

TUGAS AKHIR - MO184804

## PENGEMBANGAN SAFETY CASE DOCUMENT UNTUK MANAJEMEN RISIKO PADA OFFSHORE PIPELINE

M. Fahreza Inzaghi NRP. 04311640000124

Dosen Pembimbing:
Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

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



TUGAS AKHIR - MO184804

## PENGEMBANGAN SAFETY CASE DOCUMENT UNTUK MANAJEMEN RISIKO PADA OFFSHORE PIPELINE

M. Fahreza Inzaghi NRP. 04311640000124

Dosen Pembimbing:
Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D
Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D

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



FINAL PROJECT - MO184804

# SAFETY CASE DOCUMENT DEVELOPMENT FOR RISK MANAGEMENT OF OFFSHORE PIPELINE

M. Fahreza Inzaghi NRP. 04311640000124

#### **SUPERVISORS:**

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

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Marine Technology
Institut Teknolgi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

#### LEMBAR PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN SAFETY CASE DOCUMENT UNTUK MANAJEMEN RISIKO PADA OFFSHORE PIPELINE

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Sepuluh Nopember Surabaya

#### Oleh:

04311640000124

M. FAHREZA INZAGHI Disetujui Oleh: Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D (Pembimbing 1) 1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. (Pembimbing 2) 2. Dan M. Ring Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T. 3. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc., Ph.D (Penguji, 4. Mulysdi Surabaya, Juli 2020

## PENGEMBANGAN SAFETY CASE DOCUMENT UNTUK MANAJEMEN RISIKO PADA OFFSHORE PIPELINE

Nama : M. Fahreza Inzaghi

NRP : 04311640000124

Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS

Dosen Pembimbing :Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D

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

#### **ABSTRAK**

Salah satu komponen dari sebuah struktur bangunan lepas pantai yang memegang peranan paling penting dalam distribusi hasil olahan hidrokarbon adalah pipa bawah laut. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Safety Case Document guna menyajikan tindakan pencegahan dan penanganan sebagai bentuk manajemen risiko kerusakan pada pipa bawah laut. Pipa bawah laut yang menjadi objek pada penelitian ini berlokasai di bagian Timur Laut Pulau Jawa, memiliki panjang sekitar 1 km. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini diantara lain adalah metode Fishbone Diagram untuk mengidentifikasi faktor penyebab dari kerusakan pipa bawah laut. Setelah itu dilanjutkan dengan analisa mode kegagalan dan dampak kegagalan, serta perhitungan Fuzzy Risk Priority Number dengan metode Fuzzy FMEA. Setelah melewati tahapan tersebut maka dilanjutkan dengan metode HAZOP guna menghasilkan penanganan risiko yang tepat. Hasil yang telah didapatkan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah kerangka Safety Case Document yang terdiri dari Tujuan dan Deskripsi Fasilitas, Formal Safety Assessment, dan Safety Management System.

## SAFETY CASE DOCUMENT DEVELOPMENT FOR RISK MANAGEMENT OF OFFSHORE PIPELINE

Name : M. Fahreza Inzaghi

NRP : 04311640000124

Department : Ocean Engineering, Faculty of Marine

Technology

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

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

#### **ABSTRACT**

Offshore pipeline is an indispensable component that plays a huge role in the distribution of hydrocarbon products. Thus, it is necessary to prevent any kind of incidents that may bring harm to the offshore pipeline system. Therefore, this final project is intended to develop the structure of Safety Case Document which provides preventions and mitigations actions and serves as risk management platform for offshore pipeline. Offshore pipeline that was specifically being used as a data in this project is located at Northeast of Java Sea and possesses 1 km of length, and also a subject of pipeline leakage. The methods that was being involved in this project are as follows; Fishbone Diagram to identify the cause of the failure of the pipeline, Fuzzy FMEA to determine the Risk Priority Number in order to find out the priority of each failure cause, also HAZOP to provide the necessary prevention and mitigation actions in accordance to each cause and subsequently being structured as a whole Safety Case Document with appropriate Safety Management System which also the product of this final project. The structure of Safety Case Document consists of Objective and Facility Description, Formal Safety Assessment, and Safety Management System.

#### KATA PENGANTAR

Atas segala rahmat, karunia dan kasih saying Tuhan Yang Maha Esa, sehingga tugas akhir dengan judul "PENGEMBANGAN SAFETY CASE DOCUMENT UNTUK MANAJEMEN RISIKO PADA 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 pembentukan kerangka safety case document dengan menggunakan metode Fishbone Diagram dalam pengidentifikasian penyebab kegagalan yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan risiko menggunakan metode Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis. Setelah itu penyajian tindakan penanganan dengan bantuan metode Hazard and Operability (HAZOP) 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, 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, Juli 2020

M. Fahreza Inzaghi

#### 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 Ibu sebagai anugerah terindah penulis atas segala sesuatu yang penulis raih adalah berkat doa – doa yang mereka panjatkan 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 ilmuilmu yang diberikan kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Kepada 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 Murdjito, M.Sc., Eng. 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:

- Para pihak yang telah membantu penulis dengan bersedia meluangkan waktunya untuk menjadi responden dalam kuisioner Tugas Akhir ini.
- Adriawan Hamami, Jordy Revanda, Novanti Ismi, dan Boss Armando yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini

- 3. Angkatan penulis, Adhiwamastya P-56 L-34 yang telah membantu saya selama perkuliahan di Jurusan Teknik Kelautan.
- 4. Teman-teman Kura-Kura Ninja yang telah menemani penulis selama masa perkuliahan.
- 5. Tasya Amira Aditya, selaku sahabat penulis yang telah menemani penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir.

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

## **DAFTAR ISI**

| KATA                   | PEN                 | IGANTAR                                | vii  |  |
|------------------------|---------------------|--|------|--|
| UCAPA                  | UCAPAN TERIMA KASIH |  |      |  |
| DAFT                   | AR I                | SI                                     | X    |  |
| DAFT                   | AR C                | GAMBAR                                 | xiii |  |
| DAFT                   | AR T                | ABEL                                   | xiv  |  |
| DAFT                   | AR L                | AMPIRAN                                | xvi  |  |
| BAB I.                 |                     |  | 1    |  |
| PENDA                  | AHU                 | LUAN                                   | 1    |  |
| 1.1                    | L                   | atar Belakang                          | 1    |  |
| 1.2                    | R                   | umusan Masalah                         | 5    |  |
| 1.3                    | Ti                  | ujuan Penelitian                       | 5    |  |
| 1.4                    | M                   | lanfaat Penelitian                     | 6    |  |
| 1.5                    | В                   | atasan Masalah                         | 6    |  |
| 1.6                    | Si                  | stematika Penulisan                    | 6    |  |
| BAB II                 | [                   |  | 9    |  |
| 2.1.                   | Ti                  | njauan Pustaka                         | 9    |  |
| 2.2.                   | Dasar Teori         |  |      |  |
| 2.2                    | 2.1.                | Pipa Bawah Laut                        | 10   |  |
| 2.2                    | 2.2.                | Risiko                                 | 11   |  |
| 2.2                    | 2.3.                | Fishbone Diagram                       | 12   |  |
| 2.2.4. Analisis Risiko |                     | Analisis Risiko                        | 13   |  |
| 2.2                    | 2.5.                | Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis | 14   |  |
| 2.2                    | 2.6.                | Pengelolaan Risiko                     | 20   |  |
| 2.2                    | 2.7.                | Penanganan Risiko                      | 20   |  |

| BAB III |  | 23 |  |  |  |
|---------|--|----|--|--|--|
| 3.1.    | Diagram Alir                                   | 23 |  |  |  |
| 3.2.    | Prosedur Penelitian                            | 26 |  |  |  |
| a.      | Latar Belakang dan Perumusan Masalah           | 26 |  |  |  |
| b.      | Studi Literatur                                | 26 |  |  |  |
| c.      | Pengumpulan Data                               | 27 |  |  |  |
| d.      | Analisis Data dan Pembahasan                   | 27 |  |  |  |
| e.      | Kesimpulan dan Saran                           | 28 |  |  |  |
| BAB IV  |  | 29 |  |  |  |
| 4.1.    | Data Pipa Bawah Laut                           | 29 |  |  |  |
| 4.2.    | Identifikasi Kegagalan                         | 29 |  |  |  |
| 4.3.    | Fishbone Diagram                               | 33 |  |  |  |
| 4.4.    | Perhitungan Risiko                             | 37 |  |  |  |
| 4.5.    | Analisis Risiko dengan Fuzzy FMEA              | 50 |  |  |  |
| 4.6.    | Pengendalian Risiko                            | 56 |  |  |  |
| 4.7.    | Hazard and Operability (HAZOP) Analysis        | 57 |  |  |  |
| 4.8.    | Kerangka Safety Case Document                  | 64 |  |  |  |
| BAB V   |  | 68 |  |  |  |
| Safety  | Case: Submarine Pipeline in Northeast Karawang | 73 |  |  |  |
| A. K    | Kerangka Safety Case Document                  | 73 |  |  |  |
| A. 1    | . Struktur Safety Case                         | 74 |  |  |  |
| A.2. T  | `ujuan   | 76 |  |  |  |
| А.3. Г  | A.3. Deskripsi Fasilitas dan Lingkungan        |    |  |  |  |
| A.4. R  | Roles and Responsibilities                     | 77 |  |  |  |
| a Safe  | ety Case Ownershin                             | 77 |  |  |  |

|        | Kep   | emilik | an dari <i>O</i> | perati | ions Saj | fety Cas | se ada pada | a Senior Man | ager. |
|--------|-------|--------|------------------|--------|----------|----------|-------------|--------------|-------|
| Senior | Mar   | nager  | bertangg         | gung   | jawab    | untuk    | menyetuj    | ui dokumen   | dan   |
| menjag | a val | iditas | dengan n         | neninj | au dan   | merevi   | si secara b | erkala       | 77    |
|        | b.    | Safety | Case Pr          | epara  | tion     | •••••    |             | •••••        | 77    |
|        | A.5.  | Forma  | al Safety        | Asses  | sment.   | •••••    |             | •••••        | 78    |
|        | A.6.  | Penan  | ganan Ri         | siko   |          | •••••    |             | •••••        | 80    |
|        | A.7.  | Safety | Manage           | ment   | System   | (SMS)    | )           | •••••        | 80    |
| D      | AFT   | AR PU  | ISTAKA           |        |          | •••••    |             |              | 70    |
| RI     | (OD/  | АТА Р  | ENULIS           |        |          |          |             |              | 72    |

## **DAFTAR GAMBAR**

| Gambar 1 1. Lokasi pipa bawah laut PT                       | 2         |
|---|-----------|
| Gambar 1 2. Koordinat Pipa di titik A dan titik B           | 3         |
| Gambar 1 3. Ilustrasi lokasi pipa                           | 3         |
| Gambar 2 1. Ilustrasi dari pipa bawah laut (Yong Bai, 2013) | 11        |
| Gambar 2 2. Fishbone Diagram (Mario, 2017)                  | 13        |
| Gambar 3 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir             | 25        |
| Gambar 4 1. Fishbone Diagram Penyebab Kerusakan Pipa B      | awah Laut |
| yang dapat terjadi pada proses Maintenance                  | 34        |
| Gambar 4 2. Fishbone Diagram Penyebab Kerusakan Pipa B      | awah Laut |
| yang dapat terjadi pada proses Maintenance (lanjutan)       | 35        |
| Gambar 4 3. Fishbone Diagram Penyebab Kerusakan Pipa B      | awah Laut |
| yang dapat terjadi pada proses Inspection (lanjutan)        | 36        |
| Gambar 4 4. Variabel Input Fuzzy                            | 50        |
| Gambar 4 5. Parameter Input Fuzzy                           | 51        |
| Tabel 4 9. Angka parameter input Fuzzy                      | 51        |
| Tabel 4 10. Angka parameter output Fuzzy                    | 52        |
| Gambar 4 6. Parameter output                                | 52        |
| Gambar 4 7. Rule viewer Fuzzy                               | 53        |
| Gambar 4 8. Struktur Safety Case Document                   | 68        |
| Gambar 4 9. Lokasi Proyek Pipa Bawah Laut                   | 69        |
| Gambar 4 10. Formal Safety Assessment Procedure             | 70        |
| Gambar 4 11. Plan-Do-Check-Act (API RP 1173)                | 73        |

## **DAFTAR TABEL**

| Tabel 1 1. Data Pipa bawah laut PT. X                             | 4        |
|---|----------|
| Tabel 2 1. Tingkat Severity untuk aspek Safety (DNV RP F107)      | .15      |
| Tabel 2 2. Tingkat Severity pada aspek Environment (DNV RP F10    | )<br>(37 |
|   | .15      |
| Tabel 2 3. Tingkat Severity dari aspek Ekonomi (DNV RP F107)      | .16      |
| Tabel 2 4. Tingkat Occurrence (DNV-RP F107)                       | .17      |
| Tabel 2 5 Kriteria Detection.                                     | .18      |
| Tabel 2 6. Matriks Risiko   | .20      |
| Tabel 4 1. Faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut              | .30      |
| Tabel 4 1. Faktor Penyebab Kerusakan Pipa Bawah Laut (Lanjutan)   | 31       |
| Tabel 4 2.Hasil Kuisioner   | .38      |
| Tabel 4 2. Hasil Kuisioner (lanjutan)                             | .39      |
| Tabel 4 2. Hasil Kuisioner (lanjutan)                             | .40      |
| Tabel 4.2. Hasil kuisioner (lanjutan)                             | .41      |
| Tabel 4.2. Hasil Kuisioner (lanjutan)                             | .42      |
| Tabel 4.2. Hasil Kuisioner (lanjutan)                             | .43      |
| Tabel 4 3. Parameter pembobotan kuisioner (Ramzali, et. al. 2015) | .44      |
| Tabel 4 4. Data Responden   | .44      |
| Tabel 4 5. Bobot Responden  | .45      |
| Tabel 4 6. Faktor Bobot   | .45      |
| Tabel 4 7. Frekuensi Indeks                                       | .47      |
| Tabel 4.7. Frekuensi Indeks (lanjutan)                            | .48      |
| Tabel 4 8. Kelas Frekuensi Index                                  | .49      |
| Tabel 4 9. Angka parameter input Fuzzy                            | .51      |
| Tabel 4 10. Angka parameter output Fuzzy                          | .52      |
| Tabel 4 11. RPN Penyebab Kegagalan                                | .54      |
| Tabel 4 11. RPN Penyebab Kegagalan (lanjutan)                     | .55      |
| Tabel 4 12. Matriks Risiko (Safety)                               | .56      |

| Tabel 4 13. Matriks Risiko (Environment)           | 57 |
|--|----|
| Tabel 4 14. Matriks Risiko (economy)               | 57 |
| Tabel 4 15. HAZOP Analysis                         | 59 |
| Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)              | 60 |
| Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)              | 61 |
| Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)              | 62 |
| Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)              | 63 |
| Tabel 4 16. Keterangan Guide Word (Aloqaily, 2018) | 64 |

#### DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

KERANGKA SAFETY CASE DOCUMENT

#### **BABI**

#### **PENDAHULUAN**

#### 1.1 Latar Belakang

Minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang dibutuhkan oleh manusia. Demi memperoleh cadangan minyak dan gas bumi secara maksimal, dibutuhkan sarana dan prasana untuk menunjang pemanfaatan hasil olahan minyak dan gas bumi tersebut, salah satu faktor yang paling krusial dalam pengelolaan minyak dan gas bumi adalah proses transportasi atau distribusi minyak dan gas itu sendiri. Salah satu komponen dari sebuah struktur bangunan lepas pantai yang memegang peranan paling penting dalam distribusi hasil olahan hidrokarbon adalah pipa bawah laut.

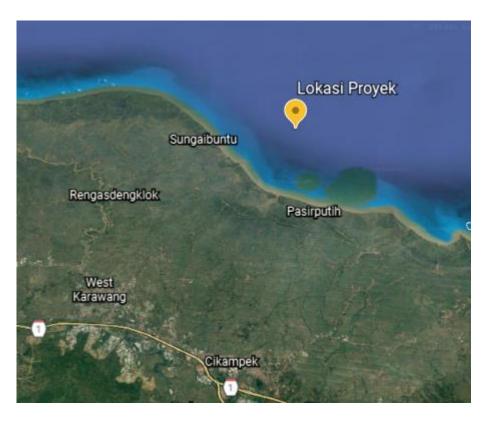
Pipa bawah laut memegang peranan dalam distribusi minyak dan gas dari wellheads menuju ke tie-backs melalui flowlines/export lines. Export lines memiliki fungsi untuk memindahkan hidrokarbon yang telah diproses melalui pipa berdiameter sekitar 508mm dengan Panjang 1500km. Sedangkan flowlines berfungsi untuk memindahkan hidrokarbon yang belum diproses melalui pipa yang memiliki ukuran relatif kecil, yaitu kurang dari 305mm serta memiliki Panjang kurang dari 30km (Kenny, 2018).

Dikarenakan pentingnya peran pipa bawah laut dalam pengelolaan minyak dan gas bumi, maka perlu diperhatikan kondisi dan ketahanan pipa bawah laut tersebut guna menjaga kondisinya tetap optimal. Sehingga segala jenis kerusakan ataupun kejadian yang memiliki potensi untuk merusak pipa bawah laut perlu diperhatikan.

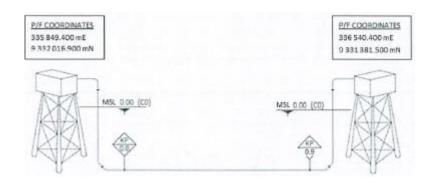
Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis manajemen risiko kerusakan pada pipa bawah laut dengan menyusun kerangka *Safety Case Document*. *Safety Case Document* adalah dokumen keselamatan yang

komperhensif dan terstruktur yang bertujuan untuk menjamin keselamatan dari vessel atau equipment tertentu (Kelly, 2003). Kerangka Safety Case Document ini akan terdiri dari identifikasi kejadian-kejadian yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada pipa bawah laut, menganalisis risiko dari kejadian-kejadian tersebut, serta menyajikan langkah terbaik yang dapat diambil guna mencegah ataupun menanggulangi kejadian yang sifatnya berpotensi merusak pipa bawah laut.

