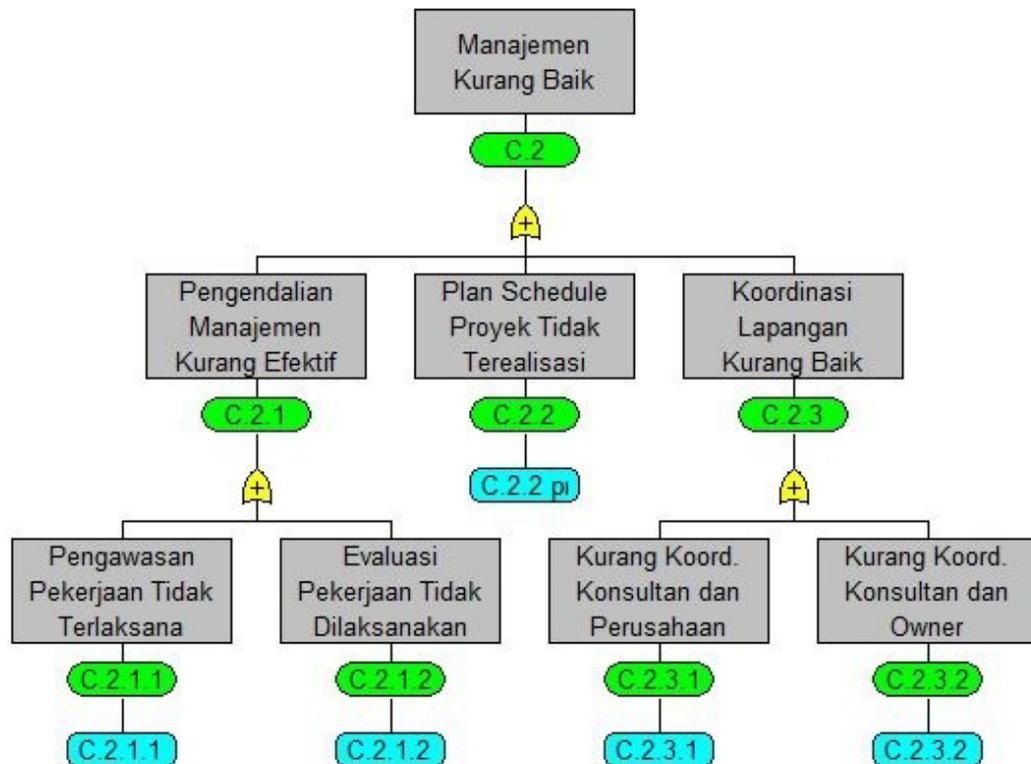
a. Keberterimaan Produk Bermasalah



Gambar 4.9 Faktor-Faktor Keberterimaan Produk Bermasalah

Salah satu manajemen yang buruk adalah proses serah terima produk dengan *owner* bermasalah. Beberapa faktor terkait yang menyebabkan keberterimaan produk bermasalah, yaitu produk diterima dengan catatan dan produk ditolak oleh *owner*. Bila produk ditolak oleh *owner* maka bisa melakukan *rework* proyek dengan cara negosiasi dengan *owner*. Bila *owner* tidak menginginkan *rework* proyek, maka produk bisa dijual ke pihak lain.

b. Manajemen Kurang Baik



Gambar 4.10 Faktor-Faktor Manajemen Kurang Baik

Manajemen yang kurang baik dapat mengganggu proses pelaksanaan suatu proyek. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi manajemen, antara lain pengendalian manajemen yang kurang efektif, *plan schedule* proyek tidak terealisasi, dan kurangnya koordinasi lapangan. Adapun penyebab pengendalian manajemen yang kurang efektif adalah pengawasan pekerjaan yang tidak terlaksana dan evaluasi hasil pekerjaan belum bisa dilaksanakan. Untuk penyebab kurangnya koordinasi lapangan adalah buruknya koordinasi antara konsultan dengan perusahaan ataupun *owner*. *Plan schedule* proyek kebanyakan belum bisa berjalan sesuai dengan apa yang direncanakan dikarenakan apa yang direncanakan tidak selalu berjalan dengan baik dan teratur sesuai dengan apa yang ada di lapangan.

Berikut merupakan *basic event* dari skema *fault tree* pada gambar 4.2 sampai dengan 4.10 yang ditunjukkan dalam tabel 4.2 :

Tabel 4.2 *Basic Event* FTA

No.	Kode Kejadian	Nama Kejadian
1.	A.1.1	Perubahan Tata Letak <i>Equipment</i>
2.	A.1.2	Perubahan Ukuran <i>Equipment</i>
3.	A.1.3	Penambahan Komponen <i>Platform</i>
4.	A.1.4	Detail Gambar Kurang Lengkap
5.	B.1.1	Material <i>Import</i>
6.	B.1.2	Material Belum Ada di Pasaran Lokal
7.	B.1.3	Kualitas Material Kurang Baik
8.	B.1.4	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran
9.	B.1.5	Durasi Pengiriman Material Lama
10.	B.2.1.1	Peralatan Jarang Dirawat
11.	B.2.1.2	Pemakaian Peralatan Berlebihan
12.	B.2.2	Peralatan Kerja Terbatas
13.	B.3.1	Listrik Padam
14.	B.3.2	Cuaca Tidak Mendukung
15.	B.3.3	Fasilitas Keamanan Kurang Baik
16.	B.3.4	Akses Masuk Perusahaan Terbatas dan Ketat
17.	B.4.1	Rekrutmen Karyawan Dibatasi
18.	B.4.2	Karyawan Banyak yang Pensiun
19.	B.4.3	Regenerasi Karyawan Belum Ada
20.	B.4.4	Jumlah Tenaga Kerja Kurang Banyak
21.	B.5.1.1	Keahlian Pekerja Kurang Memadai
22.	B.5.1.2	Permasalahan Sesama Karyawan
23.	B.5.1.3	Kecelakaan Saat Sedang Bekerja
24.	B.5.1.4	Kurangnya Apresiasi dari Perusahaan
25.	B.5.2.1	Kecelakaan Saat Pergi Bekerja
26.	B.5.2.2	Permasalahan dengan Keluarga
27.	B.5.2.3	Izin karena Kepentingan Mendadak
28.	C.1.1	Produk Diterima dengan Catatan
29.	C.1.2.1	<i>Rework</i> Produk
30.	C.1.2.2	Produk Dijual ke Pihak Lain
31.	C.2.1.1	Pengawasan Pekerjaan Tidak Terlaksana
32.	C.2.1.2	Evaluasi Pekerjaan Tidak Dilaksanakan
33.	C.2.2	<i>Plan Schedule</i> Proyek Tidak Terealisasi
34.	C.2.3.1	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan Perusahaan
35.	C.2.3.2	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan <i>Owner</i>

Tabel 4.3 di bawah ini menunjukkan responden dari hasil wawancara yang telah dilakukan untuk penyusunan diagram *fault tree analysis* (FTA) dan *event tree analysis* (ETA). Data responden ini dipilih berdasarkan permasalahan keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure*.

Tabel 4.3 Data Responden

No.	Jabatan	Jenis Kelamin	Pengalaman Kerja
1.	Karyawan	P	24 tahun
2.	Karyawan	L	25 tahun
3.	Supervisor	L	21 tahun
4.	Karyawan	L	15 tahun
5.	Supervisor	L	20 tahun
6.	Supervisor	L	26 tahun
7.	Manager	L	28 tahun
8.	Foreman	L	20 tahun
9.	Karyawan	L	21 tahun
10.	Karyawan	L	20 tahun
11.	Karyawan	L	20 tahun
12.	Karyawan	P	23 tahun
13.	Supervisor	L	20 tahun
14.	Karyawan	L	20 tahun
15.	Karyawan	P	24 tahun
16.	Supervisor	L	18 tahun
17.	Supervisor	L	20 tahun
18.	Foreman	L	15 tahun
19.	Karyawan	P	21 tahun
20.	Supervisor	L	20 tahun

Probabilitas dari masing-masing *basic event* pada proyek pembangunan *jacket structure* didapatkan melalui kuesioner dan wawancara dengan responden yang terkait. Untuk frekuensi kejadian *basic event* FTA berdasarkan pada Indeks Frekuensi kejadian seperti di bawah ini :

Tabel 4.4 Indeks Frekuensi

FI	Rating	Kualitatif	Kuantitatif
5	Frequent	Kejadian terjadi tiap produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-1}
4	Reasonably Probable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 5 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-2}
3	Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 25 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-3}
2	Extremely Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 75 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-4}
1	Extremely Improbable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 100 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-5}

Minimal Cut Set

Langkah yang dilakukan berikutnya setelah membuat diagram *fault tree analysis* (FTA) adalah menentukan *cut set*. *Cut set* adalah kombinasi kegagalan pada kejadian dasar (*basic event*) atau kombinasi pembentuk pohon kesalahan yang jika semua terjadi maka dapat menyebabkan peristiwa puncak terjadi. Sedangkan *minimal cut set* adalah kombinasi terkecil dari kombinasi kegagalan pada kejadian dasar (*basic event*) atau kombinasi peristiwa paling kecil yang membawa kejadian yang tidak diinginkan. Penentuan dan perhitungan *cut set* memerlukan data probabilitas dari masing-masing *basic event*. Penilaian dari para ahli diperlukan untuk perhitungan probabilitas tersebut. Responden yang mengisi kuesioner adalah orang yang ahli dan berpengalaman di berbagai bidang dalam proyek pembangunan *jacket structure*. Data dari penilaian para ahli kemudian disesuaikan dengan indeks frekuensi yang tersedia.

Tabel 4.5 Probabilitas *Basic Event*

No.	Kode Kejadian	Nama Kejadian	Probabilitas
1.	A.1.1	Perubahan Tata Letak <i>Equipment</i>	0,0072
2.	A.1.2	Perubahan Ukuran <i>Equipment</i>	0,0072
3.	A.1.3	Penambahan Komponen <i>Platform</i>	0,0072
4.	A.1.4	Detail Gambar Kurang Lengkap	0,0072
5.	B.1.1	Material <i>Import</i>	0,0049
6.	B.1.2	Material Belum Ada di Pasaran Lokal	0,0055
7.	B.1.3	Kualitas Material Kurang Baik	0,0055
8.	B.1.4	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran	0,0055
9.	B.1.5	Durasi Pengiriman Material Lama	0,0053
10.	B.2.1.1	Peralatan Jarang Dirawat	0,0006
11.	B.2.1.2	Pemakaian Peralatan Berlebihan	0,0005
12.	B.2.2	Peralatan Kerja Terbatas	0,0006
13.	B.3.1	Listrik Padam	0,0001
14.	B.3.2	Cuaca Tidak Mendukung	0,0012
15.	B.3.3	Fasilitas Keamanan Kurang Baik	0,0001
16.	B.3.4	Akses Masuk Perusahaan Terbatas dan Ketat	0,0001
17.	B.4.1	Rekrutmen Karyawan Dibatasi	0,0011
18.	B.4.2	Karyawan Banyak yang Pensiun	0,0012
19.	B.4.3	Regenerasi Karyawan Belum Ada	0,0013
20.	B.4.4	Jumlah Tenaga Kerja Kurang Banyak	0,0013
21.	B.5.1.1	Keahlian Pekerja Kurang Memadai	0,0025
22.	B.5.1.2	Permasalahan Sesama Karyawan	0,0003
23.	B.5.1.3	Kecelakaan Saat Sedang Bekerja	0,0003
24.	B.5.1.4	Kurangnya Apresiasi dari Perusahaan	0,0002
25.	B.5.2.1	Kecelakaan Saat Pergi Bekerja	0,0003
26.	B.5.2.2	Permasalahan dengan Keluarga	0,0003
27.	B.5.2.3	Izin karena Kepentingan Mendadak	0,0003
29.	C.1.1	Produk Diterima dengan Catatan	0,0034
29.	C.1.2.1	<i>Rework</i> Produk	0,0003
30.	C.1.2.2	Produk Dijual ke Pihak Lain	0,0013
31.	C.2.1.1	Pengawasan Pekerjaan Tidak Terlaksana	0,0052
32.	C.2.1.2	Evaluasi Pekerjaan Tidak Dilaksanakan	0,0052
33.	C.2.2	<i>Plan Schedule</i> Proyek Tidak Terealisasi	0,0061
34.	C.2.3.1	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan Perusahaan	0,0072
35.	C.2.3.2	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan <i>Owner</i>	0,0072

Dalam melakukan perhitungan *cut set* diperlukan bantuan *software* dengan menggunakan *software* DPL *Syncopation*. Langkah awal pengerjaan adalah menentukan *intermediate event*, faktor dari *basic event* FTA, lalu menentukan probabilitas dari masing-masing *basic event* tersebut dimana hasil probabilitas ini didapat dari hasil kuesioner dan wawancara dengan responden, lalu didapatkan hasil dari *minimal cut set* dari masing-masing cabang diagram FTA.

Tabel 4.6 di bawah ini menjelaskan mengenai *minimal cut set* dari proses desain terhambat yang diawali dengan faktor perubahan tata letak *equipment* dengan probabilitas 0,0072 yang menjadi pilihan utama penyebab faktor keterlambatan dari proses desain terhambat. Perubahan tata letak *equipment* cukup memakan waktu untuk melakukan desain ulang sehingga dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengerjaan proyek pembangunan *jacket structure*.

Tabel 4.6 *Minimal Cut Set* pada Proses Desain Terhambat

No.	Nama Kejadian	Probabilitas
1.	Perubahan Tata Letak <i>Equipment</i>	0,0072
2.	Perubahan Ukuran <i>Equipment</i>	0,0072
3.	Penambahan Komponen <i>Platform</i>	0,0072
4.	Detail Gambar Kurang Lengkap	0,0072
Total		0,0288

Perubahan ukuran *equipment*, penambahan komponen *platform*, serta detail gambar kurang lengkap juga menjadi faktor keterlambatan dalam pengerjaan proyek pembangunan *jacket structure*. Hal ini dikarenakan dalam segala perubahan maupun penambahan pada pengerjaan proyek akan berdampak pada gambar desain yang harus dilakukan desain ulang. Dalam melakukan desain ulang ini tentu memerlukan waktu yang cukup lama.

Tabel 4.7 *Minimal Cut Set* pada Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik

No.	Nama Kejadian	Probabilitas
1.	Material Belum Ada di Pasaran Lokal	0,0055
2.	Kualitas Material Kurang Baik	0,0055
3.	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran	0,0055
4.	Durasi Pengiriman Material Lama	0,0053
5.	Material <i>Import</i>	0,0049
6.	Keahlian Pekerja Kurang Memadai	0,0025

Tabel 4.8 *Minimal Cut Set* pada Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik (Lanjutan)

No.	Nama Kejadian	Probabilitas
7.	Jumlah Tenaga Kerja Kurang Banyak	0,0013
8.	Regenerasi Karyawan Belum Ada	0,0013
9.	Cuaca Tidak Mendukung	0,0012
10.	Karyawan Banyak yang Pensiun	0,0012
11.	Rekrutmen Karyawan Dibatasi	0,0011
12.	Peralatan Terbatas	0,0006
13.	Peralatan Jarang Dirawat	0,0006
14.	Pemakaian Peralatan Berlebihan	0,0005
15.	Permasalahan Sesama Karyawan	0,0003
16.	Kecelakaan Saat Sedang Bekerja	0,0003
17.	Kecelakaan Saat Pergi Bekerja	0,0003
18.	Permasalahan dengan Keluarga	0,0003
19.	Izin karena Kepentingan Mendadak	0,0003
20.	Kurangnya Apresiasi dari Perusahaan	0,0002
21.	Listrik Padam	0,0001
22.	Fasilitas Keamanan Kurang Baik	0,0001
23.	Akses Masuk Perusahaan Terbatas dan Ketat	0,0001
Total		0,0390

Pada tabel 4.7 dan 4.8 di atas menjelaskan mengenai *minimal cut set* pada proses produksi tidak berjalan dengan baik. Permasalahan utama yang menyebabkan proses produksi tidak berjalan dengan baik adalah karena adanya masalah pada material. Permasalahan utama tersebut antara lain material yang belum ada di pasaran lokal, kualitas material yang kurang baik, dan ukuran dan spesifikasi material yang tidak ada di pasaran. Permasalahan utama tersebut tentu akan memperlambat waktu dalam pemesanan material dari rencana awal yang semula ditetapkan. Masalah lain bisa disebabkan karena sumber daya manusia yang ada. Misalnya keahlian tenaga kerja yang kurang memadai atau kurangnya jumlah tenaga kerja. Semua masalah tersebut dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengerjaan proyek pembangunan *jacket structure*.

