

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Industri minyak dan gas merupakan sektor yang sangat penting dalam perekonomian global, termasuk bagi Indonesia. Dalam proses eksplorasi dan produksi minyak dan system pipa bawah laut memainkan peran penting pengangkutan minyak dan gas ke fasilitas pengolahan darat. Namun seiring dengan meningkatnya kegiatan eksplorasi, maka Tingkat kebocoran pada jaringan pipa ini juga meningkat sehingga dapat berakibat fatal bagi lingkungan dan kebocoran tidak hanya mengakibatkan kerugian finansial, namun juga berdampak negative terhadap ekosistem laut yang sensitive. Minyak dan gas bumi merupakan sumber daya alam yang menjadikan Indonesia sebagai negara dengan kapasitas produksi minyak dan gas terbesar di Asia Tenggara. Oleh karena itu, mode transportasi diperlukan untuk mengangkut minyak dan gas alam dari sumber produksi lepas Pantai ke trafo darat. Begitu pula dari satuan transformasi ke satuan dari pendistribusian minyak bumi dan gas bumi melalui pipa bawah laut dinilai sangat efisien karena memerlukan biaya yang minimal. Akibatnya, pipa gas bawah laut menjadi saluran utama penyaluran minyak dan gas alam ke laut. (Devi et al., 2017)

Begitu pula dari unit pengolahan hingga unit distribusi. Distribusi minyak dan gas menggunakan pipa bawah air diklaim sangat efisien karena membutuhkan biaya yang minim. Alhasil, jaringan pipa gas bawah laut menjadi pilihan utama penyaluran minyak dan gas bumi di laut. Pipa bawah laut merupakan suatu alat transportasi yang biasa digunakan untuk mengirim atau mengalirkan minyak dan gas bumi antara anjungan lepas pantai, kepala sumur bawah laut, manifold, fasilitas darat dan fasilitas pendukung lainnya. Namun pipa bawah air sangat rentan terhadap kerusakan sehingga dapat menimbulkan beberapa risiko yang dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan sekitar jika terjadi kerusakan. Selain itu, perusahaan juga akan mengalami kerugian finansial akibat terhentinya proses produksi, pembersihan tumpahan minyak dan gas, perbaikan fasilitas, dan pemberian kompensasi kepada korban. Kerusakan ini bisa berasal dari pengaruh internal maupun eksternal. (Aldara et al., 2023)

Penting untuk melakukan penilaian risiko, yang berfokus pada evaluasi risiko jaringan pipa minyak dan gas bawah air, untuk menentukan kemungkinan terjadinya insiden yang dapat membahayakan keamanan, keselamatan, keandalan, dan lingkungan pipa tersebut serta untuk menjaga aset bisnis. Kebakaran pipa minyak PT. Pertamina RU V pada tanggal 31 Maret 2018, di Teluk Balikpapan. Dari segi ekonomi, operator pipa bisa saja mengalami kerugian yang cukup besar atau mungkin bangkrut akibat bencana ini. Dari sudut pandang lingkungan, hal ini juga dapat berdampak pada sistem penyangga kehidupan makhluk hidup di sekitarnya. (Pramono et al., 2020)



Gambar 1.1 Kebakaran pipa bawah laut di Teluk Balikpapan

Sumber: <https://indopetronews.com/2018/04/02/kebakaran-akibat-ceceran-minyak-di-teluk-balikpapan-bisa-diatasi-pertamina/>

Pada tanggal 22 Oktober 2019 terjadi kebakaran di PT. Pipa Pertamina di Cimahi, Jawa Barat. Keselamatan karyawan, dunia usaha, dan lingkungan hidup dapat terganggu akibat bencana ini. Oleh karena itu, evaluasi risiko dan inspeksi jalur pipa secara rutin diperlukan.



Gambar 1.2 Kebakaran Pada Pipa PT. Pertamina di Cimahi, Jawa Barat

Sumber: <https://www.jawapos.com/photo/kebakaran-pipa-minyak-pt-pertamina-di-cimahi/>

Dengan melakukan penilaian risiko pada jaringan pipa, kegagalan pipa dapat dicegah dari sudut pandang manajemen integritas. Kondisi material pipa, lingkungan,

demografi, dan pengoperasian merupakan permasalahan yang muncul dan tidak sesuai dengan keadaan desain aslinya. Contoh perubahan kondisi demografi pada jalur pipa mencakup pertumbuhan populasi, industrialisasi, dan penyalahgunaan jalur pipa atau Right of Way (ROW). Integritas pipa distribusi akan dipengaruhi oleh faktor-faktor risiko ini. (Ummah, 2019)