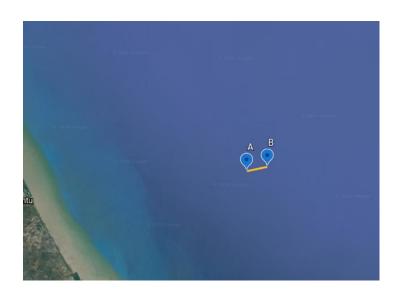
Pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis akan menganalisis pipa PT. X yang berlokasi di sepanjang area A hingga area B yang memiliki koordinat 6°02′29.773″S 107°31′04.987″E yang juga berlokasi sekitar 80-200 km di Utara Kabupaten Karawang.



Gambar 1 1. Lokasi pipa bawah laut PT



Gambar 1 2. Koordinat Pipa di titik A dan titik B



Gambar 1 3. Ilustrasi lokasi pipa

Pipa bawah laut terseut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1 1. Data Pipa bawah laut PT. X

| Data Pipa Bawah L          | aut PT. X           |
|----------------------------|---------------------|
| Location                   | Northeast Java Sea  |
| Water Depth                | 15 m                |
| Design Code                | ASME B16.49         |
| Туре                       | Gathering Line      |
| Contractor                 |                     |
| Material                   | API 5L Grade X52    |
| OD                         | 12" (323.9 mm)      |
| Wall Thickness             | 12.7 mm             |
| Length                     | 1 km                |
| Service                    | Oil                 |
| External Corrosion System  | Half Shell Bracelet |
| Design Life                | 20 years            |
| Design Pressure            | 4.52 Mpa            |
| Operating Pressure         | 1.177 Mpa           |
| Hydrotest pressure         | 5.65 Mpa            |
| Design Temperature         | 93.3 °C             |
| Max. Operating Temperature | 48.9 °C             |
| Corrosion Allowance        | 3mm                 |

Pada tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode *Fishbone Diagram* guna mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan pipa bawah laut dengan

mengolah hasil kuisioner yang melibatkan para ahli di bidang terkait. Hasil identifikasi penyebab kegagalan akan dianalisis risikonya menggunakan *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis* guna mendapatkan matriks risikonya. Sedangkan untuk penanganan risiko akan dianalisis menggunakan metode *Hazard and Operability Study (HAZOP)*.

Hasil manajemen risiko tersebut kemudian akan diolah menjadi dokumen *Safety Case* yang diharapkan dapat menjadi acuan panduan keselamatan dalam menjalankan sebuah sistem yang melibatkan pipa bawah laut sehingga dapat meminimalisir kejadian kerusakan pipa bawah laut yang berpotensi menyebabkan kerugian.

#### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan data di atas, permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini antara lain adalah:

- 1. Apa saja penyebab kerusakan yang dapat terjadi pada pipa bawah laut?
- 2. Apa saja dampak dari kerusakan dari pipa bawah laut?
- 3. Berapa risiko dari kerusakan pipa bawah laut?
- 4. Bagaimana bentuk kerangka *Safety Case Document* untuk penanganan risiko terjadinya kerusakan pada pipa bawah laut berdasarkan data di atas?

#### 1.3 Tujuan Penelitian

Berangkat dari rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1. Mengetahui penyebab kerusakan yang dapat terjadi pada pipa bawah laut berdasarkan data di atas
- 2. Mengetahui dampak dari kerusakan pipa bawah laut berdasarkan data di atas.
- 3. Menghitung risiko kerusakan yang dapat terjadi pada pipa bawah laut berdasarkan data di atas.

4. Menyajikan cara penanganan yang tepat untuk mencegah terjadinya kerusakan pada pipa bawah laut dalam bentuk kerangka *Safety Case Document* berdasarkan data di atas.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diraih dari penelitian tugas akhir ini diantara lain adalah:

- 1. Dapat mengetahui penyebab kegagalan yang dapat terjadi pada sebuah objek, dalam kasus ini adalah pipa bawah laut.
- 2. Dapat mengetahui dampak dari kerusakan yang terjadi pada pipa bawah laut
- 3. Dapat menghitung risiko dari setiap penyebab kegagalan yang dapat terjadi pada sebuah objek.
- 4. Menyajikan kerangka *Safety Case Document* sebagai bentuk pencegahan ataupun penanganan sebuah kegagalan yang dapat dijadikan acuan keselamatan bagi pembaca guna meningkatkan kualitas keselamatan pada sebuah proyek yang serupa.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1. Tidak melakukan analisis dampak dari risiko dari segi biaya.
- 2. Probabilitas dari kejadian penyebab kegagalan diperoleh dengan menggunakan teknik kuisioner yang diajukan ke para ahli di bidang terkait.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

BAB I pada penelitian tugas akhir ini memberikan penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan yang ingin diraih, manfaat yang dapat

diharapkan dapat diambil, serta batasan masalah pada penelitian ini. Selain itu sistematika penulisan dari tugas akhir ini juga tercantum pada BAB I.

BAB II pada tugas akhir ini memberikan penjelasan terkait referensi yang digunakan dalam penelitian ini yang mana meliputi buku dan jurnal. Referensi – referensi tersebut dijadikan landasan terkait teori dan istilah yang digunakan dalam tugas akhir ini.

BAB III pada tugas akhir ini menjelaskan alur pengerjaan dari tugas akhir ini dalam bentuk diagram alir dengan disertai penjelasan dari tiap langkahnya guna menyajikan informasi yang lebih komperhensif.

Pada BAB IV diberikan penjelasan mengenai hasil analisis yang penulis lakukan terkait perhitungan risiko dan pembentukan *Safety Case Document* dari manajemen risiko kerusakan pipa bawah laut guna menjawab rumusan masalah pada tugas akhir ini.

BAB V berisikan kesimpulan dari hasil penelitian pada tugas akhir ini serta saran yang berisikan ruang bagi penelitian selanjutnya untuk mengembangkan tugas akhir ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

#### **BAB II**

#### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam pengerjaan suatu proyek diperlukan manajemen risiko guna meminimalisir terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan dan sebagai bentuk persiapan ketika hal tersebut terjadi. Risiko pada dasarnya merupakan kombinasi antara probabilitas dari kejadian dan konsekuensinya. Manajemen risiko berperan dalam mengidentifikasi dan menangani ancaman yang ditujukan kepada sebuah organisasi atau individu, kerentanan yang pada system tersebut, dan kemungkinan ancaman tersebut bertemu dengan kerentanan tersebut dan menyebabkan kerusakan (Siddiqui *et al*, 2017).

Ada banyak metode yang dapat diterapkan dalam manajemen risiko, seperti pada penelitian yang dilakukan Gita (2015) yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui risiko dominan, dan mengetahui factor penyebab dari risiko dominan dari pengerjaan proyek Marvell City Surabaya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (*FMEA*) untuk mengetahui risiko dominan pada pengerjaan proyek tersebut yang kemudian dilanjutkan dengan metode *Fault Tree Analysis* (*FTA*) untuk mengetahui faktor penyebab risiko tersebut. Namun pada penelitian ini belum disajikan tindakan penanganan pada setiap factor penyebab risiko-risiko tersebut.

Sedangkan Filihan (2016) melakukan penelitian terkait pengelolaan risiko yang terjadi pada kerusakan *offshore pipeline* transmisi Sumatera Jawa. Pada penelitian ini digunakan metode FMEA untuk menghitung *Risk Priority Number (RPN)* pada faktor penyebab risiko kerusakan *offshore pipeline* tersebut. Namun pada penelitian ini juga tidak disertakan tindakan penanganan terhadap faktor penyebab risiko tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan Marcello (2019) dilakukan analisis manajemen risiko pada pipa bawah laut yang berlokasi di Balikpapan. Pada penelitiannya digunakan metode *Bowtie Analysis* dan didapatkan penyebab dan konsekuensi dari risiko kerusakan pipa bawah laut tersebut. Namun tidak disajikan tindakan yang bersifat penanganan terhadap kejadian tersebut.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Hamami (2019) dianalisis risiko kerusakan pipa bawah laut dengan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* dan *Hazard and Operability (HAZOP)*. Pada penelitiannya dilakukan identifikasi dari faktor penyebab risiko kerusakan pipa bawah laut serta disajikan penanganan dalam menghadapi risiko tersebut menggunakan metode HAZOP.

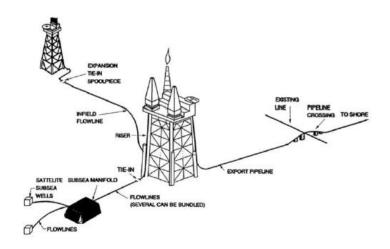
Mengacu pada penelitian-penelitian tersebut, penulis melakukan penelitian terkait manajemen risiko dari kerusakan pipa bawah laut dengan tujuan menghasilkan *Safety Case Document* yang berisi faktor penyebab risiko, dampak dari risiko tersebut, serta tindakan-tindakan yang bersifat pencegahan dan penanggulangan dari faktor penyebab risiko tersebut guna meningkatkan keamanan dan keselamatan dari pelaksanaan proyek yang melibatkan pipa bawah laut.

#### 2.2. Dasar Teori

#### 2.2.1. Pipa Bawah Laut

Pipa bawah laut bertindak sebagai sarana transportasi distribusi minyak dan gas bumi yang telah diproses maupun yang belum diproses yang aman serta ekonomis sebagai bagian dari bangunan lepas pantai (Abdullah *et al*, 2012).

Pipa bawah laut berperan untuk mendistribusikan minyak dan gas dari kepala sumur (*wellhead*) melalui *riser*, dimana *riser* sendiri terkoneksi dengan fasilitas pemrosesan, sebuah *platform*, atau *FPSO* (*Floating Production and Storage Offloading*) (Marcello, 2019). Berikut merupakan ilustrasi dari pipa bawah laut menurut Yong Bai (2013).



Gambar 2 1. Ilustrasi dari pipa bawah laut (Yong Bai, 2013)

#### 2.2.2. **Risiko**

Menurut Siddiqui, dkk (2017), risiko pada dasarnya merupakan kombinasi antara probabilitas dari kejadian dan konsekuensinya. Manajemen risiko berperan dalam mengidentifikasi dan menangani ancaman yang ditujukan kepada sebuah organisasi atau individu, kerentanan yang pada system tersebut, dan kemungkinan ancaman tersebut bertemu dengan kerentanan tersebut dan menyebabkan kerusakan (Siddiqui *et al*, 2017).

Sedangkan menurut Muhlbauer (2004) risiko adalah probabilitas suatu peristiwa yang dapat menyebabkan kerugian serta besarnya kerugian itu sendiri.

#### Identifikasi Risiko

Tahapan pertama dari proses manajemen risiko adalah identifikasi risiko. Identifikasi risiko adalah proses pengenalan risiko dan komponen risiko yang berhubungan pada suatu aktivitas atau interaksi yang ditujukan kepada proses perhitungan dan pengelolaan risiko yang tepat (Santosa, 2009).

Menurut Adriawan (2019) proses identifikasi risiko dimulai dengan mengidentifikasi sumber masalah dengan mengenali jenis-jenis risiko yang mungkin atau umumnya terjadi. Langkah ini meliputi

pendefinisian risiko mana yang mungkin mempengaruhi proyek dan mendokumentasikan karakteristik dari setiap risiko. Ketika sumber atau masalah sudah diketahui, kejadian yang dipicu oleh sumber atau kejadian yang dapat menimbulkan masalah dapat ditelusuri.

Menurut Guntara (2017) ada beberapa Teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi risiko, antara lain sebagai berikut:

#### a. Brainstorming

Melakukan diskusi dengan ahli di bidang terkait tentang kemungkinan risiko yang dapat terjadi, penyebab, dampak, serta penanganan terhadap risiko tersebut.

#### b. Interviewing

Melakukan wawancara kepada ahli di bidang terkait guna mendapat informasi tentang risiko yang mungkin terjadi.

#### c. Penyebaran Kuisioner

Menyebar pertanyaan kepada ahli di bidang terkait yang terlibat dalam pengerjaan proyek tersebut tentang kemungkinan risiko kerusakan yang dapat terjadi dan tingkat keparahannya.

Pada penelitian ini, teknik identifikasi risiko yang digunakan adalah wawancara dan penyebaran kuisioner. Data wawancara dan kuisioner tersebut akan diolah dengan bantuan metode *Fishbone Diagram*.

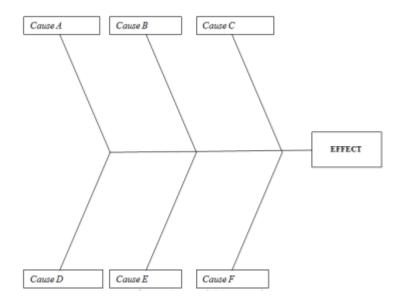
#### 2.2.3. Fishbone Diagram

Fishbone Diagram merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi peyebab kejadian. Menurut Anisa (2010), variable-variabel penyebab yang terdapat pada fishbone diagram antara lain adalah:

#### a. *Man* (Pekerja proyek)

- b. *Machine* (mesin yang digunakan selama proyek)
- c. *Method* (Metode atau prosedur yang digunakan dalam proyek)
- d. Material (Bahan baku proyek)

Pembuatan *fishbone diagram* dilakukan dengan mengolah data hasil wawancara dan kusisioner yang didapat sebelumnya. Dengan bantuan metode *fishbone diagram* maka akan diperoleh faktor penyebab risiko kerusakan pipa bawah laut sehingga risiko-risiko tersebut dapat dianalisis dan dapat disusun tindakan pencegahannya.



Gambar 2 2. Fishbone Diagram (Mario, 2017)

#### 2.2.4. Analisis Risiko

Menurut Santosa (2009), analisis risiko adalah sebuah rangkaian proses yang dilaksanakan untuk memahami signifikasi dari akibat yang ditimbulkan suatu risiko terhadap suatu objek penelitian. Secara umum terdapat dua metodologi analisis risiko yaitu:

- Kuantitatif, yaitu analisis berbasis angka angka nyata (angka finansial) terhadap besarnya kerugian yang terjadi.
- Kualitatif, yaitu peangkaan risiko dilakukan berdasarkan intuisi, tingkat keahlian dalam meangka jumlah risiko yang mungkin terjadi dan potensial kerusakannya.

Pada pengerjaan tugas akhir ini digunakan metode analisis semi kuantitatif, dikarenakan analisis numerik yang dihasilkan berasal dari faktor penyebab risiko yang dianalisis secara kuantitatif. Metode yang digunakan untuk analisis kualitatif yang pada penelitian ini adalah Fuzzy FMEA.

#### 2.2.5. Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis

FMEA merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi kemungkinan kegagalan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan dari sistem yang kompleks yang bertujuan untuk menyediakan informasi terkait pengambilan keputusan pada manajemen risiko (Pinnarat dkk, 2014).

Menurut Kusumadewi (2002), 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.

Selain itu perhitungan Severity (S), Occurrence (O) dan Detection (D) juga perlu dilakukan, pada kasus ini perhitungan tersebut dilakukan oleh ahli melalui Teknik kuisioner dan wawancara karena tidak ada data yang cukup tentang faktor risiko dan faktor ketidakpastian. Severity adalah akibat dari kegagalan yang terjadi. Akibat tersebut meliputi aspek keselamatan (safety), lingkungan (environment), dan ekonomi (economic). Peringkat dari severity dapat dilihat berdasarkan tabel berikut:

Tabel 2 1. Tingkat Severity untuk aspek Safety (DNV RP F107)

| Tingkat<br>Severity | Uraian            | Definisi  |
|---------------------|-------------------|---|
| 1                   | Insignificant     | Keparahan tidak membutuhkan perbaikan, Tidak terjadi kecelakaan |
| 2                   | Slight            | Kecelakaan terjadi, ringan, tidak ada korban                    |
| 3                   | Major Injury      | Kecelakaan terjadi, serius, tidak ada korban                    |
| 4                   | Single Fatality   | Kecelakaan serius, ada korban                                   |
| 5                   | Multiple Fatality | Kerusakan yang terjadi dalam skala parah, korban jiwa >1.       |

Tabel 2 2. Tingkat Severity pada aspek Environment (DNV RP F107)

| Tingkat Severity | Uraian          | Definisi   |
|------------------|-----------------|--|
| 1                | Dapat Diabaikan | Tidak ada, kecil atau tidak signifikan pengaruh terhedap lingkungan.                                       |
| 2                | Ringan          | Kerusakan ringan, polusi yang ditimbulkan dapat dibersihkan segera atau bisa di dekomposisi oleh air laut. |

| Tingkat    | Uraian         | Definisi  |
|------------|----------------|---|
| Severity 3 | Moderat        | Polusi yang ditimbulkan ukuran sedang, polusi yang ditimbulkan membutuhkan waktu untuk bisa dibersihkan secara alami, atau bisa dibersihkan secara segera secara manual |
| 4          | Tingkat Tinggi | Kerusakan yang terjaid cukup tinggi, polusi bisa<br>dibersihkan secara manual dan membutuhkan waktu<br>untuk bisa dibersihkan secara alami                              |
| 5          | Sangat Tinggi  | Kerusakan yang terjadi dalam skala parah, polusi sangat besar dan mengganggu ekosistem, butuh waktu yang sangat panjang untuk di dekomposisi oleh alam.                 |

Tabel 2 3. Tingkat Severity dari aspek Ekonomi (DNV RP F107)

| Tingkat  | Uraian          | Definisi   |
|----------|-----------------|--|
| Severity |                 |  |
| 1        | Dapat Diabaikan | Keparahan tidak membutuhkan perbaikan, tidak   |
|          | Buput Bruourkun | mempengaruhi operasi pipa.   |
| 2        | Ringan          | Kerusakan ringan, reparasi dapat ditunda menunggu  |
| 2        | Kingun          | waktu <i>shutdown</i> dan dapat dibersihkan segera<br>dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan |
|          |                 | dibawah 1 bulan.   |
| 3        | Moderat         | Kerusakan menyebabkan fasilitas yang terganggu   |
|          | Wioderat        | dengan biaya perbaikan signifikan. Perbaikan   |
|          |                 | memerlukan operasi bawah air yang tidak terjadwal  |
|          |                 | dengan sistem perbaikan yang membutuhkan waktu   |
|          |                 | 1 – 3 bulan.   |
| 4        | Tingkat Tinggi  | Kerusakan menyebabkan shutdown tanpa batas   |
|          | 8               | waktu terntentu dengan dampak signifikan pada  |
|          |                 | kerusakan sistem dan fasilitas. Dibutuhkan   |
|          |                 | perbaikan bawah air atau menghasilkan shutdown   |
|          |                 | untuk waktu yang lama dan berpengaruh pada   |
|          |                 | keseluruhan sistem produksi. Waktu yang  |
|          |                 | dibutuhkan 3-12 bulan.   |
| 5        | Sangat Tingai   | Kerusakan terjadi dalam skala parah, kerugian yang   |
| 5        | Sangat Tinggi   | sangat parah dan shutdown untuk waktu yang lama,   |
|          |                 | 1-3 tahun  |