Tabel 4.9 *Minimal Cut Set* pada Sistem Manajemen yang Buruk

No.	Nama Kejadian	Probabilitas
1.	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan Perusahaan	0,0072
2.	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan <i>Owner</i>	0,0072
3.	<i>Plan Schedule</i> Proyek Tidak Terealisasi	0,0061
4.	Pengawasan Pekerjaan Tidak Terlaksana	0,0052
5.	Evaluasi Pekerjaan Tidak Dilaksanakan	0,0052

Tabel 4.10 *Minimal Cut Set* pada Sistem Manajemen yang Buruk (Lanjutan)

No.	Nama Kejadian	Probabilitas
6.	Produk Diterima dengan Catatan	0,0034
7.	Produk Dijual ke Pihak Lain	0,0013
8.	Rework Produk	0,0003
Total		0,0359

Pada tabel 4.9 dan 4.10 di atas menjelaskan mengenai *minimal cut set* pada sistem manajemen yang buruk. Permasalahan utama yang menyebabkan sistem manajemen yang buruk adalah karena kurangnya koordinasi antara konsultan dengan perusahaan maupun *owner*. Hal ini dapat menyebabkan miskomunikasi di lapangan yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengerjaan proyek pembangunan *jacket structure*. Masalah lain adalah *plan schedule* yang tidak terealisasi. Hal ini dapat mengganggu proses pelaksanaan produksi yaitu *engineering*, *procurement*, dan *construction* menjadi tidak terlaksana dengan efektif dikarenakan adanya kendala-kendala yang timbul diluar perkiraan.

Dari tabel 4.5 hingga 4.10 di atas dapat diketahui masing-masing *minimal cut set* dari *fault tree analysis* (FTA). Untuk *minimal cut set* pada proses desain terhambat memiliki probabilitas sebesar 0,0288. Kemudian untuk *minimal cut set* pada proses produksi tidak berjalan dengan baik memiliki probabilitas sebesar 0,0390. Sedangkan untuk *minimal cut set* pada sistem manajemen yang buruk memiliki probabilitas sebesar 0,0359. Jadi jumlah total probabilitas *minimal cut set* untuk *top event* adalah :

$$T = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

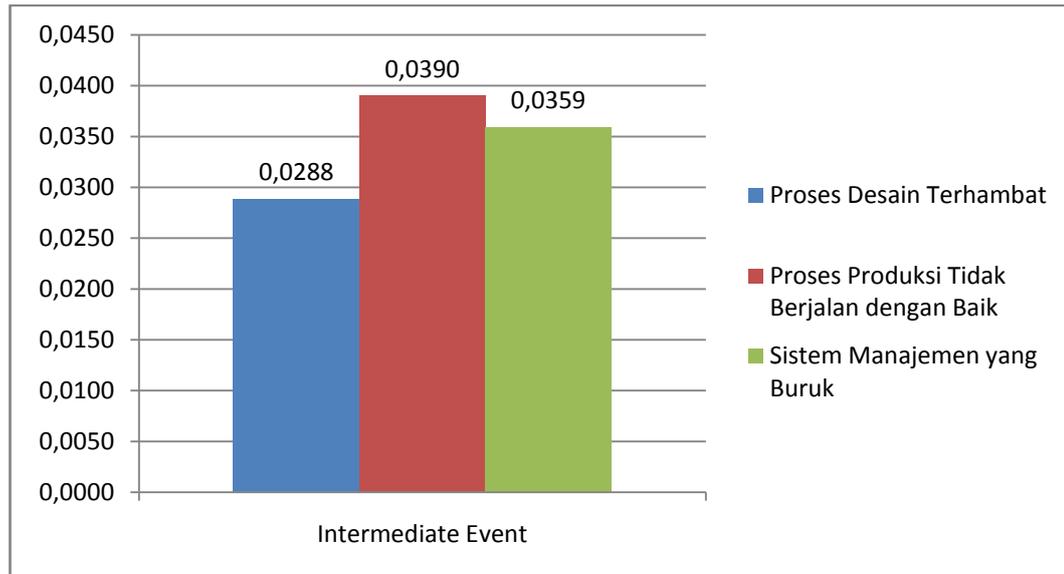
$$T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$T = 0,0288 + 0,0390 + 0,0359$$

$$T = 0,1037$$

Tabel 4.11 Probabilitas *Top Event*

No.	Nama Kejadian	Probabilitas
1.	Proses Desain Terhambat	0,0288
2.	Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik	0,0390
3.	Sistem Manajemen yang Buruk	0,0359
Total		0,1037



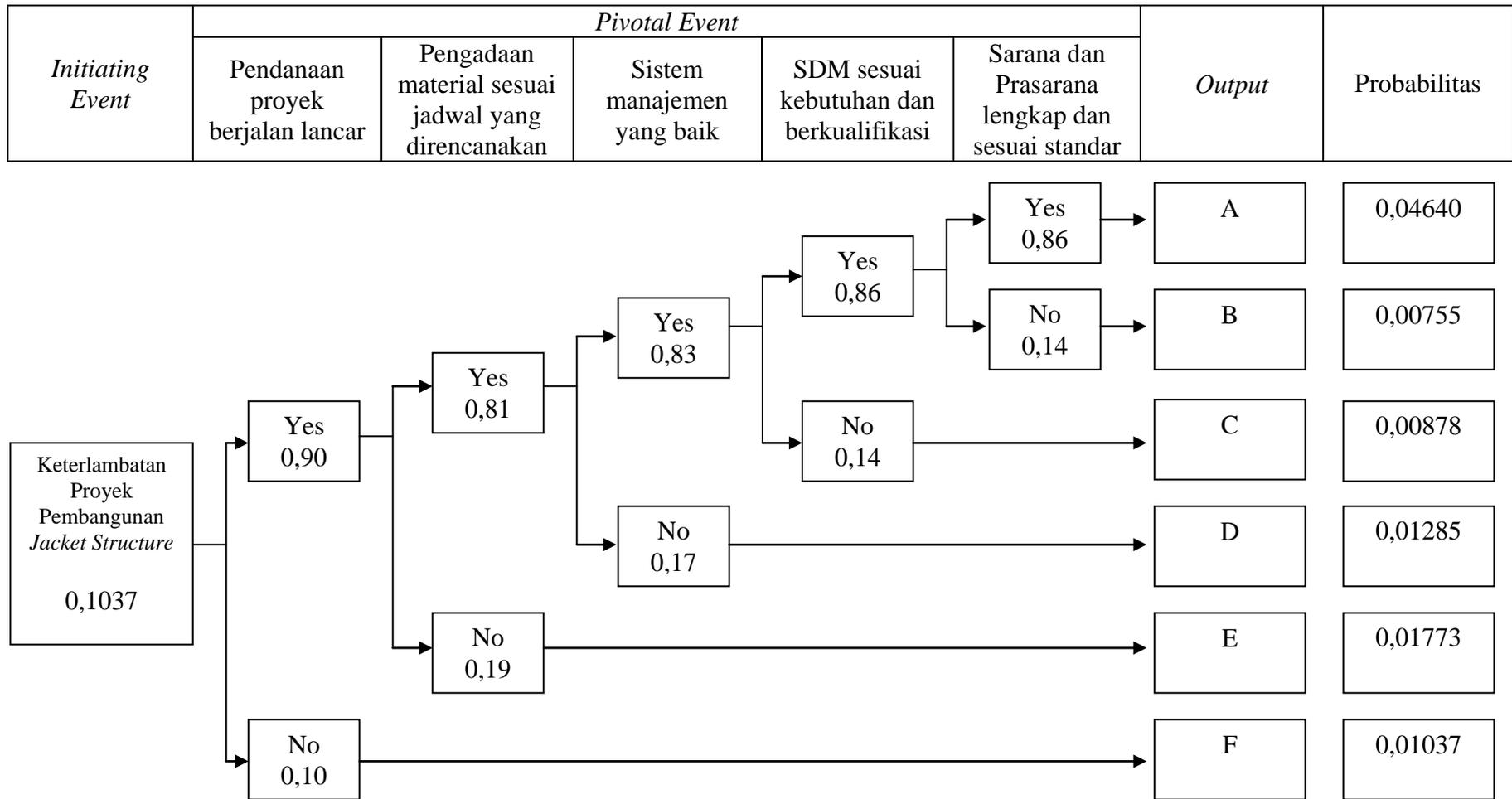
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Probabilitas

“Proses produksi tidak berjalan dengan baik” mempunyai probabilitas yang lebih tinggi dari “proses desain terhambat” dan “sistem manajemen yang buruk”. Ini dikarenakan proses produksi meliputi berbagai macam hal mulai dari *procurement* hingga *construction*. Permasalahan utama dalam keterlambatan ini adalah karena material yang tidak tersedia di pasaran, kualitas material yang kurang baik, maupun ukuran dan spesifikasi yang tersedia di pasaran. Hal tersebut tentu menghambat proses produksi. Resiko keterlambatan dalam pengadaan barang sangat besar dikarenakan adanya resiko dari keterlambatan pengiriman material hingga pengurusan dokumen-dokumen penunjang yang harus selesai pada waktu yang tepat. Faktor-faktor inilah yang menjadi penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure*.

4.4 Pengolahan Data Faktor Akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan *Jacket Structure* Dengan Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

Metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah teknik analisa yang digunakan untuk mengevaluasi proses dan kejadian yang mengarah pada kemungkinan kegagalan. Metode ini berguna dalam menganalisa konsekuensi yang timbul dari kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan. Konsekuensi dari kejadian diikuti melalui serangkaian kemungkinan. Disini akan dijelaskan secara keseluruhan mengenai akibat gagalnya suatu proyek pembangunan *jacket structure* mulai dari *pivotal event* yang tidak berjalan dengan maksimal hingga *output* yang dihasilkan dari *pivotal event* yang mengalami kegagalan tersebut. Dari proses-proses tersebut nantinya akan didapatkan akibat permasalahan, probabilitas, dan *risk matrix* yang dijabarkan dalam bentuk diagram ETA.

Di bawah ini dijabarkan mengenai akibat dari keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* yang terbagi menjadi 5 *pivotal event* yaitu pendanaan proyek berjalan lancar, pengadaan material sesuai jadwal yang direncanakan, sistem manajemen yang baik, sumber daya manusia sesuai kebutuhan dan berkualifikasi, sarana dan prasarana lengkap dan sesuai standar. Dari *pivotal event* tersebut nantinya akan didapatkan 6 *output* yang dilengkapi dengan denda akibat keterlambatan proyek tersebut beserta waktu keterlambatannya.



Gambar 4.12 Diagram ETA Akibat Proyek Pembangunan *Jacket Structure* yang Terlambat

Keterangan gambar 4.12 Diagram *Event Tree Analysis* (ETA) :

a. *Initiating Event*

Initiating event adalah kejadian awal dari diagram kegagalan ETA yang mana pada kasus yang dibahas ini adalah keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure*.

b. *Pivotal Event*

Pivotal event adalah kejadian perantara yang terjadi antara *initiating event* dan *output*. *Pivotal event* ini merupakan kejadian gagal maupun sukses dari diagram kegagalan ETA yang ditetapkan untuk mencegah *Initiating event* agar tidak mengakibatkan sebuah kegagalan. Dibawah ini terdapat 5 faktor *pivotal event* :

1. Pendanaan Proyek Berjalan Lancar

Sebuah proyek tidak dapat berjalan tanpa adanya dana yang mencukupi. Adanya dana merupakan masalah vital dalam suatu proyek. Ini dikarenakan dana merupakan langkah awal untuk memulai suatu proyek. Dengan adanya dana maka dapat melakukan segala kegiatan dan keperluan yang diperlukan dalam proyek. Bila tidak ada pendanaan yang lancar maka dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan pada proses pembangunan *jacket structure*. Bahkan bisa menyebabkan kegagalan produksi bila pendanaan tidak berjalan.

2. Pengadaan Material Sesuai Jadwal yang Direncanakan

Pengadaan material juga termasuk hal yang sangat vital. Material yang diperlukan dalam proses produksi harus sudah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum memulai produksi. Material yang tidak siap sebelum proses produksi dapat menghambat jalannya produksi dan menyebabkan keterlambatan pada pembangunan *jacket structure*.

3. Sistem Manajemen yang Baik

Perlu adanya sistem manajemen yang baik dalam melakukan suatu proyek. dengan adanya sistem manajemen yang baik maka jalannya

proyek pembangunan *jacket structure* lebih tertata dan dapat berjalan lancar. Tanpa ada sistem manajemen yang baik dapat mengganggu proses jalannya suatu proyek.

4. Sumber Daya Manusia Sesuai Kebutuhan dan Berkualifikasi

Sumber daya manusia (SDM) merupakan hal penting lainnya dalam terlaksananya suatu proyek. Dalam sebuah proses produksi diperlukan sumber daya manusia yang cukup namun memiliki keahlian dan pengalaman yang baik guna menunjang terlaksananya suatu proyek. Selain itu perlu pekerja yang bersertifikasi agar dalam pengerjanya sesuai dengan standar kerja yang berlaku. Dengan tidak adanya sumber daya manusia yang sesuai kebutuhan dan berkualifikasi maka proyek pembangunan *jacket structure* bisa terganggu.

5. Sarana dan Prasarana Lengkap dan Sesuai Standar

Hal yang sangat penting lainnya adalah tersedianya sarana dan prasarana yang lengkap dan sesuai standar. Sarana dan prasana yang dimaksud disini adalah peralatan penunjang produksi dan lahan yang digunakan untuk mengerjakan pembangunan *jacket structure* tersebut. Peralatan dan lahan yang digunakan harus lengkap dan memenuhi standar agar proyek pembangunan tersebut dapat berjalan dengan baik.

c. *Output*

Output pada *Event Tree Analysis* ini memiliki konsekuensi yang mana masing-masing *output* memiliki probabilitas sesuai dengan *pivotal event* yang tidak terjadi. Nilai proyek yang digunakan untuk melaksanakan pembangunan *jacket structure* ini adalah menggunakan kurs dollar (\$), tetapi dalam pengerjaan tugas akhir ini dirubah menjadi rupiah (Rp). Kurs dollar diasumsikan senilai Rp 14.000,-. Total nilai pengerjaan *jacket structure* sebesar \$ 4.615.727. Bila dirupiahkan maka total nilai proyek sebesar Rp 64.620.178.000,-.

Keterangan mengenai masing-masing *output* :

1. *Output A* : Proyek pembangunan *jacket structure* berhasil diselesaikan dengan baik. Namun mengalami sedikit keterlambatan antara 1 hari hingga 1 minggu. Maka akan dikenai denda sebesar 0,1% per hari dari total nilai proyek Rp 64.620.178.000,-. Jadi denda terendah sebesar Rp 64.620.178,- dan denda tertinggi sebesar Rp 323.100.890,-.

Output A terjadi dengan probabilitas :

$$0,1037 \times 0,9 \times 0,81 \times 0,83 \times 0,86 \times 0,86 = 0,04640$$

2. *Output B* : Proyek pembangunan *jacket structure* berhasil diselesaikan namun sedikit mengalami keterlambatan dikarenakan sarana dan prasarana yang kurang mendukung dan kurang sesuai standar. Keterlambatan ini berkisar antara 1 minggu hingga 2 minggu. Maka akan dikenai denda sebesar 0,1% per hari dari total nilai proyek Rp 64.620.178.000,-. Jadi denda terendah sebesar Rp 323.100.890,- dan denda tertinggi sebesar Rp 646.201.780,-.

Output B terjadi dengan probabilitas :

$$0,1037 \times 0,9 \times 0,81 \times 0,83 \times 0,86 \times 0,14 = 0,00755$$

3. *Output C* : Proyek pembangunan *jacket structure* berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan sumber daya manusia yang sedikit jumlahnya dan tidak sesuai kualifikasi. Keterlambatan ini berkisar antara 2 minggu hingga 4 minggu (1 bulan). Maka akan dikenai denda sebesar 0,1% per hari dari total nilai proyek Rp 64.620.178.000,-. Jadi denda terendah sebesar Rp Rp 646.201.780,- dan denda tertinggi sebesar Rp 1.421.643.916,-.