Melihat permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang memudahkan analisis kebocoran pipa bawah laut. Oleh karena itu, salah satu tanggung jawab penelitian adalah mengembangkan metodologi. Dalam perkembangannya ditemukan dua metode yaitu pendekatan Urgency, Seriousness, Growth (USG) dan Fault Tree analysis (FTA). (Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, 2020)

## **1.2 Teori**

### **1.2.1 Minyak Bumi**

Minyak bumi merupakan mineral berharga yang sangat penting bagi keberadaan manusia, khususnya sebagai sumber energi. LPG, bensin, solar, dan minyak tanah adalah contoh bahan bakar; lilin parafin dan aspal adalah contoh bahan. Senyawa hidrokarbon merupakan mayoritas (sekitar 90–97%) minyak bumi, yang merupakan campuran rumit. Alkana merupakan sebagian besar hidrokarbon yang ditemukan dalam minyak bumi; sisanya adalah sikloalkana, alkena, alkuna, dan senyawa alami. Lima unsur kimia penyusun komponen minyak bumi secara umum: 83–87% karbon, 10–14% hidrogen, 0,05–6% sulfur, 0,05–1,5% oksigen, 0,1–2% nitrogen, dan kurang dari 0,1% unsur logam.

### **1.2.2 Gas Alam**

Gas yang berasal jauh di bawah tanah, dekat batu bara dan minyak, dikenal sebagai gas alam. Molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan, metana ( $\text{CH}_4$ ), merupakan penyusun utama gas alam. Senyawa hidrokarbon  $\text{C}_3$  sudah ada sebelum gas alam disalurkan ke pelanggan. Pertama, hapus  $\text{C}_4$  dan  $\text{C}_5$ . Oleh karena itu, gas bumi yang disalurkan ke pelanggan merupakan campuran komponen metana dan etana.

### **1.2.3 Pipeline**

Pipa adalah struktur yang digunakan dalam industri gas alam dan minyak untuk memindahkan fluida. dimulai dari sumur pengolahan, di antara bangunan anjungan lepas pantai (fasilitas lepas pantai), atau langsung dari bangunan anjungan lepas pantai ke darat (fasilitas darat). Salah satu manfaat jaringan pipa dibandingkan unit penyimpanan minyak dan gas sementara adalah kemampuannya untuk menyebarkan hasil produksi dengan cepat. Pipa digunakan untuk mengangkut cairan seperti gas, minyak, dan air. Mereka terdiri dari sambungan atau rangkaian segmen pipa. Pipa dibantu oleh perangkat seperti sistem operasi katup, pompa, dan katup. (Darmadaputra et al., 2016)

Pipa tersebut dapat pecah akibat kerusakan lingkungan karena jalur yang dilaluinya memiliki sifat yang bervariasi. Kerusakan ekosistem sekitar akan diakibatkan oleh kegagalan jaringan pipa. Selain itu, hal ini juga menimbulkan kerugian baik yang berwujud maupun tidak berwujud, termasuk degradasi lingkungan dan korban jiwa.

### 1.2.4 Instalasi Pipa

Pipa bawah laut adalah jenis sistem perpipaan yang biasanya digunakan untuk mengangkut gas, minyak, dan air melalui instalasi yang ditempatkan di dasar laut. Fluida dapat dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain, dari satu unit produksi ke unit produksi lainnya, dari unit penyimpanan ke unit proses, dan dari unit proses ke unit penyimpanan dengan menggunakan instalasi pipa bawah air ini. (Sulardi, 2020)



Gambar 1.3 Instalasi Pipa Bawah Laut

Sumber : <https://firdhagina.wixsite.com/bahanbangunanlaut/single-post/2017/11/18/metode-instalasi-pipa-bawah-laut>

Gelombang, pasang surut, arus laut, dan pergerakan tanah di dasar laut semuanya berdampak pada lingkungan unik dan dinamis di mana pembangunan pipa bawah laut dilakukan (DNV-OS-F101, 2007). Karena adanya aliran dan tekanan fluida di dalam pipa, sistem pipa bawah laut juga dapat bergerak secara dinamis. Karena tuntutan keadaan pengoperasian, yang meliputi suhu, tekanan, dan laju aliran fluida, maka pipa dapat bergerak atau bergeser. Oleh karena itu, beban fungsional yang meliputi tekanan operasional, ekspansi termal, potensi tumbukan, beban lingkungan, dan beban kecelakaan harus diperhitungkan saat membangun sistem pipa bawah laut. (Sulardi, 2021)

