

## **ANALISA TEORITIS HASIL PENGENDALIAN KOROSI PADA INSTALASI PIPA MINYAK DI PERUSAHAAN X**

**Tierza Yulia Waworundeng<sup>1)</sup> Samuel M. J. S. Tuny<sup>2)</sup>, Berthy Pelasula<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Mekanikal Migas Politeknik Negeri Ambon

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

<sup>3)</sup> Program Studi Teknik Produksi Migas Politeknik Negeri Ambon

[tierzayuliawaworundeng@gmail.com](mailto:tierzayuliawaworundeng@gmail.com), [same64tuny@gmail.com](mailto:same64tuny@gmail.com), [bertxpelasula@gmail.com](mailto:bertxpelasula@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*Corrosion in oil pipelines is a frequent problem in the upstream oil and gas industry, reducing the strength of the structure to withstand fluid pressure and causing severe damage that cannot be repaired. This study aims to determine the factors that cause corrosion, apply the coating method as corrosion control, and conduct a comparative analysis of the corrosion control methods used in the oil piping system. The results of the analysis show that environmental conditions affect the type of material to be used. The use of the right pipe material such as stainless steel or API 5L steel can help in the selection of corrosion control methods, one of which is the coating method. Thus, this research helps to improve the operational efficiency of oil pipeline installations, reduce damage, and extend the service life of pipelines. In addition, this study also aims to compare the effectiveness of the corrosion control methods applied and the materials used, so that it can provide the right recommendations to control corrosion in oil pipes using an effective coating method.*

### **ABSTRAK**

Korosi pada pipa minyak merupakan permasalahan yang sering terjadi dalam industri hulu migas, dapat mengurangi kekuatan struktur untuk menahan tekanan fluida dan menyebabkan kerusakan parah yang tidak dapat diperbaiki. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab korosi, menerapkan metode coating sebagai pengendalian korosi, dan melakukan analisis komparatif terhadap metode pengendalian korosi yang digunakan pada sistem perpipaan minyak. Hasil analisis menunjukkan bahwa keadaan lingkungan mempengaruhi jenis material yang akan digunakan. Penggunaan material pipa yang tepat seperti stainless steel atau baja API 5L dapat membantu dalam pemilihan metode pengendalian korosi, salah satunya adalah metode coating. Dengan demikian, penelitian ini membantu meningkatkan efisiensi operasional instalasi pipa minyak, mengurangi kerusakan, dan memperpanjang umur pakai pipa. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode pengendalian korosi yang diterapkan dan material yang digunakan, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang tepat untuk mengendalikan korosi pada pipa minyak dengan menggunakan metode coating yang efektif.

**Kata kunci:** Korosi, Pipa, Coating, Stainless Steel, baja API 5L

### **1. PENDAHULUAN**

Pipa penyalur adalah salah satu sarana penting dalam proses perminyakan di industri hulu migas. Dalam suatu sistem perpipaan terdiri dari pipa, pompa, sambungan, katup, penampung yang berfungsi untuk mengalirkan fluida seperti minyak, air utilitas, air pendingin dan fluida lainnya. Instalasi perpipaan dalam industri hulu migas merupakan salah satu komponen penting dari 30-35% yang ada pada komponen peralatan di kilang. Maka dari itu, keberadaan instalasi perpipaan wajib ditangani dengan baik untuk menjamin produktivitas dalam jangka waktu yang relatif lebih lama.

Salah satu permasalahan yang terjadi pada perpipaan yaitu korosi. Kerusakan akibat korosi bisa mengurangi kekuatan struktur untuk menahan tekanan fluida dan akan menyebabkan kerusakan parah yang tidak dapat diperbaiki, sehingga tidak berfungsi lagi. Pengendalian korosi pada pipa bisa menggunakan beberapa metode, salah satu metode yang bisa digunakan yaitu metode pelapisan atau coating. Pelapisan ini bertujuan untuk melindungi permukaan pipa dari korosi. Dalam proses ini, lapisan pelindung ditempatkan di antara lingkungan yang korosif dan permukaan baja pipa. Lapisan ini dirancang untuk membuat pipa lebih tahan lama dengan memberikan perlindungan terhadap kelembaban, abrasi, dan reaksi kimia.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan pengendalian korosi pada sistem perpipaan berdasarkan metode coating?
2. Bagaimana melakukan analisa komparatif terhadap korosi yang terjadi pada sistem perpipaan minyak?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana penerapan metode coating.
2. Mengetahui bagaimana melakukan analisa komparatif terhadap korosi yang terjadi pada sistem perpipaan minyak.

Dengan melakukan penelitian metode pengendalian korosi yang paling efektif dan efisien, perusahaan migas dapat meningkatkan efektifitas operasional instalasi pipa, mengurangi kerusakan, dan memperpanjang umur pakai pipa. Serta perusahaan migas bisa lebih efisien dalam mengurangi biaya perawatan dan perbaikan pipa akibat korosi.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengertian Korosi**

Korosi merupakan peristiwa alami di mana material secara bertahap rusak akibat reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya. Reaksi ini melibatkan pertukaran elektron yang menyebabkan atom-atom logam bereaksi dengan zat-zat di sekitar mereka, membentuk senyawa baru yang umumnya lebih lemah dan rapuh. Akibatnya, kekuatan dan ketahanan logam terhadap kerusakan berkurang. Korosi dapat terjadi secara merata di seluruh permukaan logam atau hanya pada bagian tertentu, membentuk lubang atau retakan. Faktor-faktor seperti jenis logam, kondisi lingkungan (kelembaban, suhu, keberadaan zat kimia), dan tekanan mekanik dapat mempengaruhi laju korosi. Misalnya, pipa besi yang tertanam di tanah cenderung lebih cepat berkarat karena adanya kelembaban tanah dan zat-zat kimia di dalamnya. Berdasarkan bentuk dan lokasi kerusakannya, korosi dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti korosi merata, korosi sumuran (lubang-lubang kecil), dan korosi galvanik (terjadi saat dua logam berbeda bersentuhan). Untuk mencegah atau memperlambat korosi, berbagai metode perlindungan dapat diterapkan, seperti pelapisan logam dengan cat atau bahan anti karat, penggunaan logam tahan karat, dan perlindungan katodik.