Output C terjadi dengan probabilitas :

$$0,1037 \times 0,9 \times 0,81 \times 0,83 \times 0,14 = 0,00878$$

4. *Output D* : Proyek pembangunan *jacket structure* berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan sistem manajemen yang kurang baik. Keterlambatan ini berkisar antara 4 minggu (1 bulan)

hingga 6 minggu. Maka akan dikenai denda sebesar 0,1% per hari dari total nilai proyek Rp 64.620.178.000,-. Jadi denda terendah sebesar Rp 1.421.643.916,- dan denda tertinggi sebesar Rp 2.067.845.696,-.

Output D terjadi dengan probabilitas :

$$0,1037 \times 0,9 \times 0,81 \times 0,17 = 0,01285$$

5. *Output E* : Proyek pembangunan *jacket structure* berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan pengadaan material yang sesuai jadwal yang direncanakan. Keterlambatan ini berkisar antara 6 minggu hingga 8 minggu (2 bulan). Maka akan dikenai denda sebesar 0,1% per hari dari total nilai proyek Rp 64.620.178.000,-. Jadi denda terendah sebesar Rp 2.067.845.696,- dan denda tertinggi sebesar Rp 2.843.287.832,-.

Output E terjadi dengan probabilitas :

$$0,1037 \times 0,9 \times 0,19 = 0,01773$$

6. *Output F* : Proyek pembangunan *jacket structure* tidak dapat diselesaikan dikarenakan pendanaan proyek tidak berjalan dengan lancar.

Output F terjadi dengan probabilitas :

$$0,1037 \times 0,1 = 0,01037$$

Output dari hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan secara terperinci pada tabel 4.12 di bawah ini :

Tabel 4.12 Ringkasan Konsekuensi dari Masing-Masing *Output*

Output	Durasi	Denda (Rp)		Probabilitas
		Terkecil	Terbesar	
A	1 hari – 1 minggu	64.620.178	323.100.890	0,04640
B	1 minggu–2 minggu	323.100.890	646.201.780	0,00755
C	2 minggu–4 minggu	646.201.780	1.421.643.916	0,00878

Tabel 4.13 Ringkasan Konsekuensi dari Masing-Masing *Output* (Lanjutan)

Output	Durasi	Denda (Rp)		Probabilitas
		Terkecil	Terbesar	
D	4 minggu–6 minggu	1.421.643.916	2.067.845.696	0,01285
E	6 minggu–8 minggu	2.067.845.696	2.843.287.832	0,01773
F	Gagal fabrikasi			0,01037

d. Konsekuensi *Event Tree Analysis* (ETA) pada *Risk Matrix*

Penentuan kategori konsekuensi dalam *risk matrix* berdasarkan probabilitas dari hasil *event tree analysis* (ETA). Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan *Frequency Index* (FI) dan *Severity Index* (SI) dari *output* yang dihasilkan pada *Event Tree Analysis* (ETA). Kemudian menghitung *Risk Index* (RI) untuk digolongkan dalam *risk matrix*.

Tabel 4.14 *Frequency Index* (FI) untuk *Risk Matrix*

FI	Rating	Kualitatif	Kuantitatif
5	Frequent	Kejadian terjadi tiap produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-1}
4	Reasonably Probable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 5 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-2}
3	Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 25 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-3}
2	Extremely Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 75 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-4}
1	Extremely Improbable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 100 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-5}

Tabel 4.14 di atas adalah tabel yang menjelaskan penggolongan data kuantitatif dari *event tree analysis* (ETA) ke dalam *frequency index* (FI) dimana *rating* permasalahan terjadi menjelaskan tentang kurun waktu kejadian permasalahan pada proyek pembangunan *jacket structure*. Pembuatan data ini dilakukan dengan metode wawancara dengan meminta persetujuan dari responden ETA.

Tabel 4.15 *Severity Index (SI)* untuk *Risk Matrix*

SI	Rating	Kualitatif
1	Minor	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> dikenai denda maksimal 1M dan terlambat antara 1 minggu – 2 minggu
2	Moderate	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> dikenai denda maksimal 5M dan terlambat antara 2 minggu – 6 minggu
3	Serious	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> dikenai denda maksimal 10M dan terlambat antara 6 minggu – 3 bulan
4	Catastrophic	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> gagal dilaksanakan

Tabel 4.15 adalah tabel yang menjelaskan penggolongan data kualitatif dari *event tree analysis* (ETA) ke dalam *severity index* (SI) dimana rating permasalahan terjadi menjelaskan tentang penggolongan dampak akibat permasalahan pada proyek pembangunan *jacket structure*. Penggolongan data ini juga meminta persetujuan dari responden ETA dengan metode wawancara. Hasil dari korespondensi terhadap *consequence* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.16 Hasil Wawancara Responden

No.	Output	Frequency Index (FI)		Severity Index (SI)
		Kuantitatif	Kualitatif	Kualitatif
1	Output A	0,04640	Reasonably Probable	Minor
2	Output B	0,00755	Remote	Minor
3	Output C	0,00878	Remote	Moderate
4	Output D	0,01285	Reasonably Probable	Moderate
5	Output E	0,01773	Reasonably Probable	Serious
6	Output F	0,01037	Reasonably Probable	Catastrophic

Tabel 4.17 Risk Matrix

FI	Rating	Severity Index (SI)			
		1	2	3	4
		Minor	Moderate	Serious	Catastrophic
5	Frequent	5	10	15	20
4	Reasonably Probable	4	8	12	16
3	Remote	3	6	9	12
2	Extremely Remote	2	4	6	8
1	Extremely Improbable	1	2	3	4

Keterangan

1-3 : Low

4-14 : Moderate

15-20 : High

Dari tabel di atas hasil *event tree analysis* (ETA) dapat dikelompokkan ke dalam *risk matrix* dengan rumus *risk index* (RI) sebagai berikut :

$$RI = FI \times SI \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan

RI : *Risk Index*

FI : *Frequency Index*

SI : *Severity Index*

Tabel 4.18 di bawah ini akan menjelaskan tentang penggolongan *output* ke dalam *risk index* (RI) dari hasil perhitungan sebelumnya.

Tabel 4.18 Resiko Keterlambatan Proyek Pembangunan *Jacket Structure*

No.	Output	Frequency Index (FI)		Severity Index (SI)		Risk Index (RI)	
1.	Output A	4	Reasonably Probable	1	Minor	4	Moderate
2.	Output B	3	Remote	1	Minor	3	Low
3.	Output C	3	Remote	2	Moderate	6	Moderate
4.	Output D	4	Reasonably Probable	2	Moderate	8	Moderate
5.	Output E	4	Reasonably Probable	3	Serious	12	Moderate
6.	Output F	4	Reasonably Probable	4	Catastrophic	16	High

Dari tabel di atas dapat dilihat sebagai contoh *output A* berada pada bobot *Moderate* ini berarti tingkat resikonya berada pada tingkat yang “sedang/cukup” dengan *frequency index (FI)* berada pada posisi *Reasonably Probable* yang berarti tingkat frekuensi kejadian adalah “cukup memungkinkan” dengan *severity index (SI)* berada pada posisi *Minor* yang berarti tingkat bahayanya rendah.

Hasil penjelasan mengenai *output* yang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.18 di atas. Hasil *output* di atas bila dimasukkan dalam *risk matrix* maka akan menjadi seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.19 Hasil *Output* pada *Risk Index*

FI	Rating	Severity Index (SI)			
		1	2	3	4
		Minor	Moderate	Serious	Catastrophic
5	Frequent	5	10	15	20
4	Reasonably Probable	4	8	12	16
3	Remote	3	6	9	12
2	Extremely Remote	2	4	6	8
1	Extremely Improbable	1	2	3	4

A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---

Keterangan

1-3 : Low

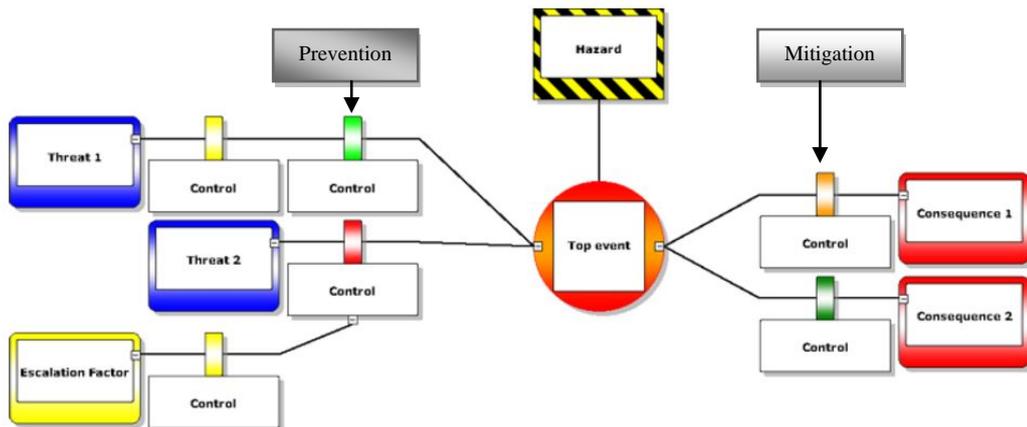
4-14 : Moderate

15-20 : High

4.5 Pengolahan Data Penghambat (*Barrier*) pada Keterlambatan Proyek Pembangunan *Jacket Structure* Dengan Metode *Bow-Tie Analysis*

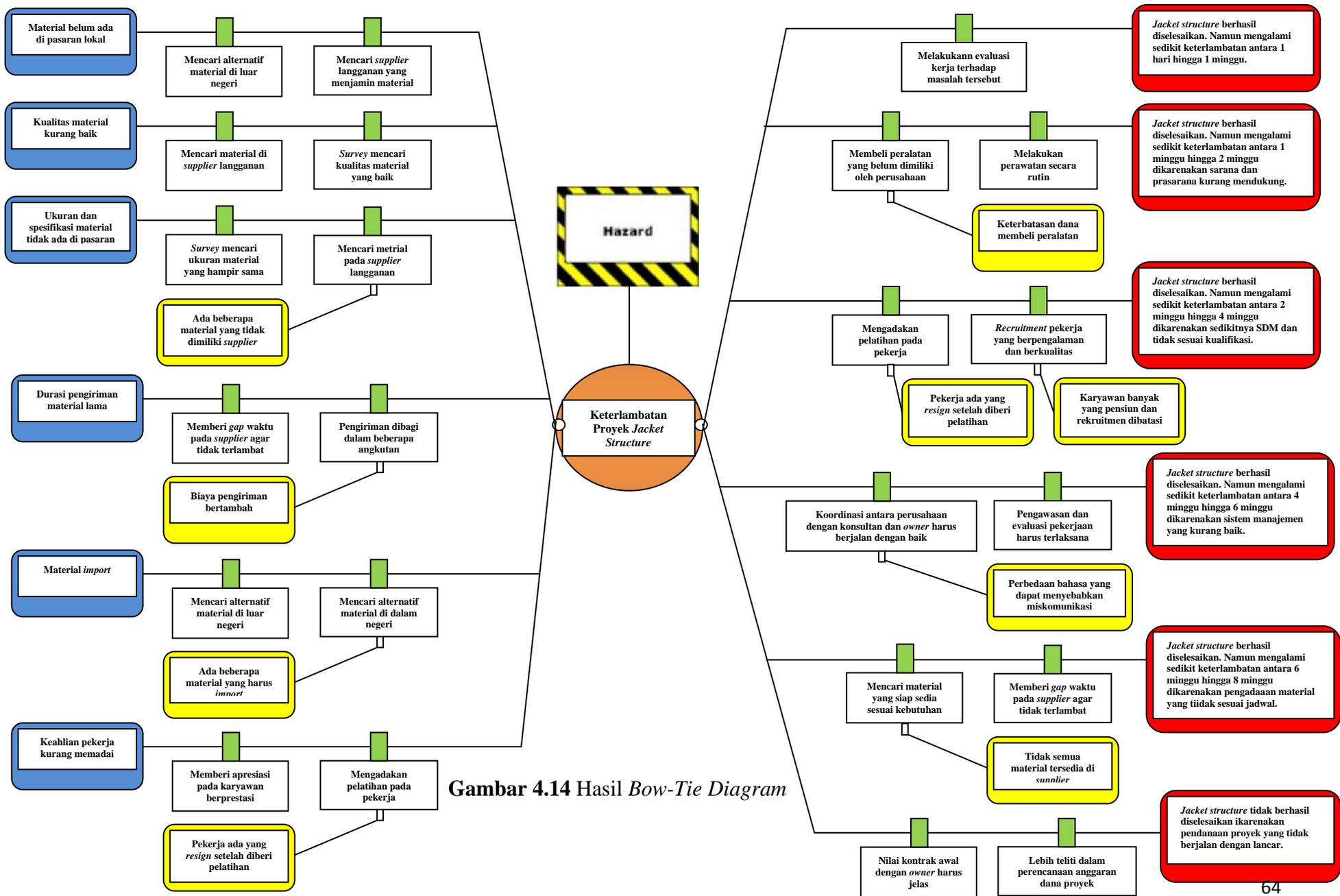
Langkah yang dilakukan setelah mencari faktor penyebab keterlambatan dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) dan mencari dampak keterlambatan dengan menggunakan metode *event tree analysis* (ETA) adalah mengolah data keterlambatan dalam proses pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Bow-Tie Analysis*. *Bow-Tie Analysis* adalah metode diagramatis yang digunakan untuk menggambarkan dan menganalisa jalur suatu resiko dari faktor penyebab kegagalan hingga dampaknya. Metode ini sering dianggap sebagai kombinasi dari metode *fault tree analysis* (FTA) atau pohon kesalahan yang digunakan untuk menganalisa faktor penyebab suatu kegagalan dengan metode *event tree analysis* (ETA) atau pohon kejadian yang digunakan

untuk menganalisa dampak dari suatu kegagalan. Metode ini juga berfungsi dalam penyusunan *barrier* atau penghambat dalam hal ini terbagi menjadi 2, *prevention* dan *mitigation*. *Prevention* (pencegahan) disini adalah langkah pencegahan terhadap faktor penyebab kegagalan. Sedangkan *mitigation* (pemulihan) adalah langkah pemulihan / peringanan terhadap dampak dari kegagalan.



Gambar 4.13 Diagram *Bow-Tie*

Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan *top event*, kemudian menyusun *threat* (ancaman) dan *consequence* (konsekuensi) yang akan dimasukkan dalam diagram *Bow-Tie*. Daftar *threat* (ancaman) dapat dimasukkan berdasarkan hasil dari *fault tree analysis* (FTA) berupa faktor penyebab keterlambatan. Sedangkan daftar *consequence* (konsekuensi) dapat dimasukkan berdasarkan hasil *output* dari metode *event tree analysis* (ETA) yang berupa denda atau pinalti dari batas waktu yang telah ditetapkan. Setelah itu membuat *barrier* (penghambat) dari hasil wawancara dengan berbagai narasumber maupun dari hasil evaluasi proyek pembangunan *jacket structure* sebagai langkah pencegahan ancaman (*threat prevention*) dan pemulihan atau peringanan dampak konsekuensi (*consequence mitigation*). Setelah itu menentukan apakah ada faktor penghalang *barrier* itu terjadi dalam *escalation factor*.



Gambar 4.14 Hasil Bow-Tie Diagram

Pada tabel 4.20 di bawah ini menjelaskan mengenai macam-macam ancaman dari hasil *fault tree analysis* (FTA) dari keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* beserta pencegahannya (*prevention*) dan beberapa faktor penghalangnya.