Severity Index (SI) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1):

S. I. = 
$$\frac{\sum_{i=1}^{5} aini}{5(N)} * 100\%$$

Dimana:

 ${\it ai}$  :  ${\it rating}$  pada setiap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya

ni: jumlah hasil angka yang diberikan responden

N: jumlah responden yang telah mengisi kuisioner

Occurrence adalah probabilitas terjadinya kegagalan. Kriteria pada setiap tingkatan occurrence dapat dilihat pada table berikut

Tabel 2 4. Tingkat Occurrence (DNV-RP F107)

| Tingkat  Occurrence | Uraian                   | Definisi   |
|---------------------|--------------------------|--|
| 1                   | Jarang sekali<br>terjadi | Kejadian sangat jarang terjadi sehingga bisa<br>diabaikan.   |
| 2                   | Kadang-<br>kadang        | Kejadian jarang terjadi.   |
| 3                   | Dapat terjadi            | Kejadian tidak diekspektasikan untuk terjadi,<br>tetapi beberapa kasus pernah terjadi dalam kurun<br>waktu sekali dalam setahun. |
| 4                   | Sering terjadi           | Kejadian di ekspektasikan untuk terjadi dalam masa operasi <i>pipeline</i>   |
| 5                   | Hampir pasti<br>terjadi  | Terjadi lebih dari sekali dalam kondisi normal   |

Occurrence Index (OI) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2):

$$0. I. = \frac{\sum_{i=1}^{5} aini}{5(N)} * 100\%$$

Dimana:

 ${\it ai}$  :  ${\it rating}$  pada setiap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya

ni: jumlah hasil angka yang diberikan responden

N: jumlah responden yang telah mengisi kuisioner

Detection adalah probabilitas kegagalan dapat dideteksi sebelum terjadi. Kriteria pada setiap tingkatan detection dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2 5 Kriteria Detection.

| DETECTION                          |   |           |
|------------------------------------|---|-----------|
| Deteksi                            | Kriteria  | Peringkat |
| Tidak terdeteksi                   | Tidak ada pendeteksian terhadap<br>kegagalan yang mungkin terjadi                                       | 5         |
| Deteksi jarak jauh                 | Kegagalan terdeteksi tanpa alat bantu   | 4         |
| Deteksi rendah                     | Kegagalan terdeteksi dengan alat bantu (saat pelaksanaan)   | 3         |
| Deteksi sedang                     | Kegagalan atau penyebab terdeteksi di<br>lapangan secara otomatis                                       | 2         |
| Deteksi hampir<br>selalu dilakukan | Tindakan preventif terhadap penyebab<br>kegagalan sebagai alasan untuk<br>mengubah prosedur pelaksanaan | 1         |

Detection Index (DI) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3):

D. I. = 
$$\frac{\sum_{i=1}^{5} aini}{5(N)} * 100\%$$

Dimana:

 $oldsymbol{ai}$  : rating pada setiap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya

ni: jumlah hasil angka yang diberikan responden

N: jumlah responden yang telah mengisi kuisioner

Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai instrumen dalam memproses data penelitian. Adalah Fuzzy *Logic Toolbox*, yang merupakan program perangkat lunak MATLAB yang secara khusus digunakan untuk menghitung RPN pada Fuzzy FMEA.

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.

#### 2.2.6. Pengelolaan Risiko

Setelah *occurrence*, *severity*, dan *detection* berhasil didapatkan dari hasil kuisioner dan diolah menggunakan metode FMEA, tahapan selanjutnya adalah penyusunan matriks risiko guna mengetahui tingkat keamanan risiko masing-masing kejadian. Menurut McDermott, et al. (2009) matriks risiko dapat dibentuk menjadi seperti berikut

Severity Multiple Single Insignificant Slight Major Injury Fatality **Fatality** 1 2 3 5 Yellow 5 Red Red Red Red 4 Yellow Yellow Red Red Red 3 Green Yellow Yellow Red Red 2 Green Green Yellow Yellow Red 1 Green Green Yellow Yellow Green

Tabel 2 6. Matriks Risiko

#### 2.2.7. Penanganan Risiko

Penanganan risiko (*risk treatment*) merupakan proses yang dilakukan untuk mengurangi atau meminimalisasi tingkat risiko yang dihadapi sampai pada batas yang dapat (Santosa, 2009). Secara umum, teknik yang sering digunakan untuk menangani risiko dikelompokkan dalam beberapa kategori sebagai berikut:

- 1. Menghindari Risiko
- 2. Menerima Risiko

### 3. Reduksi Risiko (Penanganan)

#### 4. Transfer Risiko

Pada penelitian ini digunakan metode *HAZOP analysis*., teknik untuk menghindari dan mereduksi risiko serta menyajikan penanganan pada risiko kerusakan yang dapat terjadi. Berikut uraian mengenai *HAZOP Analysis* menurut Adriawan (2019).

### a. Hazard and Operability Analysis (HAZOP)

HAZOP adalah sebuah teknik atau metode yang fokus terhapad komponen pipeline dan bertujuan untuk mengembangkan serta meningkatkan design sebuah (dalam hal ini) pipeline dan mengurangi risiko inheren sebuah pipeline (dalam sudut pandang design).

HAZOP sendiri merupakan teknik procedural yang terstruktur dan langkah untuk mengidentifikasi bagaimananya sebuah proses menjauh dari tujuan design utamanya. Pada umumnya metode HAZOP lebih berfungsi untuk mengidentifikasi sebuah risiko secara general, tetapi jika sebuah solusi ditemukan pada saat penelitian maka proses selanjutnya adalah untuk mengaplikasi solusi tersebut terhadap risikonya pada saat penelitian. Metode ini bergantung dengan penggunaan guide word(s) yang berhubungan dengan design tujuan awal, lalu mengidentifikasi bagaimana prosesnya bisa menjauh dari tujuannya.

Dalam penelitian dengan menggunakan metode *HAZOP*, pada umumnya dilakukan dengan cara *brainstorming* secara kelompok terlebih dahulu lalu membuat sekumpulan *guide word(s)* untuk *review* hasilnya, *brainstorming* berfungsi dalam menentukan risiko berdasarkan beberapa sudut pandang yang dapat

mengakibatkan hasil penelitian atau analisis yang lebih teliti dan rinci.

Untuk melakukan metode *HAZOP* secara komprehensif maka beberapa kondisi harus ditemukan:

- a. Mendapatkan deskripsi atau informasi yang lengkap dari objek yang akan dianalisis termasuk kondisi *design* yang diharapkan.
- Melakukan pemeriksaan secara sistematis dari setiap risiko yang terjadi untuk mengetahui dimana deviasi objek terhadap tujuan awalnya.
- Menentukan jika deviasi yang telah didapat dapat menyebabkan bahaya atau masalah pada objek penelitian.

Untuk penjelasan masing-masing kolom yang lebih rinci, tertera sebagai berikut:

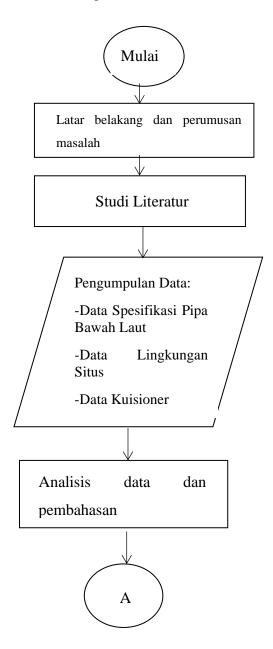
- a. Guide word: Kata kunci untuk membuat gambaran sebuah deviasi dari sebuah sistim.
- b. *Deviation*: Deskripsi dari sebuah sistim dimana kondisi proses mungkin menjauh dari perancangannya.
- c. Possible Causes: Deskripsi dari penyebab mengapa suatu deviasi terjadi yang dapat menyebabkan konsekuensi terbesar.
- d. *Possible Consequence*: Konsekuensi dari kegagalan yang terjadi atau hasil dari deviasi.
- e. *Safeguards*: Sebuah alat/fasilitas yang berfungsi untuk mencegah sebuah penyebab terhadap suatu konsekuensi.
- f. *Action*: Deskripsi sebuah langkah yang harus dilakukan ketika konsekuensi terjadi, hal ini dapat menghilangkan penyebab dan mepenanganan atau mengeliminasi konsekuensi tersebut.

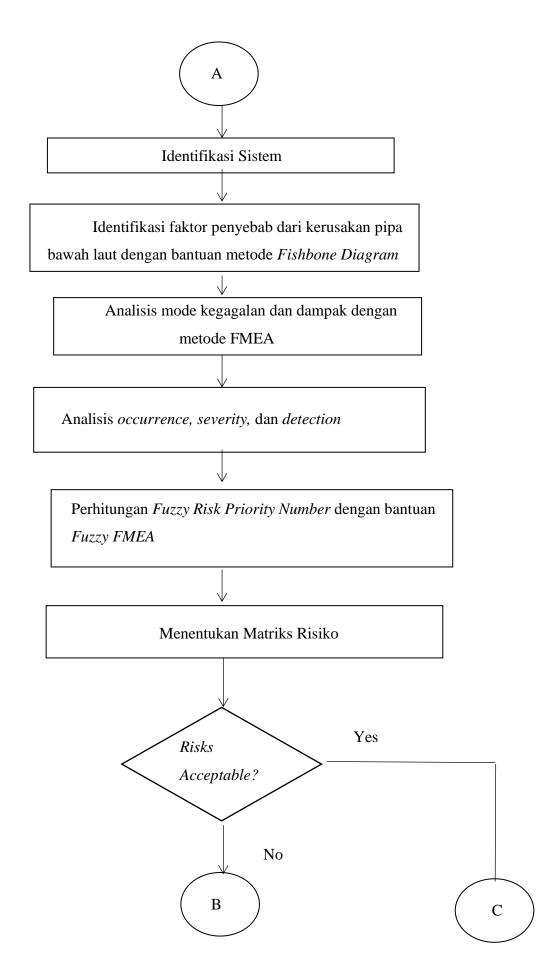
# **BAB III**

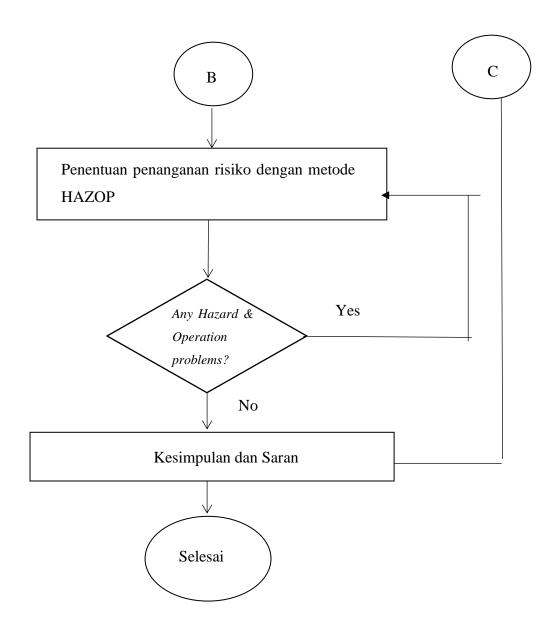
# **METODOLOGI PENELITIAN**

### 3.1. Diagram Alir

Diagram alir dibuat guna memberikan ilustrasi terkait tahapantahapan yang dilalui selama pengerjaan tugas akhir ini. Diagram alir tersebut dapat dilihat sebagai berikut:







Gambar 3 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Penjelasan yang lebih komperhensif terkait tahapan-tahapan yang tercantum dalam diagram alir diatas, terdapat pada prosedur penelitian sebagai berikut:

#### 3.2.Prosedur Penelitian

### a. Latar Belakang dan Perumusan Masalah

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah yang akan diangkat yang juga menjadi latar belakang diadakannya penelitian tugas akhir ini. Berangkat dari latar belakang yang sudah dijabarkan sebelumnya, maka permasalahan yang menjadi bahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Apa saja penyebab kerusakan yang dapat terjadi pada pipa bawah laut?
- 2. Apa saja dampak dari kerusakan dari pipa bawah laut?
- 3. Berapa angka risiko dari kerusakan pipa bawah laut?
- 4. Bagaimana bentuk *Safety Case Document* untuk penanganan risiko terjadinya kerusakan pada pipa bawah laut?

Rumusan masalah tersebut menjadi bahasan pokok dari penelitian ini yang mana membuat penelitian ini menjadi terukur. Tahapan selanjutnya adalah studi literatur guna memperdalam pengetahuan penulis terkait topik yang diteliti dengan mencari referensi yang menjadi acuan dalam penelitian tugas akhir ini.

#### b. Studi Literatur

Demi membantu pengerjaan tugas akhir ini maka diperlukan literaturliteratur yang berperan sebagai referensi guna memperdalam pengetahuan penulis terkait topik yang menjadi bahasan dalam tugas akhir ini. Adapun studi literatur yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain adalah:

- a. Studi mengenai manajemen risiko
- b. Studi mengenai identifikasi risiko menggunakan metode *fishbone* diagram
- c. Studi mengenai analisis angka risiko menggunakan bantuan metode *Fuzzy FMEA*
- d. Studi mengenai penentuan penanganan risiko dengan bantuan metode HAZOP

e. Studi mengenai pembentukan dokumen *Safety Case* sebagai bentuk penanganan risiko kerusakan pipa bawah laut

### c. Pengumpulan Data

Setelah melakukan studi literatur maka diperlukan pengumpulan data yang mana nantinya akan diolah sebagai dasar penelitian tugas akhir ini. Data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

- Data spesifikasi *pipeline*
- Data lingkungan yang mempengaruhi faktor risiko penyebab terjadinya kerusakan pipa bawah laut
- Data kuisioner yang melibatkan para ahli di bidang terkait untuk penentuan faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut serta probabilitas risiko faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut.

#### d. Analisis Data dan Pembahasan

Berdasarkan data yang telah diperoleh maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap data tersebut. Langkah-langkah yang diperlukan untuk analisis dalam tugas akhir ini antara lain:

- a. Identfikasi komponen-komponen yang terlibat dalam sistem manajemen risiko pipa bawah laut
- b. Analisis hasil kuisioner guna menentukan faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut dengan bantuan metode fishbone diagram
- c. Analisis mode dan dampak kegagalan dengan metode FMEA
- d. Analisis occurrence, severity, dan detection
- e. Perhitungan Fuzzy Risk Priority Number dengan bantuan metode Fuzzy FMEA
- f. Penentuan matriks risiko
- g. Penentuan penanganan risiko dengan bantuan metode HAZOP

h. Pembentukan dokumen *Safety Case* sebagai bentuk penanganan risiko kerusakan pipa bawah laut

# e. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan dari hasil penelitian ini. Dari kesimpulan tersebut maka dapat dibentuk saran guna mengembangkan hasil penelitian ini sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih tinggi bagi penanganan risiko kerusakan pipa bawah laut maupun bagi penelitian selanjutnya.

### **BAB IV**

## ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

## 4.1. Data Pipa Bawah Laut

Pengerjaan Tugas Akhir ini mengacu pada data pipa bawah laut yang berlokasi di *Northeast Java Sea* dengan jarak 80-200 km di Utara Kabupaten Karawang dengan spesifikasi seperti yang tertera pada table 1.1. Setelah memperoleh data dari pipa bawah laut, maka dilanjutkan dengan mengidentifikasi risiko kerusakan yang dapat terjadi pada pipa bawah laut tersebut.