### 1.2.5 Kerusakan Yang Sering Terjadi Pada Pipeline

Banyak faktor antropogenik dan alam yang mungkin berkontribusi terhadap kerusakan yang sering terjadi pada pipa bawah air. Beberapa bentuk kerusakan yang khas antara lain sebagai berikut:

#### 1. Kebocoran

Kebocoran pipa merupakan salah satu permasalahan serius yang dapat terjadi. Hal ini sering disebabkan oleh kecelakaan kapal pada jaringan pipa, kerusakan akibat atau korosi pada material pipa. Kebocoran dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan dampak negative terhadap ekosistem laut. (Putri, 2021)

## **2. Korosi**

Pipa bawah laut terpapar dengan air laut asin, yang dapat menyebabkan korosi. Korosi ini dapat memperlemah struktur pipa dan meningkatkan risiko kebocoran. Oleh karena itu, sangat penting untuk memilih pipa yang tahan korosi.

## **3. Kerusakan Akibat Bencana Alam**

Jaringan pipa bawah laut dapat rusak karena bencana seperti gempa bumi, tsunami atau letusan gunung berapi. Meskipun ancaman ini relatif kecil, namun kejadian besar dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan terhadap infrastruktur,

## **4. Longsor Dasar Laut**

Pergerakan tanah di dasar laut dapat menyebabkan pipa tertekan atau bahkan patah. Hal ini sering terjadi di daerah dengan aktivitas geologi yang tinggi. (Oceanographic, 2021)

## **5. Aktivitas Manusia**

Selain kecelakaan kapal, aktivitas manusia seperti pengeboran, penambangan dan pembangunan infrastruktur hingga jaringan pipa bawah air juga dapat menyebabkan kerusakan. Misalnya getaran dari alat berat atau laju aliran dapat mempengaruhi stabilitas jaringan pipa. (Putri, 2021)

## **6. Kondisi Lingkungan**

Perubahan suhu dan tekanan di bawah dapat mempengaruhi integritas saluran pipa. Saluran pipa yang tidak dirancang untuk tahan terhadap kondisi ekstrim dapat mengalami kerusakan. (Oceanographic, 2021)

## **7. Kecelakaan kapal**

Aktivitas maritim seperti kecelakaan kapal tanker dapat menyebabkan pipa bocor atau patah. Insiden ini sering terjadi di area yang padat lalu lintas kapal, di mana pipa migas berada dekat dengan jalur pelayaran.

## **8. Kesalahan Operasional**

Kesalahan dalam pengoperasian atau pemeliharaan pipa juga dapat menyebabkan kebocoran. Ini termasuk kesalahan dalam pengelolaan tekanan dalam pipa atau kegagalan dalam sistem deteksi kebocoran.

## **9. Material Pipa yang Tidak Memadai**

Penggunaan material yang tidak sesuai atau berkualitas rendah dalam pembuatan pipa dapat meningkatkan risiko kebocoran. Pipa harus dirancang untuk tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras di bawah laut.

## **10. Stray Current**

Dalam beberapa kasus, arus listrik yang tidak diinginkan (stray current) dapat menyebabkan kerusakan pada pipa, terutama jika pipa berada dekat dengan sumber arus listrik lainnya. Ini dapat menyebabkan korosi yang lebih cepat dan kebocoran.

## **11. Kualitas Pemasangan**

Pemasangan pipa yang tidak tepat atau tidak sesuai standar dapat menyebabkan titik lemah yang berpotensi bocor. Proses instalasi harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa pipa terpasang dengan benar.

### 1.2.6 Kebocoran Pipa Bawah Laut

Peralatan yang disebut pipa digunakan untuk memindahkan cairan karena berbagai alasan. Di rumah, kita memiliki gas untuk memasak atau air dan pemanas ruangan, dan kami memiliki pipa yang dapat menyuplai air bersih untuk penggunaan sehari-hari. Pipa biasanya mempunyai bentuk fisik yang sangat panjang karena tujuannya untuk menyalurkan cairan, dan dalam situasi tertentu, pipa ini sangat fleksibel karena panjangnya yang berlebihan. Karena itu, pipa juga rentan bocor. Kemurnian fluida dapat terpengaruh jika terjadi kebocoran karena fluida dapat merembes keluar atau bahkan ada bahan lain yang masuk ke dalam pipa. (Muhammad Drehem, 2017)