Tabel 4.20 Daftar Ancaman Pada *Bow-Tie Diagram*

No.	Ancaman	Pencegahan	Faktor Penghalang
1	Material Belum Ada di Pasaran Lokal	Mencari alternatif material di luar negeri	Tidak ada, sudah terlaksana
		Mencari <i>supplier</i> langganan yang menjamin menyediakan material	Tidak ada, sudah terlaksana
2	Kualitas Material Kurang Baik	Mencari material pada <i>supplier</i> langganan	Tidak ada, sudah terlaksana
		Melakukan <i>survey</i> untuk mencari material dengan kualitas yang baik	Tidak ada, sudah terlaksana
3	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran	Mencari material pada <i>supplier</i> langganan	Ada beberapa ukuran material yang tidak dipunya oleh <i>supplier</i>
		Melakukan <i>survey</i> untuk mencari material yang ukurannya hampir sama	Tidak ada, sudah terlaksana
4	Durasi Pengiriman Material Lama	Pengiriman dibagi dalam beberapa angkutan	Biaya pengiriman akan bertambah
		Memberikan <i>gap</i> waktu pada <i>supplier</i> agar pengiriman material tidak terlambat	Tidak ada, sudah terlaksana
5	Material <i>Import</i>	Mencari alternatif material di dalam negeri	Ada beberapa material yang harus <i>import</i>
		Memberikan <i>gap</i> waktu pada <i>supplier</i> agar pengiriman material tidak terlambat	Tidak ada, sudah terlaksana
6	Keahlian Pekerja Kurang Memadai	Mengadakan pelatihan pada pekerja	Ada pekerja yang <i>resign</i> setelah diberi pelatihan
		Memberi apresiasi pada karyawan yang berprestasi	Tidak ada, sudah terlaksana

Pada tabel 4.21 di bawah ini menjelaskan mengenai macam-macam konsekuensi dari hasil *event tree analysis* (ETA) dari keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* beserta pemulihan atau pengurangan konsekuensi dan beberapa faktor penghalangnya.

Tabel 4.21 Daftar Konsekuensi Pada *Bow-Tie Diagram*

No.	Konsekuensi	Mitigasi	Faktor Penghalang
1	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan dengan baik. Namun mengalami sedikit keterlambatan antara 1 hari hingga 1 minggu.	Melakukan evaluasi kerja terhadap keterlambatan tersebut	Tidak ada, sudah terlaksana
2	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun sedikit mengalami keterlambatan dikarenakan sarana dan prasarana yang kurang mendukung dan kurang sesuai standar. Keterlambatan ini berkisar antara 1 minggu hingga 2 minggu.	Melakukan perawatan peralatan secara rutin	Tidak ada, sudah terlaksana
		Membeli peralatan yang belum dimiliki oleh perusahaan	Keterbatasan dana dalam membeli peralatan
3	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan sumber daya manusia yang sedikit jumlahnya dan tidak sesuai kualifikasi. Keterlambatan ini berkisar antara 2 minggu hingga 4 minggu (1 bulan).	Mengadakan pelatihan pada pekerja	Ada pekerja yang <i>resign</i> setelah diberi pelatihan
		Melakukan <i>recruitment</i> pekerja yang berpengalaman dan berkualitas	Karyawan banyak yang pensiun dan perekrutan karyawan dibatasi
4	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan sistem manajemen yang kurang baik. Keterlambatan ini berkisar antara 4 minggu (1 bulan) hingga 6 minggu.	Koordinasi antara perusahaan dengan konsultan dan <i>owner</i> harus berjalan dengan baik	Perbedaan bahasa sehingga bisa menyebabkan miskomunikasi
		Pengawasan dan evaluasi pekerjaan harus terlaksana	Tidak ada, sudah terlaksana

Tabel 4.22 Daftar Konsekuensi Pada *Bow-Tie Diagram* (Lanjutan)

No.	Konsekuensi	Mitigasi	Faktor Penghalang
5	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan pengadaan material tidak sesuai jadwal yang direncanakan. Keterlambatan ini berkisar antara 6 minggu hingga 8 minggu (2 bulan).	Memberikan <i>gap</i> waktu pada <i>supplier</i> agar pengiriman material tidak terlambat	Tidak ada, sudah terlaksana
		Mencari material yang siap sedia yang sesuai dengan kebutuhan	Tidak semua material tersedia di <i>supplier</i>
6	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> tidak dapat diselesaikan dikarenakan pendanaan proyek tidak berjalan dengan lancar.	Nilai kontrak awal dengan <i>owner</i> harus jelas	Tidak ada, sudah terlaksana
		Lebih teliti dalam perencanaan anggaran dana proyek	Tidak ada, sudah terlaksana

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor utama penyebab keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah proses produksi tidak berjalan dengan baik, sistem manajemen yang kurang baik, dan proses desain yang terhambat.

Hasil perhitungan *minimal cut set* dari masing-masing permasalahan utama yang ada adalah sebagai berikut :

- a. Proses produksi tidak berjalan dengan baik memiliki probabilitas sebesar 0,0390.
- b. Sistem manajemen yang buruk memiliki probabilitas sebesar 0,0359.
- c. Proses desain terhambat memiliki probabilitas sebesar 0,0288.

Probabilitas keseluruhan dari keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* dari metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah 0,1037.

2. Dampak-dampak dari keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah :

Proyek pembangunan *jacket structure* selesai diproduksi namun mengalami keterlambatan dengan jarak antara 1 minggu hingga 8 minggu (2 bulan) yang diakibatkan oleh berbagai macam faktor dan dikenai denda atau pinalti sebesar 0,1% perhari dari total nilai kontrak proyek pembangunan *jacket structure* sebesar Rp 64.620.178.000,-. Dari total nilai kontrak tersebut didapatkan denda atau pinalti antara Rp 323.100.890,- hingga Rp 2.843.287.832,-

3. Hasil *Bow-Tie Analysis* dari keterlambatan proyek pembangunan *jacket structure* adalah berupa diagram yang menjelaskan apa saja pencegahan (*prevention*) yang harus dilakukan dalam mengatasi ancaman (*threat*) contohnya untuk ancaman “material tidak tersedia di pasaran” maka langkah pencegahannya adalah dengan mencari alternatif material di luar negeri atau mencari supplier langganan yang menjamin ketersediaan material. Diagram ini juga menjelaskan apa saja langkah pemulihan atau pengurangan dampak (*mitigation*) dari konsekuensi (*consequence*) yang terjadi, contohnya pada konsekuensi “*jacket structure* berhasil diselesaikan. Namun mengalami sedikit keterlambatan antara 1 minggu hingga 2 minggu dikarenakan sarana dan prasarana kurang mendukung” maka langkah pengurangan dampaknya adalah melakukan perawatan secara rutin atau membeli peralatan yang belum dimiliki perusahaan. Pada langkah “membeli peralatan yang belum dimiliki perusahaan” terdapat faktor penghalang yaitu keterbatasan dana dalam pembelian peralatan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis pada pengerjaan tugas akhir ini yang berkaitan dengan faktor penyebab dan dampak keterlambatan serta *barrier analysis* pada metode *Bow-Tie analysis* pada proyek pembangunan *jacket structure* adalah studi kasus yang diambil hanya pada 1 objek atau 1 perusahaan saja. Untuk menyempurnakan pengerjaan pada penelitian berikutnya agar didapatkan hasil yang maksimal diharapkan untuk melakukan penelitian antar proyek atau perusahaan.

LAMPIRAN A : Kuesioner Pencarian *Basic Event* dan Probabilitas *Basic Event*

Kuesioner Mengenai Proyek Pembangunan HCML Platform

di PT PAL Indonesia

- ❖ Jenis Kelamin : L / P
- ❖ Status : Karyawan Tetap Karyawan Kontrak
- ❖ Jabatan : Supervisor Foreman Karyawan Manager
- ❖ Lama Bekerja : Tahun

Kuesioner ini diperlukan peneliti atas nama Firza Redana dari Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk membantu pengerjaan tugas akhir yang membahas permasalahan mengenai Faktor Keterlambatan Proyek Pembangunan HCML Platform di PT PAL Indonesia.

CARA MENGISI KUESIONER

Beri tanda \surd pada kotak yang jawabannya menurut anda benar. Bila anda menempatkan tanda \surd pada kotak yang salah, hitamkan kotak tersebut hingga penuh, kemudian tempatkan tanda \surd yang baru di kotak yang menurut anda benar.

Permasalahan Selama Proses Pembangunan Platform

A. Proses Desain Terhambat

❖ **Indikator 1** : Gambar Desain Berubah

1. Apakah faktor-faktor yang berkaitan dengan revisi gambar desain berikut berpengaruh ke proses produksi platform ?

- Perubahan tata letak *equipment*
- Perubahan ukuran *equipment*
- Penambahan komponen platform
- Detail gambar kurang lengkap
- Semua pilihan berpengaruh
- Lainnya

2. Seberapa seringkah kejadian pada nomor 1 terjadi dalam suatu proyek pembangunan *platform* ?

Tidak Pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

Bila dimasukkan ke dalam penilaian seberapa besar pengaruh hal pada nomor 1 ?

Kecil Sedang Besar Besar sekali

B. Proses Produksi Terganggu

❖ Indikator 2 : Ketersediaan Bahan Material

3. Biasanya dalam proses pembangunan *platform* apakah material telah dipersiapkan oleh bengkel tempat anda bekerja ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

4. Apakah sering mengalami gangguan kehabisan material selama proses produksi *platform* ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

5. Dalam proses *procurement* terkadang memakan waktu yang lama, penyebab apa yang sering timbul ?

Material *import*

Material belum tersedia di pasaran

Kualitas material kurang baik sehingga dilakukan pemesanan ulang

Ukuran dan spesifikasi material tidak tersedia di pasaran

Durasi pembelian dan pengiriman material yang cenderung lama

Semua pilihan

Lainnya

❖ Indikator 3 : Fasilitas Peralatan

6. Dalam proses produksi pembangunan *platform* apakah ada kendala dalam hal pemakaian peralatan yang digunakan selama proses produksi melebihi batas sehingga mengalami kerusakan ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

7. Permasalahan peralatan yang rusak apakah mempengaruhi kinerja pekerjaan pembangunan *platform* ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

8. Terkadang terdapat peralatan yang belum memenuhi *standart* pekerjaan selama proses produksi *platform*, apakah permasalahan tersebut juga ada ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

9. Apakah peralatan yang tersedia telah dilakukan perawatan secara rutin oleh perusahaan tempat anda bekerja ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

❖ **Indikator 4** : Kondisi Lingkungan

10. Selama proses produksi *platform* di bengkel tempat anda bekerja apakah pernah mengalami bencana alam yang membuat proses produksi terhenti ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

11. Jika cuaca sedang buruk apakah juga menunda proses produksi *platform* ?

Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

12. Apakah keadaan berikut pernah anda alami selama di tempat kerja ?

Hujan lebat sehingga malas pergi ke tempat kerja

Terdapat perselisihan dengan karyawan lain sehingga mengganggu kinerja anda

Tempat bekerja tidak memberikan fasilitas *safety* yang memadai

Semua pilihan pernah mengalami

Lainnya

❖ **Indikator 5** : Pekerja Terbatas

13. Apakah faktor-faktor yang berkaitan dengan karyawan berikut berpengaruh ke proses produksi *platform* ?

- Rekrutmen karyawan dibatasi
- Karyawan banyak yang pensiun
- Proses regenerasi karyawan belum ada
- Semua pilihan berpengaruh
- Lainnya

14. Bila dimasukkan ke dalam penilaian seberapa besar pengaruh hal pada nomor 13 ?

- Kecil Normal Besar Besar sekali

15. Apakah faktor-faktor yang berkaitan dengan sub-kontraktor berikut berpengaruh ke proses produksi *platform* ?

- Sub-kontraktor kurang berkompeten selama proses produksi
- Sub-kontraktor melanggar kontrak
- Jumlah tenaga kerja sub-kontraktor kurang
- Peralatan sub-kontraktor kurang memadai
- Semua pilihan berpengaruh
- Lainnya

16. Seberapa seringkah kejadian pada nomor 15 terjadi dalam suatu proyek pembangunan *platform* ?

- Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

Bila dimasukkan ke dalam penilaian seberapa besar pengaruh hal pada nomor 15 ?

- Kecil Normal Besar Besar sekali

❖ **Indikator 6** : Produktivitas Kerja yang Kurang Baik

17. Apakah faktor-faktor (internal) yang berkaitan dengan turunnya produktivitas pekerja berikut berpengaruh ke proses produksi *platform* ?

- Skill* pekerja yang kurang baik atau tidak bersertifikasi
- Terdapat permasalahan dengan karyawan lain atau atasan
- Mengalami kecelakaan di tempat kerja
- Semua pilihan berpengaruh
- Lainnya

18. Seberapa seringkah kejadian pada nomor 17 terjadi dalam suatu proyek pembangunan *platform* ?

- Tidak pernah
- Kadang-kadang
- Normal
- Sering
- Sering sekali

Bila dimasukkan ke dalam penilaian seberapa besar pengaruh hal pada nomor 17 ?

- Kecil
- Normal
- Besar
- Besar sekali

19. Apakah faktor-faktor (eksternal) yang berkaitan dengan turunnya produktivitas pekerja berikut pernah anda alami selama menangani proyek pembangunan *platform* ?

- Kecelakaan saat pergi ke tempat kerja
- Terdapat permasalahan dengan keluarga sehingga malas bekerja
- Terdapat kepentingan mendadak sehingga absen masuk kerja
- Semua pilihan pernah mengalami
- Lainnya

C. Sistem Manajemen Buruk

❖ **Indikator 7** : Keberterimaan Produk

20. Setelah proses produksi *platform* dilakukan hingga selesai pernahkah kejadian berikut dialami oleh perusahaan tempat anda bekerja ?

- Platform* diterima 100% tanpa komplain
- Platform* diterima dengan catatan beberapa hal diperbaiki
- Platform* ditolak oleh *owner* sehingga dilakukan opsi penjualan ke pihak lain
- Semua pilihan pernah mengalami
Lainnya

21. Seberapa seringkah kejadian pada nomor 20 terjadi dalam suatu proyek pembangunan *platform* ?

- Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

❖ **Indikator 8** : Manajemen Kurang Baik

22. Berkaitan dengan manajemen proyek pembangunan *platform* di perusahaan tempat anda bekerja beberapa nilai ini apakah pernah terjadi ?

- Schedule* awal rencana pelaksanaan proyek tidak terlaksana dengan baik
- Action plan* setelah pengawasan tidak terlaksana dengan baik
- Hasil evaluasi pekerjaan belum bisa diaplikasikan pada rencana lanjutan
- Koordinasi antara *owner surveyor* dan perusahaan kurang baik
- Koordinasi antara *owner surveyor* dan *owner* kurang baik
- Semua hal di atas pernah terjadi
- Lainnya

23. Seberapa seringkah kejadian pada nomor 22 terjadi dalam suatu proyek pembangunan *platform* ?

- Tidak pernah Kadang-kadang Normal Sering Sering sekali

Bila dimasukkan ke dalam penilaian seberapa besar pengaruh hal pada nomor 22 ?

