



TUGAS AKHIR (MO141326)

**PENERAPAN LEAN PROJECT MANAGEMENT PADA
PERENCANAAN PROYEK INSTALASI OFFSHORE
PIPELINE**

NOVANTI ISMI YUSRI

NRP. 043116 40000 083

Dosen Pembimbing

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
2. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknolgi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020



TUGAS AKHIR - MO141326

**PENERAPAN LEAN PROJECT MANAGEMENT PADA
PERENCANAAN PROYEK INSTALASI OFFSHORE
PIPELINE**

NOVANTI ISMI YUSRI

NRP. 043116 40000 083

Dosen Pembimbing

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
2. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknolgi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



FINAL PROJECT - MO141326

**IMPLEMENTATION OF LEAN PROJECT MANAGEMENT
IN OFFSHORE PIPELINE INSTALLATION PROJECT
PLANNING**

NOVANTI ISMI YUSRI

NRP. 043116 40000 083

Supervisors

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.
2. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2020

LEMBAR PENGESAHAN
PENERAPAN LEAN PROJECT MANAGEMENT PADA
PERENCANAAN PROYEK INSTALASI OFFSHORE
PIPELINE

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

Novanti Ismi Yusri NRP. 0431164000083

Disetujui oleh:

1. Prof. Daniel M. Rosyidi, Ph.D., M.B.A. (Pembimbing 1)



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



3. Prof. Ir. Soegiono (Penguji 1)



4. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T. (Penguji 2)



SURABAYA, 15 JANUARI 2020

**PENERAPAN LEAN PROJECT MANAGEMENT PADA PERENCANAAN
PROYEK INSTALASI OFFSHORE PIPELINE**

Nama : Novanti Ismi Yusri
NRP : 0431164000083
Departemen : Teknik Kelautan – FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D

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

ABSTRAK

Pelaksanaan proyek tidak terlepas dari risiko-risiko yang dapat memengaruhi proyek tersebut dapat berjalan sesuai rencana atau tidak. Untuk itu manajemen proyek yang baik sangat penting untuk menghindari permasalahan-permasalahan proyek seperti keterlambatan. Keterlambatan proyek dapat disebabkan oleh tidak produktifnya kegiatan maupun elemen yang terlibat. Ketidakproduktifan tersebut menjadi sesuatu yang tidak memiliki nilai tambah atau dalam *Lean Project Management* dikenal dengan istilah *Non Value-Added Activities (waste)*. Dalam pelaksanaan proyek instalasi *Offshore Pipeline* yang dilakukan PT.X sempat terjadi keterlambatan dalam pengerjaannya, untuk itu diperlukan analisis *waste* dengan pengaplikasian metode *Fishbone Analysis*. Berdasarkan 7 jenis *waste*, didapatkan bahwa keterlambatan proyek instalasi *offshore pipeline* disebabkan oleh 2 *waste* yang muncul dalam proyek instalasi *offshore pipeline* yaitu *waiting* dan *unnecessary motion*. Selanjutnya digunakan perencanaan penjadwalan dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)* didapatkan percepatan waktu sebesar 183 hari dibandingkan dengan penjadwalan sebelumnya. Setelah itu untuk mengetahui risiko proyek dilakukan analisis risiko proyek dengan metode *Fuzzy FMEA*, didapatkan mode kegagalan tidak adanya kontrol material dengan RPN sebesar 150 dan FRPN sebesar 7.47 yaitu menduduki peringkat 1.

Kata Kunci: CCPM, *Lean Project Management*, *Fuzzy FMEA*, *Offshore Pipeline Installation*, *Waste*

IMPLEMENTATION OF LEAN PROJECT MANAGEMENT IN OFFSHORE PIPELINE INSTALLATION PROJECT PLANNING

Name : Novanti Ismi Yusri
NRP : 04311640000083
Department : Teknik Kelautan – FTK - ITS
Supervisors : Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

ABSTRACT

Project implementation is inseparable from the risks that can affect the project can go according to plan or not. For this reason, good project management is very important to avoid project problems such as delays. Project delays can be caused by unproductive activities and the elements involved. The reproducibility becomes something that has no added value or in Lean Project Management is known as Non-Value-Added Activities (waste). In the implementation of the Offshore Pipeline installation project undertaken by PT.X, there had been a delay in the process, for this reason, a waste analysis was needed by applying the Fishbone Analysis method. Based on 7 types of waste, it was found that the delay in the offshore pipeline installation project was caused by 2 wastes that appeared in the offshore pipeline installation project, namely waiting and unnecessary motion. Furthermore, scheduling planning using the Critical Chain Project Management (CCPM) method obtained an acceleration time of 183 days compared to the previous scheduling. After that, to determine the project risk, a project risk analysis was carried out using the Fuzzy FMEA method, resulting in a failure mode with no material control with an RPN of 150 and FRPN of 7.47, which was ranked 1.

Keywords: CCPM, *Lean Project Management*, *Fuzzy FMEA*, *Offshore Pipeline Installation*, *Waste*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbilalamin atas segala rahmat, karunia dan kasih sayangnya, sehingga tugas akhir dengan judul **“PENERAPAN LEAN PROJECT MANAGEMENT PADA PERENCANAAN PROYEK INSTALASI OFFSHORE PIPELINE”** dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Tugas Akhir ini disusun sebagai pengantar untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai perencanaan proyek menggunakan penerapan prinsip *Lean Project Management* dengan menggunakan metode *Fishbone Diagram* dalam pengidentifikasian *waste* lalu kemudian mengoptimasi penjadwalan proyek dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* serta menentukan peringkat risiko pada proyek Instalasi *Offshore Pipeline* dengan metode *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis*.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Untuk membuat penelitian ini lebih baik lagi di selanjutnya, penulis mengharapkan komentar, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan bagi banyak pihak.

Surabaya, Januari 2020

Novanti Ismi Yusri

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan segala rahmatnya sebagai kekuatan penulis sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ayah dan Mama sebagai anugerah terindah penulis atas segala sesuatu yang penulis raih adalah berkat doa – doa yang mereka panjatkan di setiap sujud malam. Kakak dan Adik atas semua harapan dan doa terbaik yang selalu ada, serta keluarga besar yang selalu memberi semangat.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D dan Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D sebagai dosen pembimbing penulis atas bimbingan, diskusi, dan ilmu-ilmu yang diberikan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Kepada Bapak Prof. Ir. Soegiono, Bu Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T., dan Bapak Raditya Danu, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Dan kepada Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen wali penulis yang telah membantu dan membimbing dalam proses perkuliahan selama berkuliah di Teknik Kelautan, kepada semua Bapak dan Ibu dosen serta staf maupun karyawan jurusan atas semua bantuannya.

Tugas Akhir ini juga dapat terselesaikan atas dukungan dari semua teman-teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Ucapan terima kasih yang sekiranya perlu penulis ucapkan secara pribadi, untuk:

1. Bapak Januar A. M., sebagai tempat penulis untuk bertanya dan berdiskusi serta membagi ilmunya kepada penulis.
2. Para pihak yang telah membantu penulis dengan bersedia meluangkan waktunya untuk menjadi responden dalam kuisioner Tugas Akhir ini.
3. Teman – teman angkatan 2014 dan 2015 (Bang Beri, Innokey, Bang Oboy, Bang Hamami, Mba Intun, Mba Endah, Mas Ican) sebagai tempat penulis untuk bertanya selama perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini

4. Angkatan penulis, Adhiwamastya P-56 L-34 yang telah membantu saya selama perkuliahan di Jurusan Teknik Kelautan.
5. Teman seperbimbingan penulis (Jordy, Mb Sharas, Mas Zullian) yang telah saling memberi semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman sepermainan penulis, Gas Gaster (Yoha, Inez, Daris, Yujo, Nuy, Biru, dan Priska) yang telah menemani penulis selama perkuliahan.
7. Teman terbaik penulis, Amril atas segala dukungan dan doanya, serta selalu menemani penulis dalam suka maupun duka sejak 2016 hingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan di Teknik Kelautan.

Semoga senantiasa bantuan, bimbingan, dan dukungan yang diberikan menjadi berkat yang diberi balasan oleh Allah SWT serta bermanfaat bagi semua pihak

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.1 Manfaat Penelitian.....	3
1.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.1.1. Pipeline.....	7
2.1.1.1. Metode Instalasi Pipa Lepas Pantai	7
2.1.2. Data Proyek	10
2.1.3. Proyek	12
2.1.4. Lean Project Management	13
2.1.4.1 Prinsip Lean Project Management	14
2.1.4.2 Macam-macam <i>Waste</i>	16

2.1.5.	Fishbone Diagram	16
2.1.6.	<i>Project Risk Management</i>	17
2.1.7.	Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis.....	18
2.1.7.1	Proses Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis	18
2.1.8.	Critical Chain Project Management.....	20
2.1.8.1	Langkah – Langkah Metode CCPM	20
2.1.8.2	Permasalahan Akibat Manusia.....	21
2.1.8.3	Pengurangan Durasi Kegiatan	23
2.1.8.4	Buffer Management.....	23
BAB III.....		25
METODOLIGI PENELITIAN		25
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2.1	Latar Belakang dan Perumusan Masalah	27
3.2.2	Studi Literatur	27
3.2.3	Pengumpulan Data	28
3.2.4	Analisis Data dan Pembahasan.....	28
<i>(halaman ini sengaja dikosongkan)</i>		30
BAB IV		31
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Pengumpulan Data	31
4.2	Project System.....	31
4.2.1	Identifikasi <i>Waste</i>	31
4.2.2	Fishbone Diagram	37
4.3.1	Critical Chain Project Management.....	43
4.3.1.1	Data Penjadwalan Proyek dan <i>Safety Time</i>	43
4.3.1.2	Network Planning.....	45
4.3.1.3	Penentuan Lintasan Kritis.....	46
4.3.1.4	Perhitungan <i>Buffer</i> pada Critical Chain Project Management.....	48

4.3.1.5	Perhitungan Feeding Buffer.....	51
4.3.1.7	Analisis Buffer Management.....	54
4.4	Project Risk Management.....	56
4.4.1	Identifikasi Risiko	56
4.4.2	Analisis Risiko dengan FMEA	57
4.2.1.1	Penilaian Risiko.....	61
4.2.1.2	Perhitungan Risk Priority Number.....	66
4.2.1.3	Analisis Risiko dengan Metode Fuzzy FMEA.....	75
4.2.1.4	Fuzzification.....	75
4.2.1.5	Rule Evaluation	78
4.2.1.6	Defuzzification.....	79
4.4.3	Pengendalian Risiko	84
BAB V	89
KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Subsea pipeline</i>	7
Gambar 2. 2 Instalasi Metode S-Lay.....	9
Gambar 2. 3 Instalasi Metode J-Lay	9
Gambar 2. 4 Lokasi Proyek.....	10
Gambar 2. 5 Segitiga tujuan proyek.....	13
Gambar 2. 6 Tahap Fuzzy FMEA.....	19
Gambar 2. 7 Buffer Monitoring pada CCPM.....	23
Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir	27
Gambar 4. 1 <i>Fishbone Diagram Waste</i>	38
Gambar 4. 2 Pembagian Daerah Penggunaan <i>Buffer</i>	54
Gambar 4. 3 Proses <i>Fuzzy Logic</i>	75
Gambar 4. 4 Input dan Output <i>Fuzzy</i>	76
Gambar 4. 5 Input Data pada <i>Occurence</i>	77
Gambar 4. 6 Input Data Output.....	77
Gambar 4. 7 <i>Input rule If-Then</i>	79
Gambar 4. 8 <i>Output</i> hasil <i>Deffuzification</i>	80
Gambar 4. 9 Matriks Risiko.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koordinat lokasi <i>Offshore Worksite</i>	10
Tabel 2. 2 Deskripsi Pipa	11
Tabel 4. 1 Penyebab <i>Waste</i> pada Proyek	32
Tabel 4. 2 Identifikasi <i>waste</i> dengan formulasi <i>if then</i>	39
Tabel 4. 3 Data Penjadwalan.....	44
Tabel 4. 4 Hubungan Antar Aktivitas	45
Tabel 4. 5 Perhitungan Float	47
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>Buffer</i>	49
Tabel 4. 7 Penempatan <i>Buffer</i> (Lanjutan)	50
Tabel 4. 8 Perhitungan Feeding Buffer 1	51
Tabel 4. 9 Perhitungan Feeding Buffer 2	51
Tabel 4. 10 Perhitungan Feeding Buffer 3	52
Tabel 4. 11 Perhitungan Feeding Buffer 4	52
Tabel 4. 12 Perhitungan Feeding Buffer 5	52
Tabel 4. 13 Feeding Buffer Summary	53
Tabel 4. 14 Perhitungan Project Buffer.....	53
Tabel 4. 15 Perhitungan Project Buffer.....	54
Tabel 4. 16 Penggunaan <i>Buffer</i>	55
Tabel 4. 17 Identifikasi Kegagalan	56
Tabel 4. 18 Analisis Mode Kegagalan dengan FMEA	57
Tabel 4. 19 Kriteria <i>Occurrence</i>	62
Tabel 4. 20 Kriteria Tingkat Keparahan (<i>Severity</i>).....	63
Tabel 4. 21 Kriteria Tingkat Deteksi (<i>Detection</i>)	65
Tabel 4. 22 Hasil Kuisisioner	67
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Index.....	69
Tabel 4. 24 Tabel Presentase Index.....	70
Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan RPN	72
Tabel 4. 26 Tabel Peringkat Perhitungan RPN	73
Tabel 4. 27 Data Input <i>Fuzzyfication</i>	76

Tabel 4. 28 Data Output <i>Fuzzyfication</i>	76
Tabel 4. 29 <i>Rule Fuzzy If-Then</i>	78
Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy FMEA</i>	81
Tabel 4. 31 Perbandingan Hasil Perhitungan FMEA dengan <i>Fuzzy FMEA</i>	82

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	FISHBONE DIAGRAM
LAMPIRAN B	GANTT CHART
LAMPIRAN C	NETWORK PLANNING CCPM
LAMPIRAN D	MATRIKS RISIKO

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proyek adalah sebuah kegiatan khusus yang tidak terjadi setiap saat dan memiliki tujuan tertentu. Dikarenakan proyek tidak terjadi setiap saat dan memiliki tujuan tertentu yang harus dicapai, proyek memiliki batas waktu dalam pengerjaannya. Oleh karena itu, pada perencanaan proyek, manajemen penjadwalan menjadi salah satu faktor penting karena hal tersebut sangat berguna untuk menyelesaikan suatu proyek dengan hasil yang maksimal dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada.

Setiap proyek memiliki tujuan khusus yang dimana dalam mencapai tujuan tersebut ada batasan yang harus dipenuhi, yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek untuk mencapai hasil akhir tujuan proyek tersebut yang biasa dikenal sebagai *triple constraint* (Soeharto, 1999). Di dalam suatu proyek, seringkali terdapat faktor-faktor yang menyebabkan perubahan antara rencana awal dengan realisasi yang terjadi di lapangan, yaitu risiko-risiko dari proyek tersebut yang penting untuk diperhatikan lebih lanjut. Oleh karenanya perlu diketahui risiko-risiko yang memungkinkan terjadi dalam suatu proyek agar tidak terjadi keterlambatan. Banyak metode yang dapat digunakan dalam melakukan analisis keterlambatan suatu proyek, yaitu salah satunya menggunakan *fishbone diagram* yang dalam fungsinya sebagai metode untuk menganalisis penyebab terjadinya keterlambatan proyek yang dibagi dalam beberapa indikator penyebab, yaitu pekerja mesin, material, dan metode (Khotimah, 2019). Dan penggunaan metode *Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* yang merupakan pengembangan dari metode FMEA sendiri yang bertujuan untuk memperoleh skor dari masing-masing mode kegagalan. Dalam pengembangannya, *Fuzzy FMEA* digunakan untuk membuat metode penilaian yang lebih masuk akal.

Terlepas dari risiko-risiko proyek, dalam mengoptimalkan suatu proyek perlu adanya perencanaan penjadwalan yang baik. Seiring berkembangnya waktu, metode-metode yang sering digunakan mulai dikembangkan. Salah satunya yaitu *Critical Chain Project Management (CCPM)*, *CCPM* adalah sebuah metode perencanaan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam melakukan tugas-tugas yang ada di proyek. Metode ini yang membuat seorang manager proyek dapat menambahkan waktu penyangga (*buffer*) di setiap kegiatan dalam proyek tersebut dikarenakan terbatasnya sumber daya dan ketidakpastian proyek.

Melihat persoalan yang terjadi dan banyaknya metode-metode yang digunakan dalam suatu perencanaan proyek, penulis penelitian ini ingin melakukan perencanaan proyek suatu pembangunan pipa lepas pantai dengan konsep *Lean Project Management*. Penulis ingin membahas bagaimana risiko-risiko yang dapat berpengaruh pada perencanaan suatu proyek dan bagaimana mengoptimalkannya. Dengan menggunakan metode *fishbone* untuk menganalisis *waste* proyek dan metode *Fuzzy FMEA* untuk menganalisis keterlambatan proyek serta penggunaan metode *CCPM* untuk melakukan perencanaan penjadwalan untuk menghindari *Student Syndrome* dan *Parkinson's Law Effects*, diharapkan penulis dapat mengoptimalkan dan mengefisienkan suatu proyek pembangunan agar lebih efektif dan efisien.

Dengan menerapkan konsep *Lean Project Management*, penulis ingin menganalisis kendala dan *waste* yang muncul saat pelaksanaan proyek dan mengoptimalkan waktu pengerjaan proyek.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana *waste* yang didapat berdasarkan hasil *Fishbone Diagram* dari analisis proyek instalasi offshore pipeline dan bagaimana mengatasinya?
2. Berapa durasi yang didapat dari penerapan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)* pada proyek instalasi *offshore pipeline*?

3. Bagaimana hasil penerapan metode *Fuzzy Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dalam analisis risiko pada proyek instalasi *Offshore Pipeline*?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi *waste* yang berpotensi terjadi dan memberikan langkah preventif atau korektif.
2. Mengaplikasikan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) untuk perencanaan penjadwalan proyek.
3. Mengetahui perhitungan *Fuzzy Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) pada analisis risiko pada proyek instalasi *Offshore Pipeline*.

1.1 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapat dengan adanya penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan dari hasil penelitian dalam perencanaan proyek ini, sehingga dapat mempraktikkan teknik penjadwalan di dunia kerja dengan melihat keadaan di lapangan yang rumit agar menjadi solusi bagi perusahaan dalam melakukan perencanaan proyek lebih terstruktur dengan menerapkan prinsip *Lean Project Management*. Serta dapat memberikan rekomendasi dan informasi sehingga pelaksanaan proyek selanjutnya lebih efektif dan efisien.

1.2 Batasan Masalah

1. Aspek yang dianalisis (berdasarkan *triple constraint*) hanya dalam lingkup waktu
2. *Waste* yang diidentifikasi adalah *waste* yang berpotensi terjadi selama pelaksanaan proyek berdasarkan 7 macam *waste*.
3. Berdasarkan 8 prinsip *Lean Project Management*, prinsip yang diterapkan hanya yang sesuai dengan skala dan karakteristik proyek.

1.3 Sistematika Penulisan

Pada BAB I memberikan penjelasan mengenai latar belakang penelitian yang dilakukan, permasalahan yang akan dibahas, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan, dan batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, serta sistematika penulisan.

Pada BAB II memberikan penjelasan mengenai pedoman yang dipakai penulis yaitu pada beberapa sumber buku, jurnal, dan artikel tentang dasar-dasar teori meliputi deskripsi proyek instalasi, prinsip-prinsip *Lean Project Management*, *Fishbone Diagram*, Fuzzy FMEA, dan penggunaan metode CCPM.

Pada BAB III memberikan penjelasan mengenai langkah-langkah atau alur pengerjaan tugas akhir yang digambarkan dalam bentuk diagram alir yang disusun secara sistematis dan dilengkapi dengan penjelasannya.

Pada BAB IV memberikan penjelasan mengenai pengolahan data dan hasil dari penelitian berupa kuisioner untuk *Fishbone Diagram*, pengolahan data dengan metode Fuzzy FMEA, dan penjadwalan dengan CCPM.

Pada BAB V memberikan penjelasan mengenai kesimpulan dimana menjawab dari permasalahan dan hasil penelitian yang dilakukan serta saran yang diharapkan dapat diterapkan dalam proyek selanjutnya dan saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut tentang penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dewasa ini, dalam mengikuti persaingan global, tiap-tiap industri terus mencari cara untuk meningkatkan level kualitas dan terus mengoptimalkan produktivitas yang efektif dan efisien (Balaraju, et. al, 2019). Untuk mendukung usaha tersebut, dalam suatu industri, perencanaan aktivitas proyek sangat erat kaitannya dengan pertimbangan risiko, waktu, optimalisasi biaya, dan mutu. Pada suatu proyek instalasi pipa bawah laut merupakan proyek yang membutuhkan sumber daya yang tepat untuk mencapai tujuan perencanaan yang tepat pula. Oleh karena itu, dibutuhkan metode analisis risiko dan perencanaan proyek yang dilakukan sebaik-baiknya agar mendapat hasil yang optimal.

Muhammad (2017), penulis menjelaskan bahwa seringkali terdapat faktor-faktor yang menyebabkan perubahan antara rencana awal dengan realisasi yang terjadi di lapangan. Karenanya, perlu dilakukan analisis dengan metode analisis risiko, yaitu salah satunya adalah *Fishbone Diagram* untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mungkin dapat mengakibatkan suatu proyek terlambat agar risiko tersebut dapat dihindarkan. Setelah menentukan faktor-faktornya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui skor-skor dari masing-masing mode kegagalan yaitu menggunakan *Fuzzy FMEA* yang dinilai dalam pengembangannya lebih masuk akal. *Lean Project Management* menekankan tentang optimalisasi suatu perencanaan proyek. Metode-metode yang biasa dipakai saat ini untuk mengoptimalkan waktu proyek adalah salah satunya yaitu *Critical Chain Method*. Namun dalam penerapannya, *Critical Chain Method* dinilai kurang efisien karena tidak mempertimbangkan produktivitas dari setiap pekerjaan di dalamnya dan masalah-masalah yang terkait akibat perilaku manusia yang cenderung menyebabkan proyek tersebut terlambat dan akhirnya perlu dilakukan penambahan waktu. Untuk menghilangkan masalah-masalah tersebut, dikembangkanlah metode *Critical Chain Project Management (CCPM)* yang akan digunakan dalam penelitian ini dengan tujuan memaksimalkan kinerja dengan cara mengurangi durasi dari setiap aktivitas dalam proyek yang masih memasukkan *safety time*. Penelitian

mengenai analisis proyek sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, diantaranya sebagai berikut:

Hotimah (2019) menganalisis risiko dari keterlambatan proyek *Cutter Suction Dredger* terhadap pengerjaan komponen pipa dengan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengetahui mode kegagalan dominan yang terjadi dalam proyek tersebut.

Muhammad (2017) menjelaskan bahwa seringkali terdapat faktor-faktor yang menyebabkan perubahan antara rencana awal dengan realisasi yang terjadi di lapangan. Tujuan peneliti menerapkan metode *Earned Value Analysis* (EVA) adalah untuk mengetahui bagaimana kinerja biaya dan waktu, mengetahui berapa besar perkiraan biaya akhir dan waktu yang dibutuhkan, serta untuk mengetahui indeks prestasi perkiraan rencana.