## 4.2. Identifikasi Kegagalan

Identifikasi kegagalan dilakukan guna mengetahui kejadian-kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada pipa bawah laut. Identifikasi ini dilakukan dengan mengacu kepada laporan inspeksi PT. X. Faktor-faktor penyebab kegagalan tersebut dikelompokkan berdasarkan manusia, mesin, material, dan prosedur. Hasil identifikasi penyebab kerusakan pipa bawah laut dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4 1. Faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut

| No | Faktor<br>Penyebab<br>Kerusakan | Mode<br>Kegagalan                  | Penyebab   | Dampak                            |
|----|---------------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------------|
|    |                                 | Kualitas                           | Kualitas material<br>menurun saat<br>proses transport            | Kekuatan<br>material<br>menurun   |
|    |                                 | material tidak sesuai              | Kesalahan<br>pemesanan<br>material                               | Pekerjaan<br>terhambat            |
|    |                                 | Sesual                             | Kurangnya kontrol<br>terhadap material<br>di gudang              | Kualitas<br>material<br>memburuk  |
| 1  | Material                        | Supply<br>material<br>bermasalah   | Pasokan material memakan waktu lebih lama dari yang diperkirakan | Pekerjaan<br>tertunda             |
|    |                                 | Perubahan<br>kondisi<br>material   | Hasil fabrikasi<br>tidak cocok dengan<br>hasil instalasi         | Pekerjaan<br>terhambat            |
|    |                                 | Kondisi<br>material<br>kurang baik | Banyak terjadi<br>joint repair                                   | Adanya<br>penambahan<br>pekerjaan |

| No | Faktor<br>Penyebab<br>Kerusakan | Mode Kegagalan   | Penyebab  | Dampak   |
|----|---------------------------------|--|---|--|
|    |                                 | Pekerjaan tidak  | Pergantian<br>pekerjaan tidak<br>sesuai prosedur      | Kelelahan<br>personel<br>meningkat                             |
|    |                                 | sesuai prosedur  | Kecelakaan pada<br>pekerja                            | Pekerjaan<br>terhambat   |
|    |                                 | Pekerjaan tidak<br>efektif   | Adanya<br>penambahan<br>pekerjaan tiap<br>harinya     | Pekerjaan<br>tertunda  |
| 2  | Prosedur                        |  | Tidak<br>memperhitungkan<br>sistem<br>pemasangan      | Pekerjaan<br>terhambat   |
|    |                                 | Perencanaan<br>pekerjaan tidak<br>berjalan lancar                      | Kurangnya<br>koordinasi selama<br>instalasi           | Adanya<br>miskomunikasi<br>sehingga<br>menghambat<br>pekerjaan |
|    |                                 |  | Lambat dalam<br>pemberian<br>instruksi                | Memperlambat<br>pekerjaan                                      |
|    |                                 | Kesalahan konsep<br>dengan tidak<br>mempertimbangkan<br>risiko seismik | Kurangnya<br>observasi<br>terhadap kondisi<br>seismik | Berisiko terjadi<br>gempa bumi                                 |

Tabel 4 1. Faktor Penyebab Kerusakan Pipa Bawah Laut (Lanjutan)

Tabel 4 1. Faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut (lanjutan)

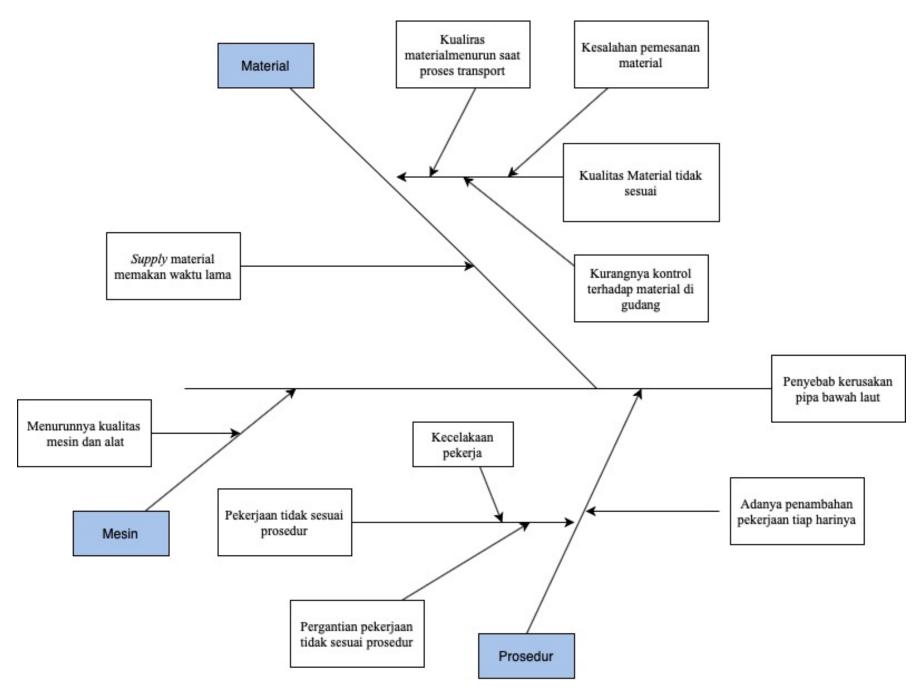
| No | Faktor<br>Penyebab<br>Kerusakan | Mode<br>Kegagalan                           | Penyebab  | Dampak  |
|----|---------------------------------|---|---|---|
| 3  | Mesin                           | Menurunnya<br>kualitas<br>mesin dan<br>alat | Kurangnya<br>perawatan                            | Berisiko<br>terjadinya<br>kerusakan<br>mesin                  |
|    |                                 | Objek<br>runtuh                             | Kekuatan/keamanan equipment buruk                 | Dapat<br>menimbulkan<br>korban jiwa                           |
|    |                                 | Anchor line terbelit                        | Kurangnya<br>komunikasi dan<br>pengalaman pekerja | Menghambat<br>pekerjaan<br>karena perlu<br>adanya<br>recovery |

Tabel 4 1. Faktor penyebab kerusakan pipa bawah laut (lanjutan)

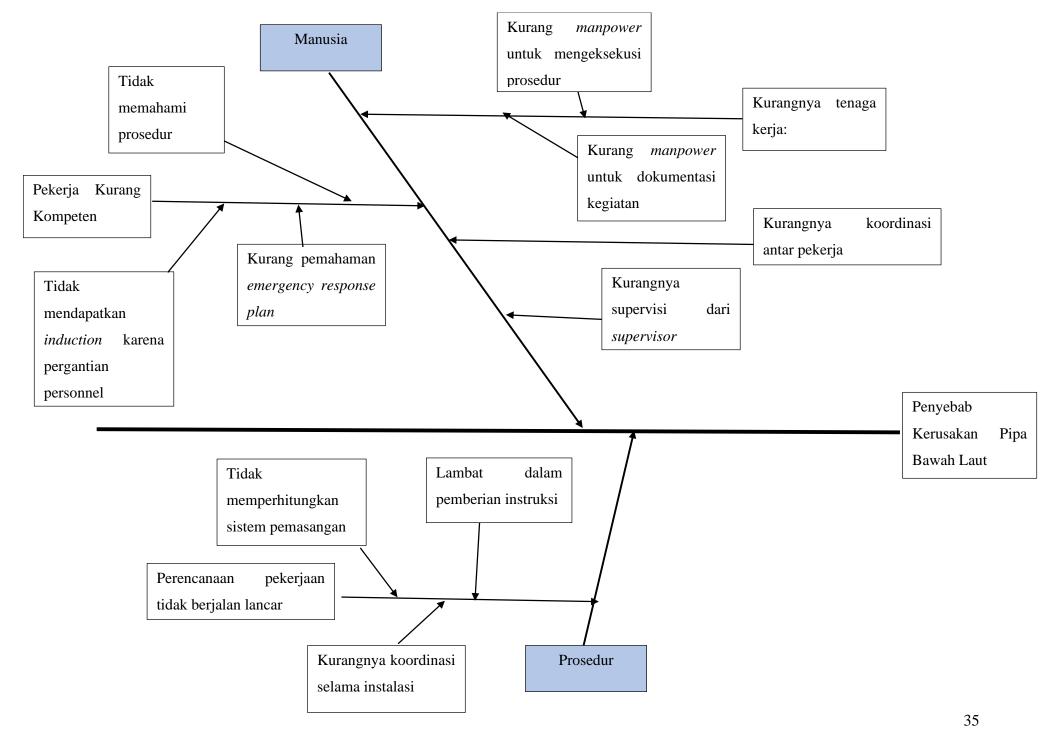
|    | Faktor    |                 |                              |   |
|----|-----------|-----------------|------------------------------|---|
|    | Penyebab  |                 |                              |   |
| No | Kegagalan | Mode Kegagalan  | Penyebab                     | Dampak  |
|    |           |                 | Kurang manpower untuk        | Prosedur pekerjaan tidak                      |
|    |           |                 | mengeksekusi prosedur        | dapat dijalankan                              |
|    |           | Kurangnya       |                              |   |
|    |           | tenaga kerja    | Kurang <i>manpower</i> untuk |   |
|    |           |                 | dokumentasi kegiatan         | Ada pekerjaan yang tidak terdokumentasikan    |
|    |           |                 | Tidak memahami prosedur      | Pekerjaan tidak dijalankan<br>sesuai prosedur |
|    |           | Dalvania Immana | •                            | Ketidakmampuan                                |
|    |           | Pekerja kurang  | Kurang pemahaman emergency   | mengambil tindakan saat                       |
| 4  | Manusia   | kompeten        | response plan                | keadaan emergency                             |
|    |           |                 | Tidak mendapatkan induction  | Kurangnya pemahaman                           |
|    |           |                 | karena pergantian personil   | terhadap prosedur pekerjaan                   |
|    |           | Kesalahan       |                              |   |
|    |           | manufaktur      | kurangnya kemampuan di       | Berisiko terjadi kerusakan                    |
|    |           | atau desain     | bidang terkait               | pada alat terkait                             |
|    |           | Kesalahan       |                              |   |
|    |           | penempatan      | Ketidakmampuan/ketidaktahuan |   |
|    |           | equipment       | pekerja                      | Menghambat kinerja sistem                     |
|    |           | Kurangnya       |                              |   |
|    |           | supervisi dari  | Supervisor kurang            | Berisiko terjadi kesalahan                    |
|    |           | supervisor      | memperhatikan anggota timnya | dalam pengerjaan                              |

# 4.3. Fishbone Diagram

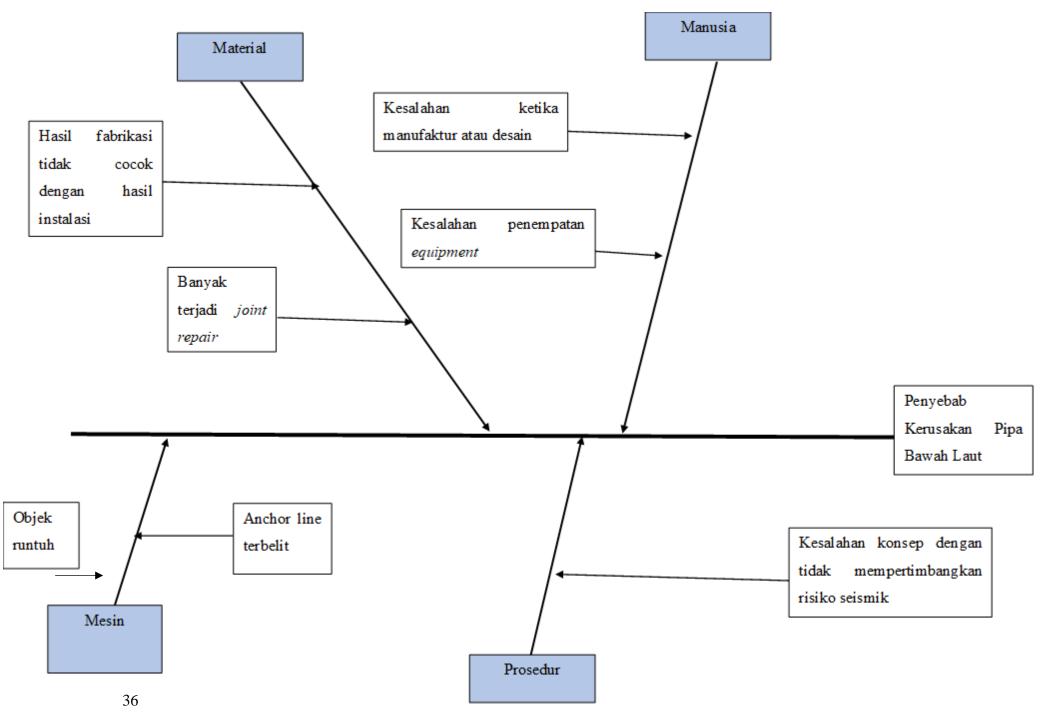
Penyebab-penyebab kerusakan yang telah diidentifikasi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk diagram fishbone guna memberikan gambaran lebih jelas terkait penyebab kerusakan pipa bawah laut. Penjabaran dalam bentuk *fishbone diagram* dikelompokkan dalam 2 proses, yaitu *maintenance* dan *inspection* seperti pada gambar 4.1. di bawah ini.



Gambar 4 1. Fishbone Diagram Penyebab Kerusakan Pipa Bawah Laut yang dapat terjadi pada proses Maintenance



Gambar 4 2. Fishbone Diagram Penyebab Kerusakan Pipa Bawah Laut yang dapat terjadi pada proses Maintenance (lanjutan)



Gambar 4 3. Fishbone Diagram Penyebab Kerusakan Pipa Bawah Laut yang dapat terjadi pada proses Inspection (lanjutan)

# 4.4. Perhitungan Risiko

Setelah mengidentifikasi penyebab dan dampak kerusakan pada pipa bawah laut dengan bantuan *Fishbone Diagram*, maka dilanjutkan dengan penyebaran kuisioner ke para ahli di bidang terkait guna mengetahui risiko pada setiap penyebab kerusakan pipa bawah laut. Hasil kuisioner tersebut dapat dilihat pada table 4.2. berikut

Tabel 4 2.Hasil Kuisioner

| NT. |          | D'.'I. Vl.   |   | Оссі | ırreı | nce |   | S | eve | rity ( | Safe | ty) |   | De | tecti | on |   |
|-----|----------|--|---|------|-------|-----|---|---|-----|--------|------|-----|---|----|-------|----|---|
| No  |          | Risiko Kegagalan   | 1 | 2    | 3     | 4   | 5 | 1 | 2   | 3      | 4    | 5   | 1 | 2  | 3     | 4  | 5 |
|     |          | Kualitas material menurun saat proses transport                  | 1 | 1    | 2     | 1   |   | 1 | 4   |        |      |     |   | 4  | 1     |    |   |
|     |          | Kurangnya kontrol terhadap<br>material di gudang                 |   | 4    | 1     |     |   | 1 | 3   |        | 1    |     | 2 | 2  | 1     |    |   |
| 1   | Material | Pasokan material memakan waktu lebih lama dari yang diperkirakan |   | 1    | 2     | 2   |   | 2 | 1   | 1      | 1    |     | 1 | 2  | 1     | 1  |   |
|     |          | Hasil fabrikasi tidak cocok dengan<br>hasil instalasi            |   | 3    | 1     | 1   |   |   | 1   | 2      | 2    |     | 2 |    | 2     | 1  |   |
|     |          | Banyak terjadi joint repair                                      |   | 2    | 1     | 1   | 1 |   | 1   | 3      | 1    |     | 2 |    | 3     |    |   |
|     |          | Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur                       |   | 3    | 1     | 1   |   |   |     | 3      | 1    | 1   | 1 | 3  | 1     |    |   |
|     |          | Kecelakaan pada pekerja  | 2 |      | 3     |     |   |   |     |        | 3    | 2   | 1 | 3  | 1     |    |   |
|     |          | Adanya penambahan pekerjaan tiap harinya                         |   | 4    |       | 1   |   |   | 1   | 3      | 1    |     | 2 | 3  |       |    |   |
| 2   | Prosedur | Tidak memperhitungkan sistem pemasangan                          | 1 | 3    | 1     |     |   |   | 1   | 1      |      | 3   | 1 | 4  |       |    |   |
|     |          | Kurangnya koordinasi selama instalasi                            | 1 | 2    | 2     |     |   |   | 1   | 1      | 1    | 2   | 3 | 1  | 1     |    |   |
|     |          | Lambat dalam pemberian instruksi                                 | 2 | 1    | 2     |     |   |   |     | 2      | 1    | 2   | 2 | 1  | 1     | 1  |   |
|     |          | Kurangnya observasi terhadap<br>kondisi seismik                  | 2 | 2    | 1     |     |   |   | 1   | 2      |      | 2   | 3 | 1  |       | 1  |   |

Tabel 4 2. Hasil Kuisioner (lanjutan)

| NT. |         | D'.'I. I/  |   | Occ | urre | nce |   | S | ever | ity (S | Safet | y) |   | De | tect | ion |   |
|-----|---------|--|---|-----|------|-----|---|---|------|--------|-------|----|---|----|------|-----|---|
| No  |         | Risiko Kegagalan   | 1 | 2   | 3    | 4   | 5 | 1 | 2    | 3      | 4     | 5  | 1 | 2  | 3    | 4   | 5 |
|     | Mesin   | Kurangnya perawatan mesin dan alat                                     |   | 1   | 1    | 3   |   |   |      | 3      | 1     | 1  | 1 |    | 3    | 1   |   |
| 3   |         | Kekuatan/keamanan <i>equipment</i> buruk                               |   | 1   | 2    | 2   |   |   | 1    | 1      | 1     | 2  | 3 |    | 1    | 1   |   |
|     |         | Kurangnya komunikasi dan pengalaman pekerja                            |   | 3   | 2    |     |   |   | 1    | 2      | 1     | 1  | 1 | 4  |      |     |   |
|     |         | Kurangnya <i>manpower</i> untuk mengeksekusi prosedur                  |   | 2   | 2    | 1   |   |   |      | 2      | 2     | 1  | 1 | 3  | 1    |     |   |
|     |         | Kurangnya <i>manpower</i> untuk dokumentasi kegiatan                   | 2 | 1   | 1    | 1   |   |   | 4    |        |       | 1  | 2 | 3  |      |     |   |
|     |         | Pekerja tidak memahami<br>prosedur                                     | 1 | 2   | 2    |     |   |   | 1    | 1      | 1     | 2  | 1 | 3  | 1    |     |   |
|     |         | Kurang pemahaman terhadap emergency response plan                      | 1 | 1   | 3    | 1   |   |   | 1    | 3      | 1     | 1  | 1 | 2  | 2    |     |   |
| 4   | Manusia | Tidak mendapatkan <i>induction</i> karena pergantian personel          | 2 | 1   | 1    | 1   |   | 1 |      | 1      | 2     | 1  | 2 | 3  |      |     |   |
|     |         | Kurangnya kemampuan pekerja<br>di bidang manufaktur dan/atau<br>desain | 1 | 3   | 1    |     |   | 1 | 1    | 1      |       | 2  | 2 | 3  |      |     |   |
|     |         | Ketidakmampuan/ketidaktahuan pekerja pada penempatan equipment         | 1 | 2   | 1    |     | 1 | 1 | 1    | 1      | 1     | 1  | 1 | 3  | 1    |     |   |
|     |         | Supervisor kurang<br>memperhatikan anggota timnya                      |   | 1   | 1    | 1   | 2 |   |      | 3      | 1     | 1  | 1 | 2  |      | 2   |   |