- Kecil Normal Besar Besar sekali

Terima kasih telah meluangkan waktu dan membantu mengisi kuesioner ini, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang membangun mengenai pembahasan di atas demi perbaikan dan kelancaran dalam penyelesaian tugas akhir.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Kuesioner Probabilitas *Basic Event Fault Tree Analysis* (FTA)

Berikut ini terlampir daftar *basic event* dari permasalahan keterlambatan pada proyek pembangunan *jacket structure* beserta kolom-kolom untuk penilaian dari hasil kuesioner yang telah diberikan pada narasumber. Penilaian diambil dari data kuesioner yang berupa data kualitatif menjadi kuantitatif dengan merujuk pada frekuensi kejadian. Perhitungan probabilitas dari data kualitatif menjadi kuantitatif menggunakan *frequency index* di bawah ini :

Tabel *Frequency Index* (FI)

FI	Rating	Kualitatif	Kuantitatif
5	Frequent	Kejadian terjadi tiap produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-1}
4	Reasonably Probable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 5 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-2}
3	Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 25 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-3}
2	Extremely Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 75 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-4}
1	Extremely Improbable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 100 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-5}

Perhitungan Kuesioner Probabilitas *Fault Tree Analysis* (FTA)

No.	Kode Kejadian	Nama Kejadian	1	2	3	4	5
1.	A.1.1	Perubahan Tata Letak <i>Equipment</i>					
2.	A.1.2	Perubahan Ukuran <i>Equipment</i>					
3.	A.1.3	Penambahan Komponen <i>Platform</i>					
4.	A.1.4	Detail Gambar Kurang Lengkap					
5.	B.1.1	Material <i>Import</i>					
6.	B.1.2	Material Belum Ada di Pasaran Lokal					
7.	B.1.3	Kualitas Material Kurang Baik					
8.	B.1.4	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran					
9.	B.1.5	Durasi Pengiriman Material Lama					
10.	B.2.1.1	Peralatan Jarang Dirawat					
11.	B.2.1.2	Pemakaian Peralatan Berlebihan					
12.	B.2.2	Peralatan Kerja Terbatas					
13.	B.3.1	Listrik Padam					
14.	B.3.2	Cuaca Tidak Mendukung					
15.	B.3.3	Fasilitas Keamanan Kurang Baik					
16.	B.3.4	Akses Masuk Perusahaan Terbatas dan Ketat					
17.	B.4.1	Rekrutmen Karyawan Dibatasi					
18.	B.4.2	Karyawan Banyak yang Pensiun					
19.	B.4.3	Regenerasi Karyawan Belum Ada					
20.	B.4.4	Jumlah Tenaga Kerja Kurang Banyak					
21.	B.5.1.1	Keahlian Pekerja Kurang Memadai					
22.	B.5.1.2	Permasalahan Sesama Karyawan					
23.	B.5.1.3	Kecelakaan Saat Sedang Bekerja					
24.	B.5.1.4	Kurangnya Apresiasi dari Perusahaan					
25.	B.5.2.1	Kecelakaan Saat Pergi Bekerja					
26.	B.5.2.2	Permasalahan dengan Keluarga					
27.	B.5.2.3	Izin karena Kepentingan Mendadak					
29.	C.1.1	Produk Diterima dengan Catatan					
29.	C.1.2.1	<i>Rework</i> Produk					
30.	C.1.2.2	Produk Dijual ke Pihak Lain					
31.	C.2.1.1	Pengawasan Pekerjaaan Tidak Terlaksana					
32.	C.2.1.2	Evaluasi Pekerjaan Tidak Dilaksanakan					
33.	C.2.2	<i>Plan Schedule</i> Proyek Tidak Terealisasi					
34.	C.2.3.1	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan Perusahaan					
35.	C.2.3.2	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan <i>Owner</i>					

Langkah untuk melakukan wawancara *Fault Tree Analysis* (FTA) :

1. Menjelaskan mengenai pengertian *Fault Tree Analysis* (FTA) dan kegunaannya.
2. Menyusun diagram FTA dan meminta pendapat mengenai macam-macam *basic event*.
3. Melakukan konsultasi mengenai hasil dari kuesioner dan probabilitasnya.
4. Diagram FTA selesai dengan mengetahui apa saja permasalahan utama yang menyebabkan proyek tersebut terlambat.

Langkah untuk melakukan wawancara *Event Tree Analysis* (ETA) :

1. Menjelaskan mengenai pengertian *Event Tree Analysis* (ETA) dan kegunaannya.
2. Menyusun diagram ETA dan meminta pendapat mengenai *pivotal event* beserta hasilnya (*output*).
3. Melakukan konsultasi mengenai *frequency index* dan *severity index*.
4. Menggolongkan hasil (*output*) ETA ke dalam masing-masing *index*.
5. Membuat *risk matrix diagram*.
6. Tiap *output* akan diketahui berapa *risk matrix*-nya.

Langkah untuk melakukan wawancara *Bow-Tie Analysis* :

1. Menjelaskan mengenai pengertian *Bow-Tie Analysis* dan kegunaannya.
2. Melakukan konsultasi mengenai ancaman (*threat*) dan konsekuensi (*consequency*) dari *Bow-Tie diagram*.
3. Melakukan konsultasi lanjutan untuk menentukan solusi pencegahan (*preventive*) dan pemulihan dampak (*mitigation*) dari hasil *Bow-Tie diagram*.
4. Menunjukkan hasil *Bow-Tie diagram*.

LAMPIRAN B : Data Hasil Kuesioner dan Wawancara

Data Responden

No.	Jabatan	Jenis Kelamin	Pengalaman Kerja
1.	Karyawan	P	24 tahun
2.	Karyawan	L	25 tahun
3.	Supervisor	L	21 tahun
4.	Karyawan	L	15 tahun
5.	Supervisor	L	20 tahun
6.	Supervisor	L	26 tahun
7.	Manager	L	28 tahun
8.	Foreman	L	20 tahun
9.	Karyawan	L	21 tahun
10.	Karyawan	L	20 tahun
11.	Karyawan	L	20 tahun
12.	Karyawan	P	23 tahun
13.	Supervisor	L	20 tahun
14.	Karyawan	L	20 tahun
15.	Karyawan	P	24 tahun
16.	Supervisor	L	18 tahun
17.	Supervisor	L	20 tahun
18.	Foreman	L	15 tahun
19.	Karyawan	P	21 tahun
20.	Supervisor	L	20 tahun

Basic Event Fault Tree Analysis (FTA)

No.	Kode Kejadian	Nama Kejadian
1.	A.1.1	Perubahan Tata Letak <i>Equipment</i>
2.	A.1.2	Perubahan Ukuran <i>Equipment</i>
3.	A.1.3	Penambahan Komponen <i>Platform</i>
4.	A.1.4	Detail Gambar Kurang Lengkap
5.	B.1.1	Material <i>Import</i>
6.	B.1.2	Material Belum Ada di Pasaran Lokal
7.	B.1.3	Kualitas Material Kurang Baik
8.	B.1.4	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran
9.	B.1.5	Durasi Pengiriman Material Lama
10.	B.2.1.1	Peralatan Jarang Dirawat
11.	B.2.1.2	Pemakaian Peralatan Berlebihan
12.	B.2.2	Peralatan Kerja Terbatas
13.	B.3.1	Listrik Padam
14.	B.3.2	Cuaca Tidak Mendukung
15.	B.3.3	Fasilitas Keamanan Kurang Baik
16.	B.3.4	Akses Masuk Perusahaan Terbatas dan Ketat
17.	B.4.1	Rekrutmen Karyawan Dibatasi
18.	B.4.2	Karyawan Banyak yang Pensiun
19.	B.4.3	Regenerasi Karyawan Belum Ada
20.	B.4.4	Jumlah Tenaga Kerja Kurang Banyak
21.	B.5.1.1	Keahlian Pekerja Kurang Memadai
22.	B.5.1.2	Permasalahan Sesama Karyawan
23.	B.5.1.3	Kecelakaan Saat Sedang Bekerja
24.	B.5.1.4	Kurangnya Apresiasi dari Perusahaan
25.	B.5.2.1	Kecelakaan Saat Pergi Bekerja
26.	B.5.2.2	Permasalahan dengan Keluarga
27.	B.5.2.3	Izin karena Kepentingan Mendadak
28.	C.1.1	Produk Diterima dengan Catatan
29.	C.1.2.1	<i>Rework</i> Produk
30.	C.1.2.2	Produk Dijual ke Pihak Lain
31.	C.2.1.1	Pengawasan Pekerjaan Tidak Terlaksana
32.	C.2.1.2	Evaluasi Pekerjaan Tidak Dilaksanakan
33.	C.2.2	<i>Plan Schedule</i> Proyek Tidak Terealisasi
34.	C.2.3.1	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan Perusahaan
35.	C.2.3.2	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan <i>Owner</i>

Probabilitas *Basic Event Fault Tree Analysis* (FTA)

No.	Kode Kejadian	Nama Kejadian	Probabilitas
1.	A.1.1	Perubahan Tata Letak <i>Equipment</i>	0,0072
2.	A.1.2	Perubahan Ukuran <i>Equipment</i>	0,0072
3.	A.1.3	Penambahan Komponen <i>Platform</i>	0,0072
4.	A.1.4	Detail Gambar Kurang Lengkap	0,0072
5.	B.1.1	Material <i>Import</i>	0,0049
6.	B.1.2	Material Belum Ada di Pasaran Lokal	0,0055
7.	B.1.3	Kualitas Material Kurang Baik	0,0055
8.	B.1.4	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran	0,0055
9.	B.1.5	Durasi Pengiriman Material Lama	0,0053
10.	B.2.1.1	Peralatan Jarang Dirawat	0,0006
11.	B.2.1.2	Pemakaian Peralatan Berlebihan	0,0005
12.	B.2.2	Peralatan Kerja Terbatas	0,0006
13.	B.3.1	Listrik Padam	0,0001
14.	B.3.2	Cuaca Tidak Mendukung	0,0012
15.	B.3.3	Fasilitas Keamanan Kurang Baik	0,0001
16.	B.3.4	Akses Masuk Perusahaan Terbatas dan Ketat	0,0001
17.	B.4.1	Rekrutmen Karyawan Dibatasi	0,0011
18.	B.4.2	Karyawan Banyak yang Pensiun	0,0012
19.	B.4.3	Regenerasi Karyawan Belum Ada	0,0013
20.	B.4.4	Jumlah Tenaga Kerja Kurang Banyak	0,0013
21.	B.5.1.1	Keahlian Pekerja Kurang Memadai	0,0025
22.	B.5.1.2	Permasalahan Sesama Karyawan	0,0003
23.	B.5.1.3	Kecelakaan Saat Sedang Bekerja	0,0003
24.	B.5.1.4	Kurangnya Apresiasi dari Perusahaan	0,0002
25.	B.5.2.1	Kecelakaan Saat Pergi Bekerja	0,0003
26.	B.5.2.2	Permasalahan dengan Keluarga	0,0003
27.	B.5.2.3	Izin karena Kepentingan Mendadak	0,0003
29.	C.1.1	Produk Diterima dengan Catatan	0,0034
29.	C.1.2.1	<i>Rework</i> Produk	0,0003
30.	C.1.2.2	Produk Dijual ke Pihak Lain	0,0013
31.	C.2.1.1	Pengawasan Pekerjaan Tidak Terlaksana	0,0052
32.	C.2.1.2	Evaluasi Pekerjaan Tidak Dilaksanakan	0,0052
33.	C.2.2	<i>Plan Schedule</i> Proyek Tidak Terealisasi	0,0061
34.	C.2.3.1	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan Perusahaan	0,0072
35.	C.2.3.2	Kurang Koordinasi antara Konsultan dan <i>Owner</i>	0,0072

Probabilitas *Basic Event Tree Analysis* (ETA)

Pivotal Event	Probabilitas Pelaksanaan	Rata-Rata
Pendanaan		
Proses pembayaran sesuai rencana agar sejalan dengan proses produksi <i>jacket structure</i>	0,90	0,90

Sumber Daya Manusia		
Keahlian pekerja yang memadai	0,88	
Jumlah tenaga kerja untuk melaksanakan proses produksi	0,80	
Proses penyaringan karyawan sesuai standar perusahaan	0,90	
Tunjangan karyawan diberikan tepat waktu	0,95	
Penerapan dalam hal disiplin kerja dan K3LH	0,77	0,86

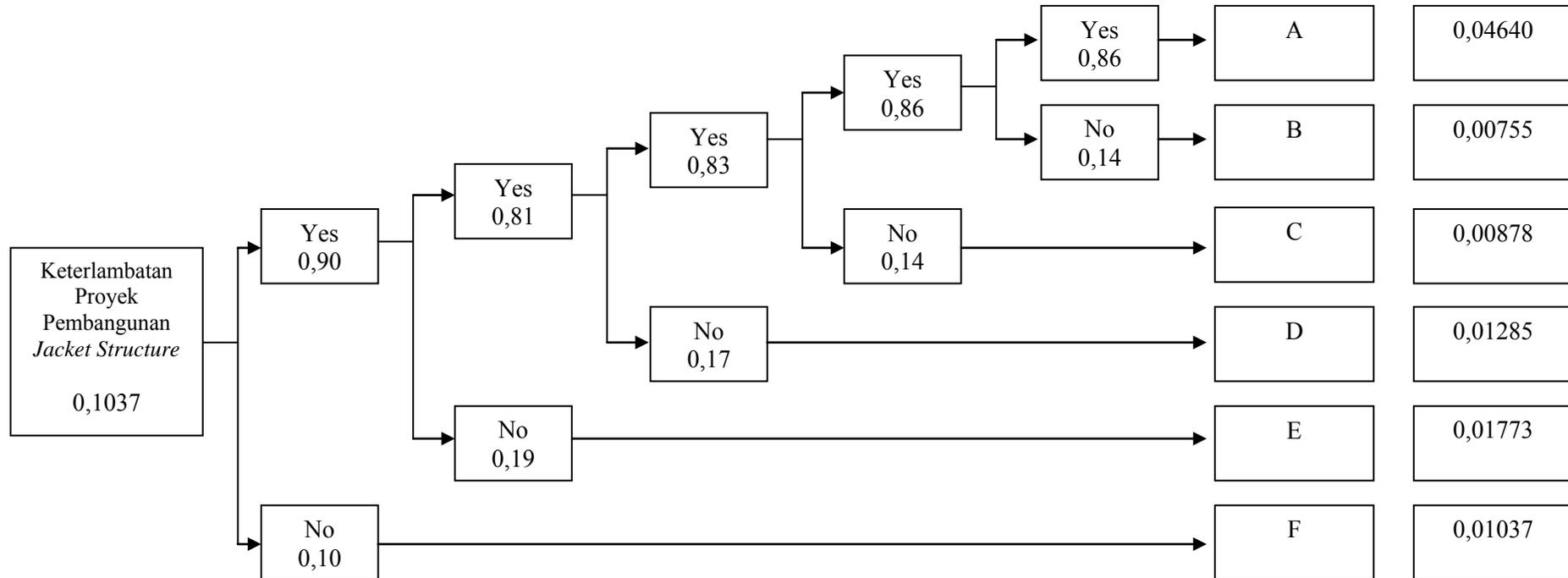
Pengadaan Material		
Persiapan material untuk melaksanakan proses fabrikasi	0,76	
Ketersediaan material di pasaran	0,84	
Durasi pengiriman material tepat waktu	0,82	
Ukuran dan spesifikasi material tidak sesuai yang direncanakan	0,84	0,815

Sarana dan Prasarana		
Peralatan yang dibutuhkan lengkap	0,84	
Peralatan yang digunakan sesuai standar	0,88	
Perawatan peralatan dilakukan secara rutin	0,85	
Pemakaian peralatan sesuai prosedur penggunaan dan tidak berlebihan	0,87	0,86

Sistem Manajemen		
<i>Plan schedule</i> proyek berjalan sesuai rencana	0,78	
Koordinasi antar semua bagian berjalan dengan baik	0,82	
Pengawasan pekerjaan terlaksana	0,85	
Evaluasi pekerjaan terlaksana	0,85	0,825

Hasil Tabel *Event Tree Analysis* (ETA)

<i>Initiating Event</i>	<i>Pivotal Event</i>					<i>Output</i>	Probabilitas
	Pendanaan proyek berjalan lancar	Pengadaan material sesuai jadwal yang direncanakan	Sistem manajemen yang baik	SDM sesuai kebutuhan dan berkualifikasi	Sarana dan Prasarana lengkap dan sesuai standar		



Tabel Frequency Index (FI)

FI	Rating	Kualitatif	Kuantitatif
5	Frequent	Kejadian terjadi tiap produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-1}
4	Reasonably Probable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 5 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-2}
3	Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 25 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-3}
2	Extremely Remote	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 75 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-4}
1	Extremely Improbable	Kejadian terjadi tiap produksi dalam rentang 100 kali produksi <i>jacket structure</i> baru.	10^{-5}

Tabel Severity Index (SI)

SI	Rating	Kualitatif
1	Minor	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> dikenai denda maksimal 1M dan terlambat antara 1 minggu – 2 minggu
2	Moderate	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> dikenai denda maksimal 5M dan terlambat antara 2 minggu – 6 minggu
3	Serious	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> dikenai denda maksimal 10M dan terlambat antara 6 minggu – 3 bulan
4	Catastrophic	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> gagal dilaksanakan

Hasil Risk Matrix

FI	Rating	Severity Index (SI)			
		1	2	3	4
		Minor	Moderate	Serious	Catastrophic
5	Frequent	5	10	15	20
4	Reasonably Probable	4	8	12	16
3	Remote	3	6	9	12
2	Extremely Remote	2	4	6	8
1	Extremely Improbable	1	2	3	4