Nurbaity (2017) dan Dwi (2018) yang juga menganalisis risiko yang berpengaruh pada penjadwalan proyek. Nurbaity (2017) melakukan penjadwalan yang mempertimbangkan risiko dengan menggunakan *Microsoft Project* yang menghasilkan ditemukannya lintasan kritis pada penjadwalan proyek dengan waktu penyelesaian tercepat yaitu 152 hari. Dwi (2018) menganalisis risiko kecelakaan kerja yang berpengaruh pada durasi proyek dengan menggunakan *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Failure Mode and Effect (FMEA)*. Metode *FTA* dalam tugas akhir ini menganalisis potensi mode kegagalan yang berpotensi pada kejadian puncak dan meneruskannya ke bawah hingga pada lowest level yang disebut basic event. Lalu mode kegagalan tersebut kemudian dianalisis dengan metode *FMEA* untuk menentukan dampak yang ditimbulkan oleh mode kegagalan yang dalam hal ini merupakan kecelakaan kerja serta untuk menentukan *process control* yang telah dilakukan.

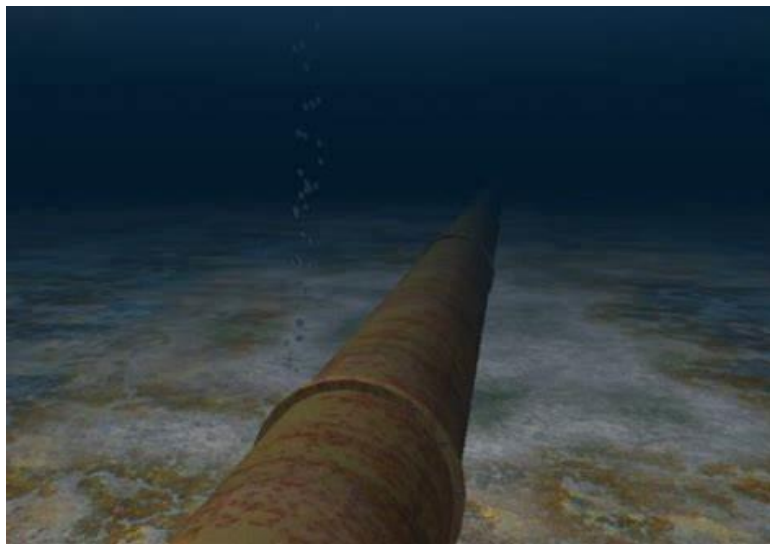
Wirawan (2017) dan Barihazim (2018) yang membahas *Critical Chain Project Management (CCPM)*, *CCPM* adalah sebuah metode perencanaan proyek yang menekankan pada sumber daya yang diperlukan dalam melakukan tugas-tugas yang ada di proyek. Metode ini yang membuat seorang manager proyek dapat menambahkan waktu penyangga (*buffer*) di setiap kegiatan dalam proyek tersebut dikarenakan terbatasnya sumber daya dan ketidakpastian proyek. Dalam penerapannya, metode *CCPM* menghasilkan durasi perencanaan proyek yang lebih

efektif dan biaya yang efisien serta optimal. Menurut Barihazim (2018) CCPM menggunakan konsep buffer dan buffer management. CCPM menggunakan kegiatan yang didalamnya tidak dimasukan safety time atau waktu aman tetapi menggantinya dengan buffer time atau waktu cadangan. Buffer Time terdiri dari feeding buffer dan project buffer. Feeding buffer adalah waktu penyangga yang menghubungkan aktivitas non-critical dengan aktivitas kritikal.

2.1 Dasar Teori

2.1.1. Pipeline

Pipeline yang dalam bahasa Indonesia diistilahkan sebagai pipa penyalur, secara umum definisinya adalah bentangan jalur pipa yang terdiri dair batangan-batangan pipa yang disambung dan berfungsi untuk mengalirkan fluida baik cair maupun gas dari suatu lokasi ke lokasi yang lain. Sedangkan line pipe adalah setiap batang individu pipa yang memiliki karakteristik bentuk berupa “*hollow tubular*”, dan material ini merupakan elemen dasar dari *pipeline*. (Ridwan, 2009)



Gambar 2. 1 *Subsea pipeline*

(Sumber: subseaworldnews.com)

2.1.1.1. Metode Instalasi Pipa Lepas Pantai

Berkembangnya industri minyak dan gas bumi transportasi penggunaan sistem perpipaan sebagai media transmisi dan distribusi sudah banyak dijumpai. Pada dasarnya penggunaan alat transportasi minyak dan gas bumi

cukup banyak pilihannya, namun sistem perpipaaan mengambil keuntungan dalam pengoperasiaanya.

Seiring bertambahnya waktu kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi tidak lagi hanya dilakukan di darat(*onshore*) melainkan juga didaerah lepas pantai(*offshore*). Adanya aktivitas eksplorasi di lepas pantai menuntut perkembangan teknologi untuk kegiatan instalasi.

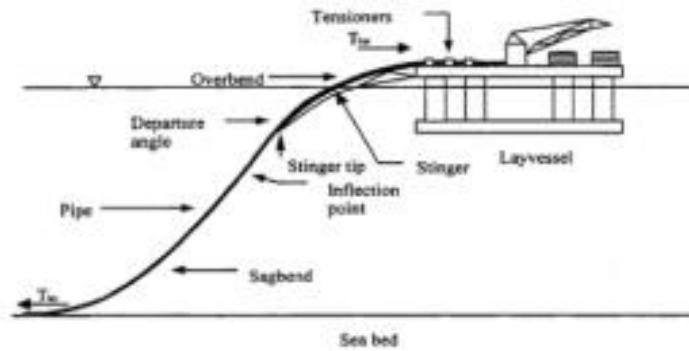
Sebelum memahami jenis-jenis metode instalasi pipa lepas pantai, disarankan mengetahui profil kedalaman laut.

a. S-Lay

Metode ini digunakan untuk instalasi *offshore pipeline* pada perairan dangkal dan menengah dimana kedalamannya berkisar antara 0-500 feet. Metode ini dikenal dengan istilah metode S-lay karena saat pipa diluncurkan dari atas barge akan membentuk profil-S.

Perbedaan teknologi dan peralatan telah diadopsi untuk pemasangan pipa di lepas pantai. Salah satu metode untuk pemasangan pipa yaitu metode S-lay, disebut S-lay karena kurva pipa yang keluar dari kapal pemasang sampai seabed berbentuk seperti huruf S. Pipeline difabrikasi di atas kapal dengan satu, dua atau tiga joints. Membutuhkan stinger untuk mengontrol bending bagian atas dan tensioner untuk mengontrol bagian bawah. Laut yang lebih dalam membutuhkan stinger yang lebih panjang dan tensioner yang lebih kuat.

Data lapangan menyebutkan bahwa menggunakan metode instalasi ini akan memiliki kecepatan pasang 4-5 km/hari dan NPS maksimum yang dapat dipasang 60" OD (*Allseas Solitair laybarge*)

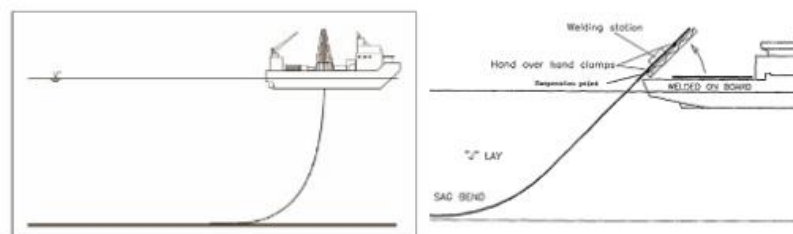


Gambar 2. 2 Instalasi Metode S-Lay
(subseapipelineassignment.wordpress.com)

b. J-Lay

Seiring bertambahnya kedalaman air metode instalasi pipeline perlu mempertimbangan teknologi lain. Bertambahnya tingkat kedalaman air akan meningkatkan pengaruh gaya hidrodinamika.

Metode J-lay yang digunakan ini dikenalkan untuk instalasi *offshore pipeline* pada perairan menengah dimana kedalamannya berkisar antara 500-1000 feet. Dibanding metode terdahulunya metode ini hanya mempertimbangkan 1 kategori area yang dianggap cukup kritis yaitu sagbend area. Disamping hal itu pada metode J-lay penyambungan pipa terletak pada bagian laybarge berada pada posisi vertikal atau bersudut sehingga tidak membutuhkan tensioner.



Gambar 2. 3 Instalasi Metode J-Lay
(subseapipelineassignment.wordpress.com)

2.1.2. Data Proyek

Proyek ini bermaksud untuk mempertahankan basis produksi perusahaan serta mendapatkan tambahan produksi. Proyek ini pada dasarnya adalah untuk memasang jaringan pipa baru dan untuk mengganti saluran pipa yang sudah rusak.

- Lokasi *Offshore Worksite*:



Gambar 2. 4 Lokasi Proyek

(Sumber:

<http://pencerahnusantara.org/kabupaten-karawang/>)

Tabel 2. 1 Koordinat lokasi *Offshore Worksite*

Platform	Coordinate (WGS 84)		Water Depth
A	6°02'29.773''S	107°31'04.967°E	15 m
B	6°02'29.773''S	107°31'04.967°E	14.9 m
C	5°53'44.299''S	107°29'39.049°E	31 m
D	5°53'42.309''S	107°29'36.589°E	27 m
E	5°51'14.751''S	107°26'51.715°E	30 m

- Lingkup Proyek
 - Instalasi *pipeline* baru dengan perkiraan Panjang 1 km dan 7.2 km
 - Melakukan survei pra konstruksi
 - Penghapusan hambatan bawah laut yang dapat mencegah pemasangan pipa
 - Survei pipa bawah laut yang dilakukan oleh ROV
 - Pemasangan riser, bends, spool, dll
 - Lakukan survei pasca-lay
 - Instal dukungan di jalur pipa yang diidentifikasi melintasi dan menerima *free spans*
 - *Flooding, pigging, hydrotest, drying, purging* dan *pre-commissioning* pipa baru
 - Fabrikasi dan Instal *spool break* antara perpipaian riser dan topside
 - Mengacu pada kode ASME IX, API 1104 (PSL 2), AWS D1.1 dan Spesifikasi Perusahaan
- Deskripsi Pipa

Proyek berlokasi di wilayah kerja PT. X yang terletak sekitar 80 – 200 km sebelah timur laut Jakarta. Pipa penyalur yang akan dilakukan *replacement* adalah 8” NPS Gas Line dari Platform X menuju Platform Y dengan keterangan sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Deskripsi Pipa

Year 2018				
No	Pipeline Name	Size (inch)	Length (Km)	Repair Strategy
1	B – A	12”	1	Full
2	E – C	10”	7.2	Full
3	D – E	8”	7.2	Full

2.1.3. Proyek

Menurut Soeharto 1999, Proyek adalah kegiatan sekali lewat, dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang telah ditentukan, misalnya produk atau fasilitas produksi. Dalam proses mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala (triple constraint). Kegiatan proyek dibedakan dari kegiatan operasional, antara lain karena sifatnya yang dinamis, nonrutin, multikegiatan dengan intensitas yang berubah-ubah, dan memiliki siklus yang pendek Dalam buku berjudul *Project Management Body of Knowledge* (Project Management Institute, 2008) Agar ilmu atau profesi manajemen proyek secara sistematis dapat dipelajari, dikodefikasi dan disertifikasi, Proyek dikelompokkan dalam area ilmu manajemen proyek menjadi butir, yaitu:

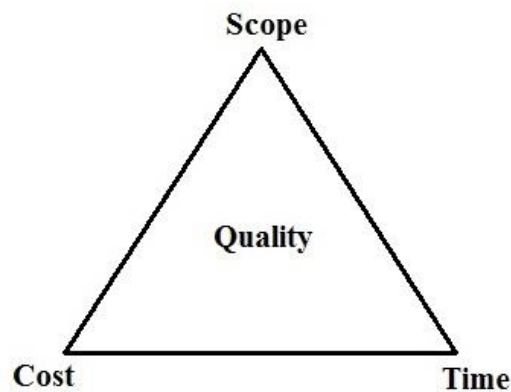
- Pengelolaan integrasi
- Lingkup
- Waktu
- Biaya
- Mutu
- Sumber Daya Manusia
- Komunikasi
- Risiko
- Pengadaan

Beberapa instansi mendefinisikan istilah ‘proyek’ telah diusulkan, beberapa dari istilah tersebut disajikan sebagai berikut:

- Project Management Institute (PMI), USA yang dikutip oleh Wirawan (2017) mendefinisikan proyek sebagai ‘usaha atau aktivitas kompleks sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk atau layanan yang unik.
- UK Association for Project Management mendefinisikan proyek sebagai ‘usaha atau aktivitas kompleks terpisah dengan tujuan yang telah didefinisikan sering mencakup sasaran waktu, biaya, dan kualitas (kinerja)’.
- The British Standards Institute (BS6079) mendefinisikan proyek sebagai ‘Serangkaian aktivitas terkoordinasi yang unik, dengan titik awal dan akhir

yang pasti, dilakukan oleh individu maupun organisasi untuk memenuhi tujuan spesifik dengan parameter jadwal, biaya, dan kinerja yang telah ditentukan’.

Proyek diimplementasikan untuk mencapai tujuan dari promotor dan para stakeholders proyek. Stakeholders disini dimaksudkan individu, ataupun kelompok yang memiliki kepentingan pribadi pada proyek, mungkin atau mungkin tidak seorang investor dalam proyek tersebut. Tujuan utama proyek biasanya diukur melalui waktu (time), biaya (cost), dan mutu (scope), dan hubungan antar mereka ditunjukkan pada Gambar 2.4 dibawah. Penggunaan segitiga sama sisi dalam konteks ini sangat penting, karena walaupun dimungkinkan untuk memenuhi satu atau dua tujuan utama, untuk memenuhi ketiganya hampir tidak mungkin



Gambar 2. 5 Segitiga tujuan proyek

(Sumber: *muamergani.blogspot.com*)

2.1.4. Lean Project Management

Menurut (Hermina, 2014) Lean Project Management pertama kali dikembangkan di perusahaan Jepang terutama oleh perusahaan otomotif dari Jepang yang sangat terkenal di berbagai negara termasuk Indonesia. Lean Project Management berarti metode sistematis dan integratif yang diimplementasikan secara berkesinambungan untuk meminimalisir dan mencegah adanya pemborosan ataupun proses-proses yang tidak bernilai tambah (non value added) dengan cara perbaikan berkelanjutan (continuous improvement) melalui pemetaan value stream (peta yang memperlihatkan proses nyata secara lebih rinci, mengandung informasi

yang lengkap seperti tahapan proses, lead time, antrian, dan lain-lain), yang melibatkan seluruh karyawan baik dari tingkatan top management sampai tingkatan yang terendah. Sejalan dengan perkembangan, sekarang ini konsep Lean Management tidak hanya dapat diterapkan di industri manufaktur tetapi dapat diterapkan di perusahaan jasa, instansi pemerintah dan pelayanan kesehatan (rumah sakit dan sebagainya), maupun lembaga pendidikan, dapat menerapkan Lean Management untuk menghasilkan proses yang lebih efektif dan efisien, pelayanan yang lebih cepat, biaya yang lebih rendah, serta kualitas mutu dan pelayanan yang lebih baik.

Peranan Lean Project Management dalam sebuah proyek adalah berfungsi untuk mengidentifikasi waste (Non Value-Adding Activities) dan kendala (resiko) yang berpotensi muncul saat pelaksanaan proyek, serta mengestimasi kebutuhan pelaksanaan proyek (waktu, biaya, sumber daya).

2.1.4.1 Prinsip Lean Project Management

1. Project System

Sistem Proyek dilakukan untuk mengidentifikasi waste yang kemungkinan akan muncul dalam pelaksanaan proyek. Ada 2 tahap yang harus dilakukan untuk mengidentifikasi waste tersebut, yaitu dengan menggunakan Fish bone diagram dan formulasi if then. Fish bone diagram digunakan untuk mengetahui akar penyebab waste, yang dilihat dari segi Pekerja, Material, Metode, serta Mesin dan Alat.

2. Leading People

- Identifikasi Stakeholder yang berkaitan.
- Mengelola Stakeholder, dengan pendefinisian roles tiap-tiap stakeholder, dengan menggunakan matriks RICA, digunakan untuk proyek yang berhubungan dengan banyak pihak (biasanya hingga ratusan)

3. Chartering

Chartering merupakan suatu tahap pendefinisian visi dan tujuan proyek, dan menempatkan otoritas kepada pemimpin proyek untuk

rencana proyek. Untuk memudahkan tahap chartering, maka manager proyek dapat menggunakan form charter, sehingga stakeholder yang berkaitan dapat memperoleh informasi dari proyek yang berkaitan

4. *Right solution*

Pengambilan solusi ini digunakan dalam pemilihan solusi untuk menangani waste yang berpotensi muncul saat pelaksanaan proyek

5. *Managing Variation*

Variasi di dalam proyek diartikan ketidakpastian, untuk itu pihak pelaksana perlu *manage* variasi, dengan cara mengestimasi pelaksanaan proyek baik dari segi biaya, waktu (penjadwalan) dan sumber daya yang digunakan.

- Estimasi biaya

Yang pertama dilakukan adalah mengestimasi biaya proyek dari kebutuhan material dan tenaga kerja (sebelum PPN 10% dan dana kontingensi. Estimasi biaya dilakukan dengan merinci kebutuhan material dan tenaga kerja dari tiap jenis pekerjaan.

- Estimasi Jadwal

Perencanaan penjadwalan menggunakan metode Critical Chain Project Management (CCPM) bertujuan untuk menghindari Student Syndrom dan Parkinson' s Law Effects. Critical Chain Project Management (CCPM) adalah suatu metode penjadwalan yang dapat menjadi suatu alternatif baru sebagai solusi dari permasalahan tersebut.

- Estimasi sumber daya Kebutuhan jumlah pekerja berbanding terbalik dengan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Semakin singkat (sedikit) waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan maka kebutuhan pekerja semakin banyak, begitu pula sebaliknya.

6. *Project Risk Management*

Berfokus dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengembangkan strategi untuk merespon resiko yang mungkin terjadi

secara efektif dan efisien. Namun, yang harus diingat adalah bahwa tujuan dari *risk management* adalah bukan untuk menghindari semua resiko yang mungkin terjadi, tapi bertujuan untuk membuat keputusan atas dasar informasi mengenai resiko mana saja yang bernilai untuk diambil dan untuk merespon resiko tersebut dalam cara yang sesuai.

7. *Project Plan*

Project Plan Merupakan integrasi dari prinsip Lean Project Management.

8. *Execution*

- Proses pengendalian proyek
- Memonitor kinerja waktu
- Mengembangkan sistem biaya atau jadwal terintegrasi

2.1.4.2 Macam-macam Waste

Macam-macam waste yang terjadi dalam konstruksi menurut Womack dan Jones (1996):

1. Cacat pada produk (*defects*)
2. *Overproduction*
3. *Waiting*
4. *Inappropriate Processing*
5. *Unnecessary motion*
6. *Excessive transportation*
7. *Unnecessary inventory*

2.1.5. Fishbone Diagram

Fishbone diagram dinamakan diagram tulang ikan karena bentuknya seperti tulang ikan, sering juga disebut *Cause-and-Effect Diagram* atau *Ishikawa Diagram* yang diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai salah satu dari tujuh alat kualitas dasar. *Fishbone diagram* merupakan salah satu diagram yang bertujuan untuk menggambarkan penyebab

terjadinya suatu kejadian. Variabel-variabel penyebab yang ada dalam *fishbone diagram* menurut Anisa (2010), yaitu:

- a. *Man* (pekerja proyek atau operator)
- b. *Machine* (mesin dan peralatan yang digunakan dalam proyek)
- c. *Method* (metode atau cara yang dilakukan dalam proyek)
- d. *Materials* (bahan baku proyek)

Penyusunan *fishbone diagram* dilakukan melalui wawancara pihak terkait berdasarkan kondisi lapangan dan karakteristik proyek yang dikerjakan dan pengalaman dari proyek serupa sebelumnya. Wawancara tersebut bertujuan untuk mengeksplor informasi mengenai risiko-risiko yang berpotensi muncul dan berpengaruh pada pelaksanaan proyek. Dalam penyusunan *fishbone diagram*, hasil yang didapat yaitu teridentifikasinya akar penyebab *waste* yang diharapkan untuk dihindari dari setiap pelaksanaan proyek. Dengan menggunakan *fishbone diagram* dan formulasi *if then*, identifikasi risiko-risiko tersebut dilakukan agar pihak kontraktor mempunyai Preparation dan ketepatan dalam mengambil tindakan baik tindakan korektif maupun preventif, sehingga tidak banyak waktu yang terbuang.

2.1.6. Project Risk Management

Project Risk Management adalah untuk mencegah dan meminimalisir dampak yang tidak diinginkan akibat dari kejadian tak terduga dengan cara menghindari risiko atau mempersiapkan rencana pencegahan yang berkaitan dengan risiko tersebut *Project Risk Management* dilakukan penilaian risiko (*risk assessment*) yang memungkinkan suatu entitas mempertimbangkan luasnya kejadian-kejadian potensial memiliki pengaruh untuk suatu pencapaian tujuan. Manajemen menilai kejadian dari 2 (dua) perspektif, yaitu kemungkinan terjadi (*likelihood*) dan dampak (*impact*) yang umumnya, penilaian risiko menggunakan metode kuantitatif atau kualitatif, atau kombinasi di antara keduanya. Setelah dilakukan penilaian risiko, manajemen menentukan bagaimana risiko-risiko yang ada tersebut untuk direspon. Berbagai model merespon risiko, diantaranya adalah:

- Menghindari risiko (*avoiding*)
- Mengurangi (*mitigating*)
- Memindahkan (*sharing/transferring*)

- Mengendalikan (*controlling*)
- Mengoptimalkan (*optimizing*)

2.1.7. Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis

Menurut Kusumadewi (2002), Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Terdapat beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy antara lain:

1. Konsep logika mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data – data yang tidak tepat.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi – fungsi non linier yang sangat kompleks.
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman – pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik – teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami.

Penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) dilakukan oleh ahli karena tidak ada data yang cukup tentang faktor risiko dan faktor ketidakpastian. Secara umum, perangkat lunak Microsoft Excel 2013 digunakan sebagai instrumen dalam memproses data penelitian. Namun, ada instrumen khusus, *Fuzzy Logic Toolbox*, yang merupakan program perangkat lunak MATLAB yang secara khusus digunakan untuk menghitung RPN pada Fuzzy FMEA.

2.1.7.1 Proses Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis

Menurut Mahardika (2019) proses-proses *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* adalah sebagai berikut:

1. Fuzzyfication

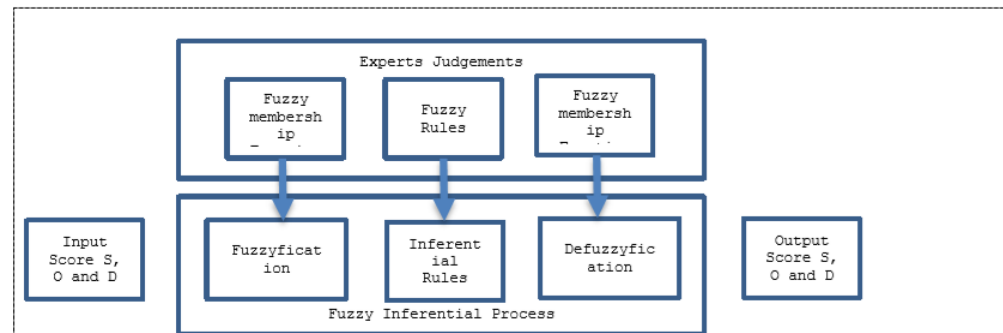
Adalah momen yang menentukan fungsi keanggotaan dan serangkaian kerumitan, kejadian, deteksi, dan Fuzzy RPN Fuzzy (FRPN).