Ada beberapa penyebab kebocoran pipa. Penyebab kebocoran pipa yang paling sering terjadi adalah pemasangan yang tidak tepat atau cacat alami pada pipa itu sendiri, namun ada sejumlah penyebab tambahan juga, khususnya penggunaan dalam waktu lama tanpa perawatan yang memadai. Jelas sekali bahwa kebocoran pipa dapat mengubah tekanan internal aliran fluida. Kebocoran dapat terjadi pada jenis pipa tertentu karena faktor internal, seperti bahan, pengelasan, atau peralatan pipa yang tidak sempurna. Tentu saja, kesalahan manusia, korosi, dan bahkan bencana alam dapat dianggap sebagai penyebab eksternal. Artinya pada saat proses pembuatan harus dilakukan pengecekan kondisi pipa, terutama pada bagian dalam yang banyak mengalir fluida, untuk memastikan aliran fluida tidak terhambat dan tekanan pipa dapat tetap konstan dan pipa dalam kondisi baik. tidak mudah hancur. (Muhammad Drehem, 2017)



Gambar 1.4 Kebocoran pipa bawah laut

Sumber: <https://repository.its.ac.id/46416/7/4313100144-Undergraduate-Theses.pdf>

### 1.2.7 Konstruksi Pipa Bawah Laut

Sebelum pipa dapat dipasang di bawah air, sejumlah prosedur harus diselesaikan selama tahap pembangunan. Berikut ini adalah beberapa prosedur umum dalam membangun jaringan pipa bawah air:

#### 1. Inspeksi Pipa Bawah Laut

Dalam prosedur ini, pipa-pipa batangan yang bersumber dari pabrik akan diperiksa, dan informasi mengenai catatan pipa tersebut akan diberi

identitas, dimulai dengan nomor pipa dan sebagainya. Untuk memudahkan pelacakan, pipa akan diberi nomor seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.5.



Gambar 1.5 Inspeksi Pipa Bawah Laut

Sumber: <https://repository.its.ac.id/46416/7/4313100144-Undergraduate-Theses.pdf>

## 2. Pengelasan Pipa Bawah Laut

Pengelasan pipa bawah laut digunakan untuk menggabungkan material pipa yang satu dengan material pipa yang lain. Dalam proses ini, pipa akan dibongkar menggunakan alat yang handal dan disebut ahli dalam pengerjaannya. Pengelasan pipa didukung dengan sistem pengelasan otomatis, seperti terlihat pada gambar 1.6.



Gambar 1.6 Pengelasan pipa bawah laut

Sumber: <https://repository.its.ac.id/46416/7/4313100144-Undergraduate-Theses.pdf>

## 3. NDT Test

Pengujian pipa bawah air yang telah disambung dengan pengelasan dikenal sebagai pengujian NDT, atau pengujian non-destruktif. Untuk menentukan apakah ada cacat pengelasan, pipa akan diperiksa selama prosedur ini. Sinar gamma dan sinar-X dapat digunakan untuk NDT. Lokasi cacat

pengelasan akan ditentukan oleh temuan ini. Sebuah alat digunakan untuk memeriksa cacat pada pipa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.7. Jika cacat sudah diperbaiki, NDT perlu diulangi sampai hilang.



Gambar 1.7 Non-Destructivw Test

Sumber: <https://repository.its.ac.id/46416/7/4313100144-Undergraduate-Theses.pdf>

#### 4. Coating

Pelapis atau lapisan pelindung merupakan garis pertahanan pertama terhadap korosi pada infrastruktur pipa bawah air. Untuk membedakan pipa baja secara fisik dari lingkungan sekitarnya, yang dapat menyebabkan korosi, pelapisan diterapkan pada pipa bawah air untuk melindunginya dari pengaruh luar. Seperti terlihat pada Gambar 1.8, pelapisan dapat dilakukan dengan cat atau beton.



Gambar 1.8 Coating pada pipa bawah laut

Sumber: <https://repository.its.ac.id/46416/7/4313100144-Undergraduate-Theses.pdf>

#### 5. Proteksi Katodik

Dengan mengorbankan anoda, proteksi katodik, seperti terlihat pada Gambar 1.9, mencegah logam dari korosi. Intinya, proses kimia inilah yang

menyebabkan terjadinya karat. Pengecekan proteksi katodik secara berkala juga perlu dilakukan untuk mengetahui apakah anoda masih dapat menoleransi laju korosi.