A	B	C	D	E	F
---	---	---	---	---	---

Keterangan

1-3 : Low

4-14 : Moderate

15-20 : High

Daftar Ancaman Pada *Bow-Tie Diagram*

No.	Ancaman	Pencegahan	Faktor Penghalang
1	Material Belum Ada di Pasaran Lokal	Mencari alternatif material di luar negeri	Tidak ada, sudah terlaksana
		Mencari <i>supplier</i> langganan yang menjamin menyediakan material	Tidak ada, sudah terlaksana
2	Kualitas Material Kurang Baik	Mencari material pada <i>supplier</i> langganan	Tidak ada, sudah terlaksana
		Melakukan <i>survey</i> untuk mencari material dengan kualitas yang baik	Tidak ada, sudah terlaksana
3	Ukuran dan Spesifikasi Material Tidak Ada di Pasaran	Mencari material pada <i>supplier</i> langganan	Ada beberapa ukuran material yang tidak dipunya oleh <i>supplier</i>
		Melakukan <i>survey</i> untuk mencari material yang ukurannya hampir sama	Tidak ada, sudah terlaksana
4	Durasi Pengiriman Material Lama	Pengiriman dibagi dalam beberapa angkutan	Biaya pengiriman akan bertambah
		Memberikan <i>gap</i> waktu pada <i>supplier</i> agar pengiriman material tidak terlambat	Tidak ada, sudah terlaksana
5	Material <i>Import</i>	Mencari alternatif material di dalam negeri	Ada beberapa material yang harus <i>import</i>
		Memberikan <i>gap</i> waktu pada <i>supplier</i> agar pengiriman material tidak terlambat	Tidak ada, sudah terlaksana
6	Keahlian Pekerja Kurang Memadai	Mengadakan pelatihan pada pekerja	Ada pekerja yang <i>resign</i> setelah diberi pelatihan
		Memberi apresiasi pada karyawan yang berprestasi	Tidak ada, sudah terlaksana

Daftar Konsekuensi Pada *Bow-Tie Diagram*

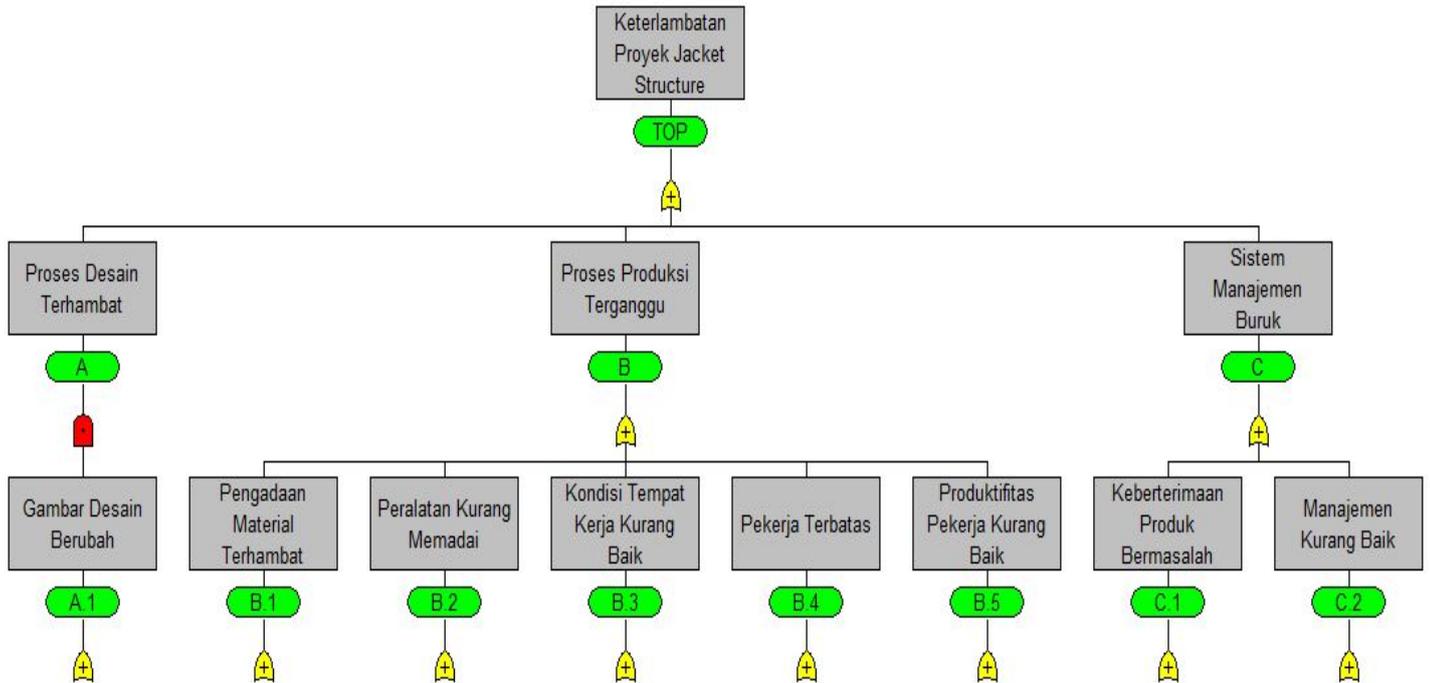
No.	Konsekuensi	Mitigasi	Faktor Penghalang
1	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan dengan baik. Namun mengalami sedikit keterlambatan antara 1 hari hingga 1 minggu.	Melakukan evaluasi kerja terhadap keterlambatan tersebut	Tidak ada, sudah terlaksana
2	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun sedikit mengalami keterlambatan dikarenakan sarana dan prasarana yang kurang mendukung dan kurang sesuai standar. Keterlambatan ini berkisar antara 1 minggu hingga 2 minggu.	Melakukan perawatan peralatan secara rutin	Tidak ada, sudah terlaksana
		Membeli peralatan yang belum dimiliki oleh perusahaan	Keterbatasan dana dalam membeli peralatan
3	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan sumber daya manusia yang sedikit jumlahnya dan tidak sesuai kualifikasi. Keterlambatan ini berkisar antara 2 minggu hingga 4 minggu (1 bulan).	Mengadakan pelatihan pada pekerja	Ada pekerja yang <i>resign</i> setelah diberi pelatihan
		Melakukan <i>recruitment</i> pekerja yang berpengalaman dan berkualitas	Karyawan banyak yang pensiun dan perekrutan karyawan dibatasi
4	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan sistem manajemen yang kurang baik. Keterlambatan ini berkisar antara 4 minggu (1 bulan) hingga 6 minggu.	Koordinasi antara perusahaan dengan konsultan dan <i>owner</i> harus berjalan dengan baik	Perbedaan bahasa sehingga bisa menyebabkan miskomunikasi
		Pengawasan dan evaluasi pekerjaan harus terlaksana	Tidak ada, sudah terlaksana

Daftar Konsekuensi Pada *Bow-Tie Diagram* (Lanjutan)

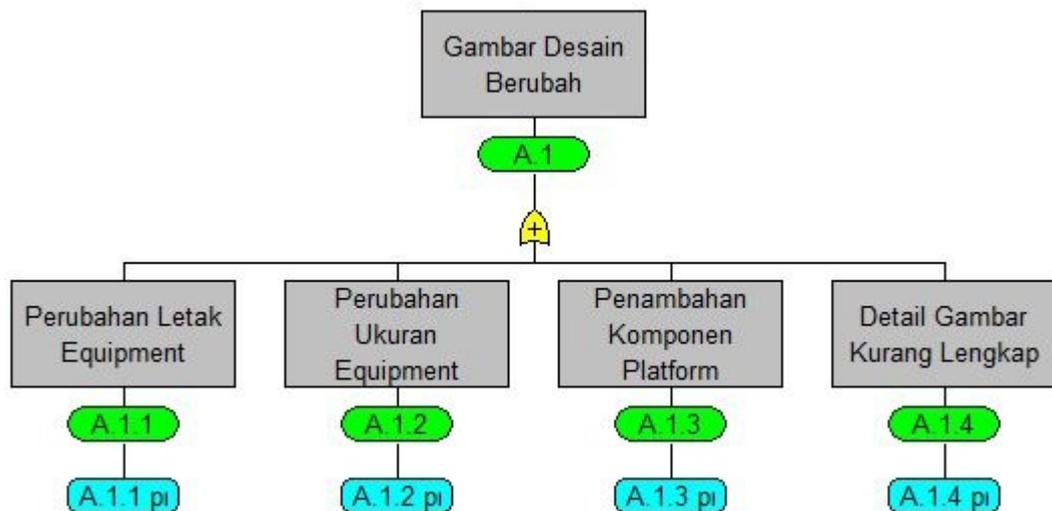
No.	Konsekuensi	Mitigasi	Faktor Penghalang
5	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> berhasil diselesaikan namun mengalami keterlambatan dikarenakan pengadaan material tidak sesuai jadwal yang direncanakan. Keterlambatan ini berkisar antara 6 minggu hingga 8 minggu (2 bulan).	Memberikan <i>gap</i> waktu pada <i>supplier</i> agar pengiriman material tidak terlambat	Tidak ada, sudah terlaksana
		Mencari material yang siap sedia yang sesuai dengan kebutuhan	Tidak semua material tersedia di <i>supplier</i>
6	Proyek pembangunan <i>jacket structure</i> tidak dapat diselesaikan dikarenakan pendanaan proyek tidak berjalan dengan lancar.	Nilai kontrak awal dengan <i>owner</i> harus jelas	Tidak ada, sudah terlaksana
		Lebih teliti dalam perencanaan anggaran dana proyek	Tidak ada, sudah terlaksana

LAMPIRAN C : Hasil Analisa *Fault Tree Analysis* dan *Minimal Cut Set* dengan Bantuan *Software DPL Syncopation*