2. Evaluasi Aturan Fuzzy

Menggunakan aturan IF-THEN di mana IF adalah variabel input Fuzzy sedangkan THEN adalah variabel output Fuzzy. Semua kombinasi harus dikelompokkan untuk menghasilkan aturan Fuzzy. Sebagai contoh: JIKA Tingkat Keparahan Sangat Tinggi, Dan Kejadiannya Sangat Tinggi, dan Deteksi Sangat Tinggi, MAKA FRPN sangat Tinggi.

3. Defuzzyfication

Dengan input defuzzyfikasi yang merupakan himpunan Fuzzy diperoleh dari komposisi aturan Fuzzy, sedangkan outputnya adalah angka dalam himpunan Fuzzy. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pusat Gravitasi (Centroid), yang merupakan skor dari output yang diperoleh berdasarkan pusat gravitasi dari proses pengambilan keputusan. Dalam penelitian ini, defuzzyfication digunakan untuk menemukan output dalam bentuk FRPN berdasarkan input yang telah ditetapkan.



Gambar 2. 6 Tahap Fuzzy FMEA

FMEA konvensional, penilaian kegagalan risiko diperoleh dengan mengalikan *Severity, Occurrence and Detection*. Namun, FMEA konvensional tidak memperhatikan pentingnya setiap input, sehingga dalam perhitungannya setiap input memiliki tingkat kepentingan yang sama. Selain itu, penilaian bersifat subyektif dan kualitatif, dan juga RPN diperoleh hanya dari hasil input ketiga kalinya. Oleh karena itu, tingkat keparahan, kejadian dan deteksi dinilai

menggunakan Fuzzy Logic dengan metode Mamdani (Min-Max) untuk mendapatkan FRPN (Angka Prioritas Risiko Fuzzy).

2.1.8. Critical Chain Project Management

Metode Critical Chain adalah metode yang membuat seorang manager proyek dapat menambahkan waktu penyangga (buffer) di setiap kegiatan dalam proyek tersebut dikarenakan terbatasnya sumber daya dan ketidakpastian proyek. Metode ini adalah perkembangan dari Critical Path Method dan mempertimbangkan efek akibat pemindahan sumber daya, optimalisasi sumber daya, pembagian sumber daya dan durasi dari kegiatan dari jalur kritis yang ditentukan dengan Critical Path Method. Untuk mewujudkannya, CCPM menggunakan konsep buffer dan buffer management. CCPM menggunakan kegiatan yang didalamnya tidak dimasukan safety time atau waktu aman tetapi menggantinya dengan buffer time atau waktu cadangan. Buffer Time terdiri dari feeding buffer dan project buffer. Feeding buffer adalah waktu penyangga yang menghubungkan aktivitas non-critical dengan aktivitas critical. Fungsinya adalah sebagai waktu cadangan untuk jika terdapat keterlambatan pada aktivitas non-kritis. Project Buffer adalah waktu cadangan yang diletakan pada akhir dari seluruh kegiatan proyek sebagai cadangan waktu keseluruhan proyek (PMBOK, 2013).

2.1.8.1 Langkah – Langkah Metode CCPM

Valikoniene (2014) yang dikutip oleh Wirawan (2017) menyimpulkan bahwa metode CCPM mempunyai lima langkah berdasarkan TOC (Theory of Constraint) antara lain:

1. Mengidentifikasi Critical chain. Critical chain adalah batasan mulai hingga berakhirnya sebuah proyek. Untuk mengidentifikasinya langkah-langkah berikut harus dilakukan:
 - a. Mengembangkan dasar utama dari sebuah proyek. Langkah ini sama seperti metode CPM
 - i. Tentukan tujuan dari proyek tersebut. rencanakan anggaran, durasi dan kebutuhan konsumen
 - ii. Tentukan aktivitas yang dilakukan sesuai dengan Work Breakdown Structure

- iii. Tentukan keterkaitan antara aktivitas-aktivitas dalam proyek tersebut untuk mendapatkan durasi total. Untuk lebih mudahnya sesuaikan dengan pendekatan as-late-as-possible
 - iv. Estimasikan durasi, biaya dan sumber daya yang dibutuhkan setiap aktivitas
 - v. Cari critical chain sama seperti metode CPM tetapi ditambahkan pertimbangan sumber dayanya.
2. Memutuskan bagaimana untuk mengeksploitasi rantai kritis. Untuk lebih jelasnya ikuti langkah-langkah berikut: a. Mengurangi durasi dari masing-masing aktivitas b. Memasukan project buffer
 3. Subordinat pekerjaan lain, jalan, dan sumber daya ke rantai kritis a. Masukan feeding buffer b. Lakukan penjadwalan ulang setelah memasukan feeding buffer c. Masukan resource buffer
 4. Mengembangkan critical chain. Jika penjadwalan yang dibuat dirasa belum memuaskan, maka rantai kritis harus dikembangkan. Pengembangan ini mencakup penambahan sumber daya, merubah runtutan aktivitas, merubah peralatan dan material, untuk menyalurkan sumber daya dari aktivitas nonkritis ke aktivitas kritis, menambahkan jam lembur dan lain-lain

2.1.8.2 Permasalahan Akibat Manusia

Proyek pada umumnya dikerjakan dalam lingkungan yang dinamis. Memang tidak mungkin jika seseorang dapat memprediksi secara tepat berapa durasi proyek yang dibutuhkan. Ketepatan dalam mengestimasi banyak tergantung oleh derajat ketidakpastian. Berdasarkan ketidakpastian tersebut, safety time harus ditambahkan dalam semua aktivitas dalam proyek guna menjaga dari risiko keterlambatan. Tetapi tambahan waktu itu berdampak meningkatnya durasi total sebuah proyek. Sehingga harus sesedikit mungkin memasukan tambahan waktu. Ketika menambahkan tambahan waktu, muncul beberapa permasalahan baru. Pada metode CPM masalah perilaku manusia ini hanya dihiraukan, dalam metode CCPM permasalahan tersebut akan di hilangkan baik saat tahap perencanaan maupun pada saat eksekusi karena akan berdampak besar bagi kelangsungan proyek. Diantaranya

adalah Student's Syndrome, Parkinson's Law, Multitasking, dan Overestimated Activity duration (Valikoniene, 2014).

1. Student's Syndrome

Sesuai dengan namanya, student's syndrome berlandaskan dari perilaku seorang siswa yang selalu mengerjakan tugasnya pada malam sebelum waktu pengumpulan. Menurut Goldratt (1997) yang dikutip oleh Barihazim (2018) sudah sewajarnya semua manusia akan menunda pekerjaannya sampai saat sudah terdesak. Karena sudah mengetahui waktu aman (safety time) dari pekerjaan tersebut maka lebih baik mengerjakan sesuatu yang prioritasnya lebih tinggi dan tentu saja lebih mendesak. Para ahli metode CCPM mengungkapkan bahwa menghapus safety time dari durasi aktivitas akan menghilangkan student's syndrome, jika tidak ada waktu yang bisa diisi maka pekerjaan harus diselesaikan secepat-cepatnya.

2. Parkinson's Law

Contoh yang menggambarkan adalah sebagai berikut, sebuah proyek tradisional ditekankan untuk tidak terlambat, namun para pekerja tidak mendapat promosi bila dapat menyelesaikan proyek lebih cepat dari tenggat waktu yang ditentukan. Kenyataan ini mendorong efek dari hidden safety, student's syndrome dan parkinson's law.

3. Multitasking

Kebiasaan yang paling sering dilakukan ketika mengerjakan dua atau lebih tugas sekaligus, yaitu berganti pekerjaan tetapi pekerjaan sebelumnya belum selesai. Alasan kenapa masalah ini sering dilakukan adalah untuk terlihat lebih baik di hadapan atasan dan menyenangkan pelanggan. Multitasking mengakibatkan berkurangnya produktivitas dan menurunnya kualitas dari hasil pekerjaan seseorang yang dapat berujung kehilangan pekerjaan (Valikoniene, 2014).

4. Overestimated

Activity Durations Ketika merencanakan durasi pengerjaan, terkadang manager proyek menanyakan langsung kepada pekerja

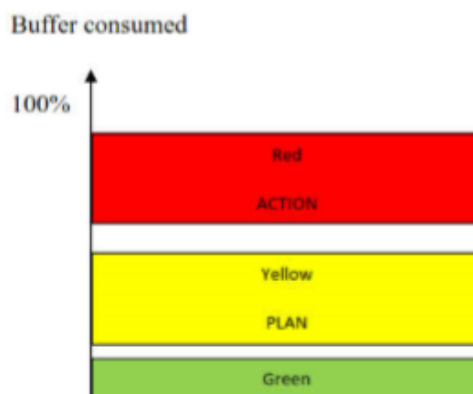
biasanya berapa lama untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan. Hasilnya pasti akan selalu lebih lama dibandingkan dengan kenyataan sebelumnya. Alasan dari hal tersebut adalah ketika sebuah jadwal proyek telah selesai dibuat dan akan diberikan kepada pelanggan, biasanya jadwal atau durasi akan dikurangi sebabnya akan merugikan pelanggan. Maka dari itu pihak perencana akan menambah durasi berkali lipat dari yang seharusnya supaya bisa mendapatkan keuntungan yang lebih (Valikoniene, 2014).

2.1.8.3 Pengurangan Durasi Kegiatan

CCPM mengendalikan beberapa permasalahan dengan memasukan buffer ke dalam jadwal proyek. Berbeda dengan metode tradisional yang menambahkan safety time ke dalam masing-masing kegiatan. Metode ini mengurangi durasi proyek dengan membuang safety time dari masing-masing kegiatan di dalam jadwal. Leach (2000) yang dikutip oleh Bari hazim (2018) (menyatakan bahwa pengurangan durasi didapat dari nilai tengah atau median dari setiap kegiatan. Yaitu sebesar 50/50 kemungkinan untuk selesai lebih awal atau menjelang waktu tenggat.

2.1.8.4 Buffer Management

Managemen Buffer digunakan untuk memonitoring jadwal ketika eksekusi, dimana hanya 3 tipe buffer yang diawasi dibandingkan dengan ratusan kegiatan di metode CPM. Managemen Buffer bertindak sebagai alat untuk menjaga keandalan



Gambar 2. 7 Buffer Monitoring pada CCPM

(Sumber: Valikoniene, 2014)

dari jadwal proyek tetapi tidak merubah critical chain dibandingkan dengan metode CPM.

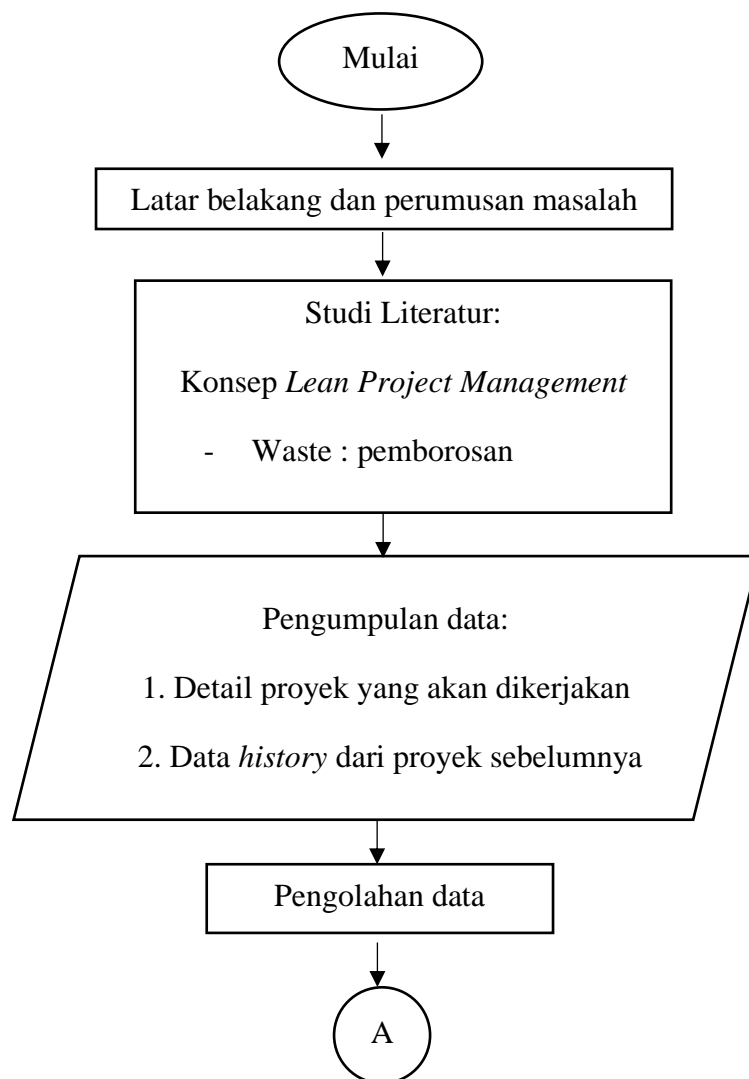
Manajemen buffer dibagi menjadi tiga divisi yang sama besar (Cerveny dan Galup, 2002). Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.8 dibedakan menjadi beberapa warna yaitu: hijau, kuning dan merah. Warna hijau menunjukkan area dari nilai negatif sampai satu per tiga pemakaian. Ini menunjukkan zona aman dimana tidak diharuskannya mengambil tindakan. Warna kuning menunjukkan zona transisi dimana tindakan harus sudah direncanakan siapatau dibutuhkan jika konsumsi buffer dinilai banyak. Tindakan pencegahannya berupa indentifikasi masalah, membuat strategi untuk memecahkan masalah tersebut. Warna merah menunjukkan dimana tindakan pemulihan yang telah direncanakan sebelumnya harus dilaksanakan.

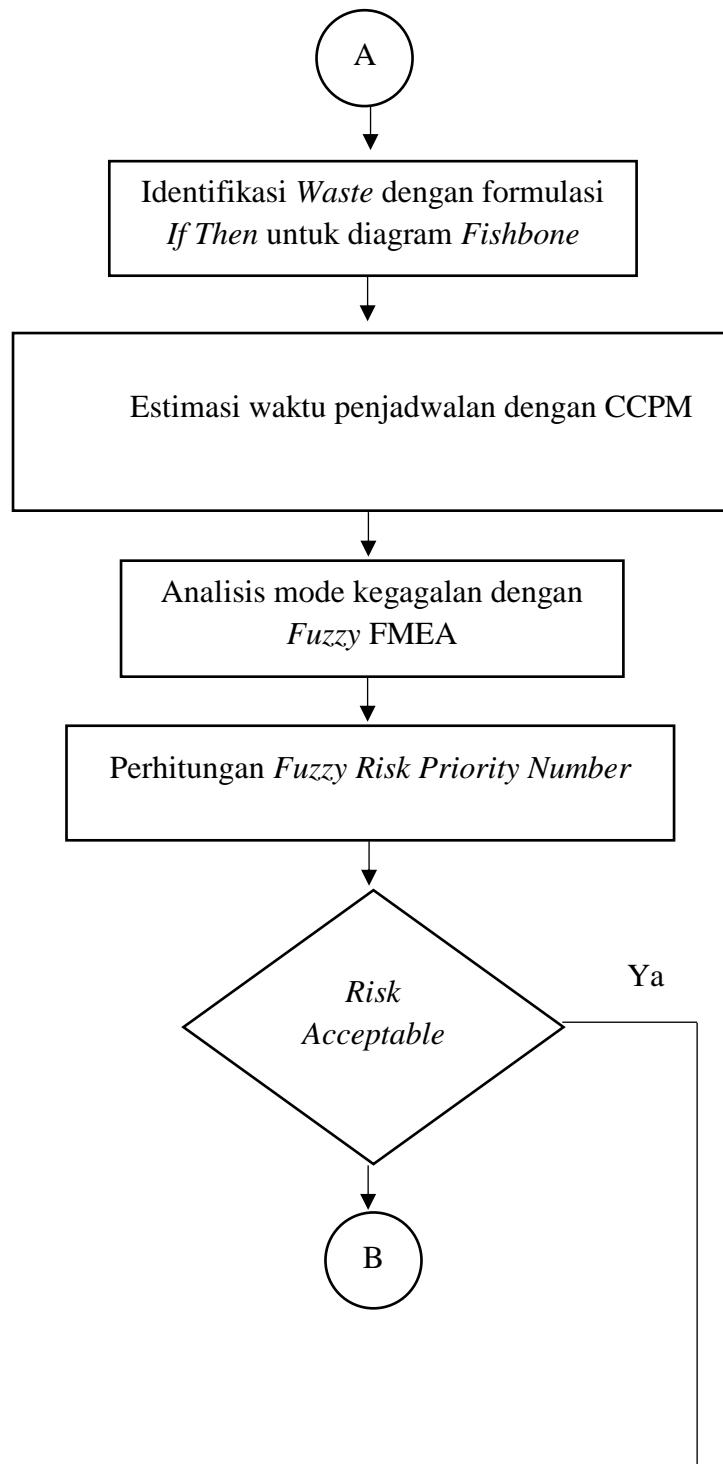
BAB III

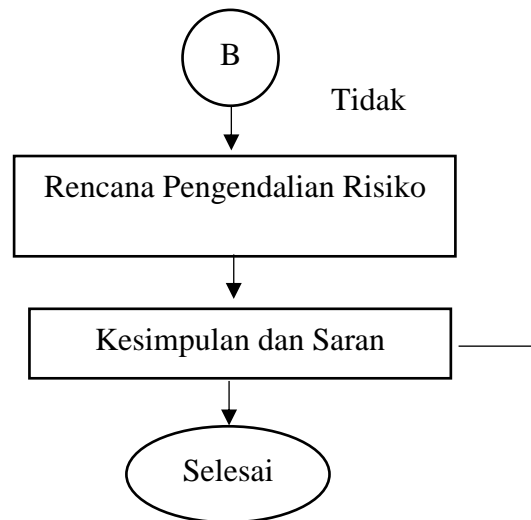
METODOLIGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah evaluasi perkembangan tugas akhir maka dibuat sebuah alur tahapan-tahapan pengerjaan/metodologi. Secara garis besar pengerjaan tugas akhir ini dapat dikerjakan dalam gambar 3.1.







Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 3.1, dijelaskan mengenai alur dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Latar Belakang dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana bentuk *Fish Bone Diagram* dari analisis *waste* proyek instalasi pipa lepas pantai?
2. Bagaimana hasil penerapan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dalam indikator identifikasi risiko dari proyek instalasi pipa lepas pantai?
3. Berapa durasi dan biaya total yang didapat dari penerapan metode Critical Chain Project Management (CCPM) dalam proyek pembangunan pipa lepas pantai?

Tahap selanjutnya adalah analisis dari permasalahan yang ada, sebelumnya perlu dilakukan pemahaman yang mendalam mengenai: metode instalasi pipa lepas pantai, *fishbone diagram*, *fuzzy* FMEA, penjadwalan dengan metode CCPM. Maka dari itu perlu dilakukannya studi literatur mengenai hal-hal berikut.

3.2.2 Studi Literatur

Guna mendukung literatur-literatur yang memiliki hubungan dengan penulisan tugas akhir ini, maka suatu studi literatur digunakan untuk mendukung

pengembangan wawasan dan analisis tersebut. Adapun studi literatur yang digunakan antara lain yaitu:

1. Studi mengenai *Lean Project Management*
2. Studi mengenai metode *Fishbone*
3. Studi mengenai metode CCPM dan penggunaannya
4. Studi mengenai metode *Fuzzy FMEA*

3.2.3 Pengumpulan Data

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

1. Detail kegiatan proyek.
2. Data analisis masalah utama proyek.
3. Data penilaian *severity, occurrence, and detection* dari hasil kuisioner.

3.2.4 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah data yang diperlukan sudah lengkap, maka sudah bisa dimulai tahap pembahasan dalam tugas akhir ini. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi *Waste* dan diagram *Fishbone*

Identifikasi waste (pemborosan) dengan menggunakan fishbone diagram dari data analisis masalah utama proyek dan diskusi yang telah dilakukan. Daftar penyebab pemborosan kemudian dibuat dalam fishbone diagram untuk dikelompokkan berdasarkan faktor-faktor penyebab pemborosan yang mengakibatkan keterlambatan dalam proyek tersebut.

2. Penjadwalan dengan metode CCPM

Penjadwalan ini diawali dengan membuat jaringan kerja sesuai dengan data proyek yang telah di dapat. Lalu ditentukan dimana lintasan kritisnya berada.

3. Analisis risiko dengan *Fuzzy FMEA*

- a. Menentukan penyebab dari setiap aktivitas yang terjadi di lapangan pada saat pipa beroperasi.
- b. Melakukan penilaian *severity (S), occurrence (O), detection (D)* dari setiap kegiatan kegagalan yang teridentifikasi. Penilaian ini dilakukan

dengan cara penyebaran kuisisioner kepada responden yang telah berpengalaman.

c. Melakukan perhitungan Risk Priority Number (RPN)

4. Perhitungan *Fuzzy Risk Priority Number*

Menghitung *risk priority number* dengan *fuzzy* untuk mendapatkan ranking yang lebih spesifik dari setiap risiko kegagalan.

5. Pengendalian Resiko

Pada pengendalian resiko ini dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi dampak kejadian dari variabel resiko yang berada pada zona merah, sedangkan pada zona hijau tidak dilakukan pengendalian resiko karena dampaknya masih dapat ditoleransi. Upaya untuk meminimalisasi resiko ini dilakukan dengan menerapkan langkah – langkah yang diarahkan pada hasil penilaian data yang diperoleh dari proses Analisis resiko. Hal ini dilakukan dengan cara mengembangkan opsi – opsi dan menentukan aksi untuk menambah kesempatan dan mengurangi ancaman terhadap tujuan proyek.

6. Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian ini akan menghasilkan kesimpulan yang dapat berguna untuk menambah pengetahuan dalam menemukan hasil penelitian analisis waste dan risiko serta estimasi biaya dan waktu yang telah dilakukan Selain itu saran yang diberikan dapat bermanfaat untuk dapat mempraktikkan teknik penjadwalan di dunia kerja agar menjadi solusi bagi perusahaan dalam melakukan perencanaan proyek lebih terstruktur dengan menerapkan prinsip *Lean Project Management*. Serta dapat memberikan rekomendasi dan informasi sehingga pelaksanaan proyek selanjutnya lebih efektif dan efisien.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data didapat dari hasil laporan *Major Problems* yang terjadi dalam proyek. Kemudian data tersebut dilakukan validasi dengan wawancara terkait penyebab pemborosan pada objek penelitian Tugas Akhir terkait yaitu proyek Instalasi *Offshore Pipeline*. Serta langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi risiko dengan mencari *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* pada setiap risiko yang diperoleh dari kuisioner yang dibagikan kepada responden.

4.2 Project System

Sebuah proyek yang mengalami keterlambatan tentu disebabkan faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya pemborosan (*waste*). *Waste* dalam proyek sebetulnya merupakan hal yang harus diperhatikan dalam keberlangsungan proyek. Sistem Proyek dilakukan untuk mengidentifikasi *waste* yang kemungkinan akan muncul dalam pelaksanaan proyek. Dengan mengidentifikasi *waste*, pelaksana dapat berhati-hati dan siap dalam menyikapi kendala yang mungkin terjadi saat pelaksanaan, untuk lebih detailnya akan dibahas dalam *fishbone diagram*.