Gambar 1.9 Proteksi katodik pada pipa bawah laut

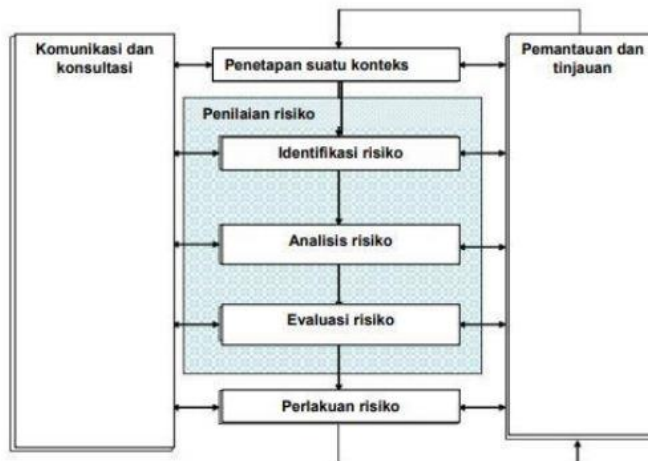
Sumber: <https://repository.its.ac.id/46416/7/4313100144-Undergraduate-Theses.pdf>

### 1.2.8 Risiko

Definisi risiko tradisional menggabungkan tiga elemen: potensi kejadian, probabilitasnya, dan potensi tingkat keparahannya. Peristiwa yang beresiko tinggi akan mempunyai probabilitas terjadinya yang tinggi dan jika terjadi maka akan menimbulkan dampak yang cukup parah. ISO 31000 mendefinisikan risiko sebagai “efek pencahayaan dari suatu tujuan” dimana efek tersebut merupakan penyimpangan negatif dari hasil yang diharapkan. Dinyatakan juga bahwa kita hidup di dunia yang tidak pasti dan selalu ada kemungkinan segala sesuatunya tidak berjalan sesuai rencana setiap kali kita mencoba mencapai suatu tujuan.

### 1.2.9 Penilaian Risiko (Risk Assessment)

Salah satu teknik untuk menentukan tingkat bahaya dan risiko yang ditimbulkan suatu objek adalah penilaian risiko. Metodologi dan teknik yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko, serta konteks proses manajemen risiko, menentukan bagaimana prosedur ini diterapkan. Biasanya, penilaian risiko dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang terkait dengan setiap insiden. Menemukan risiko dari setiap skenario yang dapat memengaruhi lingkungan, keselamatan, keamanan manusia, eksplorasi, dan proses industri merupakan langkah pertama dalam proses penilaian risiko. Kemungkinan terjadinya bahaya akan didiskusikan setelah bahaya teridentifikasi. Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi potensi hasil dari setiap bahaya.



Gambar 1.10 Konstruksi penilaian risiko untuk proses manajemen risiko

Sumber: SNI IEC/ISO 31010:2016

Proses penilaian risiko digunakan untuk menentukan semua skenario terburuk yang dapat membahayakan lingkungan, proses produksi, peralatan, dan kesehatan manusia sebagai akibat dari aktivitas teknis dan manusia.

### 1.2.10 Analisis Risiko

Ide dasar di balik proses analisis risiko adalah dengan menggunakan faktor probabilitas dan konsekuensi untuk menentukan tingkat risiko yang ada. Menentukan apakah risiko saat ini berada pada tingkat yang dapat diterima atau tidak menghambat proses operasi adalah tujuan dari analisis risiko. Menganalisis risiko melibatkan perhitungan sejauh mana potensi hasil dan mempertimbangkan langkah-langkah yang telah diambil.

### 1.2.11 Evaluasi Risiko

Membandingkan tingkat risiko yang ditentukan selama tahap analisis risiko dengan standar yang digunakan dikenal sebagai evaluasi risiko. Hasil dari penilaian risiko ini antara lain:

- a. Penjelasan mengenai tingkat signifikan bahaya.
- b. Rangkuman risiko terpenting yang memerlukan perhatian.