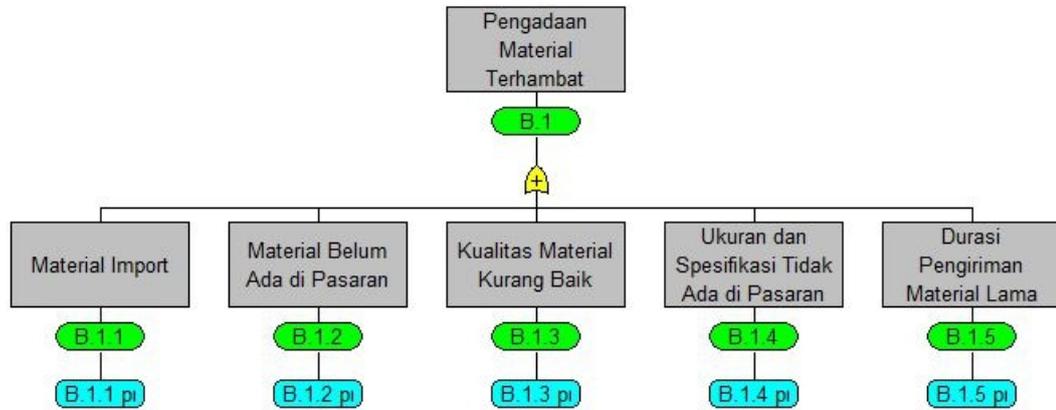
Top Event Fault Tree Analysis



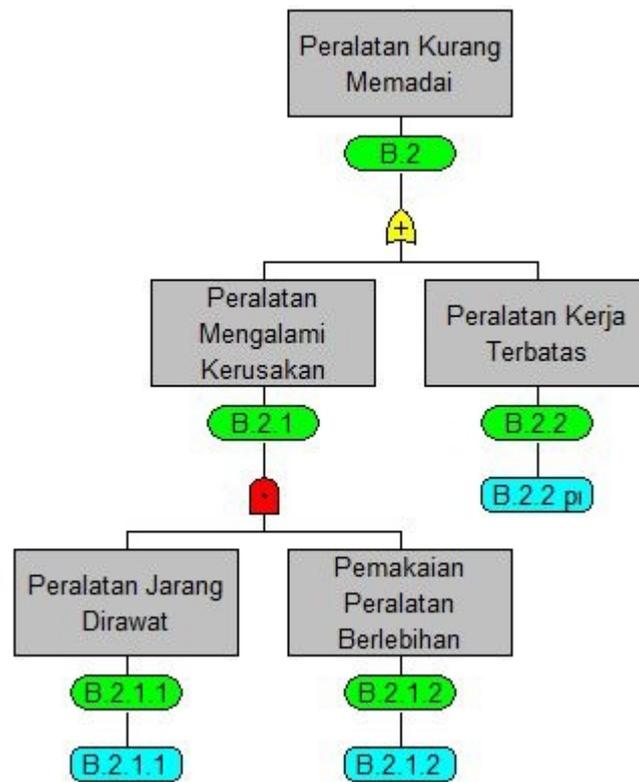
Gambar Desain Berubah



Pengadaan Material Terhambat



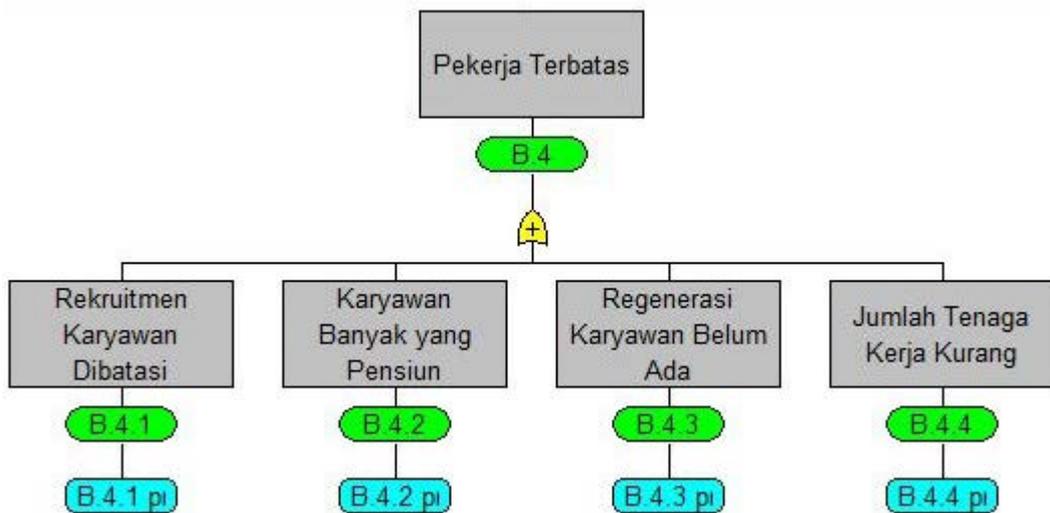
Peralatan Kurang Memadai



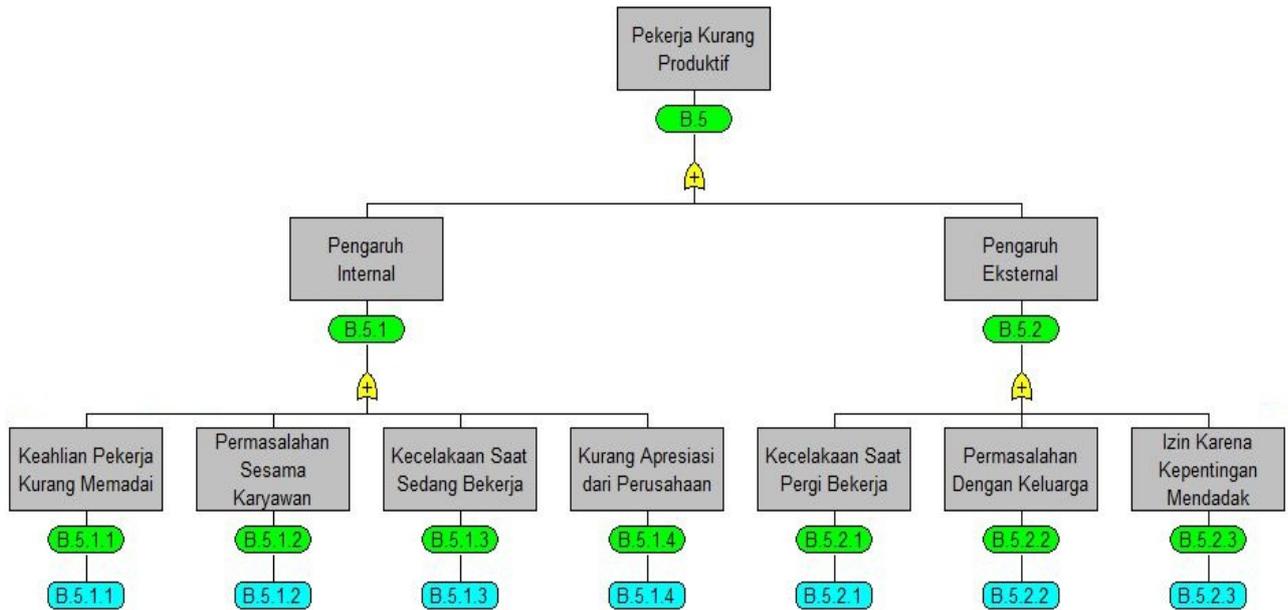
Kondisi Tempat Kerja Kurang Mendukung



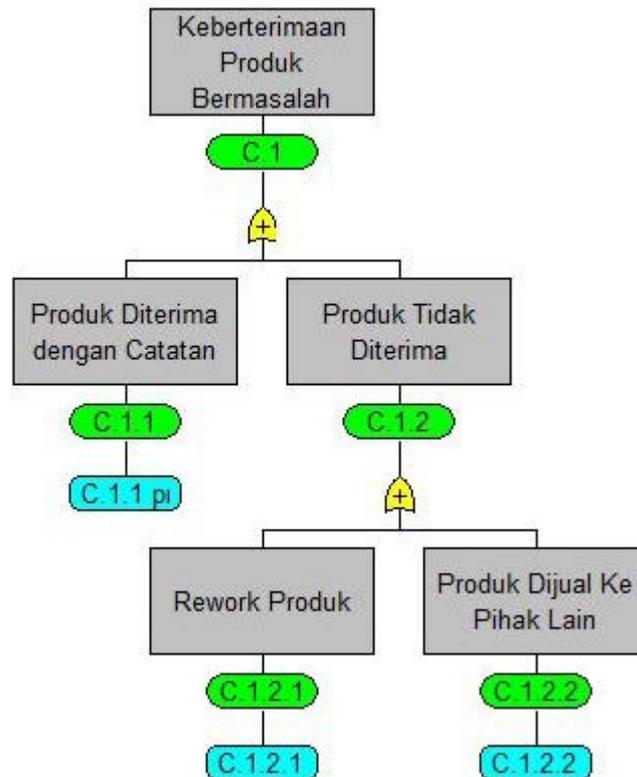
Pekerja Terbatas



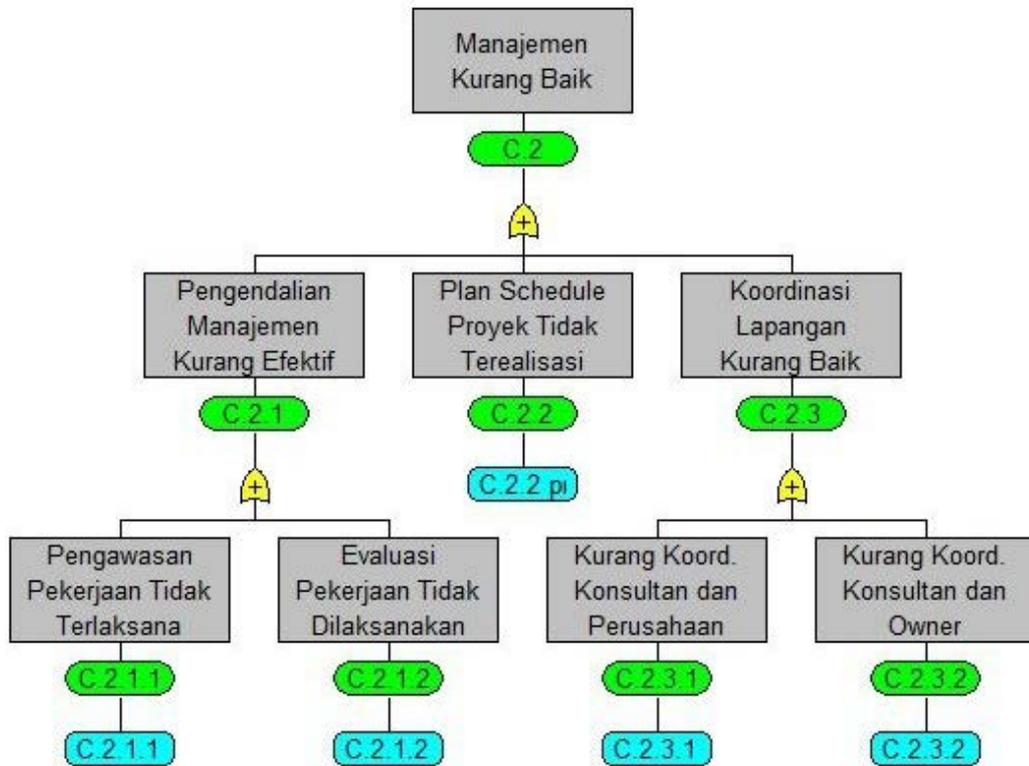
Produktifitas Pekerja Kurang Baik



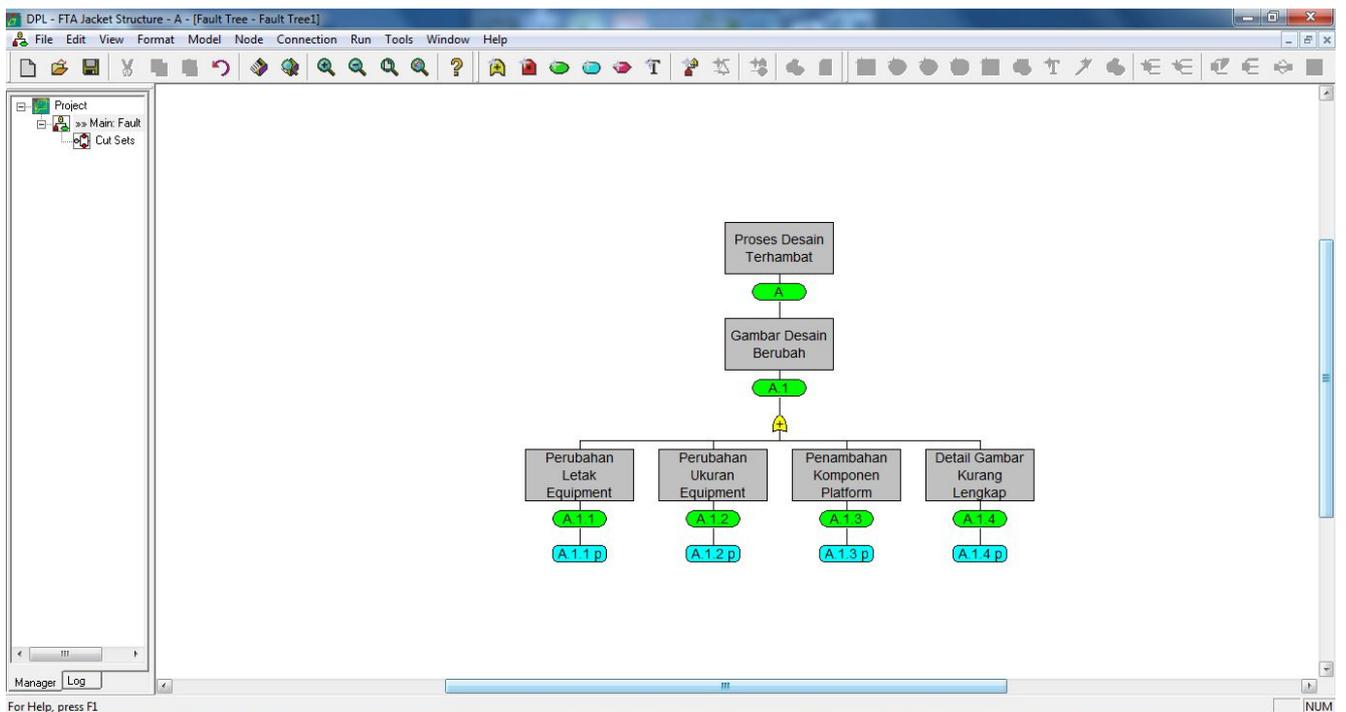
Keberterimaan Produk Bermasalah



Manajemen Kurang Baik



Minimal Cut Set Proses Desain Terhambat



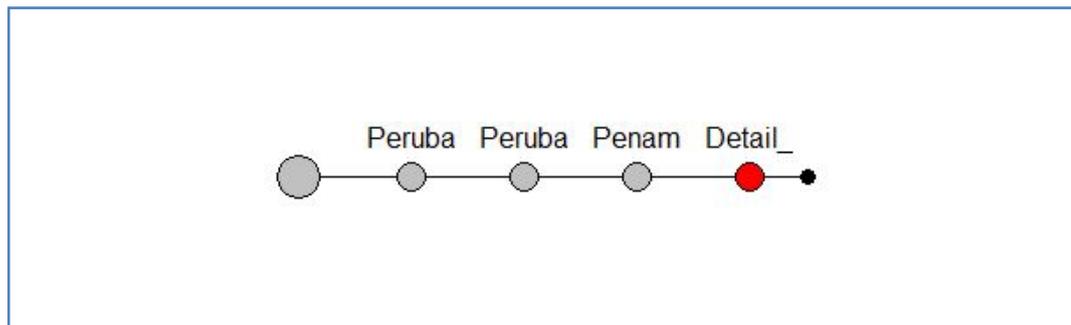
Minimal Cut Set Proses Desain Terhambat

Select Cut Set

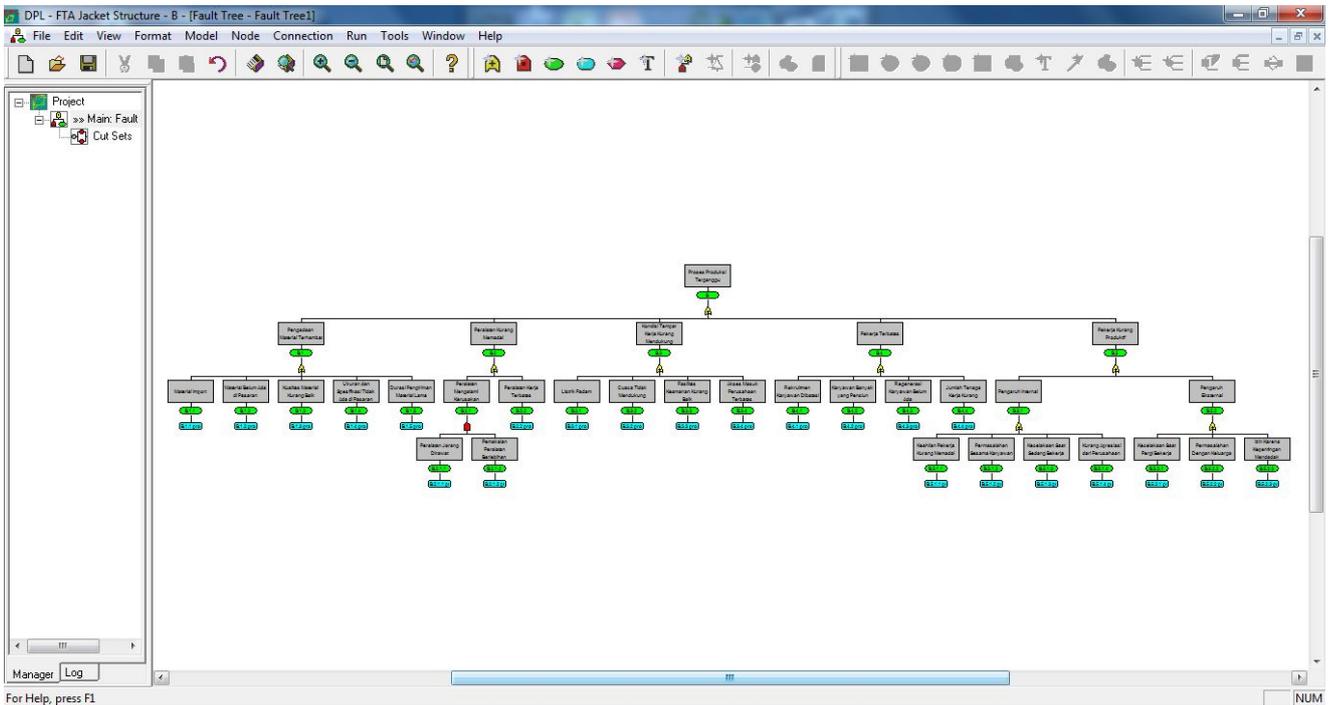
Probability	Events
0.0072	Detail_Gambar_Kurang_Lengkap
0.0072	Penambahan_Komponen_Platform
0.0072	Perubahan_Ukuran_Equipment
0.0072	Perubahan_Letak_Equipment

Displaying from 1 to 4

Prev Next OK Cancel



Minimal Cut Set Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik



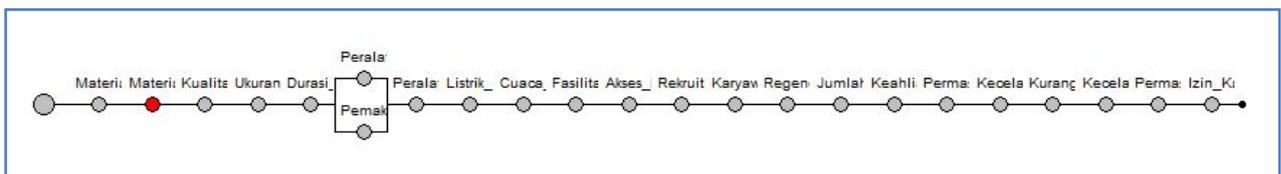
Minimal Cut Set Proses Produksi Tidak Berjalan dengan Baik

Select Cut Set

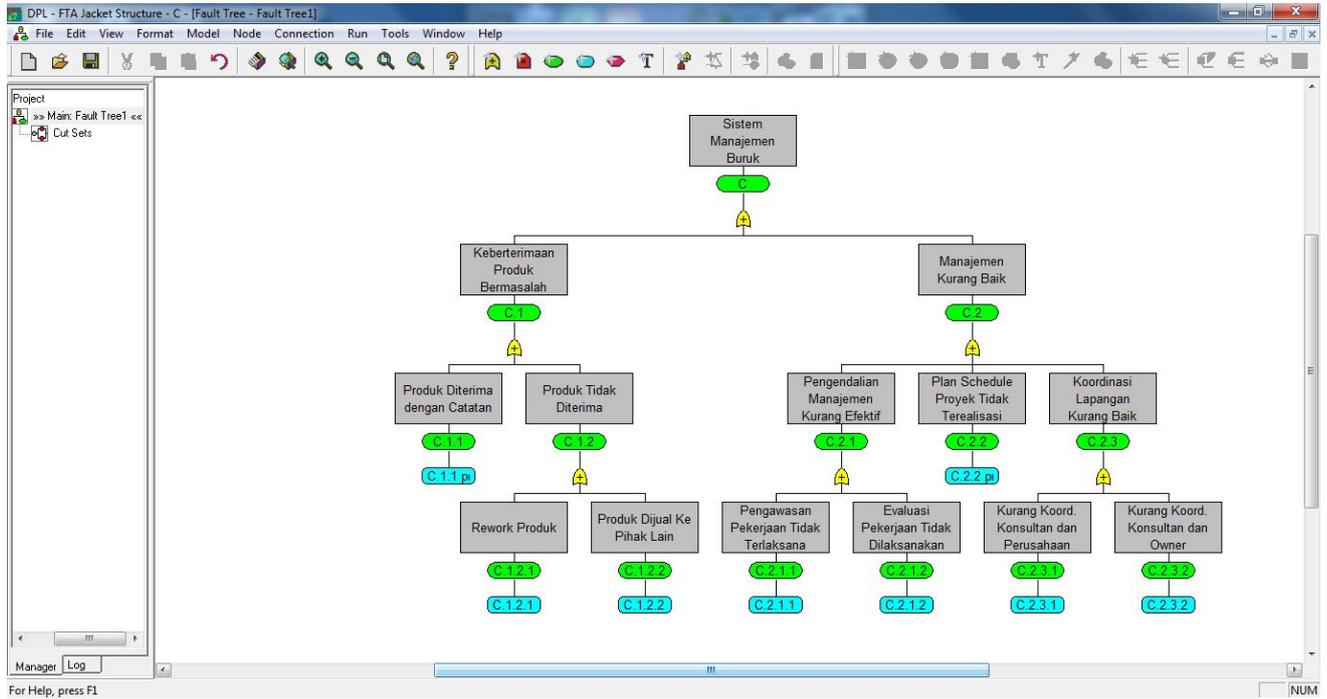
Probability	Events
0.0055	Materi_Belum_Ada_di_Pasaran
0.0055	Kualitas_Material_Kurang_Baik
0.0055	Ukuran_dan_Spesifikasi_Tidak_Ada_di_Pasaran
0.0053	Durasi_Pengiriman_Material_Lama
0.0049	Material_Import
0.0025	Keahlian_Pekerja_Kurang_Memadai
0.0013	Regenerasi_Karyawan_Belum_Ada
0.0013	Jumlah_Tenaga_Kerja_Kurang
0.0012	Karyawan_Banyak_yang_Pensiun
0.0012	Cuaca_Tidak_Mendukung
0.0011	Rekrutmen_Karyawan_Dibatasi
0.0006	Peralatan_Kerja_Terbatas
0.0003	Permasalahan_Sesama_Karyawan
0.0003	Permasalahan_Dengan_Keluarga
0.0003	Kecelakaan_Saat_Sedang_Bekerja
0.0003	Kecelakaan_Saat_Pergi_Bekerja
0.0003	Izin_Karena_Kepentingan_Mendadak