4.2.1 Identifikasi Waste

Identifikasi *waste* dilakukan pada proses pekerjaan proyek dengan mengetahui faktor-faktor yang memungkinkan proyek tersebut terlambat dalam pengerjaannya. Penyebab keterlambatan didasarkan pada *major problems* yang terjadi dalam proyek yang diklasifikasikan menjadi 4 faktor, yaitu pekerja, material, metode, serta mesin dan alat. Pembuatan tabel penyebab keterlambatan ini beracuan pada Khotimah (2019) yang kemudian ditambahkan jenis *waste* berdasarkan penyebabnya. Berikut hasil identifikasi penyebab *waste* dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Penyebab *Waste* pada Proyek

No	Faktor Penyebab Waste	Mode Kegagalan	Penyebab Waste	Dampak	Jenis Waste
1	Pekerja	Pekerja Kurang Kompeten	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	Pekerjaan terlambat	<i>Waiting</i>
			Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	Hasil pekerjaan kurang baik	<i>Inapropriate Processing</i>
			Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	Eksekusi tidak efektif dan produktifitas pekerjaan kurang	<i>Waiting</i>
		Komunikasi Kurang Baik	Kurangnya kerja sama antara pekerja	Beberapa kesempatan <i>Production Pipeline</i> sempat terhenti	<i>Waiting</i>

Tabel 4.1 Penyebab *Waste* pada Proyek (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Waste	Mode Kegagalan	Penyebab Waste	Dampak	Jenis Waste
1	Pekerja	Kekurangan Pekerja	Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	<i>Quality Control</i> tidak terlibat pada kegiatan <i>Commissioning</i>	<i>Inappropriate Processing</i>
			Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>	Kegiatan <i>Commissioning</i> tidak sesuai rencana	<i>Inappropriate Processing</i>
			Kekurangan personel yang dedicated pada QC personel	Kegiatan final dokumentasi tidak sesuai jadwal	<i>Waiting</i>
			Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	Pekerjaan tidak dimulai sesuai <i>plan</i>	<i>Unnecessary Motion</i>

Tabel 4.1 Penyebab *Waste* pada Proyek (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab <i>Waste</i>	Mode Kegagalan	Penyebab <i>Waste</i>	Dampak	Jenis <i>Waste</i>
2	Material	Supply Material tidak Sesuai Jadwal	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	Mobilization tertunda	<i>Waiting</i>
			Tidak adanya kontrol material	Pekerjaan tertunda	<i>Waiting</i>
		Material tidak Sesuai	<i>Design Concrete Matrass</i> terlalu panjang	Sulit dalam penempatan <i>concrete matrass</i>	<i>Defect</i>
			Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	Pekerjaan tertunda	<i>Waiting</i>

Tabel 4.1 Penyebab *Waste* pada Proyek (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Waste	Mode Kegagalan	Penyebab Waste	Dampak	Jenis Waste
2	Material	Material Tidak Sesuai	Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	Pekerjaan selanjutnya terlambat	<i>Innapropriate Processing</i>
3	Metode	Perencanaan Pekerjaan tidak Berjalan Lancar	Penentuan instruksi lama	Durasi pengerjaan overtime	<i>Unnecessary Motion</i>
			Tidak ada koordinasi dalam instalasi	Terjadi kerusakan pada material	<i>Defects</i>
			Tidak memperhitungkan sistem penginstallan	Banyak waktu terpakai untuk perbaikan	<i>Unnecessary Motion</i>
		Terjadi Penambahan Pekerjaan	Perbaikan per hari banyak terjadi	Pekerjaan tidak efektif	<i>Overproduction</i>

Tabel 4.1 Penyebab *Waste* pada Proyek (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab <i>Waste</i>	Mode Kegagalan	Penyebab <i>Waste</i>	Dampak	Jenis <i>Waste</i>
3	Metode	Pekerjaan tidak sesuai Prosedur	Kecelakaan pada pekerja	Pekerjaan terhenti selama 2 hari	<i>Waiting</i>
			Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	Tidak standarnya kegiatan pengerjaan	<i>Innapropriate Processing</i>
4	Mesin dan Alat	Tidak Menggunakan Alat Ukur dengan Tepat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	Penambahan Pekerjaan yang seharusnya tidak terjadi	<i>Unnecessary Motion</i>
			Hose putus pada saat concrete matrasss dilepaskan ke <i>seabed</i>	Pekerjaan lain tertunda dan terjadinya penambahan pekerjaan	<i>Unnecessary Motion</i>

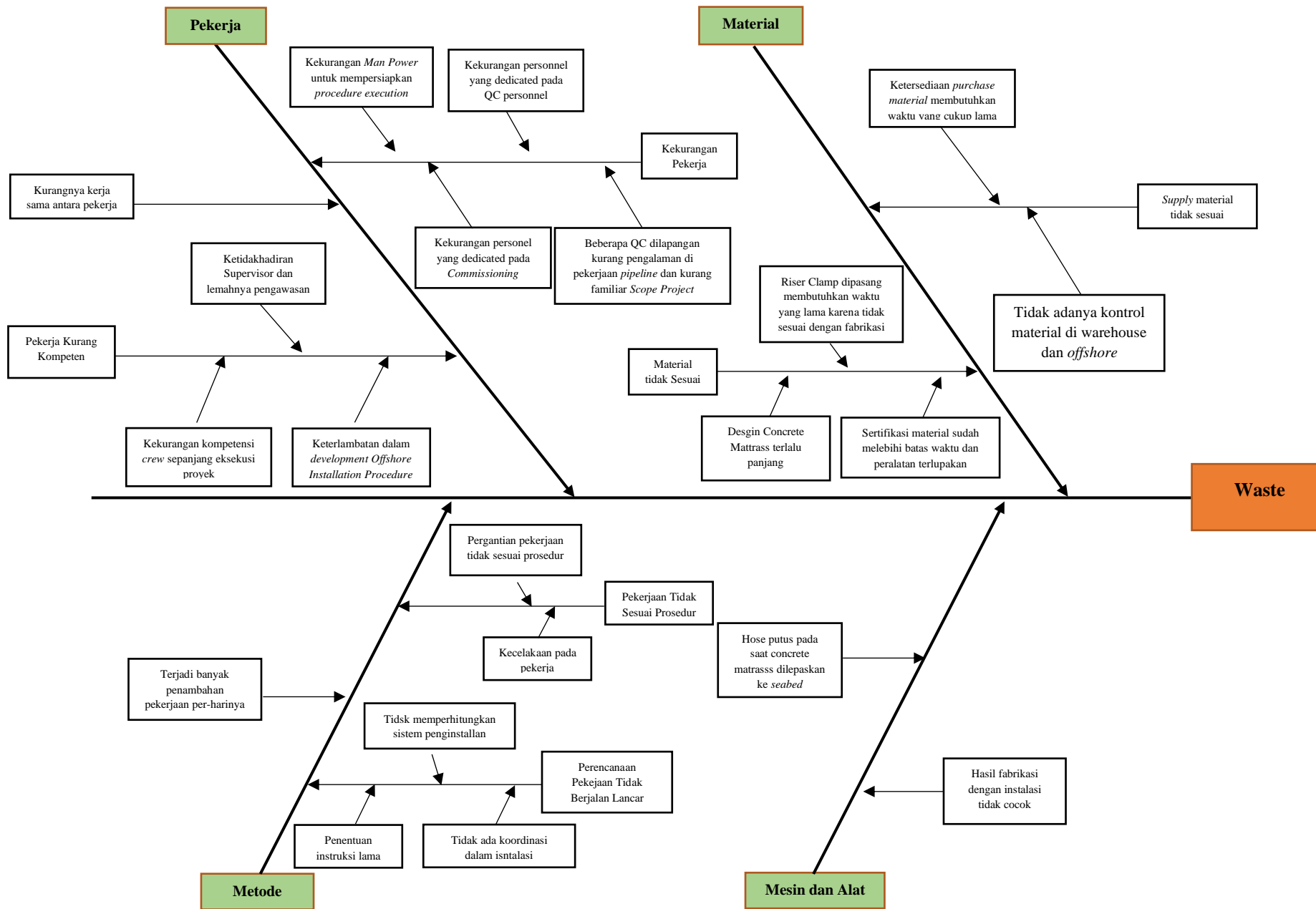
Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa pada pengerjaan proyek Instalasi *Offshore Pipeline* terdapat 9 mode kegagalan dan untuk penyebabnya terdapat 20 penyebab terjadinya *waste*. Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui jenis *waste* yang paling berpengaruh pada proyek instalasi *Offshore Pipeline* dari 8 *waste* yang telah didefinisikan oleh Womack and Jones (1996) adalah *Waiting* dan *Unnecessary Motion*.

Waiting, yaitu kondisi dimana aktivitas proyek mengalami penundaan sehingga aktivitas tertunda tersebut dapat mengakibatkan keterlambatan dalam pelaksanaan proyek.

Unnecessary Motion, yaitu adanya pergerakan yang tidak perlu, dimana pergerakan pekerja tidak produktif yang seharusnya tidak perlu dilakukan dalam pelaksanaan proyek tersebut.

4.2.2 Fishbone Diagram

Penyebab *waste* yang diperoleh dan sudah dikelompokkan sesuai faktor penyebabnya dalam bentuk tabel, kemudian digambarkan dalam bentuk *fishbone diagram*. Dalam hal ini, penggambaran dalam *fishbone diagram* digunakan untuk memudahkan dalam mengidentifikasi penyebab *waste* proyek. Berikut *fishbone diagram* untuk penyebab keterlambatan pada proyek Instalasi *Offshore Pipelines* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4.1 Fishbone Diagram Waste

Dari gambar 4.1 *Fishbone Diagram* diatas dapat dilihat penyebab-penyebab munculnya pemborosan (*waste*) dalam proyek. *Waste* yang paling dominan adalah *waiting* dan *unnecessary motion* yang terjadi pada proyek. Oleh sebab itu, dari penyebab *waste* yang terjadi tersebut kemudian diolah ke dalam formulasi *if then* untuk selanjutnya dapat diketahui tindakan-tindakan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir *waste* yang terjadi dengan langkah preventif maupun korektif yang dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Identifikasi *waste* dengan formulasi *if then*

<i>CONTROL OF WASTE</i>		
<i>If</i>	<i>Then</i>	<i>When</i>
Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	Komitmen dan koordinasi antara tim instalasi dengan tim <i>engineering</i>	Saat pelaksanaan
Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	<i>Crew</i> disiapkan jumlah yang sesuai dengan rencana pekerjaan	Sebelum pelaksanaan
Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	1 <i>shift</i> 1 <i>supervisor</i> supaya efektif dan lebih produktif saat eksekusi	Sebelum pelaksanaan
Kurangnya kerja sama antara pekerja	Memperjelas aturan, tanggung jawab, dan <i>line of communication</i> antar personil	Sebelum pelaksanaan

Tabel 4.2 Identifikasi *waste* dengan formulasi *if then* (Lanjutan)

CONTROLL OF WASTE		
<i>If</i>	<i>Then</i>	<i>When</i>
Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	Mencari personil yang lebih berpengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan mensosialisasikan lingkup kerja pekerjaan	Sebelum pelaksanaan
Kekurangan personel yang <i>dedicated</i> pada <i>Commissioning</i>	Menyiapkan personil yang <i>dedicated</i>	Sebelum pelaksanaan
Kekurangan personnel yang <i>dedicated</i> pada QC personnel	Menyiapkan personil yang <i>dedicated</i>	Sebelum pelaksanaan
Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	Menyiapkan personil yang <i>dedicated</i> untuk menyiapkan prosedur eksekusi	Sebelum pelaksanaan
Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	Menyiapkan <i>dedicated</i> personil untuk <i>readiness barge</i>	Sebelum pelaksanaan
Tidak adanya kontrol material	Menugaskan personil yang mengontrol material yang mampu mengatur pengadaan dan jadwal pengiriman material	Saat pelaksanaan

Tabel 4.2 Identifikasi *waste* dengan formulasi *if then* (Lanjutan)

<i>CONTROL OF WASTE</i>		
<i>If</i>	<i>Then</i>	<i>When</i>
<i>Design Concrete Matrass</i> terlalu panjang	Mengoptimasi <i>concrete matrass</i> untuk selanjutnya dibuatkan <i>guideline</i> untuk penempatannya	Sebelum pelaksanaan
Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	Memastikan semua material dan peralatan sudah siap	Sebelum pelaksanaan
Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	Pemeriksa membantu penyesuaian antara hasil fabrikasi dengan hasil <i>engineering</i>	Saat pelaksanaan
Penentuan instruksi lama	Menyiapkan waktu yang cukup untuk menentukan instruksi dan merekrut personil yang berpengalaman	Sebelum pelaksanaan
Tidak ada koordinasi dalam instalasi	Meningkatkan koordinasi antar personel	Saat pelaksanaan
Tidak memperhitungkan sistem penginstalan	Memperhitungkan sistem penginstalan	Sebelum pelaksanaan
Perbaikan per hari banyak terjadi	Mengisolir area <i>welding</i>	Saat pelaksanaan

Tabel 4.2 Identifikasi *waste* dengan formulasi *if then* (Lanjutan)

<i>CONTROL OF WASTE</i>		
<i>If</i>	<i>Then</i>	<i>When</i>
Kecelakaan pada pekerja	Melakukan <i>training</i> dan dipersiapkan 2 bulan sebelum Mobilization	Sebelum pelaksanaan
Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	Mengikuti dan terus mengacu pada prosedur	Saat pelaksanaan
Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	Menggunakan alat ukur yang tepat dalam perhitungan	Sebelum pelaksanaan
Hose putus pada saat concrete matrasss dilepaskan ke seabed	Memasang " <i>Floater</i> " pada beberapa bagian hose dan mengganti tipe " <i>Fitting Quick Connect</i> " dengann " <i>Fitting Quick Connect + Screw Type</i> "	Sebelum Pelaksanaan

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan beberapa solusi tindakan untuk setiap penyebab terjadinya *waste* pada proyek yang dapat dilakukan oleh pelaksana pada saat, sebelum, maupun sesudah pelaksanaan.

4.3 Managing Variations

Variasi yang terdapat dalam proyek merupakan ketidakpastian, oleh karena itu pihak pelaksana proyek perlu mengatur variasi-variasi yang ada dengan melakukan estimasi. Dalam proyek ini, variasi yang dilakukan estimasi adalah waktu. Tujuannya adalah agar pihak pelaksana proyek dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan selama pelaksanaan.

Identifikasi *waste* pada analisis *project system* proyek didapatkan bahwa *waste* yang paling berpengaruh dalam proyek adalah *waiting* dan *unnecessary motion*. Dengan mengetahui *waste* tersebut, selanjutnya akan dibuatkan rekomendasi perbaikan penjadwalan dengan *Critical Chain Project Management* (CCPM) sebagai berikut.

4.3.1 Critical Chain Project Management

Semua proyek dilakukan dalam lingkungan yang dinamis. Hal tersebut adalah sifat bawaan karakteristik kegiatan proyek yang durasinya tidak dapat diperkirakan secara tepat. Di antara faktor-faktor lain, ketepatan perkiraan bergantung pada tingkat ketidakpastian. Masalah variasi harus diatasi sejak awal jadwal pengembangan. *Safety time* harus dimasukkan dalam proyek dan harus memastikan kekokohnya. Namun, penambahan waktu akan meningkatkan durasi proyek secara keseluruhan, sehingga jumlah *safety time* yang serendah mungkin harus ditambahkan ke jadwal (Valikoniene, 2014).

Dalam hal ini, CCPM menambahkan faktor pengaman (*safety time*) dalam aktivitas dengan memecahkan beberapa faktor yang berdampak dari tindakan manusia dalam lingkungan proyek. Dengan menerapkan metode CCPM pada penjadwalan proyek, diharapkan masalah-masalah yang terjadi dalam proyek, misalnya *student syndrome* dan *parkinson's law effects* dapat dihindarkan.

4.3.1.1 Data Penjadwalan Proyek dan Safety Time

Pada penjadwalan proyek ini terdiri dari nama kegiatan, durasi, tanggal mulai dan tanggal selesai. Kemudian dilakukan penambahan faktor pengaman (*safety time*) dengan metode *cut and paste* (C&PM) yang pada dasarnya memotong 20%-50% dari durasi pada setiap aktivitas proyek. Hal ini bertujuan untuk mengurangi *student syndrome* yang biasanya terjadi dalam proyek. Data durasi harian aktivitas bersifat kontinu, dengan definisi durasi satu hari kerja adalah 10 jam termasuk hari Sabtu dan Minggu.

Tabel 4. 3 Data Penjadwalan

ID	Aktivitas / Kegiatan	Durasi Aman (days)	Durasi CCPM (days)	Start	Finish
A	Engineering				
A1	Basic Engineering	210	91	11/20/2017	2/18/2018
A2	Kontraktor <i>Project Management Team</i> (PMT)	129	105	2/23/2018	6/7/2018
A3	Detail Engineering	113	57	3/8/2018	5/3/2018
B	Fabrikasi				
B1	Coated Pipe 10"	251	126	12/15/2017	4/19/2018
B2	Pipe Bend	250	125	12/15/2017	6/23/2018
B3	Crossing Material	274	137	2/19/2018	7/5/2018
B4	Riser Clamp dan Riser Fabrication	49	25	6/24/2018	7/18/2018
C	Instalasi				
C1	Survey	8	4	2/19/2018	2/22/2018
C2	Preparation	79	40	3/8/2018	4/16/2018
C3	Pipeline Laying	8	7	5/26/2018	6/1/2018
C4	Mobilization	26	4	7/6/2018	7/9/2018
C5	Riser Installation	14	13	7/19/2018	7/31/2018
C6	Instalasi Crossing	14	7	8/1/2018	8/7/2018

Tabel 4.3 Data Penjadwalan (Lanjutan)

ID	Aktivitas / Kegiatan	Durasi Aman (days)	Durasi CCPM (days)	Start	Finish
C7	Precommissioning	8	4	8/1/2018	8/4/2018
D	General				
D1	Certification	33	16	8/8/2018	8/23/2019
D2	Final Acceptance	22	11	8/24/2019	9/3/2019

4.3.1.2 Network Planning

Network Planning pada pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan *softwarere* Microsoft Project. Pada tahap awal, *Work Breakdown Structure (WBS)* dijabarkan *predecessor* dan *successor* antar aktivitas.

Tabel 4. 4 Hubungan Antar Aktivitas

ID	Aktivitas	Predecessor	Successor
A	Engineering		
A1	Basic Engineering	START	A3,B2,B3,C1
A2	Kontraktor <i>Project Management Team</i> (PMT)	C1	D2
A3	Detail Engineering	A1,C1	C3
B	Fabrikasi		
B1	Coated Pipe 10"	START	B4
B2	Pipe Bend	A1	B4

Tabel 4.4 Hubungan Antar Aktivitas (Lanjutan)

ID	Aktivitas	Predecessor	Successor
B3	Crossing Material	A1	C4
B4	Riser Clamp dan Riser Fabrication	B1,B2	C5
C	Instalasi		
C1	Survey	A1	A2,A3,C2
C2	Preparation	C1	C4
C3	Pipeline Laying	A3	D1
C4	Mobilization	B3,C2	C6,C7,D1
C5	Riser Installation	B4	C6,C7
C6	Instalasi Crossing	C4,C5	D1
C7	Precommissioning	C4,C5	D1
D	General		
D1	Certification	C5,C6,C7	D2
D2	Final Acceptance	A1,D1	END

4.3.1.3 Penentuan Lintasan Kritis

Lintasan kritis adalah lintasan dengan jalur terpanjang dengan total float adalah sama dengan 0. Untuk menentukan lintasan kritis, perlu dilakukan perhitungan maju untuk mendapatkan hasil ES (*Earliest Start*) dan EF (*Early Finish*) serta perhitungan mundur untuk mendapatkan hasil LS (*Latest Start*) dan LF (*Latest Finish*). Untuk setiap float dilakukan dengan perhitungan LF-EF atau LS-ES (Soeharto, 1999).

Tabel 4. 5 Perhitungan Float

ID	Kegiatan	Duration (Days)	ES	EF	LS	LF	Float
A	Engineering						
A1	Basic Engineering	91	0	197	0	197	0
A2	Kontraktor <i>Project Management Team</i> (PMT)	105	95	11	171	87	76
A3	Detail Engineering	57	108	34	197	123	89
B	Fabrikasi						
B1	Coated Pipe 10"	126	25	72	90	137	65
B2	Pipe Bend	125	91	72	91	72	0
B3	Crossing Material	137	91	38	113	60	22
B4	Riser Clamp dan Riser Fabrication	25	216	47	216	47	0
C	Instalasi						
C1	Survey	4	91	116	168	193	77
C2	Preparation	40	108	38	210	140	102
C3	Pipeline Laying	7	187	27	254	94	67
C4	Mobilization	4	228	34	250	56	22
C5	Riser Installation	13	241	34	241	34	0
C6	Instalasi Crossing	7	254	27	254	27	0
C7	Precommissioning	4	254	27	257	30	3

Tabel 4.5 Perhitungan Float (Lanjutan)

ID	Kegiatan	Duration (Days)	ES	EF	LS	LF	Float
D	General						
D1	Certification	16	261	11	261	11	0
D2	Final Acceptance	11	277	0	277	0	0

4.3.1.4 Perhitungan *Buffer* pada Critical Chain Project Management

Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) mengurangi durasi proyek dengan memotong durasi *safety time* di setiap kegiatan. Pengurangan durasi ini menyebabkan risiko keterlambatan proyek tersebut semakin besar. Maka dari itu, ditambahkan waktu penyangga atau *Buffer* ke dalam waktu proyek yang durasi aktivitasnya dikurangi agar menghasilkan jadwal proyek yang lebih aman. Pada tugas akhir ini digunakan metode *Root Square Method* (RSEM), yaitu dengan menghitung dua standar deviasi dengan memasukkan durasi aman (S) dan durasi CCPM (A) yang besarnya 20%-50% dari estimasi aman. Besarnya *buffer* pada setiap aktivitas didapatkan dengan menyelesaikan persamaan 4.1 (Newbold, 1998):

$$Buffer\ Size = 2 \times \sqrt{\left(\frac{S_1 - A_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S_2 - A_2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_n - A_n}{2}\right)^2}$$

(4.1)

Dimana:

S = Durasi Aman

A = Durasi CCPM

Dari persamaan 4.1 diatas, didapatkan hasil perhitungan *buffer* pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Perhitungan *Buffer*

ID	Kegiatan	Durasi Aman (Days)	Durasi CCPM (Days)	$\frac{S - A}{2}$	$(\frac{S - A}{2})^2$
A	Engineering				
A1	Basic Engineering	129	104	12.5	156.25
A2	Kontraktor <i>Project Management Team</i> (PMT)	210	168	21	441
A3	Detail Engineering	113	57	28	784
B	Fabrikasi				
B1	Coated Pipe 10"	251	126	62.5	3906.25
B2	Pipe Bend	250	125	62.5	3906.25
B3	Crossing Material	274	137	68.5	4692.25
B4	Riser Clamp dan Riser Fabrication	49	25	2	4
C	Instalasi				
C1	Survey	8	4	2	4
C2	Preparation	79	40	19.5	380.25
C3	Pipeline Laying	14	7	3.5	12.25
C4	Mobilization	8	4	2	4
C5	Riser Installation	26	13	6.5	42.25
C6	Instalasi Crossing	13	7	3	9

Tabel 4.6 Perhitungan *Buffer* (Lanjutan)

ID	Kegiatan	Durasi Aman (Days)	Durasi CCPM (Days)	$\frac{S - A}{2}$	$(\frac{S - A}{2})^2$
C7	Precommissioning	8	4	2	4
D	General				
D1	Certification	33	16	8.5	72.25
D2	Final Acceptance	22	11	5.5	30.25