Tabel 4 2. Hasil Kuisioner (lanjutan)

| NT. | Risiko Kegagalan |  |   |   | Severit | y (E | Envii | onm | ent) | ) | ٦ |
|-----|------------------|--|---|---|---------|------|-------|-----|------|---|---|
| No  |                  | Risiko Kegagaian   |   | 1 | 2       |      | 3     |     | 4    | 5 |   |
|     |                  | Kualitas material menurun saat proses transport                  |   | 2 | 1       | 2    |       |     |      |   |   |
|     |                  | Kurangnya control terhadap material di gudang                    |   | 1 | 2       | 1    |       |     | 1    |   |   |
| 1   | Material         | Pasokan material memakan waktu lebih lama dari yang diperkirakan |   | 3 |         | 2    |       |     |      |   |   |
|     |                  | Hasil fabrikasi tidak cocok dengan hasil instalasi               | 1 |   | 1       |      | 1     | 2   |      |   |   |
|     |                  | Banyak terjadi <i>joint repair</i>                               |   | 1 | 2       | 1    |       | 1   |      |   |   |
|     |                  | Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur                       | 2 |   |         | 1    |       | 1   |      | 1 |   |
|     |                  | Kecelakaan pada pekerja  |   | 1 |         | 3    |       |     |      | 1 |   |
| 2   | Prosedur         | Adanya penambahan pekerjaan tiap harinya                         |   | 2 | 1       | 1    |       |     | 1    |   |   |
| 2   | Prosedur         | Tidak memperhitungkan sistem pemasangan                          | 1 |   | 1       |      |       |     | 2    | 1 |   |
|     |                  | Kurangnya koordinasi selama instalasi                            | 1 |   | 1       |      | 1     | 1   |      | 1 |   |
|     |                  | Lambat dalam pemberian instruksi                                 |   | 1 | 2       | 1    |       | 1   |      |   |   |
|     |                  | Kurangnya observasi terhadap kondisi<br>seismik                  |   |   | 2       | 1    |       |     |      | 1 |   |

Tabel 4.2. Hasil kuisioner (lanjutan)

| N  | To Risiko Kegagalan |   |   | Severit | y (Envii | onment | ) |
|----|---------------------|---|---|---------|----------|--------|---|
| No |                     |   | 1 | 2       | 3        | 4      | 5 |
|    |                     | Kurangnya perawatan mesin dan alat  |   |         | 2        | 2      | 1 |
| 3  | Mesin               | Kekuatan/keamanan equipment buruk   |   |         | 1        | 3      | 1 |
|    |                     | Kurangnya komunikasi dan pengalaman pekerja                               | 1 | 2       | 2        |        |   |
|    |                     | Kurangnya <i>manpower</i> untuk mengeksekusi prosedur                     |   | 3       |          | 1      | 1 |
|    |                     | Kurangnya <i>manpower</i> untuk dokumentasi kegiatan                      | 3 | 1       |          |        | 1 |
|    |                     | Pekerja tidak memahami prosedur   | 1 | 1       | 1        | 1      | 1 |
| 4  | Manusia             | Kurang pemahaman terhadap <i>emergency</i> response plan                  | 2 | 1       | 1        |        | 1 |
|    |                     | Tidak mendapatkan <i>induction</i> karena pergantian personel             | 1 | 2       | 1        |        | 1 |
|    |                     | Kurangnya kemampuan di bidang manufaktur dan/atau desain                  | 1 | 1       | 2        |        | 1 |
|    |                     | Ketidakmampuan/ketidaktahuan pekerja terhadap penempatan <i>equipment</i> |   | 4       |          | 1      |   |
|    |                     | Supervisor kurang memperhatikan anggota timnya                            | 1 | 1       | 1        | 2      |   |

Tabel 4.2. Hasil Kuisioner (lanjutan)

| NT. | Risiko Kegagalan |  |   | Seve | rity (E | conomy) |   |
|-----|------------------|--|---|------|---------|---------|---|
| No  |                  | Kisiko Kegagaian   | 1 | 2    | 3       | 4       | 5 |
|     |                  | Kualitas material menurun saat proses transport                  |   | 5    |         |         |   |
|     |                  | Kurangnya control terhadap material di gudang                    |   | 2    | 2       | 1       |   |
| 1   | Material         | Pasokan material memakan waktu lebih lama dari yang diperkirakan | 1 | 1    | 2       | 1       |   |
|     |                  | Hasil fabrikasi tidak cocok dengan hasil instalasi               |   | 1    | 2       | 2       |   |
|     |                  | Banyak terjadi joint repair                                      | 3 |      | 2       |         |   |
|     |                  | Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur                       |   | 2    | 1       | 1       | 1 |
|     |                  | Kecelakaan pada pekerja  |   | 3    |         |         | 2 |
|     | Prosedur         | Adanya penambahan pekerjaan tiap harinya                         |   | 1    | 2       | 1       |   |
| 2   | Prosedur         | Tidak memperhitungkan sistem pemasangan                          | 1 | 1    |         | 2       | 1 |
|     |                  | Kurangnya koordinasi selama instalasi                            | 1 | 1    | 1       | 1       | 1 |
|     |                  | Lambat dalam pemberian instruksi                                 | 1 | 2    |         | 1       | 1 |
|     |                  | Kurangnya observasi terhadap kondisi<br>seismik                  |   | 2    | 1       |         | 2 |

Tabel 4.2. Hasil Kuisioner (lanjutan)

| N. |         | Disiba Vassaslan  |   | Sevei | rity (Eco | nomy) |   |
|----|---------|---|---|-------|-----------|-------|---|
| No |         | Risiko Kegagalan  | 1 | 2     | 3         | 4     | 5 |
|    |         | Kurangnya perawatan mesin dan alat                            |   |       | 2         | 2     | 1 |
| 3  | Mesin   | Kekuatan/keamanan equipment buruk                             |   |       | 1         | 3     | 1 |
|    |         | Kurangnya komunikasi dan pengalaman pekerja                   | 1 | 2     | 1         |       | 1 |
|    |         | Kurangnya <i>manpower</i> untuk mengeksekusi prosedur         |   | 3     |           | 1     | 1 |
|    |         | Kurangnya <i>manpower</i> untuk dokumentasi kegiatan          | 3 | 1     |           |       | 1 |
|    |         | Pekerja tidak memahami prosedur                               |   | 3     |           | 1     | 1 |
| 4  | Manusia | Kurang pemahaman terhadap emergency response plan             | 2 | 1     | 1         |       | 1 |
|    |         | Tidak mendapatkan <i>induction</i> karena pergantian personel | 1 | 2     | 1         |       | 1 |
|    |         | Kurangnya kemampuan di bidang terkait                         | 1 | 1     | 2         |       | 1 |
|    |         | Ketidakmampuan/ketidaktahuan pekerja                          | 1 | 1     | 2         |       | 1 |
|    |         | Supervisor kurang memperhatikan anggota timnya                | 1 | 1     |           |       | 3 |

Kriteria pada setiap penilaian risiko tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1, tabel 2.2, tabel 2.3, tabel 2.4, dan tabel 2.5.

Setelah mendapatkan hasil kuisioner tersebut, maka dilakukan perhitungan index dengan persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3. Perhitungan indeks tersebut mempertimbangkan bobot dari setiap penilaian responden. Adapun parameter dari pembobotan kuisioner dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut

Tabel 4 3. Parameter pembobotan kuisioner (Ramzali, et. al. 2015)

| Constitution          | Classification          | Score |
|-----------------------|-------------------------|-------|
| Professional position | Senior academic         | 5     |
|                       | Junior Academic         | 4     |
|                       | Engineer                | 3     |
|                       | Technician              | 2     |
|                       | Worker                  | 1     |
| Service Time          | ≥30 years               | 5     |
|                       | 20-29                   | 4     |
|                       | 10-19                   | 3     |
|                       | 6-9                     | 2     |
|                       | <i>≤</i> 5              | 1     |
| Education level       | PhD                     | 5     |
|                       | Master                  | 4     |
|                       | Bachelor                | 3     |
|                       | Higher National Diploma | 2     |
|                       | (HND)                   |       |
|                       | School level            | 1     |
| Age                   | ≤50                     | 4     |
|                       | 40-49                   | 3     |
|                       | 30-39                   | 2     |
|                       | >30                     | 1     |

Pada kasus ini, data responden yang terlibat dalam penulisan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4 4. Data Responden

| Responden |     | Kategori     |           |    |  |  |  |  |  |
|-----------|-----|--------------|-----------|----|--|--|--|--|--|
|           | Age | Service Time | Education |    |  |  |  |  |  |
| 1         | 34  | 10           | Engineer  | S1 |  |  |  |  |  |
| 2         | 29  | 7            | Engineer  | S1 |  |  |  |  |  |
| 3         | 29  | 6            | Engineer  | S1 |  |  |  |  |  |
| 4         | 27  | 5            | Engineer  | S1 |  |  |  |  |  |
| 5         | 29  | 6            | Engineer  | S1 |  |  |  |  |  |

Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan bobot responden. Contoh perhitungan pembobotan responden, dalam kasus ini, responden I, adalah sebagai berikut. Bobot Responden 1 = Professional Position + Service Time + Education Level+ Age

$$= 3 + 3 + 3 + 2$$

= 11

Perhitungan tersebut dilanjutkan kepada setiap responden. Sehingga dari perhitungan tersebut didapat hasil seperti pada Tabel 4.5. berikut.

| Responden |     | Kategori                                  |   |   |    |  |  |  |  |
|-----------|-----|---|---|---|----|--|--|--|--|
|           | Age | Age   Service Time   Position   Education |   |   |    |  |  |  |  |
| 1         | 2   | 3   | 3 | 3 | 11 |  |  |  |  |
| 2         | 1   | 2   | 3 | 3 | 9  |  |  |  |  |
| 3         | 1   | 2   | 3 | 3 | 9  |  |  |  |  |
| 4         | 1   | 2   | 3 | 3 | 9  |  |  |  |  |
| 5         | 1   | 2   | 3 | 3 | 9  |  |  |  |  |

Tabel 4 5. Bobot Responden

Setelah didapatkan bobot dari masing-masing responden maka dilakukan perhitungan Faktor Bobot dari masing-masing responden. Contoh perhitungan Faktor Bobot adalah sebagai berikut.

Faktor Bobot Responden 1 = 
$$\frac{Bobot \ Responden}{\sum \ Bobot \ Responden}$$
  
=  $\frac{11}{47}$   
= 0,23

Setelah dilakukan pembobotan dengan berdasar kepada Tabel 4.3 tersebut, maka didapat hasil seperti Tabel 4.6. berikut.

Tabel 4 6. Faktor Bobot

| Responden | Faktor Bobot |  |  |
|-----------|--------------|--|--|
| 1         | 0.23         |  |  |
| 2         | 0.19         |  |  |
| 3         | 0.19         |  |  |
| 4         | 0.19         |  |  |
| 5         | 0.19         |  |  |

Tahap selanjutnya adalah perhitungan *Severity Index, Occurrence Index*, dan *Detection Index* pada setiap penyebab kegagalan. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1, persamaan 2.2, dan persamaan 2.3. Namun pada kasus ini pembobotan dipertimbangkan pada perhitungan. Contoh perhitungan *Occurrence Index* pada penyebab kegagalan "Kualitas material menurun saat proses transport" adalah sebagai berikut

OI 
$$= \frac{(1\times1\times0.19) + (1\times2\times0.23) + (2\times3\times0.19) + (1\times4\times0.19)}{((1\times0.23) + (4\times0.19)) \times 5} \times 100\%$$
$$= 50\%$$

Perhitungan tersebut kemudian dilanjutkan untuk setiap penyebab kegagalan, sehingga didapat hasil seperti pada table 4.7 berikut:

Tabel 4 7. Frekuensi Indeks

| No. | Penyebab kegagalan |  |     | severity (environment) | severity (economy) | detection | occurrence |
|-----|--------------------|--|-----|------------------------|--------------------|-----------|------------|
| 1   | Material           | Kualitas material menurun saat proses transport                  | 36% | 40%                    | 40%                | 44%       | 50%        |
|     |                    | Kurangnya kontrol terhadap material di gudang                    | 32% | 48%                    | 56%                | 36%       | 44%        |
|     |                    | Pasokan material memakan waktu lebih lama dari yang diperkirakan | 44% | 36%                    | 52%                | 48%       | 64%        |
|     |                    | Hasil fabrikasi tidak cocok dengan hasil instalasi               | 36% | 56%                    | 64%                | 48%       | 52%        |
|     |                    | Banyak terjadi joint repair                                      | 60% | 48%                    | 36%                | 44%       | 64%        |
| 2   | Prosedur           | Pergantian pekerjaan tidak sesuai prosedur                       | 72% | 56%                    | 64%                | 40%       | 52%        |
|     |                    | Kecelakaan pada pekerja  | 88% | 36%                    | 64%                | 40%       | 44%        |
|     |                    | Adanya penambahan pekerjaan tiap harinya                         | 60% | 44%                    | 48%                | 32%       | 48%        |
|     |                    | Tidak memperhitungkan sistem pemasangan                          | 80% | 64%                    | 64%                | 36%       | 40%        |
|     |                    | Kurangnya koordinasi selama instalasi                            | 76% | 56%                    | 60%                | 32%       | 44%        |
|     |                    | Lambat dalam pemberian instruksi                                 | 80% | 40%                    | 56%                | 44%       | 40%        |
|     |                    | Kurangnya observasi terhadap kondisi<br>seismik                  | 72% | 40%                    | 60%                | 36%       | 36%        |

Tabel 4.7. Frekuensi Indeks (lanjutan)

| No. | Penyebab | kegagalan   | Severity<br>(safety) | severity<br>(environment) | severity<br>(economy) | detection | occurrence |
|-----|----------|---|----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|------------|
| 3   | Mesin    | Kurangnya perawatan mesin dan alat                                    | 72%                  | 76%                       | 76%                   | 56%       | 68%        |
|     |          | Kekuatan/keamanan equipment buruk                                     | 76%                  | 80%                       | 80%                   | 40%       | 64%        |
|     |          | Kurangnya komunikasi dan pengalaman pekerja                           | 68%                  | 36%                       | 52%                   | 36%       | 48%        |
| 4   | Manusia  | Kurangnya <i>manpower</i> untuk mengeksekusi prosedur                 | 76%                  | 60%                       | 60%                   | 40%       | 56%        |
|     |          | Kurangnya <i>manpower</i> untuk dokumentasi kegiatan                  | 52%                  | 40%                       | 40%                   | 32%       | 44%        |
|     |          | Pekerja tidak memahami prosedur                                       | 76%                  | 52%                       | 60%                   | 40%       | 44%        |
|     |          | Kurang pemahaman terhadap emergency response plan                     | 76%                  | 48%                       | 48%                   | 44%       | 64%        |
|     |          | Tidak mendapatkan <i>induction</i> karena pergantian personel         | 68%                  | 52%                       | 52%                   | 32%       | 44%        |
|     |          | Kurangnya kemampuan pekerja di<br>bidang manufaktur dan/atau desain   | 64%                  | 56%                       | 56%                   | 32%       | 40%        |
|     |          | Ketidakmampuan/ketidaktahuan pekerja pada penempatan <i>equipment</i> | 60%                  | 48%                       | 56%                   | 40%       | 52%        |
|     |          | Supervisor kurang memperhatikan anggota timnya                        | 72%                  | 56%                       | 72%                   | 52%       | 76%        |

Dari Frekuensi Indeks tersebut kemudian dilakukan perhitungan Rating Frekuensi Indeks dengan mengacu pada tabel 4.8. berikut (Al-Hammad, 2003).

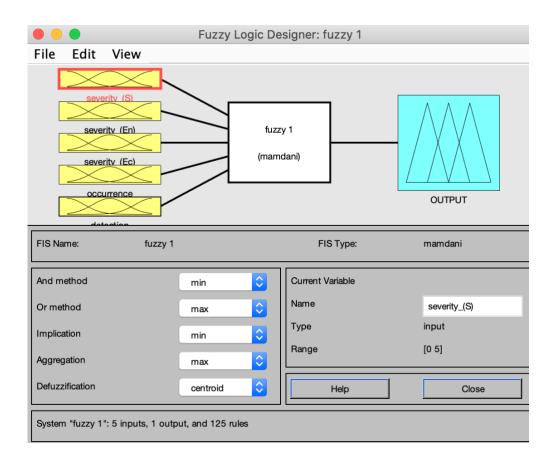
Tabel 4 8. Kelas Frekuensi Index

| Rating | Kelas                 | Index               |  |  |
|--------|-----------------------|---------------------|--|--|
| 1      | Extremely Ineffective | $0\% < I \le 20\%$  |  |  |
| 2      | Ineffective           | $20\% < I \le 40\%$ |  |  |
| 3      | Moderately Effective  | $40\% < I \le 60\%$ |  |  |
| 4      | Very Effective        | $60\% < I \le 80\%$ |  |  |
| 5      | Extremely Effective   | 80% < I ≤ 100%      |  |  |

Setelah didapat Rating Frekuensi Indeks, kemudian dilanjutkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan menggunakan bantuan metode Fuzzy FMEA.