Ringkasan potensi kerugian sehubungan dengan factor biaya dan parameter lainnya. (Toto, 2015)

### 1.2.12 Fault Tree Analysis (FTA)

Ada banyak cara untuk menilai sejauh mana penilaian risiko kebocoran pipa bawah air. Untuk mengetahui sebab akibat dalam parameter penyelidikan, tugas akhir ini menggunakan metode penyelidikan Fault Tree (FTA). Tujuan dari analisis pohon kesalahan (FTA) adalah untuk mengungkap secara menyeluruh alasan di balik kegagalan, menunjukkan kelemahan sistem, mengevaluasi dan menyarankan keamanan dan izin untuk menentukan dampak kesalahan manusia, dan memberi peringkat kontributor kegagalan untuk menemukan peningkatan sistem yang praktis. Salah satu metode untuk menentukan dan menguji variabel-variabel yang dapat menyebabkan kejadian yang tidak menguntungkan adalah analisis pohon kesalahan,

atau FTA. Dalam konteks manajemen risiko, analisis pohon kesalahan (FTA) adalah teknik yang cocok untuk memahami bagaimana suatu sistem dapat mengalami malfungsi atau bagaimana suatu risiko dapat timbul dan apa penyebabnya. Metode ini dapat menentukan strategi yang paling efektif untuk menurunkan risiko serta variabel-variabel yang mungkin mempengaruhi suatu peristiwa risiko. Metode deduktif digunakan untuk mengidentifikasi elemen penyebab risiko, yang kemudian diurutkan secara logistik dan direpresentasikan dalam diagram pohon yang menunjukkan hubungan logistik antara komponen tersebut dengan kejadian risiko. (Nurnika, 2021)

Berikut beberapa keuntungan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA):

- Mampu mengidentifikasi penyebab kegagalan yang paling mungkin terjadi
- Memastikan fase peristiwa mana yang paling mungkin mengakibatkan kegagalan.
- Periksa factor risiko potensial sebelum kegagalan
- Memeriksa kerusakannya

Kelebihan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah:

- Mudah menjelaskan semua perbedaan ineraksi penyebab untuk menghasilkan kerugian.
- Alasan mendasar dan prosedur yang menyebabkan kerugian dapat dipahami.
- Mampu mengambil Tindakan pencegahan yang diperlukan untuk mengurangi penyebab mendasar agar kerugian yang sama tidak terulang Kembali.
- Mampu menghitung penilaian kerugian secara kualitatif dan kuantitatif.

Pada dasarnya, tabel berikut menjelaskan apa saja yang termasuk dalam *Fault Tree Analysis* (FTA):

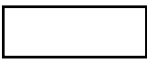
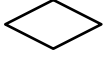
Tabel 1.1. Istilah dalam metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

| Istilah              | Keterangan                                                                                                                                                                          |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Event</b>         | Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem                                                                                        |
| <b>Top Event</b>     | Peristiwa yang dimaksudkan pada “puncak” yang akan dikaji lebih lanjut terhadap peristiwa dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan |
| <b>Logic Event</b>   | Hubungan logis antar masukan dinyatakan dalam AND dan OR                                                                                                                            |
| <b>Transfer Gate</b> | Segitiga berfungsi sebagai simbol perpindahan, menandakan bahwa penjelasan lebih rinci mengenai kejadian tersebut terdapat pada halaman yang berbeda                                |

|                          |                                                                                                       |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Undeveloped Event</b> | Peristiwa dasar yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena keterbatasan informasi               |
| <b>Basic Event</b>       | Peristiwa yang tidak terduga dianggap sebagai penyebab dasar, jadi tidak diperlukan analisis tambahan |

Pada pembuatan *Fault Tree Analysis* (FTA) ada berbagai symbol yang digunakan untuk maksud tertentu, berikut kegunaan dari symbol-simbol *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Tabel 1.4.

Tabel 1.2 Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis* (FTA)

| Simbol                                                                              | Keterangan               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|    | <i>Top Event</i>         |
|    | <i>Logic Event OR</i>    |
|    | <i>Logic Event AND</i>   |
|    | <i>Transfer Event</i>    |
|   | <i>Undeveloped Event</i> |
|  | <i>Basic Event</i>       |

### 1.2.13 Metode Urgency, Seriousness, Growth (USG)

Penetapan prioritas masalah dengan menggunakan metode *Urgency, Seriousness, Growth* (USG) melibatkan pemberian skor pada skala besar 1-5 atau 1-10. Saat menggunakan pendekatan ini, prosedur ini mempertimbangkan kedekatan masalah, tingkat keparahan, dan potensi pertumbuhan lebih lanjut.

- Urgency* (Kemendesakan Isu)  
Masalah ketersediaan waktu perlu segera diperbaiki.
- Seriousness* (Kegawatan isu)  
Ketika suatu masalah besar muncul, hal itu mungkin akan menimbulkan masalah lain yang lebih signifikan
- Growth* (Berkembangnya Isu)  
Jika masalah ini tidak ditangani atau diselesaikan, maka masalah ini bisa menjadi lebih buruk.