Pada metode CCPM, terdapat 2 jenis *Buffer* yang diterapkan, yaitu:

- *Feeding Buffer*
Diletakkan pada setiap akhir lintasan non-kritis sebelum memasuki lintasan kritis
- *Project Buffer*
Diletakkan pada akhir kegiatan yang berguna untuk melindungi lintasan kritis

Dengan menganalisis hasil *Network Planning* , dapat ditentukan penempatan *Feeding Buffer* dan *Project Buffer* yang dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Penempatan *Buffer* (Lanjutan)

No.	Buffer	Buffer Placement (Network Planning)
1	<i>Feeding Buffer 1</i>	B1 – FB1
2	<i>Feeding Buffer 2</i>	A2– A3 – FB2
3	<i>Feeding Buffer 3</i>	C1 – C2 – C4 – FB3

Tabel 4.7 Penempatan *Buffer* (Lanjutan)

No.	<i>Buffer</i>	<i>Buffer Placement (Network Planning)</i>
4	<i>Feeding Buffer 5</i>	C3 – FB5
5	<i>Feeding Buffer 6</i>	C7 – FB6
6	<i>Project Buffer</i>	A1 – B2 – B4 – C4 – C6 – D1 – D2 - PB

4.3.1.5 Perhitungan Feeding Buffer

Feeding Buffer diletakkan pada setiap akhir lintasan non-kritis sebelum memasuki lintasan kritis. *Feeding Buffer* bertujuan untuk mengamankan rantai non-kritis dari keterlambatan sehingga tidak berdampak pada lintasan kritis. Besarnya *buffer* dihitung menggunakan persamaan 4.1 dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.8 sampai 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Perhitungan Feeding Buffer 1

ID	Kegiatan / Aktifitas	Predecessor	CPM Duration (Days)	CCPM Duration (Days)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$
B1	Coated Pipe 10"	-	251	126	62.5	3906.25
Total						3906.25
Feeding Buffer 1 Duration (Days)						62.50

Tabel 4. 9 Perhitungan Feeding Buffer 2

ID	Kegiatan / Aktifitas	Predecessor	CPM Duration (Days)	CCPM Duration (Days)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$
A2	Kontraktor Project Management Team (PMT)	C1	210	105	52.5	2756.25
A3	Detail Engineering	A1,C1	113	57	28	784
Total						3540.25
Feeding Buffer 3 Duration (Days)						59.50

Tabel 4. 10 Perhitungan Feeding Buffer 3

ID	Kegiatan / Aktifitas	Predecessor	CPM Duration (Days)	CCPM Duration (Days)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$
C1	Survey	A2	8	4	2	4
C2	Preparation	C1	79	40	19.5	380.25
C4	Mobilization	C2	8	4	2	4
Total						388.25
Feeding Buffer 4 Duration (Days)						19.70

Tabel 4. 11 Perhitungan Feeding Buffer 4

ID	Kegiatan / Aktifitas	Predecessor	CPM Duration (Days)	CCPM Duration (Days)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$
C3	Pipeline Laying	A3	14	7	3.5	12.25
Total						12.25
Feeding Buffer 5 Duration (Days)						3.50

Tabel 4. 12 Perhitungan Feeding Buffer 5

ID	Kegiatan / Aktifitas	Predecessor	CPM Duration (Days)	CCPM Duration (Days)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$
C7	Precommissioning	C5	8	4	2	4
Total						4.00
Feeding Buffer 6 Duration (Days)						2.00

Dari hasil perhitungan *feeding buffer* pada Tabel 4.8 sampai dengan 4.13 maka dapat diragukan pada Tabel 4.14

Tabel 4. 13 Feeding Buffer Summary

No.	Buffer	Buffer Placement (Network Planning)	Feeding Buffer Duration (Days)
1	Feeding Buffer 1	B1 - FB1	62.5
2	Feeding Buffer 2	A1 - A3 - FB3	59.5
3	Feeding Buffer 3	C1 - C2 – C4 - FB3	19.7
4	Feeding Buffer 4	C3 – FB4	3.5
5	Feeding Buffer 5	C7 – FB5	2

4.3.1.6 Perhitungan Project Buffer

Setelah perhitungan *Feeding Buffer*, selanjutnya dilakukan perhitungan *Project Buffer* yang ditempatkan pada akhir proyek untuk melindungi waktu akhir penyelesaian proyek. Besarnya *buffer* dihitung menggunakan persamaan 4.1 dengan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4. 14 Perhitungan Project Buffer

ID	Kegiatan / Aktifitas	CPM Duration (Days)	CCPM Duration (Days)	(S-A)/2	$((S-A)/2)^2$	Float
A1	Basic Engineering	210	105	52.5	2756.25	0
B2	Pipe Bend	250	125	62.5	3906.25	0
B4	Riser Clamp dan Basic Fabrication	29	25	2	4	0
C5	Instalasi Riser	8	4	2	4	0
C6	Crossing Instalation	13	7	3	9	0
D1	Sertifikasi	33	16	8.5	72.25	0
D2	Final Acceptance	22	11	5.5	30.25	0

Dengan menggunakan persamaan 4.1 maka dapat dilakukan perhitungan *project buffer* pada lintasan yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil dari perhitungan *project buffer* dapat dilihat pada Tabel 4.16

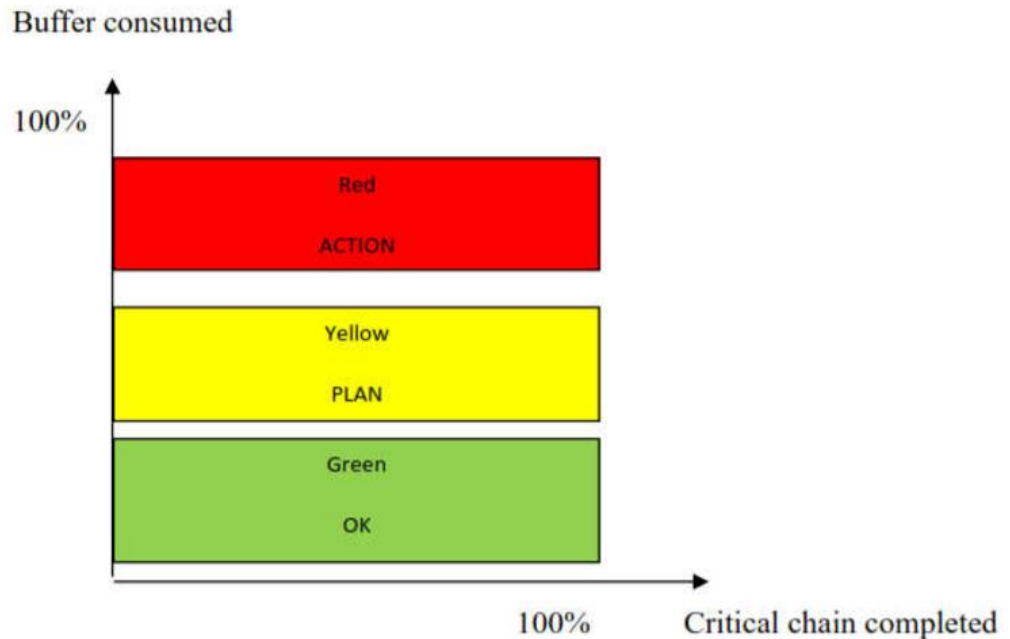
Tabel 4. 15 Perhitungan Project Buffer

No	Lintasan Kritis	$((S-A)/2)^2$	Durasi Project Buffer (Days)
1	A1 - B2 - B4 - C5 - C6 - D1 - D2	6782	82.4

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.19 didapatkan durasi *project buffer* yang diletakkan pada akhir lintasan yaitu sebesar 82.4 atau sama dengan 82 hari.

4.3.1.7 Analisis Buffer Management

Analisis ini digunakan untuk memantau jadwal yang sudah ada pada *Network Planning* dimana pada saat proyek dieksekusi. Penerapan metode CCPM ini hanya diperlukan pengawasan pada *Project Buffer*, berbeda dengan beberapa metode penadwalain lainnya yang harus dilakukan pengawasan pada keseluruhan kegiatan proyek. *Management Buffer* ini berguna untuk menjaga keandalan dari jadwal proyek tapi tidak merubah lintasan kritis yang ada.



Gambar 4. 2 Pembagian Daerah Penggunaan *Buffer*

Management Buffer dibagi menjadi 3 bagian yang sama besar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dibedakan menjadi beberapa warna, yaitu hijau, kuning, dan merah. Warna hijau menandakan area mulai dari awal hingga satu per tiga pemakaian *project buffer*, area hijau ini menunjukkan area yang relatif aman dimana pengambilan tindakan tidak diperlukan. Warna kuning menunjukkan zona transisi dimana ketika memasuki zona kuning, harus sudah merencanakan tindakan pencegahan jika konsumsi *project buffer* dinilai berlebihan. Tindakan pencegahan dapat dimulai dengan mengidentifikasi masalah dan selanjutnya membuat strategi untuk meminimalisir penggunaan waktu *buffer*. Warna merah menunjukkan tindakan yang sudah direncanakan pada zona kuning harus segera dieksekusi.

Berdasarkan perhitungan dan analisis pada sub-bab sebelumnya, telah didapatkan besarnya *project buffer* yaitu selama 82,4 hari. Dari hasil tersebut selanjutnya akan dibagi 3 sama besar berdasarkan pada gambar 4.1 sesuai zona masing-masing.

Tabel 4. 16 Penggunaan *Buffer*

Buffer Region	Range	<i>Project Buffer</i> (Days)	Used Duration (Days)
Green	0 % - 33 %	82	< 27,06
Yellow	34 % - 67 %	82	27,06 - 54,94
Red	68 % - 100 %	82	> 54,94

Penggunaan durasi *buffer* sangat membantu pihak pelaksana proyek dalam mengambil tindakan-tindakan dalam proyek. Hal ini menjadi sangat penting untuk menghindari risiko-risiko yang mungkin terjadi yang menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Pada Tabel 4.17 dapat diambil kesimpulan ketika *project buffer* sudah digunakan lebih dari 59 hari atau sudah memasuki zona merah, maka pihak pelaksana proyek harus mengambil tindakan.

4.4 Project Risk Management

Manajemen risiko sangat penting untuk memastikan bahwa tingkat, jenis, dan visibilitas manajemen risiko didukung dan dilakukan secara efektif selama siklus proyek. *Project Risk Management* ini bertujuan untuk membuat keputusan atas dasar informasi mengenai risiko mana saja yang bernilai untuk diambil dan untuk merespon risiko tersebut dengan cara dan proses yang sesuai. Dengan itu identifikasi risiko perlu dilakukan. Dalam penelitian ini, identifikasi risiko proyek Instalasi *Offshore* Pipeline menggunakan *Fuzzy FMEA*.

4.4.1 Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko berfungsi untuk mengetahui kemungkinan risiko yang berpengaruh dalam proyek untuk selanjutnya dianalisis. Pada dasarnya identifikasi risiko diawali dengan menyusun kejadian-kejadian yang disebut dengan mode kegagalan dalam proyek yang menjadi major problems dalam proyek tersebut. Berikut adalah hasil identifikasi kegagalan dijabarkan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4. 17 Identifikasi Kegagalan

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan
1.	Pekerja	Pekerja Kurang Kompeten
2.		Komunikasi Kurang Baik
3.		Kekurangan Pekerja
4.	Material	Supply Material tidak Sesuai
5.		Material tidak Sesuai
6.	Metode	Perencanaan Pekerjaan tidak Berjalan Lancar
7.		Terjadi Penambahan Pekerjaan

Tabel 4.17 Identifikasi Kegagalan (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan
8.	Metode	Pekerjaan tidak sesuai Prosedur
9.	Mesin dan Alat	Tidak Menggunakan Alat Ukur dengan Tepat

Dari hasil identifikasi mode kegagalan diatas didapatkan 9 mode kegagalan yang terjadi dalam proyek. Identifikasi ini kemudian dianalisis penyebab, dampak dan bagaimana mengatasinya dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dijelaskan sebagai berikut.

4.4.2 Analisis Risiko dengan FMEA

FMEA merupakan salah satu program peningkatan dan pengendalian kualitas yang dapat mencegah terjadinya kegagalan dalam suatu produk atau proses. FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dan akibatnya yang bertujuan untuk merencanakan proses produksi dengan baik dan dapat menghindari kegagalan proses produksi dan kerugian yang tidak diinginkan. Berikut adalah analisis mode kegagalan dengan tabel FMEA.

Tabel 4. 18 Analisis Mode Kegagalan dengan FMEA

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan	Penyebab	Dampak	Kontrol
1	Pekerja	Pekerja Kurang Kompeten	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	Pekerjaan terlambat	Komitmen dan koordinasi antara tim instalasi dengan tim <i>engineering</i>

Tabel 4.18 Analisis Mode Kegagalan dengan FMEA (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan	Penyebab	Dampak	Kontrol
1	Pekerja	Pekerja Kurang Kompeten	Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	Hasil pekerjaan kurang baik	<i>Crew</i> disiapkan jumlah yang sesuai dengan rencana pekerjaan
			Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	Eksekusi tidak efektif dan produktifitas pekerjaan kurang	1 <i>shift</i> 1 <i>supervisor</i> supaya efektif dan lebih produktif saat eksekusi
		Komunikasi Kurang Baik	Kurangnya kerja sama antara pekerja	Beberapa kesempatan <i>Production Pipeline</i> sempat terhenti	Memperjelas aturan, tanggung jawab, dan <i>line of communication</i> antar personil
		Kekurangan Pekerja	Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	<i>Quality Control</i> tidak terlibat pada kegiatan <i>Commissioning</i>	Mencari personil yang lebih berpengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan mensosialisasikan lingkup kerja pekerjaan
			Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>	Kegiatan <i>Commissioning</i> tidak sesuai rencana	Menyiapkan personil yang <i>dedicated</i>
			Kekurangan personnel yang dedicated pada QC personnel	Kegiatan final dokumentasi tidak sesuai jadwal	Menyiapkan personil yang <i>dedicated</i>

Tabel 4.18 Analisis Mode Kegagalan dengan FMEA (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan	Penyebab	Dampak	Kontrol
1	Pekerja	Kekurangan Pekerja	Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	Pekerjaan tidak dimulai sesuai <i>plan</i>	Menyiapkan personil yang <i>dedicated</i> untuk menyiapkan prosedur eksekusi
2	Material	Supply Material tidak Sesuai Jadwal	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	Mobilization tertunda	Menyiapkan <i>deciated</i> personil untuk <i>readiness barge</i>
			Tidak adanya kontrol material	Pekerjaan tertunda	Menugaskan personil yang mengontrol material yang mampu mengatur pengadaan dan jadwal pengiriman material
		Material tidak Sesuai	<i>Design Concrete Matrass</i> terlalu panjang	Sulit dalam penempatan <i>concrete matrass</i>	Mengoptimasi <i>concrete matrass</i> untuk selanjutnya dibuatkan <i>guideline</i> untuk penempatannya
			Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	Pekerjaan tertunda	Memastikan semua material dan peralatan sudah siap

Tabel 4.18 Analisis Mode Kegagalan dengan FMEA (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan	Penyebab	Dampak	Kontrol
2	Material	Material Tidak Sesuai	Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	Pekerjaan selanjutnya terlambat	Pemeriksa membantu penyesuaian antara hasil fabrikasi dengan hasil <i>engineering</i>
3	Metode	Perencanaan Pekerjaan tidak Berjalan Lancar	Penentuan instruksi lama	Durasi pengerjaan <i>overtime</i>	Menyiapkan waktu yang cukup untuk menentukan instruksi dan merekrut personil yang berpengalaman
			Tidak ada koordinasi dalam instalasi	Terjadi kerusakan pada material	Meningkatkan koordinasi antar personel
			Tidak memperhitungkan sistem penginstallan	Banyak waktu terpakai untuk perbaikan	Memperhitungkan sistem penginstallan
		Terjadi Penambahan Pekerjaan	Perbaikan per hari banyak terjadi	Pekerjaan tidak efektif	Mengisolir area <i>welding</i>
		Pekerjaan tidak sesuai Prosedur	Kecelakaan pada pekerja	Pekerjaan terhenti selama 2 hari	Melakukan <i>training</i> dan dipersiapkan 2 bulan sebelum Mobilization
			Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	Tidak standarnya kegiatan pengerjaan	Mengikuti dan terus mengacu pada prosedur

Tabel 4.18 Analisis Mode Kegagalan dengan FMEA (Lanjutan)

No	Faktor Penyebab Kegagalan	Mode Kegagalan	Penyebab	Dampak	Kontrol
4	Mesin dan Alat	Tidak Menggunakan Alat Ukur dengan Tepat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	Penambahan Pekerjaan yang seharusnya tidak terjadi	Menggunakan alat ukur yang tepat dalam perhitungan
			Hose putus pada saat concrete matrasss dilepaskan ke <i>seabed</i>	Pekerjaan lain tertunda dan terjadinya penambahan pekerjaan	Memasang "Floater" pada beberapa baagian hose dan mengganti tipe "Fitting Quick Connect" dengann "Fitting Quick Connect + Screw Type"

4.2.1.1 Penilaian Risiko

Setelah melakukan identifikasi risiko dengan Tabel FMEA, selanjutnya adalah menyebarkan kuisioner untuk dilakukan perhitungan risiko dari masing-masing tingkat yaitu kejadian (*Occurrence*), keparahan (*Severity*), deteksi (*Detection*).

1. Kejadian (*Occurrence*)

Kejadian adalah probabilitas munculnya sebab atau mekanisme tertentu yang menentukan bahwa kesalahan potensial terjadi. Dokumentasi terdahulu, survei lapangan, dan proses kontrol dapat digunakan sebagai referensi penilaian risiko. Angka kemungkinan ini diberikan untuk setiap mode kegagalan yang terdiri dari tabel di berikut.

Tabel 4. 19 Kriteria *Occurrence*

OCCURRENCES		
Intensitas Kejadian	Kriteria	Peringkat
Sangat Sering	≥ 1 dalam 10	10
Sering	1 dalam 20	9
	1 dalam 50	8
	1 dalam 100	7
Jarang	1 dalam 500	6
	1 dalam 2000	5
	1 dalam 10.000	4
Rendah	1 dalam 100.000	3
	≤ 1 dalam 1.000.000	2
Sangat rendah dan hampir tidak pernah	Kegagalan tereliminasi oleh control preventif	1

(Sumber: McDermott, et al, 2009)

Dalam proses perhitungan untuk mendapatkan hasil pada setiap variable yang berbeda-beda, dilakukan perhitungan menggunakan *occurrence index* dengan persamaan berikut:

$$O.I = \frac{\sum_{i=1}^{10} a_i n_i}{10N} \quad (4.2)$$

Dimana:

a_i = rating pada setiap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya

n_i = jumlah hasil angka yang diberikan oleh responden

N = jumlah responden yang telah mengisi kuisisioner

2. Keparahan (*Severity*)

Tingkat keparahan dari akibat yang ditimbulkan terhadap kelangsungan proyek tentu merugikan. Semakin parah efek yang ditimbulkan maka tingkat keparahannya semakin tinggi pula. Kriteria tingkat keparahan dijabarkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4. 20 Kriteria Tingkat Keparahan (*Severity*)

SEVERITY		
Deteksi	Kriteria	Peringkat
Kegagalan yang berdampak pada keselamatan dan/atau syarat-syarat pada peraturan	Dapat membahayakan pekerja tanpa adanya peringatan	10
	Dapat membahayakan pekerja dengan adanya peringatan	9
Kerugian Besar	Keseluruhan prosedur harus diubah	8
Kerugian yang signifikan	Beberapa prosedur harus diubah	7
Kerugian Menengah	Keseluruhan kegiatan yang terlaksanan harus dikerjakan ulang sampai diterima	6
	Beberapa kegiatan yang sedang terlaksana harus dikerjakan ulang sampai diterima	5
	Keseluruhan kegiatan yang sedang terlaksana di lapangan harus dikerjakan ulang sebelum pelaksanaan	4

Tabel 4.20 Kriteria Tingkat Keparahan (*Severity*) (Lanjutan)

SEVERITY		
Deteksi	Deteksi	Peringkat
Kerugian Menengah	Beberapa kegiatan yang sedang terlaksana harus dikerjakan ulang sebelum pelaksanaan	3
Kerugian Kecil	Sedikit gangguan pada pelaksanaan	2
Tidak ada dampak	Tidak berdampak apapun	1

(Sumber: McDermott, et al, 2009)

Dalam proses perhitungan untuk mendapatkan hasil pada setiap variable yang berbeda-beda, dilakukan perhitungan menggunakan *severity index* dengan persamaan berikut:

$$S.I = \frac{\sum_{i=1}^{10} a_i n_i}{10N} \quad (4.3)$$

Dimana:

a_i = rating pada setiap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya

n_i = jumlah hasil angka yang diberikan oleh responden

N = jumlah responden yang telah mengisi kuisisioner

3. Deteksi (*Detection*)

Deteksi bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab atau mekanisme risiko. Kriteria evaluasi dan sistem penilaian diperlukan dalam pengidentifikasian deteksi dalam kasus-kasus yang ada dalam proyek. Tingkat deteksi semakin tinggi ketika penyebab kegagalan sering terjadi. Tabel kriteria deteksi dijabarkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. 21 Kriteria Tingkat Deteksi (*Detection*)

DETECTION		
Deteksi	Kriteria	Peringkat
Tidak terdeteksi	Tidak ada pendeteksian terhadap kegagalan yang mungkin terjadi	10
Deteksi dengan jarak sangat jauh	Kegagalan sulit untuk di deteksi	9
Deteksi jarak jauh	Kegagalan terdeteksi tanpa alat bantu	8
Deteksi sangat rendah	Kegagalan terdeteksi dengan alat bantu (saat pelaksanaan)	7
Deteksi rendah	Kegagalan terdeteksi dengan alat bantu (setelah pelaksanaan)	6
Deteksi sedang	Kegagalan atau penyebab terdeteksi di lapangan secara otomatis	5
Deteksi cenderung sering	Kegagalan terdeteksi setelah pelaksanaan oleh kontrol otomatis yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan menahan bagian tersebut untuk mencegah pelaksanaan lebih lanjut	4
Deteksi sering	Kegagalan terdeteksi di lapangan oleh kontrol otomatis yang akan mendeteksi bagian yang tidak sesuai dan menahan bagian tersebut untuk mencegah pelaksanaan lebih lanjut	3
Deteksi sangat sering	Penyebab kegagalan terdeteksi di lapangan secara otomatis dan mencegah bagian yang tidak sesuai dari pembuatan	2
Deteksi hampir selalu dilakukan	Tindakan preventif terhadap penyebab kegagalan sebagai alasan untuk mengubah prosedur pelaksanaan	1

(Sumber: McDermott, et al, 2009)

Dalam proses perhitungan untuk mendapatkan hasil pada setiap variable yang berbeda-beda, dilakukan perhitungan menggunakan *severity index* dengan persamaan berikut:

$$D.I = \frac{\sum_{i=1}^{10} a_i n_i}{10N} \quad (4.4)$$

Dimana:

a_i = rating pada setiap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya

n_i = jumlah hasil angka yang diberikan oleh responden

N = jumlah responden yang telah mengisi kuisisioner

4.2.1.2 Perhitungan Risk Priority Number

Setelah melakukan penyebaran kuisisioner, langkah selanjutnya adalah merekap hasil kuisisioner dari setiap responden dengan mengelompokkan setiap angka pada kategori *Occurrence*, *Severity*, *Detection* untuk memudahkan proses perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Berikut adalah hasil pengelompokan dari rekapan kuisisioner.