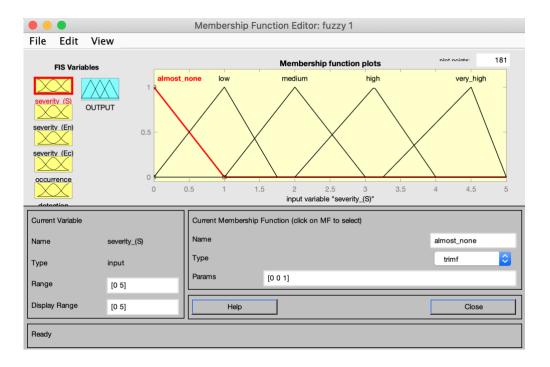
## 4.5. Analisis Risiko dengan Fuzzy FMEA

Langkah selanjutnya adalah perhitungan RPN menggunakan metode Fuzzy FMEA. Perhitungan RPN menggunakan Fuzzy FMEA ini menghasilkan hasil RPN yang lebih akurat dibanding menggunakan metode FMEA sebelumnya. Tahapan pertama pada analisis Fuzzy FMEA adalah memasukkan variabel *input*, pada kasus ini adalah *severity* (*safety*), *severity* (*environment*), *severity* (*economy*), *occurrence*, dan *detection* seperti pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4 4. Variabel Input Fuzzy

Kemudian dilakukan penentuan parameter pada setiap variabel tersebut, seperti pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4 5. Parameter Input Fuzzy

Penentuan parameter tersebut mengacu pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4 9. Angka parameter input Fuzzy

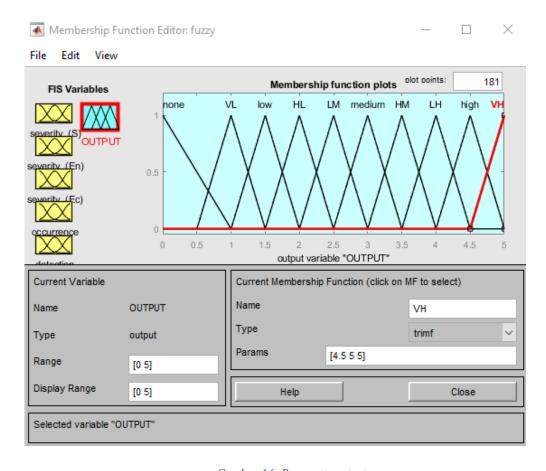
| INPUT                  | Almos<br>t None | Low        | Medium  | High        | Very High    |
|------------------------|-----------------|------------|---------|-------------|--------------|
| Occurrence             | [0,0,1]         | [0,1,1.75] | [1,2,3] | [2,3.125,4] | [3.25,4.5,5] |
| Severity (safety)      | [0,0,1]         | [0,1,1.75] | [1,2,3] | [2,3.125,4] | [3.25,4.5,5] |
| Severity (Environment) | [0,0,1]         | [0,1,1.75] | [1,2,3] | [2,3.125,4] | [3.25,4.5,5] |
| Severity (Economy)     | [0,0,1]         | [0,1,1.75] | [1,2,3] | [2,3.125,4] | [3.25,4.5,5] |
| Detection              | [0,0,1]         | [0,1,1.75] | [1,2,3] | [2,3.125,4] | [3.25,4.5,5] |

Selain itu juga perlu dilakukan penentuan harga parameter output yang juga mengacu pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4 10. Angka parameter output Fuzzy

|        | None        | VL          | L          | HL          | LM        |
|--------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|
|        | [0,0,1]     | [0.5,1,1.5] | [1,1.5,2]  | [1.5,2,2.5] | [2,2.5,3] |
| OUTPUT | Medium      | HM          | LH         | High        | VH        |
|        | [2.5,3,3.5] | [3,3.5,4]   | [3.5,4,4.5 | [4,4.5,5]   | [4.5,5,5] |

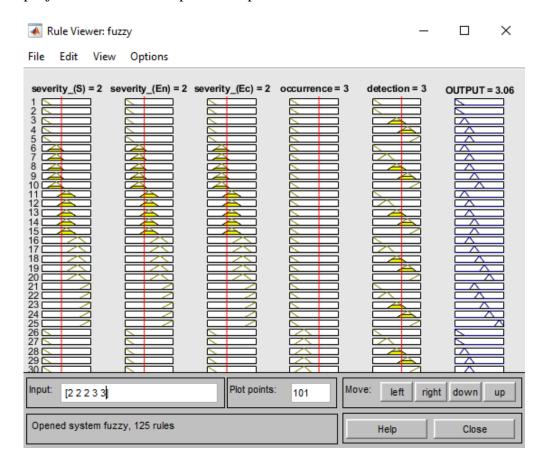
Setelah angka-angka tersebut dimasukkan, akan didapat grafik seperti pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4 6. Parameter output

Tahapan selanjutnya adalah penentuan *rules* yang akan digunakan, sebelum mengolah data yang dimiiki sehingga menghasilkan RPN. *Rules* adalah kumpulan aturan *If-Then* yang disusun oleh para ahli sebagai acuan dalam proses transformasi variabel input menjadi output. Pada kasus ini, penulis menggunakan *rules* yang tercantum pada Kumru, et al. (2013).

Setelah itu perhitungan RPN dapat dilakukan dengan memasukkan Frekuensi Indeks yang telah dihitung sebelumnya ke dalam kolom *input*. Untuk penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut



Gambar 4 7. Rule viewer Fuzzy

Pada Gambar 4.4. dapat dilihat bahwa jumlah *rules* yang digunakan sebanyak 125, sesuai dengan yang tercantum pada Kumru, et al. (2013). Selain itu juga dapat diperhatikan proses perhitungan RPN. Sebagai contoh, penulis menggunakan Indeks pada penyebab kegagalan "kualitas material menurun saat proses transport", yang memiliki Indeks *Severity (safety), severity (environment), severity (economy), detection*, dan *occurrence* masing-masing sebesar 2, 2, 2, 3, dan 3. Dapat dilihat bahwa penyebab kegagalan tersebut memiliki *output* atau RPN sebesar 3.06.

Perhitungan tersebut dilanjutkan hingga meliputi seluruh penyebab kegagalan. Hasil perhitungan RPN dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut.

Tabel 4 11. RPN Penyebab Kegagalan

| No. | Penyebab kegagalan |  | Rating Indeks        |                           |                       |           |            | RPN   | Rank     |
|-----|--------------------|--|----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|------------|-------|----------|
|     |                    |  | Severity<br>(safety) | severity<br>(environment) | severity<br>(economy) | detection | occurrence |       |          |
| 1   | Material           | Kualitas material menurun<br>saat proses transport     |                      |                           |                       |           |            |       | 9        |
|     |                    |  | 2                    | 2                         | 2                     | 3         | 3          | 3.06  |          |
|     |                    | Kurangnya kontrol terhadap<br>material di gudang       | 2                    | 3                         | 3                     | 2         | 3          | 3.54  | 5        |
|     |                    | Pasokan material memakan<br>waktu lebih lama dari yang |                      |                           |                       |           |            |       | 4        |
|     |                    | diperkirakan   | 3                    | 2                         | 3                     | 3         | 4          | 3,66  | 12       |
|     |                    | Hasil fabrikasi tidak cocok<br>dengan hasil instalasi  | 2                    | 3                         | 4                     | 3         | 3          | 2.5   | 12       |
|     |                    | Banyak terjadi joint repair                            | 4                    | 3                         | 2                     | 3         | 4          | 2.5   | 12       |
| 2   | Prosedur           | Pergantian pekerjaan tidak<br>sesuai prosedur          | 4                    | 3                         | 4                     | 3         | 3          | 3.28  | 6        |
|     |                    | Kecelakaan pada pekerja                                | 5                    | 2                         | 4                     | 3         | 3          | 2.5   | 12       |
|     |                    | Adanya penambahan<br>pekerjaan tiap harinya            | 4                    | 3                         | 3                     | 2         | 3          | 3.2.3 | 8        |
|     |                    | Tidak memperhitungkan<br>sistem pemasangan             | 4                    | 4                         | 4                     | 2         | 2          | 2.72  | 11       |
|     |                    | Kurangnya koordinasi selama<br>instalasi               | 4                    | 3                         | 4                     | 2         | 3          | 3.23  | 8        |
|     |                    | Lambat dalam pemberian<br>instruksi                    | 4                    | 2                         | 3                     | 3         | 2          | 2.5   | 12       |
|     |                    | Kurangnya observasi<br>terhadap kondisi seismik        |                      |                           |                       |           |            |       | 12       |
|     |                    | ternadup kondisi seisinik                              | 4                    | 2                         | 3                     | 2         | 2          | 2.5   | <u> </u> |

Tabel 4 11. RPN Penyebab Kegagalan (lanjutan)

| No. | Penyebab kegagalan |  | Rating Indeks        |                           |                       |           |            | RPN  | Rank |
|-----|--------------------|--|----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|------------|------|------|
|     |                    |  | Severity<br>(safety) | severity<br>(environment) | severity<br>(economy) | detection | occurrence |      |      |
| 3   | Mesin              | Kurangnya perawatan mesin dan<br>alat                        | 4                    | 4                         | 4                     | 3         | 4          | 3.88 | 2    |
|     |                    | Kekuatan/keamanan equipment buruk                            | 4                    | 4                         | 4                     | 2         | 4          | 3.86 | 3    |
|     |                    | Kurangnya komunikasi dan<br>pengalaman pekerja               | 4                    | 2                         | 3                     | 2         | 3          | 2.5  | 12   |
| 4   | Manusia            | Kurangnya manpower untuk<br>mengeksekusi prosedur            | 4                    | 3                         | 3                     | 2         | 3          | 3.23 | 8    |
|     |                    | Kurangnya manpower untuk<br>dokumentasi kegiatan             | 3                    | 2                         | 2                     | 2         | 3          | 3.54 | 5    |
|     |                    | Pekerja tidak memahami<br>prosedur                           | 4                    | 3                         | 3                     | 2         | 3          | 3.23 | 8    |
|     |                    | Kurang pemahaman terhadap emergency response plan            | 4                    | 3                         | 3                     | 3         | 4          | 3.89 | 1    |
|     |                    | Tidak mendapatkan induction karena pergantian personel       | 4                    | 3                         | 3                     | 2         | 3          | 3.23 | 8    |
|     |                    | Kurangnya kemampuan pekerja<br>di bidang manufaktur dan/atau |                      |                           | _                     |           | _          |      | 10   |
|     |                    | desain  Ketidakmampuan/ketidaktahuan pekerja pada penempatan | 4                    | 3                         | 3                     | 2         | 2          | 2.73 | 7    |
|     |                    | equipment  | 3                    | 3                         | 3                     | 2         | 3          | 3.27 |      |
|     |                    | Supervisor kurang<br>memperhatikan anggota timnya            | 4                    | 3                         | 4                     | 3         | 4          | 3.89 | 1    |

Setelah didapat RPN dari masing-masing penyebab kegagalan, maka dapat dikelompokkan ke dalam matriks risiko guna memudahkan dilakukannya pengendalian risiko

## 4.6. Pengendalian Risiko

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan bantuan metode *Fuzzy* FMEA maka dapat diketahui proyeksi kemungkinan terjadinya kerusakan pipa bawah laut berdasarkan peringkat RPN. .Semakin besar harga RPN, maka semakin tinggi risiko dan prioritas penyebab kegagalan tersebut dalam penanganan risiko Dari data tersebut kemudian dikelompokkan dalam smatriks risiko guna mengetahui tingkatan risiko setiap penyebab kegagalan pipa bawah laut. Matriks risiko dibagi 3 (tiga) berdasarkan *severity* pada aspek *safety, environment*, dan *economy* seperti dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut

Tabel 4 12. Matriks Risiko (Safety)

|            |   | Severity<br>(safety) |        |              |                             |                      |  |  |  |
|------------|---|----------------------|--------|--------------|-----------------------------|----------------------|--|--|--|
|            |   | Insignificant        | Slight | Major Injury | Single<br>Fatality          | Multiple<br>Fatality |  |  |  |
|            |   | 1                    | 2      | 3            | 4                           | 5                    |  |  |  |
|            | 5 |                      |        |              |                             |                      |  |  |  |
|            | 4 |                      |        | 3            | 5,13,14<br>, 19, 23         |                      |  |  |  |
| Occurrence | 3 |                      | 1,2,4  | 17, 22,      | 6,8,10,<br>15,16,<br>18, 20 | 7                    |  |  |  |
| Оссі       | 2 |                      |        |              | 9,11,12<br>, 21             |                      |  |  |  |
|            | 1 |                      |        |              |                             |                      |  |  |  |

Tabel 4 13. Matriks Risiko (Environment)

|            |   |               |                 | Severity<br>(environm               |                    |                   |
|------------|---|---------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
|            |   | Insignificant | Slight          | Major Injury                        | Single<br>Fatality | Multiple Fatality |
|            |   | 1             | 2               | 3                                   | 4                  | 5                 |
|            | 5 |               |                 |                                     |                    |                   |
|            | 4 |               | 3               | 5, 19, 23                           | 9, 13,<br>14,      |                   |
| Occurrence | 3 |               | 1, 7,<br>15, 17 | 2,4, 6, 8, 10,<br>16, 18, 20,<br>22 |                    | 7                 |
| 00         | 2 |               | 11, 12,         | 21                                  |                    |                   |
|            | 1 |               |                 |                                     |                    |                   |

Tabel 4 14. Matriks Risiko (economy)

|            |   |               |        | Severity<br>(econom         |                    |                   |
|------------|---|---------------|--------|-----------------------------|--------------------|-------------------|
|            |   | Insignificant | Slight | Major Injury                | Single<br>Fatality | Multiple Fatality |
|            |   | 1             | 2      | 3                           | 4                  | 5                 |
|            | 5 |               |        |                             |                    |                   |
| се         | 4 |               | 5      | 3, 19                       | 13, 14,<br>23      |                   |
| Оссигтепсе | 3 |               | 1, 17  | 2, 8, 15, 16,<br>18, 20, 22 | 4, 6, 7,<br>10     | 7                 |
| 000        | 2 |               |        | 11, 12, 21                  | 9                  |                   |
|            | 1 |               |        |                             |                    |                   |

# 4.7. Hazard and Operability (HAZOP) Analysis

Tahapan selanjutnya adalah menganalisa *safeguard* dan *action* pada setiap penyebab kegagalan pipa bawah laut menggunakan metode HAZOP. Hal ini bertujuan untuk menyajikan tindakan penanganan kerusakan pipa bawah laut. Adapun penyebab kegagalan yang diberikan tindakan penanganan adalah penyebab-penyebab kegagalan yang terdapat di zona merah pada

matriks risiko. Sedangkan zona hijau berarti risko masih dalam tingkatan aman, dan zona kuning memiliki arti bahwa risiko masih dalam batas toleransi. Hasil analisa HAZOP yang didapatkan melalui jurnal dan diskusi dengan responden kuisioner dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4 15. HAZOP Analysis

|     | Faktpr        | Node                                      | Guide         |                                     |  |  |   |   |         | BPN       |           |   |   |  |
|-----|---------------|---|---------------|-------------------------------------|--|--|---|---|---------|-----------|-----------|---|---|--|
| No. | Kegagal<br>an | Kegagalan                                 | wiced         | Elements                            | Deviation  | Penyebab   | Dampak  | 0 | ទ<br>ទោ | S<br>(En) | S<br>(Ec) | ٥ | Safeguards  | Actions  |
| 3   | Material      | Kualitas<br>material<br>tidak sesuai      | Less          | Kontrol<br>Material                 | Kurang<br>kontrol<br>terhadap<br>material                        | Kurangnya<br>kontrol<br>terhadap<br>material di<br>gudang                          | Kualitas<br>material<br>memburu<br>k                      | 4 | 3       | 2         | Э         | з | Menugaskan<br>personel<br>khusus di<br>bidang logistik<br>dan <i>material</i><br><i>control</i>       | Tingkatkan<br>kontrol terhadap<br><i>equipment</i> yang<br>menggunakan<br>material terkait |
| 4   |               | <i>ടവുട്ടാർ</i><br>material<br>bermasalah | Alcre         | Waktu<br><i>sugol</i> y<br>material | Waktu<br>pasokan<br>material<br>lebih lama<br>dari<br>seharusnya | Pasokan<br>material<br>memakan<br>waktu lebih<br>lama dari<br>yang<br>diperkirakan | Pekerjaa<br>n<br>tertunda                                 | з | 2       | Э         | 4         | з | Meningkatkan<br>kualitas<br>personel<br>dalam<br>berkoordinasi<br>dengan<br><i>suppiler</i>           | Tingkatkan<br>efektifitas<br>kegiatan lain<br>guna mengganti<br>waktu yang<br>hilang       |
| 5   |               | Perubahan<br>kondisi<br>material          | Other<br>than | material                            | Perbedaan<br>material  | Hasil fabrikasi<br>tidak cocok<br>dengan hasil<br>instalasi                        | Pekerjaan<br>terhambat                                    | 4 | 4       | з         | 2         | з | Adanya<br><i>checker</i> dari<br>pihak<br><i>Engineer</i><br>atau QC untuk<br>melakukan<br>pengecekan | Melakukan<br>penyesuaian<br>saat instalasi<br><i>eguijoment</i>                            |
| 6   |               | Kondisi<br>material<br>kurang baik        | More          | Joint<br>Repair                     | <i>Joint repair</i><br>berlebih                                  | Banyak terjadi<br><i>joint repair</i>  | ుడుగ<br>గల్గాజు<br>lebih<br>banyak dari<br>seharusny<br>a | 3 | 4       | 2         | 3         | 2 | Isolasi area<br><i>welding</i> dan<br>memperhatika<br>n kualitas hasil<br><i>welding</i>              | Persiapkan<br>personel dan<br>waktu tambahan<br>untuk perbaikan                            |

| No. | Faktpr<br>Kegagalan | Mode<br>Kegagalan                    | Guide<br>Word | Element   | Deviation                            | Penyebab  | Dampak                     | 0   | S (S) | RPN<br>S (En) | S (Ec) | D | Safeguards  | Actions   |
|-----|---------------------|--------------------------------------|---------------|-----------|--------------------------------------|---|----------------------------|-----|-------|---------------|--------|---|---|---|
| 7   |                     |                                      | Other<br>than | Pekerjaan | Perubahan<br>pergantian<br>pekerjaan | Pergantian<br>pekerjaan tidak<br>sesuai prosedur  | -                          | I - | 4     | 3             | 4      | 3 | Kontrol terhadap shift<br>pergantian personel<br>ditingkatkan   | Tingkatkan supervisi<br>terhadap pekerja guna<br>menghindari performa<br>yang menurun             |
| 8   |                     | Pekeraan<br>tidak sesuai<br>prosedur | Other<br>than | Pekerjaan | Ada<br>kecelakaan                    | Kecelakaan<br>pada pekerja                        | Pekerjaan<br>terhamba<br>t |     | 5     | 2             | 4      | m | Competency<br>assessment dan safety<br>training dilakukan<br>setidaknya 2 bulan<br>sebelum mobilisasi<br>offshore | Hentikan pekerjaan<br>selama beberapa<br>waktu dan terapkan<br>emergency response<br>plan         |
| 9   | Prosedur            | Pekerjaan tidak<br>efektif           | More          | Pekerjaan | Penambahan<br>pekerjaan              | Adanya<br>penambahan<br>pekerjaan<br>tiap harinya | Pekerjaan<br>tertunda      | 3   | 4     | 3             | 3      | 2 | Pastikan semua pihak<br>yang terlibat<br>memahami timeline<br>dari project .                                      | Pekerja melakukan<br>kerja <i>overtime</i> guna<br>mengejar<br>ketertinggalan<br>terhadap jadwal. |

Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)

| No. | Faktpr<br>Kegagalan | Mode<br>Kegagalan   | Guide<br>Word | Element                  | Deviation                      | Penyebab   | Dampak                            | 0 | \$ (\$) | RPN<br>S (En) | S (Ec) | n | Safeguards  | Actions   |
|-----|---------------------|---|---------------|--------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|---|---------|---------------|--------|---|---|---|
| 10  | Regogoran           | Perencanaan<br>pekerjaan<br>tidak berjalan<br>lancar                          | Na            | Sistem<br>pemasa<br>ngan | Tidak ada sistem<br>pemasangan | Tidak<br>memperhitungkan<br>sistem<br>pemasangan | Pekerjaan<br>terhambat            | 2 | 4       | 4             |        | 2 | Komitmen dan koordinasi antara site<br>installation team dan engineering team<br>ditingkatkan | Finalisasi offshore installation procedure disegerakan sebelum due date |
| 13  | Prosedur            | Kesalahan<br>konsep<br>dengan tidak<br>mempertimba<br>ngkan risiko<br>seismik | Less          | Observa<br>si            | Kurang observasi               | observasi terhadap                               | Berisiko<br>terjadi<br>gempa bumi | 2 | 4       | 2             | 3      | 2 | Observasi seismic dilakukan secara<br>mendetail.  | Tingkatkan<br>kesiapan dalam<br>menghadapi<br>gempa bumi                |

Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)

| No | Faktpr   | Mode        | Guide | Element   | Deviatio | Penyebab     | Dampak     |   |     | RPN  |      |   | Safeguards     | Actions            |
|----|----------|-------------|-------|-----------|----------|--------------|------------|---|-----|------|------|---|----------------|--------------------|
|    | Kegagal  | Kegagalan   | Word  |           | n        |              |            | 0 | S   | S    | S    | D |                |                    |
|    | an       |             |       |           |          |              |            |   | (S) | (En) | (Ec) |   |                |                    |
| 14 |          | Menurunn    | Less  | Perawatan | Kurang   | Kurangnya    | Berisiko   |   |     |      |      |   | Pengecekan     | Maintenance        |
|    |          | ya kualitas |       |           | perawat  | perawatan    | terjadinya |   |     |      |      |   | mesin dan alat | dilakukan secara   |
|    |          | mesin dan   |       |           | an       | mesin        | kerusakan  |   |     |      |      |   | dilakukan      | berkala selama     |
|    |          | alat        |       |           |          |              | mesin      |   |     |      |      |   | sebelum        | project            |
|    |          |             |       |           |          |              |            |   |     |      |      |   | melakukan      | berlangsung.       |
|    |          |             |       |           |          |              |            | 4 | 4   | 4    | 4    | 3 | pekerjaan      |                    |
| 15 |          | Objek       | Less  | Kekuatan  | Kekuata  | Kekuatan/kea | Dapat      |   |     |      |      |   | Sebelum        | Minimalisir        |
|    |          | runtuh      |       | equipment | n        | manan        | menimbulk  |   |     |      |      |   | pekerjaan      | penggunaan dan     |
|    |          |             |       |           | equipme  | equipment    | an korban  |   |     |      |      |   | dimulai        | tingkatkan         |
|    |          |             |       |           | nt       | buruk        | jiwa       |   |     |      |      |   | dilakukan      | pengawasan         |
|    | Mesin    |             |       |           | kurang   |              |            |   |     |      |      |   | pengecekan     | terhadap           |
|    | IVICSIII |             |       |           |          |              |            |   |     |      |      |   | terhadap       | penggunaan         |
|    |          |             |       |           |          |              |            |   |     |      |      |   | kondisi        | equipment terkait. |
|    |          |             |       |           |          |              |            | 4 | 4   | 4    | 4    | 2 | equipment      |                    |
| 16 |          | Anchor      | Less  | Komunikas | Kurang   | Kurangnya    | Menghamb   |   |     |      |      |   | Edukasi dan    | Supervisor         |
|    |          | line        |       | i antar   | komunik  | komunikasi   | at         |   |     |      |      |   | assessment     | melakukan          |
|    |          | terbelit    |       | pekerja   | asi      | dan          | pekerjaan  |   |     |      |      |   | terhadap       | edukasi dan        |
|    |          |             |       |           |          | pengalaman   | karena     |   |     |      |      |   | personel       | memberi            |
|    |          |             |       |           |          | pekerja      | kompetensi |   |     |      |      |   | ditingkatkan   | pengawasan lebih   |
|    |          |             |       |           |          | 1 3          | terbatas   |   |     |      |      |   | sebelum        | terhadap personel  |
|    |          |             |       |           |          |              |            |   |     |      |      |   | project        | terkait.           |
|    |          |             |       |           |          |              |            | 3 | 4   | 2    | 3    | 2 | dimulai.       |                    |

Tabel 4 15. HAZOP Analysis (lanjutan)

| No. | Faktpr    | Mode      | Guide | Element   | Deviation | Penyebab    | Dampak             |   |     | RPN  |      |   | Safeguards      | Actions      |
|-----|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------|---|-----|------|------|---|-----------------|--------------|
|     | Kegagalan | Kegagalan | Word  |           |           |             |                    | 0 | S   | S    | S    | D |                 |              |
|     |           |           |       |           |           |             |                    |   | (S) | (En) | (Ec) |   |                 |              |
|     |           |           | Less  | Tenaga    | Kurang    | Kurang      |                    |   |     |      |      |   | Menyiapkan      | Pemanfaatan  |
| 18  |           | Kurang    |       | kerja     | manpower  | manpower    |                    |   |     |      |      |   | dedicated       | personel di  |
|     |           | tenaga    |       |           |           | untuk       |                    |   |     |      |      |   | personnel       | bidang lain  |
|     |           | kerja     |       |           |           | dokumentasi | Ada pekerjaan yang |   |     |      |      |   | khusus          | untuk        |
|     |           | Kerja     |       |           |           | kegiatan    | tidak              |   |     |      |      |   | untuk           | dokumentasi  |
|     |           |           |       |           |           | Regiatari   | terdokumentasikan  | 3 | 3   | 2    | 2    | 2 | dokumentasi     | kegiatan     |
| 19  |           |           | No    | Pemahaman | Tidak     |             |                    |   |     |      |      |   | Assessment      | Kontrol dari |
|     |           |           |       | prosedur  | paham     |             |                    |   |     |      |      |   | crew            | supervisor   |
|     |           |           |       |           | prosedur  |             |                    |   |     |      |      |   | dipersiapkan    | ditingkatkan |
|     |           |           |       |           |           |             |                    |   |     |      |      |   | dengan          |              |
|     | Manusia   |           |       |           |           | Tidak       |                    |   |     |      |      |   | matang dan      |              |
|     |           |           |       |           |           | memahami    | Pekerjaan tidak    |   |     |      |      |   | diotorisasi     |              |
|     |           | Pekerja   |       |           |           | prosedur    | dijalankan sesuai  |   |     |      |      |   | oleh <i>HSE</i> |              |
|     |           | kurang    |       |           |           | pekerjaan   | prosedur           | 3 | 4   | 3    | 3    | 2 | manager.        |              |
| 20  |           | kompeten  | Less  | Pemahaman | Kurang    |             |                    |   |     |      |      |   | Sosialisasi     | Adaptasi     |
|     |           |           |       | Emergency | pemahaman |             |                    |   |     |      |      |   | ERP             | penerapan    |
|     |           |           |       | Response  | mergency  | Kurang      | Ketidakmampuan     |   |     |      |      |   | ditingkatkan    | prosedur     |
|     |           |           |       | Plan      | response  | pemahaman   | mengambil          |   |     |      |      |   | dan             | ERP dengan   |
|     |           |           |       |           | plan      | emergency   | tindakan saat      |   |     |      |      |   | disesuaikan     | kondisi      |
|     |           |           |       |           |           | response    | keadaan            |   |     |      |      |   | dengan          | actual di    |
|     |           |           |       |           |           | plan        | emergency          | 4 | 4   | 3    | 3    | 3 | flowchart       | lapangan     |

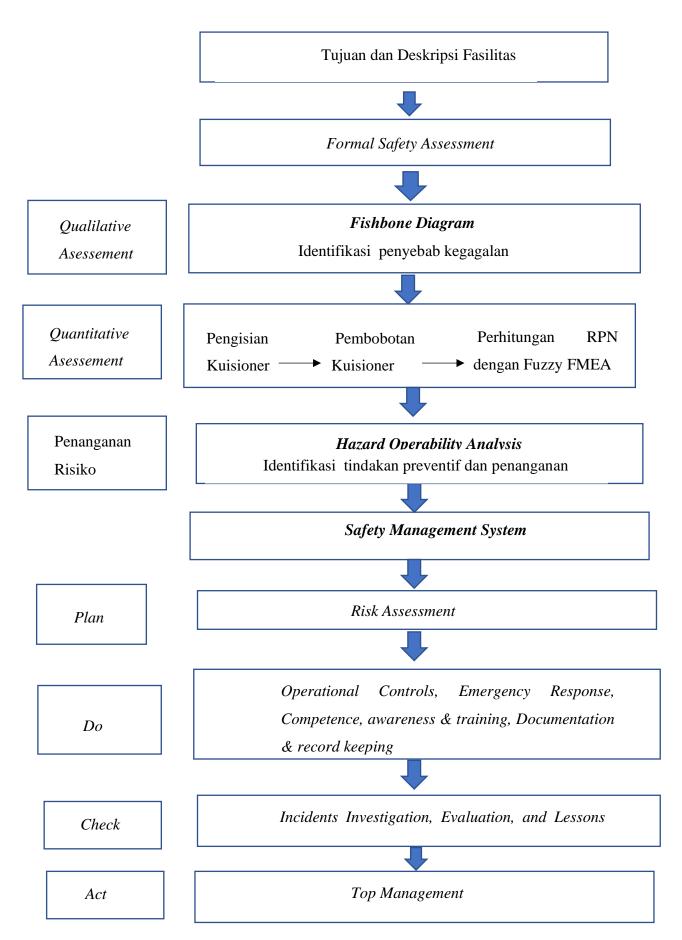
Guide Word dalam metode HAZOP kata kunci yang memudahkan pembaca dalam memahami akar masalah dari setiap penyebab kerusakan. Adapun keterangan lebih rinci mengenai Guide Word dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut

Tabel 4 16. Keterangan Guide Word (Aloqaily, 2018)

| Guide Word | Keterangan                               |
|------------|--|
| No         | Ketidakhadiran suatu komponen yang       |
|            | diperlukan                               |
| More       | Kondisi dimana adanya suatu              |
|            | komponen yang memiliki kuantitas         |
|            | lebih banyak dari yang seharusnya        |
| Less       | Kondisi dimana adanya suatu              |
|            | komponen yang memiliki kuantitas         |
|            | lebih sedikit dari yang seharusnya       |
| As well as | Kondisi dimana tujuan akhir terpenuhi    |
|            | dengan adanya peran komponen             |
|            | tambahan                                 |
| Part of    | Sebagian tujuan tercapai, Sebagian       |
|            | tidak                                    |
| Reverse    | Tujuan yang tercapai berlawanan dari     |
|            | tujuan seharusnya                        |
| Other than | Tujuan yang tercapai merupakan           |
|            | tujuan lain dikarenakan ada hal-hal lain |
|            | yang terjadi                             |

# 4.8. Kerangka Safety Case Document

Langkah selanjutnya adalah pembentukan kerangka *Safety Case Document* yang merupakan hasil akhir dari penelitian Tugas Akhir ini. Adapun kerangka *Safety Case Document* ini bersumber pada Analisa-analisa yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya. Berikut merupakan kerangka *Safety Case Document* yang telah disusun.



Gambar 4 8. Struktur Safety Case Document

Sedangkan untuk penjelasan lebih detail mengenai kerangka dari *Safety Case Document*, dapat dilihat pada lampiran A.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB V

#### KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Bagian ini membahas mengenai hasil penelitian Tugas Akhir ini demi menjawab rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini. Adapun kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Pada Tugas Akhir ini, terdapat 24 penyebab kegagalan dari kegagalan pipa bawah laut. Penyebab-penyebab kegagalan ini dikelompokkan menjadi 16 Mode Kegagalan, serta dikelompokkan menjadi 4 kategori utama, yaitu: Manusia, Mesin, Prosedur, dan Material. Mode Kegagalan, penyebab-penyebab kegagalan serta dampak dari kegagalan tersebut secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.1.
- 2. Berdasarkan Tabel 4.1,dapat dilihat bahwa terdapat 24 dampak kegagalan yang mengacu pada penyebab-penyebab kegagalan yang didapat dari diskusi dengan ahli di bidang terkait.
- 3. Penyebab kegagalan yang memiliki *Risk Priority Number* (RPN) paling besar adalah "kurang pemahaman terhadap *emergency response plan*" dan "Supervisor kurang memperhatikan anggota tim", yaitu memiliki RPN sebesar 3.89. Sedangkan penyebab kegagalan yang memiliki RPN paling rendah adalah "Hasil fabrikasi tidak cocok dengan hasil instalasi", "Banyak terjadi *joint repair*", "Kecelakaan pada pekerja", "Lambat dalam pemberian instruksi" "Kurang observasi terhadap kondisi seismik", dan "Kurangnya komunikasi dan pengalaman pekerja" yang memiliki RPN sebesar 2.5. Untuk RPN masing-masing penyebab kegagalan secara rinci, dapat dilihat pada Tabel 4.11.
- 4. Kerangka *Safety Case Document* pada Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa bagian, diantaranya adalah; Tujuan dan Deskripsi Fasilitas, *Formal Safety Assessment*, dan *Safety Management System*. Untuk penanganan risiko dalam bentuk tindakan pencegahan dan penanganan dari setiap penyebab kegagalan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

#### 5.2. Saran

Berikut merupakan beberapa aspek yang dapat ditingkatkan dari penelitian ini, sehingga dapat meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya.

- 1. Perhitungan risiko dapat dilakukan dengan metode yang berbeda, guna menjadi pembanding terhadap penelitian ini.
- 2. Melakukan perhitungan cost dan benefit sebagai bentuk risk management.
- 3. Safety Management System dapat ditingkatkan dengan melakukan riset terhadap emergency response, Incidents Investigation, Evaluation, and Lessons Learned, dan Documentation and record keeping pada suatu perusahaan sehingga dapat menyajikan contoh guna membentuk kerangka Safety Case Document yang lebih komperhensif.

# **DAFTAR PUSTAKA**

- Aloqaily. 2018. "Cross Country Pipeline Risk Assessments and Mitigation Strategies".
- Balaraju, J, et al. 2019. Fuzzy-FMEA Risk Evaluation Approach for LHD Machine-A Case Study. Journal Pre-Proof. India.
- Filihan, Jalisman. 2016. *Analisis Risiko Kerusakan Offshore Pipeline Transmisi Sumatera Jawa*. Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gita, Mira Anjar. 2015. Analisa Risiko Kecelakaan Kerja Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya MenggunakanMetode FMEA (Failure Mode Analysis) dan FTA (Fault Tree Analysis). Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencenaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.;
- Guntara, Robby. 2016. Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Menggunakan Bowtie Analysi Pada Proyek Mooring Chain Replacement Pada Production Barge "SEAGOOD 101". Surabaya: ITS.
- Hamami, Adriawan A. P. 2019. Manajemen Risiko Kerusakan Pipa Bawah Laut di Balikpapan dengan Metode Fault Tree Analysis dan Hazard and Operability Analysis. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- International SEMATECH. 1992. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): A Guide fo Continuous Improvement for Semiconductor Equipment Industry
- Jazayeri, E. 2017. Safety Management System and Methods of Safety Measurement. USA: University of Kentucky.
- Kelly, Tim. 2013. "A Systematic Approach to Safety Case Management".
- Kenny. 2018. "Offshore Pipeline Element of Managing Risks".

- 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. Applied Soft Computing 13, 721-733.
- Marcello, Frankie Samuel. 2019. *Manajemen Risiko pada Pipa Bawah Laut di Penajam Balikpapan dengan Metode Bowtie Analysis*. Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- McDemortt, Robin E, et al. 2009. The Basic Of FMEA 2nd Edition. New York: Taylor & Francis Group.
- Muhlbauer, W. Kent. 2004. *Pipeline Risk Management Manual: Ideas, Techniques, and Resource*. Burlington USA: Gulf Professional Publishing
- Nuchpho, et al. 2016. Risk Assessment in the Organization by Using FMEA Innovation: A Literature Review. Thonburi, Thailand: King Mongkut's University of Technology.
- Ramzali, et al. 2015. Safety Barrier Analysis of Offshore Drilling System by Employing Fuzzy Event Tree Analysis. Safety Science 78, 49-59.
- Santosa, Budi. 2009. "Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi". Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Siddiqui, N.A., et al. 2014. "Risk Management Techniques HAZOP & HAZID Study". International Journal on Occupational Health & Safety, Fire & Environment-Allied Science Vol. 1, No. 1 (Juli-September);5-8.
- Silvianita, et al. 2015. "Hazard and Operability Analysis (HAZOP) of Mobile Mooring System". Journal Procedia Earth and Planetary Science 14: 208-211.