Displaying from 1 to 21

Prev Next OK Cancel



Minimal Cut Set Sistem Manajemen Buruk



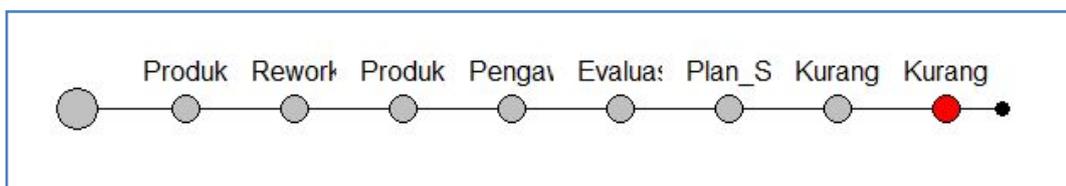
Minimal Cut Set Sistem Manajemen Buruk

Select Cut Set

Probability	Events
0.0072	Kurang_Koord_Konsultan_dan_Owner
0.0072	Kurang_Koord_Konsultan_dan_Perusahaan
0.0061	Plan_Schedule_Proyek_Tidak_Terealisasi
0.0052	Evaluasi_Pekerjaan_Tidak_Dilaksanakan
0.0052	Pengawasan_Pekerjaan_Tidak_Terlaksana
0.0034	Produk_Diterima_dengan_Catatan
0.0013	Produk_Dijual_Ke_Pihak_Lain
0.0003	Rework_Produk

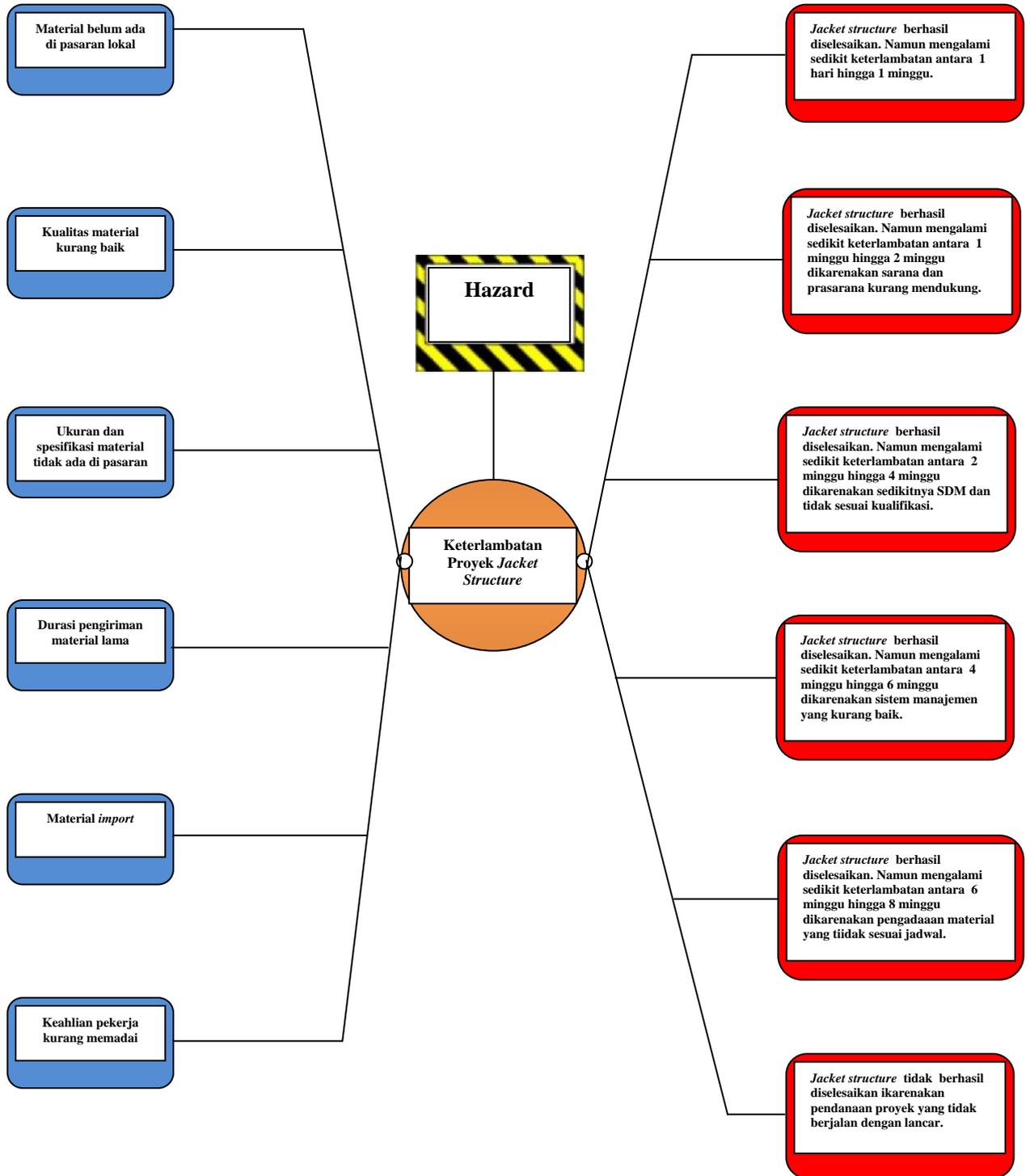
Displaying from 1 to 8

Prev Next OK Cancel

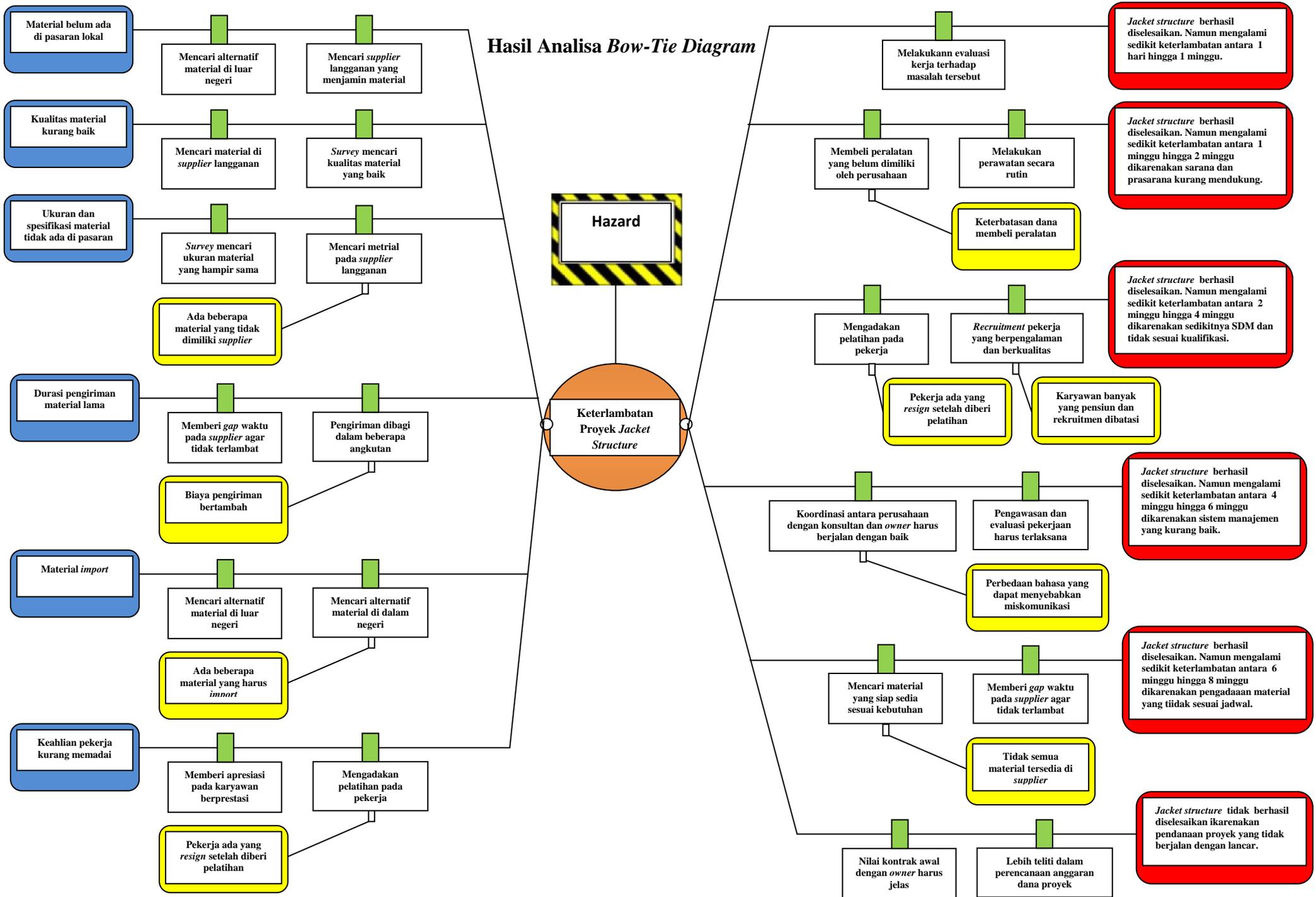


LAMPIRAN D : Hasil Analisa *Bow-Tie Diagram*

Hasil Analisa *Bow-Tie Diagram*



Hasil Analisa Bow-Tie Diagram



LAMPIRAN E : Hasil Validasi dengan Perusahaan

**ANALISA KETERLAMBATAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN
JACKET STRUCTURE**

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Pengesahan Hasil Tugas Akhir oleh PT. XYZ Diperlukan untuk Mengkoreksi dan Mengesahkan Penyelesaian Tugas Akhir Penulis Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

FIRZA REDANA

NRP. 4311 100 011

Disetujui oleh :

1. Nur Budiono



2. Hendra Dwi K.



3. Nur Fuadi Afif Z.



4. Minarti Shinta P.U.



Hasil Dokumentasi dengan Pak Nur Budiono (Bidang SDM & K3LH)



Hasil Dokumentasi dengan Pak Hendra Dwi K. (Bidang Manajemen Proyek)



Hasil Dokumentasi dengan Pak N. Fuadi Afif (Bidang *Design & Engineering*)



Hasil Dokumentasi dengan Bu Shinta (Bidang *Design & Engineering*)



DAFTAR PUSTAKA

- Alifen, R. S. Setiawan, R. S. Susanto. 2000. *Analisa "What If" Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek*. Dimensi Teknik Sipil Vol. 2 No. 1. Surabaya
- Brown, D. B. 1976. *System Analysis & Design for Safety*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Clemens, P. L. 2002. *Fault Tree Analysis*. Jacobs Svendrup. George Washington University. Edisi 4.
- Clifford F. G. dan Erik, W. L. 2007. *Manajemen Proyek: Proses Manajerial*. ANDI. Yogyakarta.
- Ericson A. Clifton. 2005. *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken. New Jersey.
- Frederika, Ariany. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Udayana. Denpasar.
- Gifford, M., Giltert, S. And Bernes, I., 2003. *Bow-Tie Analysis*. Equipment Safety Assurance Symposium (ESAS).
- Handoko T. Hani. 2000. *Manajemen Personalia dan Sumberdaya Manusia*. Edisi II. Cetakan Keempat Belas. Penerbit BPFE. Yogyakarta.
- Heizer Jay dan Barry Render. 2001. *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.
- Husen, Abrar. 2010. *Manajemen Proyek*. ANDI. Yogyakarta.
- Kocecioğlu, D. 1991. *Reliability Engineering Handbook*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. Volume 2.
- Levis dan Atherley. 1996. *Delay Construction*. Langford.
- Lock, Dennis. 1987. *Manajemen Proyek*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- McClelland. 1986. *Planning and Design of Fixed Offshore Platforms*. Van Nostrand Reinhold Company. New York.

- Novega, Anantya. 2015. *Analisa Keterlambatan Proyek Menggunakan Metode Bow-Tie Analysis pada Pressure Part HRSG (Heat Recovery Steam Generator)*. Tugas Akhir ITS. Surabaya.
- Nugroho, Susatyo. 2011. *Analisa Penyebab Penurunan Daya Saing Produk Susu Sapi Dalam Negeri terhadap Susu Sapi Impor pada Industri Pengolahan Susu (IPS) dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Barrier Analysis*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nurhayati. 2010. *Manajemen Proyek*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan dan Perawatan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Proboyo, Budi. 1999. *Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan Peringkat dari Penyebab-Penyebabnya*. Dimensi Teknik Sipil Vol. 1 No. 2. Surabaya
- Project Management Institute. 2004. *A Guide to The Project Management Body of Knowledge*. Pennsylvania. Edisi 3.
- PT PAL Indonesia. 2014. *Jacket Fabrication and Erection Procedure*. Madura BD Field Development – EPCI Project Management Document. Surabaya.
- Reksohadiprodo, Sukanto. 1987. *Manajemen Proyek*. Penerbit BPFE. Yogyakarta.
- Santosa, B. 2009. *Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Soegiono. 2004. *Teknologi Produksi dan Perawatan Bangunan Laut*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- Suroso, Arief. 2003. *Aspek Perancangan Platform Migas Laut Dalam (Oil Deep Sea Platform) Untuk Perairan Laut Indonesia*. Jurusan Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Vesely, William. 1981. *Fault Tree Handbook*. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Washington DC.

<http://www.cgerisk.com>

BIODATA PENULIS



Firza Redana lahir di Gresik Jawa Timur pada 16 September 1992. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar di SD Muhammadiyah GKB Gresik, dilanjutkan tingkat menengah pertama di SMPN 3 Gresik dan tingkat menengah atas di SMAN 1 Kebomas Gresik. Setelah lulus SMA pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi S-1 di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Selama menempuh masa studi selain aktif di bidang akademis, penulis juga aktif di berbagai kegiatan intra kampus. Kegiatan intra kampus yang penulis pernah ikuti menjadi Staff Departemen Kewirausahaan HIMATEKLA 2012/2013 dan Kepala Divisi Keolahragaan Departemen Minat dan Bakat HIMATEKLA 2013//2014. Penulis juga aktif di berbagai kepanitiaan seperti OCEANO 2013. Penulis memiliki pengalaman melakukan kerja praktek di Divisi Rekayasa Umum PT. PAL Indonesia (Persero) selama 2 bulan. Penulis pernah menjadi salah satu pembicara pada Seminar Internasional ISOCEEN 2015 (*International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental and Natural Disaster Management*). Penulis mengakhiri masa kuliah dengan menulis tugas akhir yang berjudul “Analisa Keterlambatan pada Proyek Pembangunan *Jacket Structure*”. Kritik dan saran untuk kelancaran penelitian ini dapat disampaikan melalui email penulis yaitu firza.redana@gmail.com.