Tabel 4. 22 Hasil Kuisisioner

No	Risiko Kegagalan	Occurrence										Severity										Detection													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Pekerja	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>		1		1				2			1		1	1	1			2					2	1			1		1				
2		Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek			2	1						1	1			1		1	1								4		1						
3		Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan			1	1		1		1	1				2			2	1							1	1	1		2					
4		Kuranganya kerja sama antara pekerja		2	1			1	1							2	1	2								1	2	2			2				
5		Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>		1	2		1			1					1		2			2						2	1	1			1				
6		Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>				1		1		2			1			2	2						1			2	2					1			
7		Kekurangan personel yang dedicated pada QC personel				1		1		2			1		1	2	1						1			1	1				1	2			
8		Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>				2	1	1				1			1	1	1			1	1				1	2			1	1					
9	Material	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama				2		1		2					1	1			1	2					2			1	1	1					
10		Tidak adanya kontrol material			1	1			2	1					1	1	1	1	1							1	2				2				
11		<i>Design Concrete Mattrass</i> terlalu panjang				3		1		1				2		2			1						2	2				1					
12		Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan					2		3					2		1	1		1						1	2	1		1						

Tabel 4. 22 Hasil Kuisisioner

No	Risiko Kegagalan	Occurrence										Severity										Detection													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
13	Metode	Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan		2				1	1			1			1		2	2								2			1	2					
14		Penentuan instruksi lama		1	3	1								1	1		1	2									1	2	1	1					
15		Tidak ada koordinasi dalam instalasi		1		1			2	1				1	3	1												1	2	1	1				
16		Tidak memperhitungkan sistem penginstalan		1	2	1				1				2		1	1	1										1	2		1	1			
17		Perbaikan per hari banyak terjadi		2	1					1		1		1	1	1	1		1								1		2	2					
18		Kecelakaan pada pekerja	1		1	1	2							1	1	1	1	1									1		2	1			1		
19		Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur		1	2						1	1			1	1	1	1		1							1		2	1					1
20	Mesin & Alat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok		1		1	2				1		1			2	2										2	1	2						
21		Hose putus pada saat concrete matrasss dilepaskan ke seabed	1	2	1					1				2	1		1		1								1	2	2						

Setelah merekap kuisisioner dan melakukan pengelompokan pada setiap kategori, langkah selanjutnya adalah menghitung setiap kategori menjadi angka index dengan rumus (4.2, 4.3, 4.4). Berikut merupakan contoh perhitungan pada risiko kegagalan *Design Concrete Mattrass* terlalu panjang. Pada risiko kegagalan ini didapatkan 3 responden memilih tingkat *occurrence* 3, 1 responden memilih tingkat *occurrence* 5, dan 1 responden memilih tingkat *occurrence* 7, maka perhitungan *occurenc index* adalah 42% dengan perhitungan sebagai berikut.

$$O.I = \frac{(3 \times 3) + (1 \times 5) + (1 \times 7)}{10 \times 5} \times 100\% = 42\%$$

Dan berikut merupakan hasil perhitungan keseluruhan presentase index.

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Index

No	Risiko Kegagalan		INDEX		
			O	S	D
1	Pekerja	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	56%	46%	42%
2		Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	48%	50%	34%
3		Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	50%	40%	42%
4		Kurangnya kerja sama antara pekerja	30%	40%	32%
5		Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	32%	48%	36%
6		Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>	64%	46%	36%
7		Kekurangan personnel yang dedicated pada QC personnel	64%	42%	56%
8		Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	48%	48%	42%
9	Material	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	50%	60%	54%
10		Tidak adanya kontrol material	48%	50%	54%

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Index (Lanjutan)

No	Risiko Kegagalan		INDEX		
			O	S	D
11	Material	<i>Design Concrete Matrass</i> terlalu panjang	42%	38%	34%
12		Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	52%	40%	36%
13		Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	54%	50%	52%
14	Metode	Penentuan instruksi lama	30%	44%	34%
15		Tidak ada koordinasi dalam instalasi	56%	30%	44%
16		Tidak memperhitungkan sistem penginstallan	40%	38%	38%
17		Perbaikan per hari banyak terjadi	50%	42%	30%
18		Kecelakaan pada pekerja	36%	30%	36%
19		Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	54%	52%	40%
20	Mesin & Alat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	52%	48%	30%
21		Hose putus pada saat concrete matrass dilepaskan ke <i>seabed</i>	32%	28%	22%

Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dilakukan berdasarkan *rating occurrence*, *severity*, dan *detection*. Ketiga index ini didapatkan dari perhitungan hasil kuisisioner oleh responden yang sudah berpengalaman dibidangnya. Index tersebut mengacu pada (Al-Hammad, 2003) pada tabel berikut.

Tabel 4. 24 Tabel Presentase Index

Index	
Index	Rating
1	0 % - 10%
2	11% - 20%

Tabel 4.24 Tabel Presentase Index (Lanjutan)

Index	
Index	Rating
3	21% - 30%
4	31% - 40%
5	41% - 50%
6	51% - 60%
7	61% - 70%
8	71% - 80%
9	81% - 90%
10	91% - 100%

(Sumber: Al-Hammad, 2003)

Sebagai contoh penggolongan untuk tabel di atas, pada risiko kegagalan *Design Concrete Mattrass* memiliki *occurrence index* 42%, dari presentase tersebut dapat digolongkan bahwa *occurrence* pada risiko kegagalan *Design Concrete Mattrass* termasuk pada *rank* 5 (41% - 50%).

Output dari hasil perhitungan RPN adalah berupa angka tertinggi sampai angka terendah dari suatu kegagalan yang kemudian dilakukan tindakan yang tepat untuk menurunkan tingkat risiko tersebut untuk mengurangi efek kegagalan hingga batas toleransi. Perhitungan RPN dapat dicontohkan pada mode kegagalan *Design Concrete Mattrass* adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{RPN = Occurrence \times Severity \times Detection} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \text{RPN} &= O (\text{Occurrence}) \times S (\text{Severity}) \times D (\text{Detection}) \\ &= 5 \times 4 \times 4 \\ &= 80 \end{aligned}$$

Berikut adalah keseluruhan hasil perhitungan RPN pada analisis risiko proyek instalasi *offshore pipeline*.

Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan RPN

No	Risiko Kegagalan	RATING			INDEX			RPN	
		O	S	D	O	S	D		
1	Pekerja	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	56%	46%	42%	6	5	5	150
2		Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	48%	50%	34%	5	5	4	100
3		Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	50%	40%	42%	5	4	5	100
4		Kurangnya kerja sama antara pekerja	30%	40%	32%	3	4	4	48
5		Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	32%	48%	36%	4	5	4	80
6		Kekurangan personel yang <i>dedicated</i> pada <i>Commissioning</i>	64%	46%	36%	7	5	4	140
7		Kekurangan <i>personnel</i> yang <i>dedicated</i> pada QC <i>personnel</i>	64%	42%	56%	7	5	6	210
8		Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	48%	48%	42%	5	5	5	125
9	Material	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	50%	60%	54%	5	6	6	180
10		Tidak adanya kontrol material	48%	50%	54%	5	5	6	150
11		<i>Design Concrete Mattrass</i> terlalu panjang	42%	38%	34%	5	4	4	80
12		Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	52%	40%	36%	6	4	4	96
13		Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	54%	50%	52%	6	5	6	180
14	Metode	Penentuan instruksi lama	30%	44%	34%	3	5	4	60
15		Tidak ada koordinasi dalam instalasi	56%	30%	44%	6	3	5	90
16		Tidak memperhitungkan sistem penginstalan	40%	38%	38%	4	4	4	64
17		Perbaikan per hari banyak terjadi	50%	42%	30%	5	5	3	75
18		Kecelakaan pada pekerja	36%	30%	36%	4	3	4	48
19		Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	54%	52%	40%	6	6	4	144

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan RPN (Lanjutan)

No	Risiko Kegagalan		INDEX			RATING			RPN
			O	S	D	O	S	D	
20	Mesin & Alat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	52%	48%	30%	6	5	3	90
21		Hose putus pada saat concrete matrass dilepaskan ke <i>seabed</i>	32%	28%	22%	4	3	3	36

Dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* diatas, didapatkan beberapa risiko kegagalan yang bernilai paling besar dan sama. RPN paling besar menunjukkan bahwa risiko kegagalan tersebut merupakan risiko kegagalan yang paling dominan. Kekurangan personel yang berdedikasi pada *Quality Control* merupakan salah satu penyebab utama terhambatnya proyek instalasi *Offshore Pipeline* dengan RPN sebesar 210. Di peringkat kedua tertinggi adalah mode kegagalan ketersediaan *purchase material* membutuhkan waktu yang cukup lama, dengan RPN sebesar 180. Mode kegagalan dengan RPN tertinggi membutuhkan penanganan untuk mengurangi tingkat risiko atau dampak dari mode kegagalan tersebut, sedangkan untuk mode kegagalan yang memiliki RPN yang sama, dilakukan perhitungan kembali dengan menggunakan metode *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dimana metode ini menghindari RPN yang bernilai sama. Berikut adalah tabel peringkat yang didapat berdasarkan perhitungan RPN.

Tabel 4. 26 Tabel Peringkat Perhitungan RPN

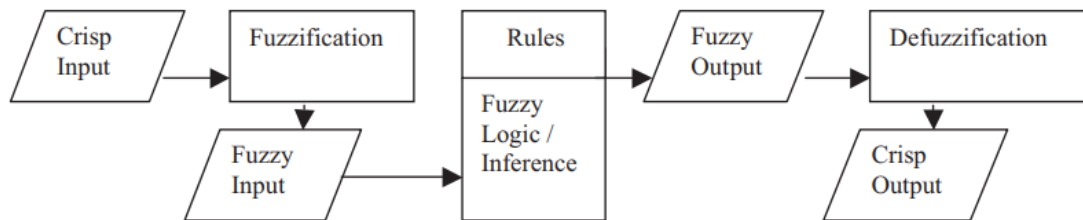
No	Risiko Kegagalan		RATING			RPN	RANK
			O	S	D		
1	Pekerja	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	6	5	5	150	3
2		Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	5	5	4	100	7
3		Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	5	4	5	100	7
4		Kurangnya kerja sama antara pekerja	3	4	4	48	14

Tabel 4.26 Tabel Peringkat Perhitungan RPN (Lanjutan)

No	Risiko Kegagalan		RATING			RPN	RANK
			O	S	D		
5		Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	4	5	4	80	10
6		Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>	7	5	4	140	5
7		Kekurangan personnel yang dedicated pada QC personnel	7	5	6	210	1
8		Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	5	5	5	125	6
9	Material	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	5	6	6	180	2
10		Tidak adanya kontrol material	5	5	6	150	3
11		<i>Design Concrete Matrass</i> terlalu panjang	5	4	4	80	10
12		Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	6	4	4	96	8
13		Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	6	5	6	180	2
14	Metode	Penentuan instruksi lama	3	5	4	60	13
15		Tidak ada koordinasi dalam instalasi	6	3	5	90	9
16		Tidak memperhitungkan sistem penginstallan	4	4	4	64	12
17		Perbaikan per hari banyak terjadi	5	5	3	75	11
18	Pekerja	Kecelakaan pada pekerja	4	3	4	48	14
19		Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	6	6	4	144	4
20	Material	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	6	5	3	90	9
21		Hose putus pada saat concrete matrasss dilepaskan ke <i>seabed</i>	4	3	3	36	15

4.2.1.3 Analisis Risiko dengan Metode Fuzzy FMEA

Logika Fuzzy adalah suatu cara yang tepat dan lebih logis dalam mendefinisikan penilaian risiko dengan pengembangan FMEA yang lebih masuk akal. Sistem *fuzzy* adalah sistem berbasis pengetahuan yang dibangun dari keahlian dan pengalaman dalam bentuk aturan *If-Then Fuzzy*.

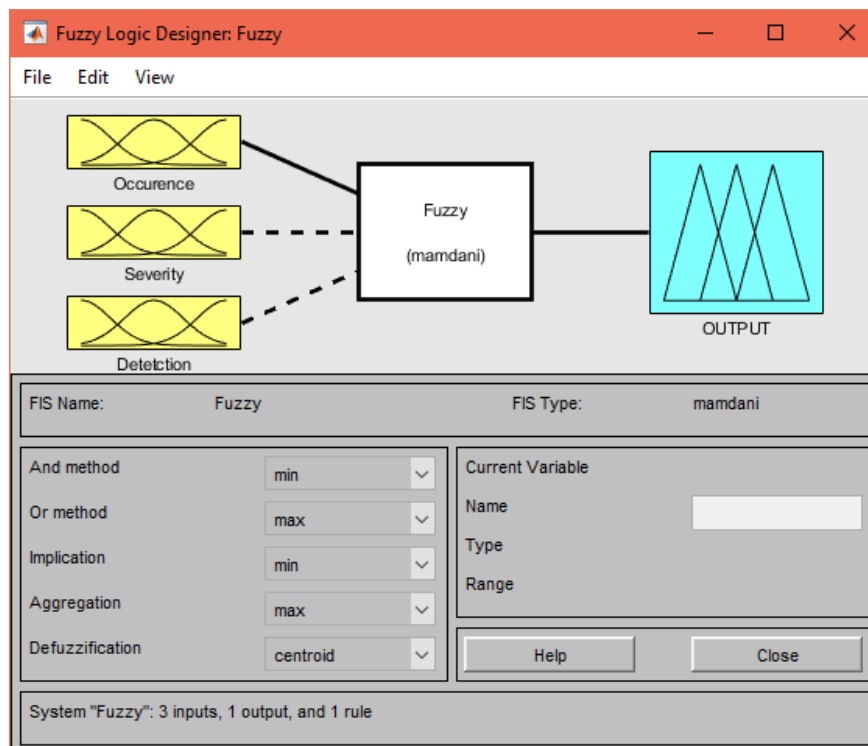


Gambar 4. 3 Proses *Fuzzy Logic*

(Sumber: Kumru et al, 2013)

4.2.1.4 Fuzzification

Dengan mendefinisikan fungsi keanggotaan input *fuzzy set* yang ditentukan oleh tiga parameter yaitu *occurrence*, *severity*, dan *detection* diubah menjadi input *fuzzy*. Pendekatan ini menggunakan variable linguistik untuk mewakili tiap tingkat *occurrence*, *severity*, dan *detection*.



Gambar 4. 4 Input dan Output *Fuzzy*

Setiap variable linguistik memiliki lima istilah untuk menggambarannya, yaitu *None, Low, Medium, High, Very High* dengan data input dan output yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. 27 Data Input *Fuzzyfication*

INPUT	Almost None	Low	Medium	High	Very High
Occurrence	[0,0,2]	[1,3,4.5]	[3,5,7]	[5,7.25,9]	[7.5,10,10]
Severity	[0,0,2]	[1,3,4.5]	[3,5,7]	[5,7.25,9]	[7.5,10,11]
Detection	[0,0,2]	[1,3,4.5]	[3,5,7]	[5,7.25,9]	[7.5,10,12]

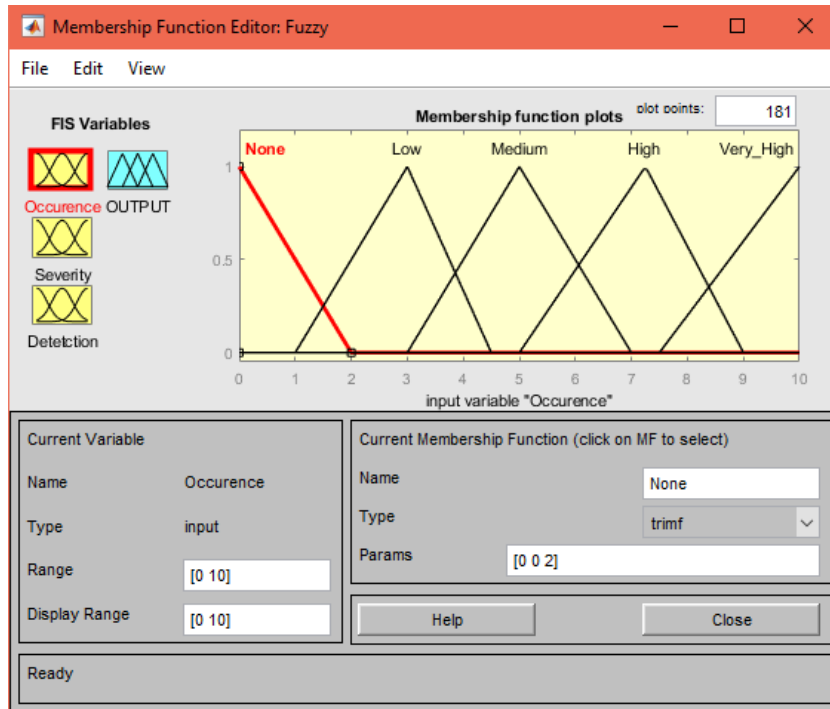
(Sumber: Kumru et al, 2013)

Tabel 4. 28 Data Output *Fuzzyfication*

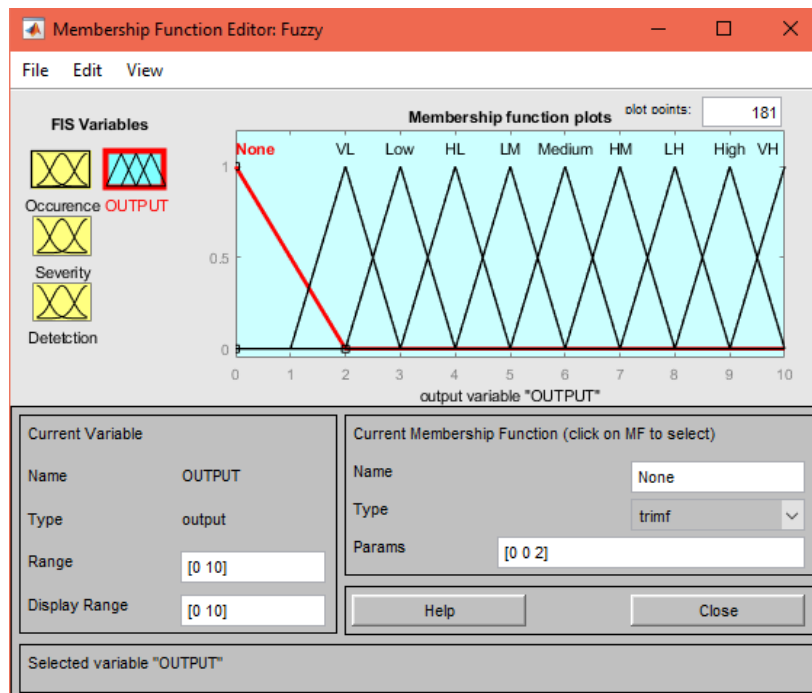
OUTPUT	None	VL	L	HL	LM
	[0,0,2]	[1,2,3]	[2,3,4]	[3,4,5]	[4,5,6]
OUTPUT	Medium	HM	LH	High	VH
	[5,6,7]	[6,7,8]	[7,8,9]	[8,9,10]	[9,10,10]

(Sumber: Kumru et al, 2013)

Fungsi input keanggotaan dari lima istilah linguistik ini kemudian diinputkan ke tiap parameter. Contoh untuk *input* kategori *occurrence* dan *output* diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 4. 5 Input Data pada *Occurence*



Gambar 4. 6 Input Data Output

4.2.1.5 Rule Evaluation

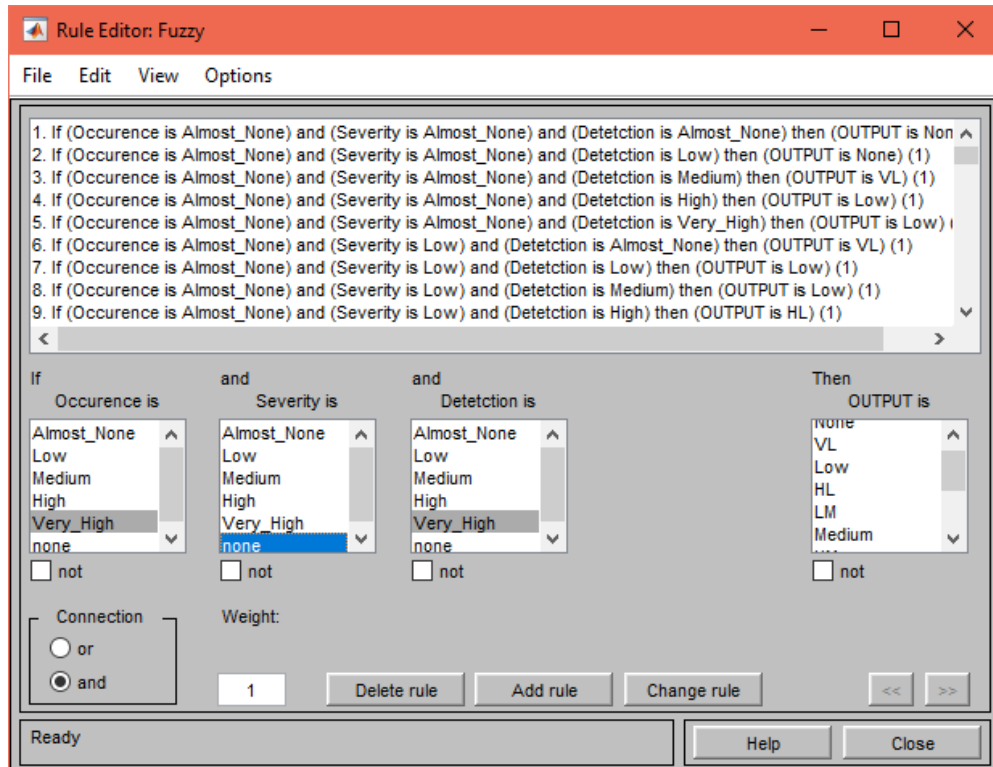
Rule Evaluation atau evaluasi aturan merupakan proses pengambilan keputusan yang berdasarkan aturan-aturan pada basis aturan (*rules base*) untuk menghubungkan antar peubah fuzzy input dan output. Basis aturan *fuzzy* adalah kumpulan dari aturan *If-Then* yang dibuat oleh para ahli yang dimana dalam aturan *Fuzzy If-Then* dengan bagian *if* dibandingkan dengan variabel input *Fuzzy*.

Aturan rules *If-Then* didapat dari jurnal Kumru (2013) yang kemudian diintegrasikan ke dalam aturan *Fuzzy*, aturan *If-Then Fuzzy* dalam basis aturan *fuzzy* dapat digabungkan ke dalam pemetaan dari *input Fuzzy* ke kesimpulan *fuzzy*. Berikut beberapa rules dalam jurnal Kumru (2013).