# LAMPIRAN A KERANGKA SAFETY CASE DOCUMENT

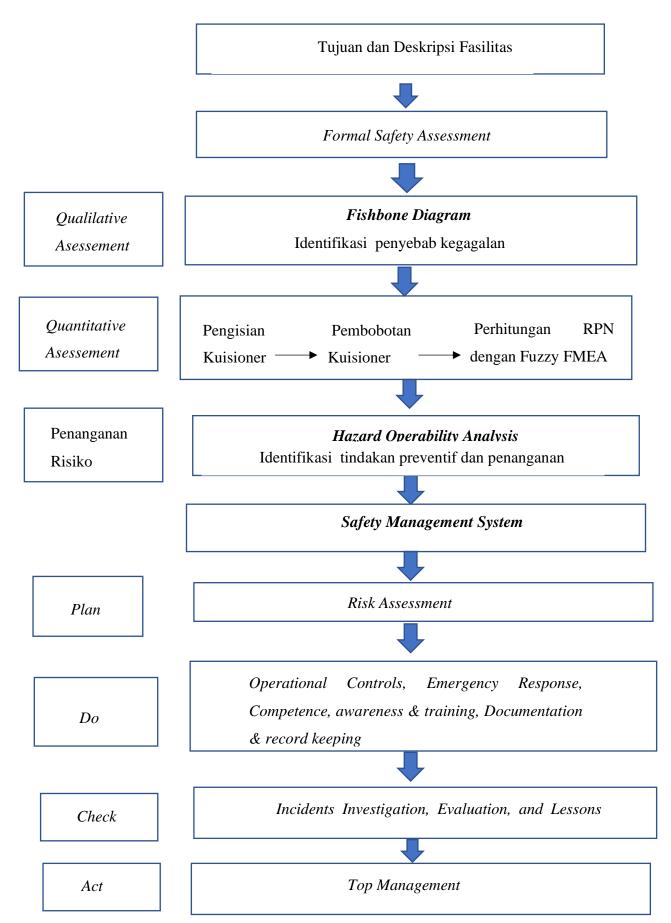
# Safety Case: Submarine Pipeline in Northeast Karawang

# A. Kerangka Safety Case Document

Langkah selanjutnya adalah pembentukan kerangka *Safety Case Document* yang merupakan hasil akhir dari penelitian Tugas Akhir ini. Adapun kerangka *Safety Case Document* ini bersumber pada Analisa-analisa yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya. Berikut merupakan kerangka *Safety Case Document* yang telah disusun.

# A. 1. Struktur Safety Case

Struktur *Safety Case Document* secara umum dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.9. Struktur Safety Case Document

# A.2. Tujuan

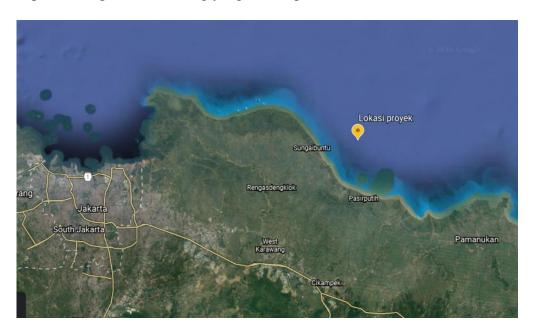
Kerangka *Safety Case Document* ini dibentuk demi memenuhi beberapa tujuan, diantaranya sebagai berikut:

- Menerapkan *Safety Case Approach* untuk manajemen risiko pada pipa bawah laut dengan penilaian risiko yang mendetail dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya (*occurrence*), keparahan (*severity*), dan tingkat deteksinya pada setiap penyebab kegagalan.
- Menyajikan perhitungan risiko setiap penyebab kegagalan sesuai dengan tingkat risikonya dengan mengacu kepada DNV RP F107

# A.3. Deskripsi Fasilitas dan Lingkungan

Tujuan utama dari proyek ini adalah instalasi pipa bawah laut baru untuk mengganti pipa bawah laut yang mengalami kebocoran.

Untuk spesifikasi yang lebih rinci terkait pipa bawah laut tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1. Sedangkan untuk proyek yang dijadikan data pada penelitian ini berlokasi di 80 – 200 km Utara Kabupaten Karawang. Lokasi proyek dapat dilihat pada titik kuning yang berada pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4 10. Lokasi Proyek Pipa Bawah Laut

# A.4. Roles and Responsibilities

# a. Safety Case Ownership

Kepemilikan dari *Operations Safety Case* ada pada *Senior Manager*. *Senior Manager* bertanggung jawab untuk menyetujui dokumen dan menjaga validitas dengan meninjau dan merevisi secara berkala.

# b. Safety Case Preparation

Persiapan dokumen *Safety Case* dilakukan oleh *Safety Case Engineer*. *Safety Case Engineer* bertugas memastikan dokumen telah melalui proses peninjauan yang dilakukan oleh *Review Team*.

# c. Line Management Responsibilities

Line Managers, Supervisor, dan General Workforce untuk secara aktif berpartisipasi menjaga integritas dari instalasi, proses dari peralatan, safety system, dan emergency response.

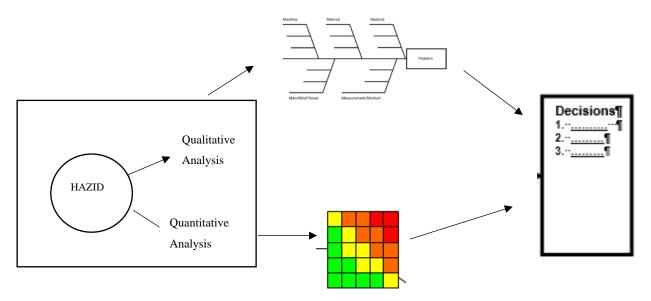
#### d. Workforce Consultation and Involvement

Workforce involvement memiliki peranan penting dalam mempertahankan efektivitas HSE Management melalui komunikasi, konsultasi, dan partisipasi. Workforce juga berpartisipasi sebagai anggota tim Review dalam proses meninjau dokumen dalam bentuk draft.

#### e. Document Control

Document Control Group bertanggung jawab dalam mencantumkan Operations Safety Case dalam system manajemen dokumen.

# A.5. Formal Safety Assessment



Gambar 4 11. Formal Safety Assessment Procedure

Tahapan Formal Safety Assessment dapat dilihat pada Gambar 4.9. Tahap pertama dalam pembentukan safety case adalah Hazard Identification (HAZID) terlepas dari tingkatan risiko setiap penyebab kegagalan. Hazard Identification dikelompokkan dalam 2 (dua) jenis, yaitu Qualitative Analysis dan Quantitative Analysis.

#### A.5.1. Qualitative Analysis

Analisis ini diawali dengan penentuan penyebab-penyebab kegagalan dari pipa bawah laut, yang didapat melalui diskusi dengan ahli di bidang terkait. Setelah itu dilakukan pengelompokkan pada penyebab kegagalan yang dibantu dengan metode *Fishbone Diagram*. Penyebab-penyebab kegagalan tersebut dikelompokkan menjadi 4 (empat) factor utama, diantaranya adalah;

Manusia, Mesin, Material, dan Prosedur. Adapun hasil diskusi terkait penyebab-penyebab kerusakan pipa bawah laut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan *Fisbone Diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.1

Hasil dari *qualitative analysis* ini kemudian diolah dengan *quantitative analysis*.

## A.5.2. Quantitative Analysis

Tahapan analisis kuantitatif diawali dengan pengisian kuisioner oleh beberapa para ahli guna mengetahui besar risiko dari setiap penyebab kegagalan menurut para ahli. Hasil kuisioner dapat dilihat pada Tabel 4.2. Sebagai contoh pada penyebab kegagalan "kualitas material menurun saat proses transport" dapat dilihat bahwa pada tingkat kejadian (occurrence), 1 (satu) orang responden mengisi angka 1, 1 (satu) orang mengisi angka 2 (dua), 2 (dua) orang mengisi angka 3 (tiga), dan 1 (satu) orang mengisi angka 4 (empat). Setiap angka ini mewakilkan tingkat kejadian (occurrence) pada penyebab kegagalan tersebut, menurut pengalaman masing-masing responden. Parameter yang menjadi acuan pada pengisian kuisioner tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1, Tabel 2.2, Tabel 2.3, Tabel 2.4, dan Tabel 2.5.

Pengisian ini dilanjutkan untuk setiap penyebab kegagalan, serta untuk setiap kategori, seperti occurrence, detection, severity (safety), severity (environmental), dan severity (economy).

Hasil kuisioner tersebut didapat berdasarkan pengalaman para responden di bidang yang melibatkan pipa bawah laut. Data responden dapat dilihat pada Tabel 4.4. Dari table tersebut dapat diketahui bahwa setiap responden memiliki pengalaman yang berbeda-beda. Pengalaman tersebut mempengaruhi bobot dari hasil kuisioner. Parameter yang dijadikan acuan dalam pembobotan hasil kuisioner dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berdasarkan parameter tersebut, kemudian dilakukan kalkulasi sehingga menghasilkan Faktor Bobot untuk setiap responden.dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Faktor Bobot tersebut digunakan untuk melakukan kalkulasi Frekuensi Indeks pada setiap penyebab kegagalan yang nantinya akan digunakan pada perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*. Perhitungan Frekuensi Indeks tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1, persamaan 2.2, dan persamaan 2.3. Hasil perhitungan Frekuensi Indeks tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Setelah itu dilanjutkan perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* dengan bantuan metode Fuzzy FMEA. Analisis ini dilakukan guna mengetahui tingkatan risiko dari setiap penyebab kegagalan, dengan mengacu pada parameter yang terdapat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. Hasil analisis RPN menggunakan Fuzzy FMEA ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

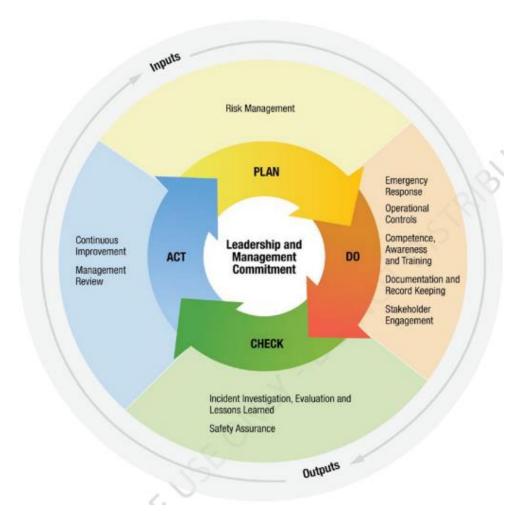
## A.6. Penanganan Risiko

Setelah dilakukan perhitungan terhadap tingkatan risiko dari tiap penyebab kegagalan, maka dapat diketahui prioritas dari setiap penyebab kegagalan berdasarkan tingkat risiko. Tahapan selanjutnya adalah penanganan risiko.

Penanganan risiko dilakukan guna mempersiapkan tindakan pencegahan dan penanganan pada setiap penyebab kegagalan pipa bawah laut. Penanganan risiko dilakukan dengan bantuan metode *HAZOP analysis*. Hasil dari analisis ini dapat dilihat pada Tabel 4.11. Tabel 4.11 tersebut meliputi penyebab-penyebab kegagalan dari pipa bawah laut, rating Frekuensi Indeks, tingkatan risiko, serta tindakan pencegahan dan penanganan terhadap penyebab-penyebab kerusakan pipa bawah laut tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa Tabel 4.11 merangkum semua hal terkait penanganan risiko pipa bawah laut.

# A.7. Safety Management System (SMS)

Tahapan terakhir dari Tugas Akhir ini adalah penyusunan kerangka *Safety Management System* (SMS). SMS berguna mempermudah pengelolaan system keselamatan yang bersifat kompleks yang melibatkan keadaan yang dinamis. Menurut API RP 1173, SMS menerapkan prinsip berupa *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Untuk ilustrasi lebih jelas, dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4 12. Plan-Do-Check-Act (API RP 1173)

Siklus PDCA terdiri dari beberapa komponen, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Plan : Tahap ini melibatkan penetapan tujuan yang ingin dicapai dan perencanaan proses yang diperlukan dalam pembentukan SMS. Adapun proses yang dimaksud ialah Risk Assessment.
- Do : Tahapan ini terdiri dari eksekusi dari rencana yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya.
- Check : Tahapan ini terdiri dari pencocokan hasil dari eksekusi yang telah dilakukan dengan tujuan yang telah ditetapkan di awal.

Act : Tahapan ini adalah tahap dimana operator mengambil tindakan guna meningkatkan performa dari rangkaian proses yang telah ditetapkan berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.

#### A.7.1. Plan

#### a. Risk Assessment

Tahap pertama dari PDCA adalah penetapan langkah-langkah yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang dalam kasus ini adalah sistem manajemen keselamatan pada pipa bawah laut. Untuk mencapai sistem manajemen keselamatan yang optimal, maka diperlukan penilaian risiko.

Manajemen risiko meliputi penentuan penyebab kegagalan pipa bawah laut, perhitungan risiko penyebab kerusakan pipa bawah laut, serta penyajian tindakan pencegahan dan penanganan risiko yang diperlukan. *Risk Assessment* telah dilakukan pada tahapantahapan sebelumnya dari Tugas Akhir ini dan terangkum pada Tabel 4.11.

#### A.7.2. Do

#### a. Operational Controls

*Pipeline operator* bertanggung jawab untuk menjaga prosedur keselamatan untuk setiap fasilitas dengan mengikuti prosedur yang meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1. Initial start-up
- 2. Normal operation
- 3. Temporary Operations
- 4. Emergency operations
- 5. Normal shutdown
- 6. Start-up

Hal-hal tersebut harus dilakukan dengan mempertimbangkan risiko yang telah diproyeksikan pada tahap sebelumnya.

#### b. Emergency Response

Emergency Response merupakan tindakan darurat yang diperlukan dalam mengatasi kejadian-kejadian yang diluar perkiraan. Emergency response ini dapat dilakukan dengan mengacu pada perencanaan yang sudah dilakukan pada tahap sebelumnya. Dalam kasus ini, contoh tindakan-tindakan penanganan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Persiapan dalam menghadapi insiden darurat harus meliputi elemen-elemen berikut, antara lain:

- 1. Penentuan tipe *emergency* yang berpotensi, seperti *spill*, releases, weather events, security threats, fires, utility loses, pandemics, dan civil disturbance.
- 2. Identifikasi sumber daya dan interface
- 3. Proses perlindungan *Health*, *Safety*, and *Environment* (*HSE*)
- 4. Rencana komunikasi
- 5. Pelatihan yang meliputi pihak eksternal
- 6. Peningkatan berbasis *lessons learned*
- 7. Peninjauan secara berkala dan pembaruan rencana

#### c. Competence, awareness, and training

Ini melibatkan pelatihan guna meningkatkan kompetensi dari pekerja, sehingga dapat meningkatkan performa dari pekerja dalam pelaksanaan rencana.

#### d. Documentation and record keeping

Dokumentasi dan pencatatan terhadap setiap kegiatan diperlukan guna menjadi catatan dan juga evaluasi sehingga dapat meningkatkan performa tim. Evaluasi dari kegiatan dilakukan pada tahap selanjutnya. Pengelolaan dokumen harus meliputi

- 1. Peninjauan dan persetujuan yang diperlukan sebelum penggunaan dokumen
- 2. Pengidentifikasian status peruubahan dan revisi

Memastikan ketersediaan dokumen ketika aktivitas dilaksanakan.

#### A.7.2. Check

- a. Incidents Investigation, Evaluation, and Lessons Learned
   Investigasi dari setiap insiden perlu dilakukan dan harus meliputi hal-hal berikut:
  - a. Identifikasi dari penyebab insiden dan segala faktor yang berkontribusi dalam insiden tersebut.
  - Evaluasi dan peninjauan terhadap efektifitas dari prosedur dan proses dari *emergency response* yang diterapkan pada insiden tersebut.
  - c. Rekomendasi untuk peningkatan performa dari *pipeline safety*, termasuk pergantian proses dan prosedur.
  - d. Rekomendasi terhadap pemindahan informasi terkait evaluasi dari tim investigasi kepada tim *risk assessment* dan *control process*. Hal ini meliputi tinjauan terhadap konsekuensi dan kemungkinan kegagalan, prosedur yang digunakan, pelatihan, serta alokasi sumber daya.

Hal terpenting pada tahap ini adalah evaluasi dari pencatatan dan dokumentasi pada tahap sebelumnya, sehingga dapat meningkatkan performa tim kedepannya.

#### A.7.3. Act

Pada tahapan ini dibutuhkan manajemen untuk mempertahankan dan meningkatkan performa berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan. Peninjauan dilakukan oleh *Top Management* dengan mempertimbangkan beberapa hal berikut:

- a. Proses alokasi sumber daya
- b. Peninjauan SMS dan mengetahui apakah peningkatan perlu dilakukan.
- c. Peninjauan performa operasi.

- d. Evaluasi rencana guna mengetahui jadwal dan lokasi *project* selanjutnya.
- e. *Pipeline System Assessment*. Peninjauan kondisi system *pipeline* dan menentukan bagian dari system yang kritis.
- f. *Pipeline System Integrity* guna mengetahui ancaman, penilaian, dan efektifitas perbaikan.

#### **BIODATA PENULIS**

M. Fahreza Inzaghi lahir di Kota Jakarta pada tanggal 19 April 1998 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SD Islam Amalina, lalu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 161 Jakarta. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 47 Jakarta. Pada tahun 2016 penulis kemudian melanjutkan pendidikan untuk meraih gelar sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama di perkuliahan, penulis aktif di bidang akademis maupun non-akademis. Pada tahun 2016, penulis bergabung menjadi panitia di acara Petroleum Integrated Days (Petrolida) 2017, kompetisi mahasiswa di bidang minyak dan gas berskala internasional, sebagai staf divisi perlengkapan. Pada tahun 2017, penulis aktif menjadi Kepala Divisi Logistic and Accommodation di acara Surabaya Model United Nation 2018 serta menjadi staf Departemen Kajian Strategis Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA). Pada tahun 2018, penulis terpilih menjadi Project Officer atau Ketua Acara dari Petrolida 2019. Pada tahun 2019, penulis mengikuti kompetisi Oil Rig Design Competition (ORDC) berskala internasional yang diadakan oleh Institut Teknologi Bandung di acara yang bernama Integrated Petroleum Festival (IPFEST) 2019. Selain itu pada tahun tersebut penulis diterima sebagai partisipan Smart Ocean Innovation Summer School 2019 Tianjin University, China, sebuah program summer school di School of Marine Technology, Tianjin University yang berdurasi selama 3 bulan. Pada program ini penulis berhasil menjadi salah satu peserta terbaik dan mendapatkan beasiswa dari Unistrong, Cina. Pada tahun 2020, penulis menjalankan Kerja Praktik di PT. Tripatra selama 1 bulan, dan dilanjutkan di PT. Lloyd's Register Asia pada bulan berikutnya. Penulis menyelesaikan pendidikan dengan Tugas Akhir yang berjudul "Pengembangan Safety Case Document untuk Manajemen Risiko pada Offshore Pipeline". Jika pembaca berminat untuk memberi kritik dan saran, bisa hubungi penulis diemail yang tertera di bawah ini.

Email: fahrezainzaghi@gmail.com