Tabel yang berisi kriteria evaluasi setiap aspek dapat digunakan untuk menetapkan prioritas masalah dengan menggunakan metode *Urgency, Seriousness, Growth* (USG).

Tabel penentuan prioritas permasalahan berdasarkan teknik Urgency, Seriousness, Growth (USG) disajikan di bawah ini:

Tabel 1.3 Tabel prioritas masalah metode USG

| No | Masalah   | Urgency<br>(U) | Seriousness<br>(S) | Growth<br>(G) | Total Skor | Ranking |
|----|-----------|----------------|--------------------|---------------|------------|---------|
| 1  | Masalah A | 4              | 5                  | 3             | 12         | I       |
| 2  | Masalah B | 3              | 4                  | 5             | 12         | I       |
| 3  | Masalah C | 2              | 3                  | 4             | 9          | II      |
| 4  | Masalah D | 1              | 2                  | 5             | 8          | III     |

### Penjelasan Tabel

- **Masalah** : Deskripsi singkat mengenai masalah yang dihadapi
- **Urgency (U)** : Skor untuk tingkat urgensi masalah (1-5)
- **Seriousness (S)** : Skor untuk tingkat keseriusan masalah (1-5)
- **Growth (G)** : Skor untuk potensi pertumbuhan atau perkembangan masalah (1-5)
- **Total Skor** : Hasil dari penjumlahan U, S, dan G, yang menunjukkan prioritas masalah
- **Ranking** : Urutan dari hasil penjumlahan U, S, dan G.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari permasalahan penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui penyebab kebocoran pada sistem perpipaan minyak dan gas bawah laut menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).
2. Untuk mengidentifikasi prioritas risiko apabila terjadi kebocoran pada sistem perpipaan minyak dan gas bawah laut dengan menggunakan metode *Urgency, Seriousness, Growth* (USG).
3. Mengetahui dampak dan cara mengurangi risiko kebocoran pada system perpipaan minyak dan gas bawah laut.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai alternatif atau acuan penilaian risiko terhadap metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Urgency, Seriousness, Growth* (USG).
2. Menjelaskan penyebab, akibat, dan Tindakan penanggulangan risiko apabila terjadi kebocoran system pipa minyak dan gas bawah laut.
3. Mampu memberikan informasi mengenai risiko-risiko terpenting dari permasalahan yang timbul apabila terjadi kebocoran pada system pipa minyak dan gas bawah laut.
4. Temuan penelitian ini dimaksudkan sebagai referensi dan bahan perbandingan untuk penelitian di masa mendatang.

## **BAB II**

### **METODE PENELITIAN**

#### **2.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Laboratorium Sistem Bangunan Laut, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, merupakan tempat penelitian ini dilakukan. Penelitian tersebut mulai dilaksanakan pada bulan Juni 2024 dan berlanjut hingga selesai.

#### **2.2 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah analisis data kualitatif dengan memahami resiko yang dapat terjadi pada kebocoran system perpipaan minyak dan gas bawah laut.

#### **2.3 Metode Pengumpulan Data**

Responden yang mempunyai pengalaman sebelumnya di bidang pipa minyak dan gas bawah laut diberikan kuesioner sebagai bagian dari strategi pengumpulan data penelitian. Menemukan kemungkinan risiko yang dapat mengakibatkan kebocoran pipa, peristiwa yang menyebabkan kebocoran, dampak yang mungkin timbul, dan solusi kebocoran adalah tujuan dari pengumpulan data ini.

#### **2.4 Metode Pengolahan Data**

Setelah pengumpulan data, nilai kemungkinan setiap kegagalan ditentukan oleh analisis data.

##### **2.4.1. Analisis Kualitatif**

Mengidentifikasi penyebab kebocoran atau kerusakan pipa menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Kemudian dilanjutkan dengan menghitung tingkat risiko dari masing masing masalah menggunakan metode *Urgency, Seriousness, Growth* (USG). Perhitungan probability pada setiap cut set berdasarkan data kuisisioner yang dibagikan kepada 25 responden.