Tabel 4. 29 *Rule Fuzzy If-Then*

No	Occurrence	Severity	Detection	Output
8	Almost None	Low	Medium	Low
9	Almost None	Low	High	High Low
22	Almost None	Very High	Low	Low Medium
23	Almost None	Very High	Medium	Medium
46	Low	Very High	Almost None	Low Medium
47	Low	Very High	Low	Low Medium
64	Medium	Medium	High	Low High
65	Medium	Medium	Very High	High
88	High	Medium	Medium	High Medium
89	High	Medium	High	Medium
105	Very High	Almost None	Very High	High Low
106	Very High	Low	Almost None	Low

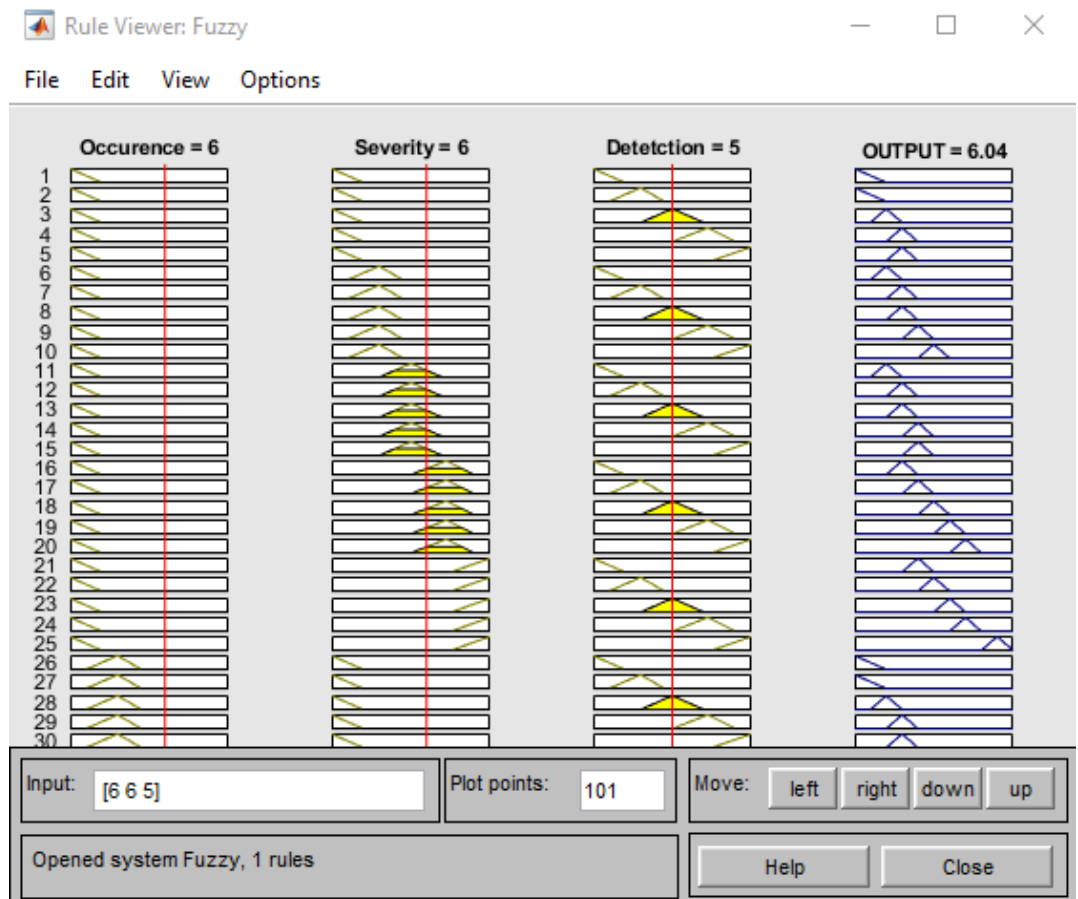
(Sumber: Kumru et al, 2013)



Gambar 4. 7 Input rule If-Then

4.2.1.6 Deffuzzyfication

Pendefinisian fungsi keanggotaan *Fuzzy output* dan *deffuzier*, kesimpulan *fuzzy* dapat dikonversikan menjadi representasi risiko yang memiliki *output* angka yang dapat disebut juga sebagai *Fuzzy Risk Priority Number (FRPN)*. Sebagai contoh hasil kesimpulan *fuzzy* dapat diilustrasikan dalam output fungsi keanggotaan pada gambar 4.7 dimana dapat dilihat pada mode kegagalan ketersediaan *purchase material* membutuhkan waktu yang cukup lama dengan angka untuk kategori *occurrence* adalah 6, *severity* adalah 6, dan *detection* adalah 5 . Dengan memasukkan angka tersebut ke dalam *software* MATLAB maka akan mendapatkan angka output sebesar 6,04.



Gambar 4. 8 *Output* hasil *Deffuzification*

Dengan memasukkan data input berdasarkan masing-masing angka *Occurrence*, *Severity*, dan *Detection* pada tabel peringkat yang didapat berdasarkan perhitungan RPN, sistem *fuzzy* akan dengan otomatis menghasilkan *output* berdasarkan *rules* yang telah ada pada variabel input *rule evaluation fuzzy*. Berikut dapat dilihat pada Tabel 4.22 yang menjabarkan hasil perhitungan *Fuzzy Risk Priority Number* berdasarkan output dari *software* MATLAB.

Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan *Fuzzy* FMEA

No	Risiko Kegagalan		RATING			FRPN
			O	S	D	
1	Pekerja	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	6	5	5	6.04
2		Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	5	5	4	6.59
3		Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	5	4	5	6.15
4		Kurangnya kerja sama antara pekerja	3	4	4	4.67
5		Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	4	5	4	6.14
6		Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>	7	5	4	4.59
7		Kekurangan personnel yang dedicated pada QC personnel	7	5	6	5.47
8		Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	5	5	5	7
9	Material	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	5	6	6	6.57
10		Tidak adanya kontrol material	5	5	6	7.47
11		<i>Design Concrete Mattrass</i> terlalu panjang	5	4	4	5.67
12		Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	6	4	4	5.18
13		Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	6	5	6	6.51
14	Metode	Penentuan instruksi lama	3	5	4	5.59
15		Tidak ada koordinasi dalam instalasi	6	3	5	4.53
16		Tidak memperhitungkan sistem penginstalan	4	4	4	5.19
17		Perbaikan per hari banyak terjadi	5	5	3	6
18		Kecelakaan pada pekerja	4	3	4	4.14
19		Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	6	6	4	5.62
20	Mesin & Alat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	6	5	3	5.04
21		Hose putus pada saat concrete mattrass dilepaskan ke <i>seabed</i>	4	3	3	3.59

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* MATLAB, didapatkan hasil akhir angka *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) dengan angka tertinggi pada Tidak adanya kontrol material, yaitu sebesar 7.47, dilanjutkan pada urutan kedua yaitu Kekurangan *Man Power* untuk mempersiapkan *procedure execution* dengan angka FRPN sebesar 7. Angka terendah didapatkan pada risiko kegagalan Hose putus pada saat concrete matrass dilepaskan ke *seabed* dengan angka FRPN sebesar 3.59.

Setelah dilakukan perhitungan *Fuzzy* RPN dengan menghitung *Occurrence*, *Severity*, dan *Detection*, maka didapat hasil perhitungan *Fuzzy* RPN yang tertera pada Tabel 4.22. Semua *Fuzzy* RPN tidak ada yang sama atau tidak terjadi bias, sehingga tidak ada angka prioritas yang sama.

Berdasarkan analisis hasil perhitungan RPN dan analisis hasil perhitungan *Fuzzy* RPN, terdapat perbedaan hasil yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 4. 31 Perbandingan Hasil Perhitungan FMEA dengan *Fuzzy* FMEA

No	Risiko Kegagalan	RATING			RPN	RANKING	FRPN	RANKING
		O	S	D				
1	Keterlambatan dalam <i>development Offshore Installation Procedure</i>	6	5	5	150	3	6.04	8
2	Kekurangan kompetensi <i>crew</i> sepanjang eksekusi proyek	5	5	4	100	7	6.59	3
3	Ketidakhadiran Supervisor dan lemahnya pengawasan	5	4	5	100	7	6.15	6
4	Kurangnya kerja sama antara pekerja	3	4	4	48	14	4.67	17
5	Beberapa QC dilapangan kurang pengalaman di pekerjaan <i>pipeline</i> dan kurang familiar <i>Scope Project</i>	4	5	4	80	10	6.14	7
6	Kekurangan personel yang dedicated pada <i>Commissioning</i>	7	5	4	140	5	4.59	18
7	Kekurangan personnel yang dedicated pada QC personnel	7	5	6	210	1	5.47	13

Tabel 4.31 Perbandingan Hasil Perhitungan FMEA dengan *Fuzzy* FMEA

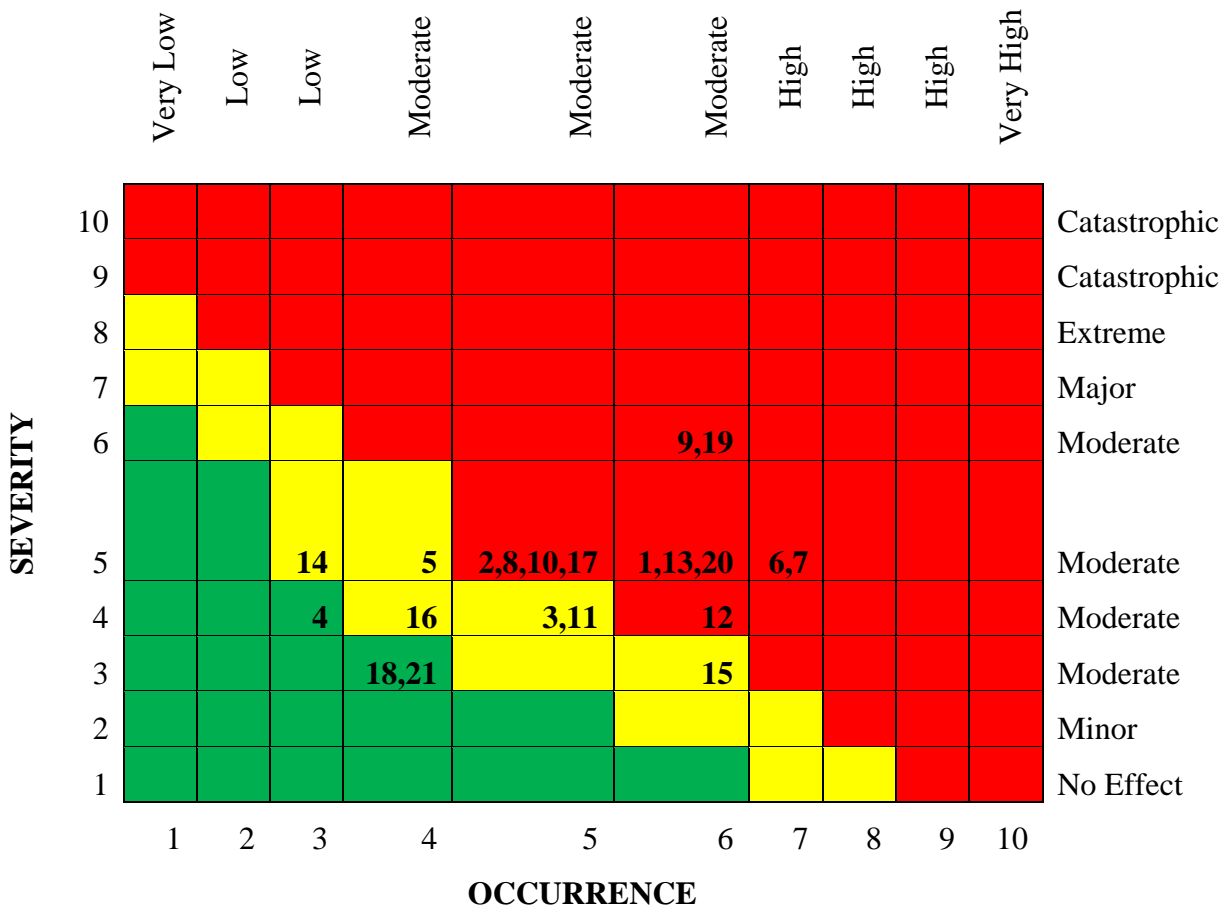
No	Risiko Kegagalan		RATING			RPN	RANKING	FRPN	RANKING
			O	S	D				
8		Kekurangan <i>Man Power</i> untuk mempersiapkan <i>procedure execution</i>	5	5	5	125	6	7	2
9	Material	Ketersediaan <i>purchase material</i> membutuhkan waktu yang cukup lama	5	6	6	180	2	6.57	4
10		Tidak adanya kontrol material	5	5	6	150	3	7.47	1
11		<i>Design Concrete Matrass</i> terlalu panjang	5	4	4	80	10	5.67	10
12		Sertifikasi material sudah melebihi batas waktu dan peralatan terlupakan	6	4	4	96	8	5.18	15
13		Riser Clamp dipasang membutuhkan waktu yang lama dalam penginstallan	6	5	6	180	2	6.51	5
14		Penentuan instruksi lama	3	5	4	60	13	5.59	12
15	Metode	Tidak ada koordinasi dalam instalasi	6	3	5	90	9	4.53	19
16		Tidak memperhitungkan sistem penginstallan	4	4	4	64	12	5.19	14
17		Perbaikan per hari banyak terjadi	5	5	3	75	11	6	9
18		Kecelakaan pada pekerja	4	3	4	48	14	4.14	20
19		Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur	6	6	4	144	4	5.62	11
20	Mesin & Alat	Hasil fabrikasi dengan instalasi tidak cocok	6	5	3	90	9	5.04	16
21		Hose putus pada saat concrete matrass dilepaskan ke <i>seabed</i>	4	3	3	36	15	3.59	21

Menurut perhitungan perhitungan dengan metode *Failure Mode Effect and Analysis* risiko kegagalan kekurangan personnel yang dedicated pada QC personnel menempati peringkat 1, ketersediaan *purchase material* membutuhkan waktu yang cukup lama menempati peringkat 2, tidak adanya kontrol material menempati peringkat 3. Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy FMEA* didapatkan hasil peringkat yang berbeda, yaitu peringkat 1 ditempati oleh tidak adanya kontrol material, lalu pada peringkat 2 ditempati oleh kekurangan *Man Power* untuk mempersiapkan *procedure execution*, dan pada peringkat 3 ditempati oleh kekurangan kompetensi *crew* sepanjang eksekusi proyek.

4.4.3 Pengendalian Risiko

Setelah mengetahui peristiwa risiko apa yang kemungkinan besar terjadi dengan analisis menggunakan *Fuzzy FMEA* yang dimana semakin tinggi RPN-nya, maka pihak pelaksana harus semakin waspada terhadap risiko kegagalan tersebut, untuk kemudian dimasukkan ke dalam matriks risiko. Matriks risiko berfungsi untuk mengetahui risiko kegagalan tersebut memasuki zona yang mana. Sehingga pihak pelaksana proyek dapat lebih waspada terhadap risiko yang mungkin terjadi tersebut. *Project Risk Management* dilakukan dengan menerapkan langkah-langkah yang diarahkan pada hasil perhitungan metode yang diperoleh dari hasil analisis risiko. Hal ini dilakukan dengan cara mengembangkan opsi – opsi dan menentukan aksi untuk menambahkan kesempatan dan mengurangi ancaman terhadap tujuan proyek.

Seluruh kategori dari risiko kegagalan harus masuk dalam kategori dapat diterima atau dapat dipertimbangkan. Untuk menentukan kategori dari setiap risiko kegagalan angka *severity* dan angka *occurrence* diplotkan ke dalam matriks risiko. Berikut merupakan matriks risiko kegagalan pada proyek instalasi *offshore pipeline* dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 9 Matriks Risiko

Dari hasil memplotkan risiko kegagalan ke dalam matriks risiko, dapat dilihat bahwa dari 21 risiko kegagalan, terdapat 3 risiko masuk dalam zona hijau yaitu dengan kategori *acceptable*, 6 risiko masuk dalam zona kuning yaitu dengan kategori *consideration*, dan terdapat 12 risiko masuk dalam zona merah yaitu dengan kategori *need corrective action*. Berikut merupakan saran pengendalian risiko sesuai dengan risiko yang masuk dalam kategori *need corrective action*.

1. Keterlambatan dalam *Development Offshore Installation Procedure*

Keterlambatan dalam *Development Offshore Installation Procedure* yang dimana finalisasinya mendekati tanggal mobilisasi di lapangan disebabkan oleh kurangnya komitmen dalam pengembangan perencanaan. Untuk mengatasinya diperlukan komitmen dan terus berjalannya koordinasi

antara tim *Site Installation* dan tim *Engineering*. Hal ini sangat riskan dikarenakan prosedur instalasi sangat penting untuk tim di lapangan sebagai panduan pengerjaan proyek.

2. Kekurangan Kompetensi *Crew* Sepanjang Eksekusi Proyek

Manpower Readiness meliputi kompetensi crew yang dimana kompetensi crew mewakili kesiapan crew dalam menjalankan proyek. Hal ini digunakan sebagai ukuran kinerja untuk mengevaluasi efektifitas kegiatan dan inisiatif yang dilakukan dalam hal *manpower* yang berkisar dari perencanaan, perekrutan, dan pelatihan hingga penugasan. Untuk meminimalisir terjadinya ketidaksiapan crew dalam menjalankan proyek, perlu dilakukannya penilaian sesuai kebutuhan dan menyiapkan jumlah crew sesuai dengan rencana pekerjaan. Penilaian ini wajib dilakukan saat sebelum proyek dilaksanakan yaitu di darat dan diotorisasi oleh manajer tim HSE.

3. Kekurangan Personel yang *Dedicated* Pada *Commissioning*

Dalam kegiatan *commissioning*, semua sistem dan komponen harus dipastikan sesuai dengan persyaratan operasional. Maka dari itu personel yang *dedicated* sangat diperlukan dalam pelaksanaan proyek. Untuk mengatasi kekurangan personel yang *dedicated*, pihak kontraktor harus lebih menyiapkan personel di lapangan yang siap dalam tenaga, pikiran, dan waktu untuk menjalankan sebuah proyek agar semua dapat berjalan sesuai perencanaan.

4. Kekurangan Personnel yang *Dedicated* Pada QC Personnel

QC atau *Quality Control* berfungsi untuk memantau kualitas. Dalam hal QC *Personnel*, mereka ditugaskan untuk mengawasi proses dalam suatu proyek. Kekurangan personel yang *dedicated* dapat menyebabkan proyek tidak berjalan sesuai rencana. Untuk mengatasinya yaitu dengan selalu berkomitmen untuk menyiapkan personel-personel yang siap untuk menjalankan proyek dengan baik.

5. Kekurangan *Man Power* untuk Mempersiapkan *Procedure Execution*

Untuk mengatasi kekurangan *Man Power* dalam mempersiapkan prosedur eksekusi, diperlukan seorang *Engineer* yang *dedicated* untuk

menyiapkan segala prosedur yang ada agar segala perencanaan dapat terlaksana sesuai prosedur dan jadwal pelaksanaan.

6. Ketersediaan *Purchase Material* Membutuhkan Waktu yang Cukup Lama

Terjadinya keterlambatan dalam suatu proyek dapat disebabkan oleh ketersediaan material yang cukup lama, untuk mengatasinya maka dapat dilakukan pembenahan terkait lingkup pekerjaan dan menyediakan *manpower* yang tepat untuk kesiapan proyek.

7. Tidak Adanya Kontrol Material

Pengontrolan material sangat penting guna menjaga konsistensi progress pengerjaan proyek. Untuk mengatasi tidak adanya pengontrolan material, dapat dilakukan penugasan bagian logistik dan kontrol material yang mampu mengatur dan menyiapkan pengadaan serta pengiriman konstruksi.

8. Sertifikasi Material Sudah Melebihi Batas Waktu dan Peralatan Terlupakan

Dalam mengatasi risiko ini, sebelum memulai rapat pra kerja dan ke lapangan harus dipastikan semua item siap dan harus dikemas dengan surat tujuan yang sesuai.

9. Riser Clamp dipasang Membutuhkan Waktu yang Lama Dalam Pengerjaan

Pengerjaan membutuhkan waktu yang lama dalam pemasangan riser clamp disebabkan oleh ketidakcocokan riser clamp antara fabrikasi dan instalasi. Untuk mengatasinya perlu adanya *checker* atau pemeriksa dari pihak *engineering* maupun pihak *QC* yang membantu untuk penyesuaian antara hasil fabrikasi dan drawing yang dikeluarkan oleh tim *Engineering*.

10. Perbaikan Per Hari Banyak Terjadi

Dalam hal mengurangi kegiatan yang tidak perlu seperti banyaknya perbaikan yang terjadi per harinya, diperlukan tata cara, pedoman, prosedur yang sangat penting untuk diperhatikan. Serta menyiapkan personel yang *dedicated* terhadap proyek.

11. Pergantian Pekerja tidak Sesuai Prosedur

Semua kegiatan proyek sudah seharusnya mengikuti prosedur yang sudah ditetapkan. Namun apabila terjadi, cara mengatasinya adalah

dengan pihak kontraktor dan semua pihak yang terkait dalam proyek untuk mengikuti prosedur yang sudah tertera di dalam kontrak.

12. Hasil Fabrikasi dengan Instalasi tidak Cocok

Ketidakcocokan antara hasil fabrikasi dengan instalasi dapat terjadi karena salahnya pengukuran dalam fabrikasi. Oleh karenanya perlu dilakukan pengukuran yang baik. Serta untuk penginstallannya dilakukan oleh *foreman* atau *pipefitter* yang sudah berpengalaman dalam pengukuran dan pemasangan alat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini,

1. Berdasarkan hasil analisis, aktivitas yang tidak bernilai tambah atau *waste* yang muncul dalam proyek pemasangan pipa lepas pantai berdasarkan 7 jenis *waste* adalah *waiting* dan *unnecessary motion*. Pada keterlambatan dalam *development Offshore Installation Procedure* yang menyebabkan *waiting*, untuk mengatasinya adalah dengan melakukan komitmen dan koordinasi antara tim instalasi dengan tim *engineering* yang dilakukan pada saat pelaksanaan proyek.
2. Dalam pengaplikasian metode CCPM didapatkan percepatan waktu pengerjaan pada penjadwalan sebesar 183 hari disbanding dengan penjadwalan sebelumnya dimana jika *buffer time* tidak digunakan.
3. Pada perhitungan *Fuzzy FMEA* analisis risiko terdapat mode kegagalan yang mendapatkan RPN sama yaitu tidak adanya kontrol material dan keterlambatan dalam *development* yaitu dengan hasil RPN sebesar 150. Kemudian dilakukan perhitungan *fuzzy* hasil akhir perhitungan pada mode tidak adanya kontrol material adalah 7,47 dan pada mode keterlambatan dalam *development* adalah 6.04. Setelah itu untuk mengatasi kegagalan-kegagalan tersebut, dilakukan *project risk management* pada mode kegagalan tidak adanya kontrol material dengan penugasan bagian logistik dan kontrol material yang mampu mengatur dan menyiapkan pengadaan serta pengiriman konstruksi.

5.2 Saran

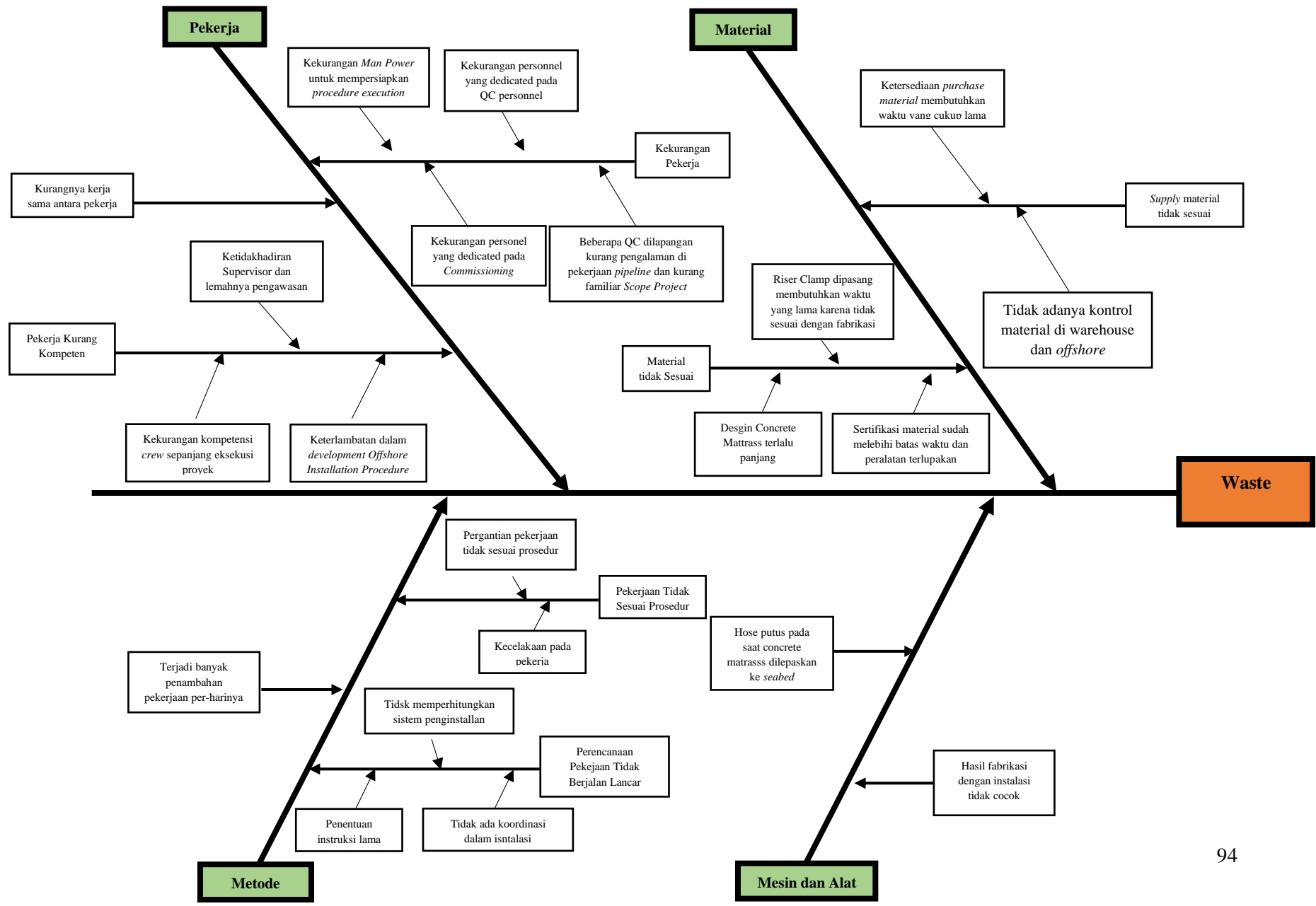
Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilanjutkan dengan kelengkapan data proyek yang lebih kompleks sehingga pengimplementasian 8 prinsip metode *Lean Project Management* dapat memberikan hasil yang maksimal. Kemudian untuk responden kuisisioner sebaiknya dilakukan pembobotan berdasarkan jabatan, posisi, gelar, dan pengalaman bekerja individu untuk mendapatkan hasil pembobotan yang lebih sesuai. Selanjutnya dapat ditambahkan pembahasan mengenai sumber daya dan biaya proyek sebagai pengaruh dalam proyek.

DAFTAR PUSTAKA

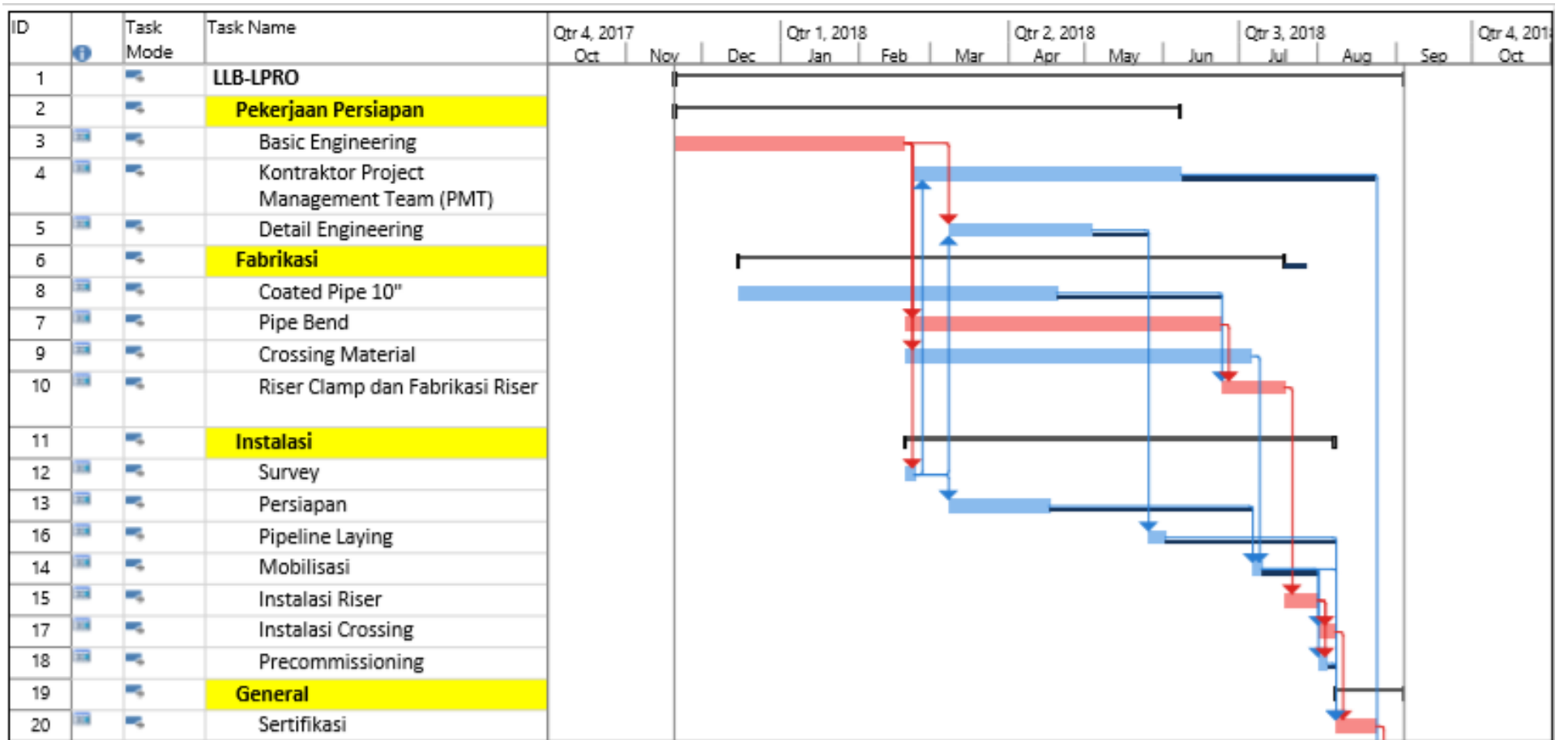
- Al-Hammad, Ibrahim. 2003. Criteria for Selecting Construction Labour Market in Saudi Arabia. Faculty of Civil Engineering. King Saud University. Saudi Arabia
- Anisa. 2010. Evaluasi Dan Analisis Waste Pada Proses Produksi Kemasan Menggunakan Metode FMEA. Skripsi. Fakultas Teknik. Depok. Universitas Indonesia.
- Balaraju, J, et al. 2019. Fuzzy-FMEA Risk Evaluation Approach for LHD Machine-A Case Study. Journal Pre-Proof. India.
- Barihazim, R., 2018, Analisis Perencanaan Proyek Decommissioning pada Production Barge “Seagood 101”, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- International SEMATECH. 1992. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): A Guide fo Continuous Improvement for Semiconductor Equipment Industry.
- Hapsari, R. I., 2014. Penerapan Metode Lean Project Management dalam Perencanaan Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung SDN Bektihad 2 di Semanding Tuban, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Karaini, A. A., 1987. *Pengantar Manajemen Proyek*, Jakarta, Gunadarma
- Khotimah, H., 2019. Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Perbaikan Kapal Keruk Jenis *Cutter Suction Dredger*, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Kumru et. al., 2013. Fuzzy FMEA Application to Improve Purchasing Process in a Public Hospital. Elsevier. Turkey
- Leach, L. P. 2000. Critical Chain Management. Boston: Artech House.
- Mahardika, F. K., 2019. Penerapan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis dalam Analisis Risiko Operasi Offshore Pipeline, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- McDemortt, Robin E, et al. 2009. The Basic Of FMEA 2nd Edition. New York : Taylor & Francis Group.

- Project Management Institute. 2013. A Guide to the Management Body of Knowledge 5th Edition. Pennsylvania: Project Management Institute Inc.
- Soeharto, Iman. 1999. Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional. Jakarta : Erlangga.
- Szwed, P. S. 2016. Expert Judgment in Project Management: Narrowing the Theory-Practice Gap. United State of America : Project Management Institute, Inc.
- Valikoniene, L. 2014. Resource Buffer in Critical Chain Project Management. Thesis. Faculty of Engineering and Phisycal Science University of Manchester, Manchester
- Wirawan, G. 2017. Penerapan Metode Critical Chain Project Management (CCPM) dan Critical Path Method (CPM) Pada Penjadwalan Proyek Perbaikan Kapal BC30002. Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Izmailov, Azar, et al. 2016. Effective Project Management with Theory of Constraints. Science Direct. Russia.

LAMPIRAN A
FISHBONE DIAGRAM

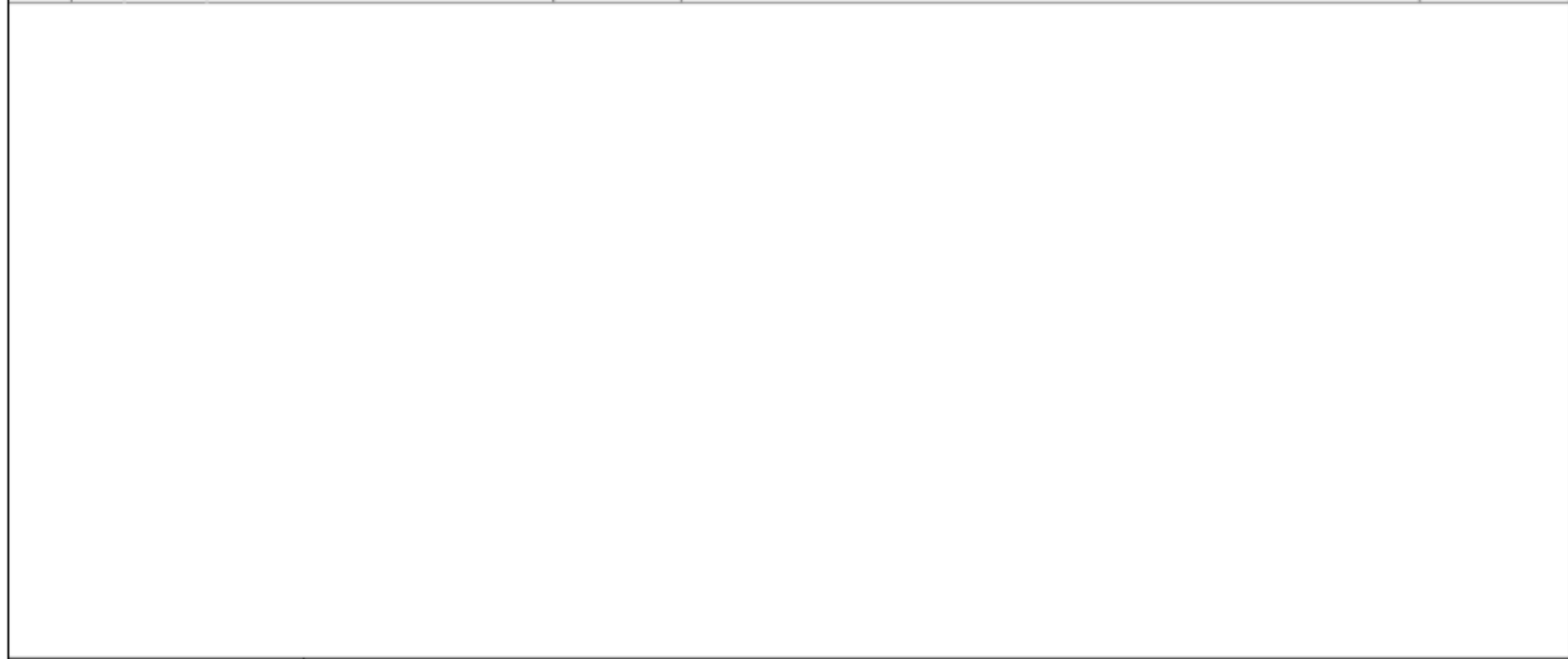


LAMPIRAN B
GANTT CHART CCPM



Project: Coba 2 Date: Fri 1/24/20	Task		Manual Task		Deadline	
	Split		Duration-only		Critical	
	Milestone		Manual Summary Rollup		Critical Split	
	Summary		Manual Summary		Progress	
	Project Summary		Start-only		Manual Progress	
	Inactive Task		Finish-only		Slack	
	Inactive Milestone		External Tasks			
	Inactive Summary		External Milestone			

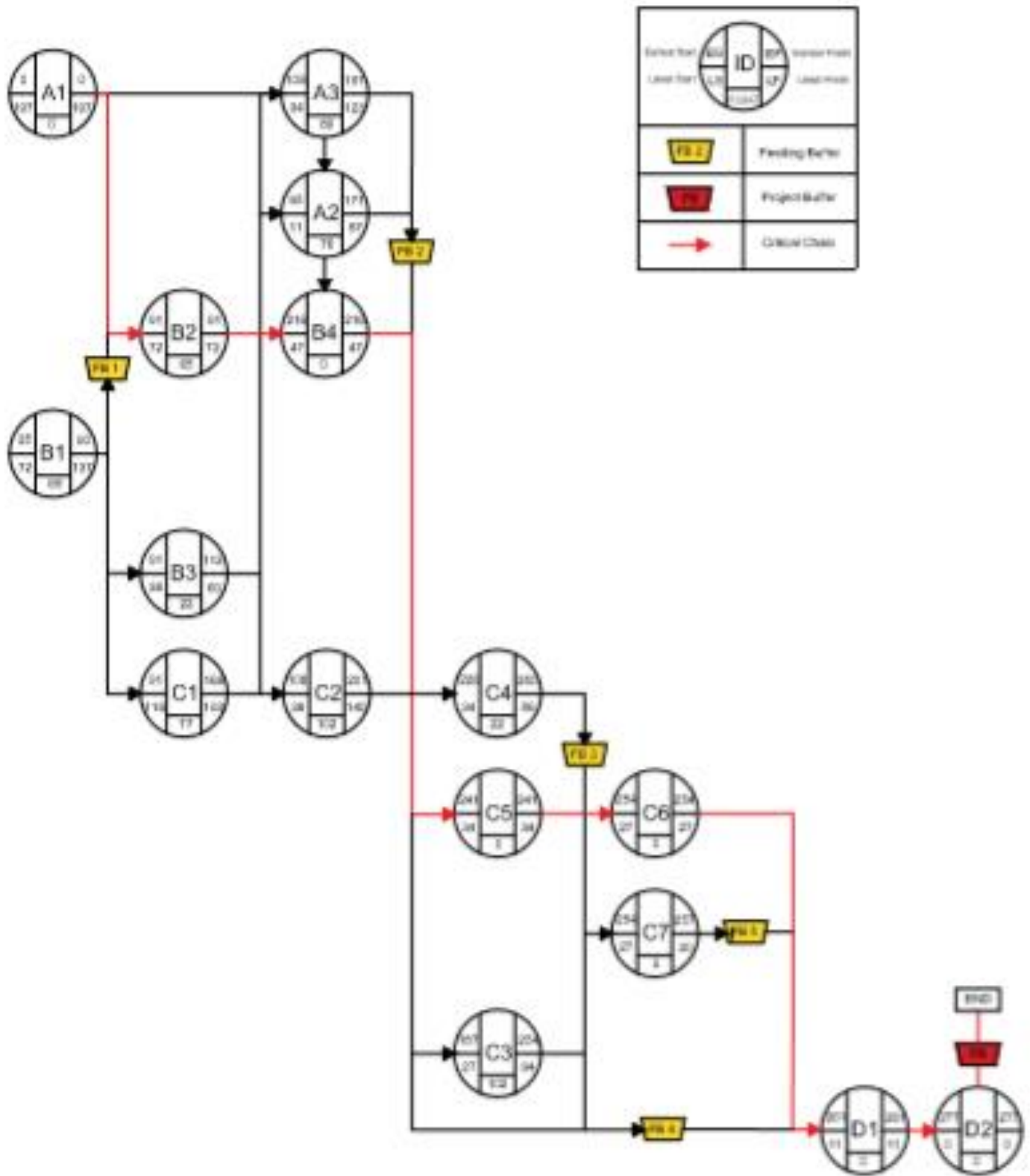
ID	Task Mode	Task Name	Qtr 4, 2017			Qtr 1, 2018			Qtr 2, 2018			Qtr 3, 2018			Qtr 4, 2018
			Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
21		Final Acceptance													



Project: Coba 2 Date: Fri 1/24/20	Task		Manual Task		Deadline	
	Split		Duration-only		Critical	
	Milestone		Manual Summary Rollup		Critical Split	
	Summary		Manual Summary		Progress	
	Project Summary		Start-only		Manual Progress	
	Inactive Task		Finish-only		Slack	
	Inactive Milestone		External Tasks			
	Inactive Summary		External Milestone			

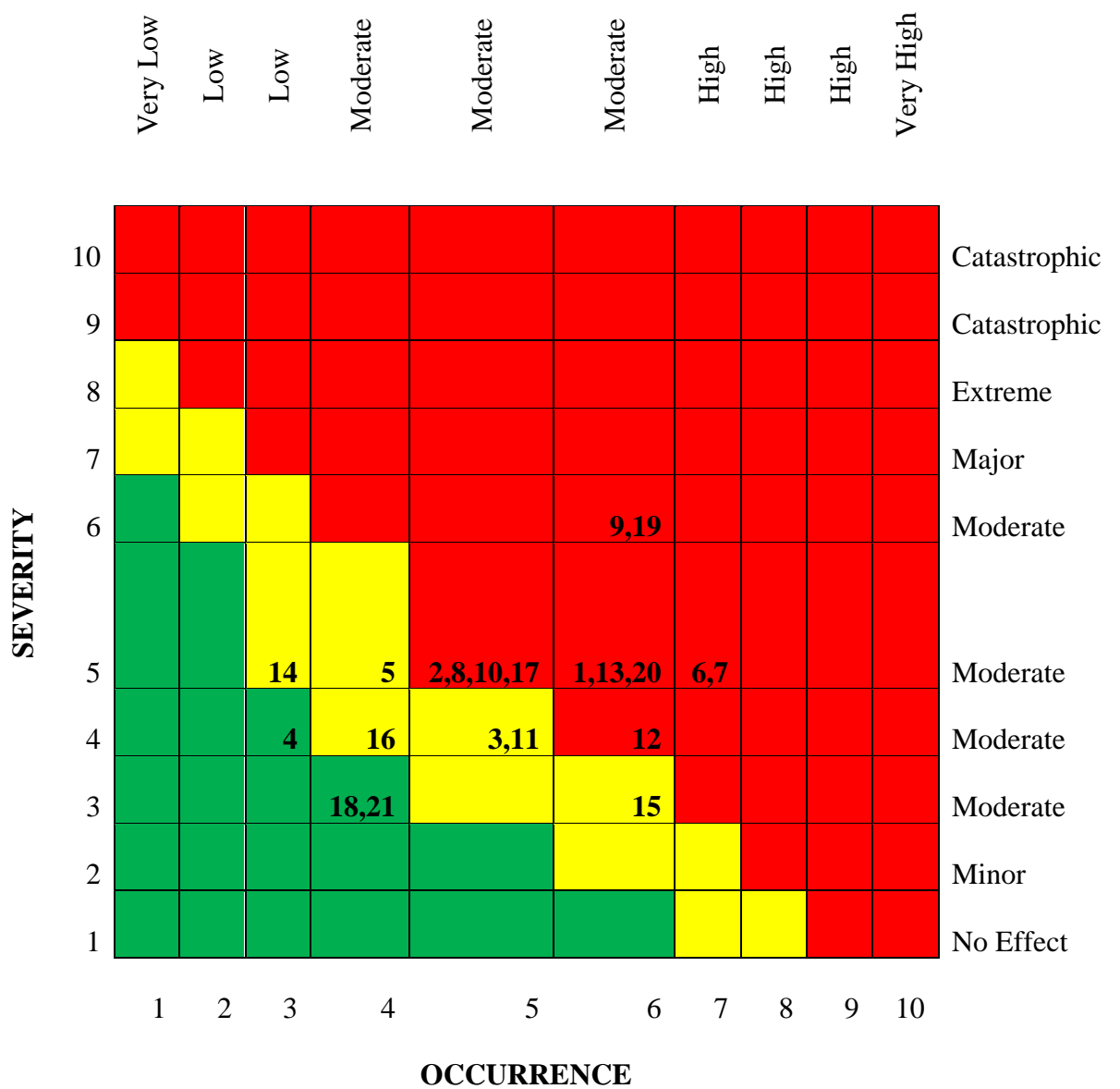
LAMPIRAN C
NETWORK PLANNING CCPM

Installation of Offshore Pipeline PT.X Network Planning - CCPM



LAMPIRAN D
MATRIKS RISIKO

Kategori	Deskripsi
	Acceptable
	Consideration
	Need Corrective Action



BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Novanti Ismi Yusri lahir di Jakarta pada tanggal 05 November 1999. Anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh jenjang pendidikan formal di SD Pusri Palembang pada tahun 2005-2011, kemudian melanjutkan ke SMP Pusri Palembang pada tahun 2011-2012 dan pindah ke SMP Negeri 1 Jombang pada tahun 2012-2013, selanjutnya SMA Negeri 18 Surabaya pada tahun 2013-2016. Pada pertengahan tahun 2016, penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya, di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama menempuh pendidikan perkuliahan di ITS, penulis aktif berkontribusi dalam berbagai organisasi dan kegiatan. Penulis menjadi Staff Publikasi pada Gerigi ITS 2017, Staff Hubungan Luar HIMATEKLA FTK ITS dan staff UKM Sepak Bola ITS di divisi Futsal Putri pada tahun 2017 – 2018. Pada tahun 2018 penulis menjadi koordinator acara pada kegiatan IFC 2018. Di tahun 2019 – 2020 penulis menjadi Kepala Divisi Relasi Hubungan Luar HIMATEKLA FTK ITS. Dimulai sejak 2017 – 2018 penulis menjadi *volunteer* dan Staff Publikasi dan kemudian pada tahun 2019 penulis diamanahi sebagai Bendahara di kegiatan terbesar Departemen Teknik Kelautan *Ocean Engineering Exhibition and Competition (OCEANO) 2019*. Dalam bidang keprofesian, penulis telah menjalani satu bulan masa kerja praktik di PT. Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* pada divisi *Production* dan mendapat predikat *good work* pada bidangnya serta satu bulan masa kerja praktik di PT. Chevron Pacific Indonesia dan mendapat nilai *Very Good* pada bidangnya. Pada akhir tahun 2020 penulis mendapat kesempatan menjadi *author* dan *presenter* pada *7th International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental and Natural Disaster Management* di skala Internasional. Penulis mengakhiri 3.5 tahun masa kuliahnya dengan menulis Tugas Akhir berjudul “Penerapan *Lean Project Management* pada Perencanaan Proyek Instalasi *Offshore Pipeline*”.

Email: novantiismiyusri@gmail.com