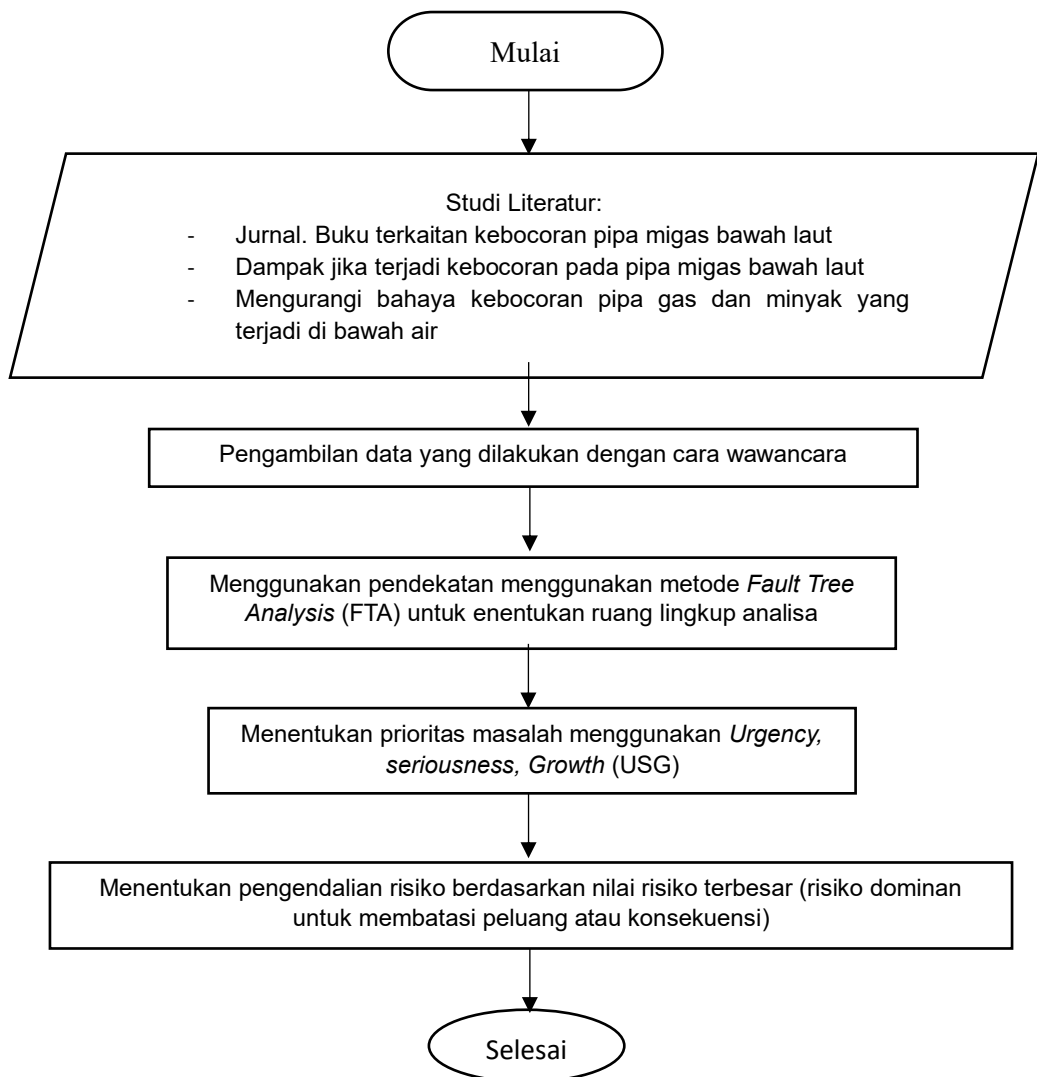
##### **2.4.2. Pembuatan dan Penyebaran Kuesioner**

Kuesioner penelitian dibuat dan disebarakan dengan langkah-langkah sebagai berikut, yang didasarkan pada pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan metode *Urgency, Seriousness, Growth* (USG):

- Untuk menyusun kuesioner mengenai risiko kebocoran dan jaringan pipa gas bawah laut, kami mengidentifikasi permasalahan yang biasa ditemukan pada sistem pipa minyak dan gas bawah laut.
- Setelah itu, masalah yang teridentifikasi diklasifikasi ke dalam kuesioner yang mencakup kategori *Urgency, Seriousness*, dan *Growth* (USG).
- Kemudian, kuesioner disebarakan menggunakan platform seperti Google Formulir dan dipromosikan di jaringan untuk menjangkau khalayak yang lebih luas.
- Setelah pengumpulan data selesai, dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang sesuai untuk memperoleh hasil penelitian.

## 2.5 Kerangka Pikir

Kerangka penelitian dibuat untuk memudahkan proses melakukan penelitian ini, seperti terlihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 kerangka pikir penelitian