### **2.2 Faktor – faktor Penyebab Korosi**

1. Kelembaban Udara  
Udara yang lembap mempercepat korosi karena air yang terkandung di dalamnya berperan sebagai penghantar listrik (elektrolit) yang sangat baik. Ketika air menempel pada permukaan logam, akan memungkinkan terjadinya reaksi kimia antara logam dan oksigen di udara, sehingga terbentuk karat.
2. Oksigen  
Oksigen adalah unsur yang sangat reaktif dan selalu berusaha untuk bereaksi dengan logam. Ketika logam bereaksi dengan oksigen, terbentuk lapisan oksida logam yang rapuh dan mudah mengelupas. Lapisan oksida ini terus tumbuh dan merusak struktur logam dari dalam.
3. Tingkat Keasaman (pH)  
Dalam lingkungan yang ekstrem, baik terlalu asam maupun basa, dapat mempercepat korosi. Baik asam maupun basa dapat merusak lapisan pelindung alami pada logam dan membuat logam lebih mudah bereaksi dengan lingkungan sekitarnya.
4. Garam  
Garam, seperti garam dapur (NaCl), dapat meningkatkan laju korosi dengan cara membuat air menjadi lebih konduktif. Air yang mengandung garam akan lebih mudah menghantarkan arus listrik, sehingga reaksi kimia yang menyebabkan korosi berlangsung lebih cepat.
5. Suhu  
Suhu yang tinggi akan mempercepat pergerakan atom dan molekul, sehingga reaksi kimia yang menyebabkan korosi juga akan berlangsung lebih cepat. Suhu dapat menjadi pemicu yang membuat reaksi kimia berjalan lebih cepat.

### **2.3 Material Pipa Yang Tahan Korosi**

#### **1. Pipa Baja Karbon**

Pipa baja karbon merupakan jenis pipa yang sangat populer di berbagai industri karena kekuatan dan ketahanannya yang tinggi. Terbuat dari paduan besi dengan kandungan karbon bervariasi, pipa ini mampu menahan suhu ekstrem dan tekanan besar sehingga ideal untuk mengalirkan berbagai jenis fluida. Pipa ini adalah jenis pipa yang terbuat dari paduan besi dengan kandungan karbon yang bervariasi, biasanya antara 0,05% hingga 0,30%. Kandungan karbon memberikan kekuatan dan kekerasan pada pipa, sementara unsur lain seperti mangan dan silikon meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Fleksibilitas sifat mekanik pipa baja karbon dapat diatur dengan mengendalikan jumlah kandungan karbonnya. Berkat sifat-sifat unggulnya ini, pipa baja karbon menjadi pilihan utama dalam industri minyak dan gas, konstruksi, serta berbagai aplikasi industri lainnya.

#### **2. *Stainles Steel***

Stainless steel adalah jenis baja khusus yang memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap karat atau korosi. Keistimewaan ini didapat dari kandungan kromium yang tinggi dalam komposisinya. Ketika stainless steel terpapar udara, kromium di permukaannya akan bereaksi dengan oksigen membentuk lapisan tipis oksida kromium. Lapisan ini bertindak seperti perisai yang melindungi baja di dalamnya dari serangan korosi. Lapisan oksida ini sangat stabil dan sulit ditembus oleh zat-zat lain, sehingga stainless steel dapat bertahan lama tanpa mengalami kerusakan akibat korosi.

Untuk meningkatkan ketahanan terhadap karat, jumlah kromium pada stainless steel biasanya ditingkatkan hingga mencapai kisaran 13% hingga 26%. Selain kromium, unsur-unsur lain seperti nikel, karbon, dan mangan juga sering ditambahkan untuk memberikan sifat-sifat khusus pada stainless steel. Misalnya, nikel dapat meningkatkan keuletan dan ketahanan terhadap suhu rendah, sedangkan karbon dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan. Salah satu kelebihan stainless steel adalah kemampuannya untuk membentuk kembali lapisan oksida pelindung jika terjadi goresan atau kerusakan permukaan. Proses ini disebut pasivasi. Dengan kata lain, stainless steel memiliki kemampuan untuk memperbaiki dirinya sendiri.

## **2.4 Jenis-Jenis Korosi Pada Pipa Penyalur Minyak Bumi**

### **1. *Pitting Corrosion***

Korosi pitting adalah kerusakan logam yang diawali oleh serangan korosif terkonsentrasi pada titik-titik tertentu, membentuk lubang-lubang kecil yang dapat membesar seiring waktu. Proses ini dipercepat oleh faktor-faktor seperti komposisi logam, lingkungan korosif, stres mekanis, dan kecepatan aliran fluida. Lubang-lubang kecil ini dapat melemahkan struktur logam dan sulit dideteksi pada tahap awal, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan yang parah dan biaya perbaikan yang tinggi.

Untuk mencegah korosi pitting, pemilihan material yang tepat, pelapisan permukaan, penggunaan inhibitor korosi, kontrol lingkungan, dan inspeksi rutin sangat penting.



(Sumber: Denni,1992)

**Gambar 1 Pitting Corrosion**

### **2. *Erosion-Corrosion***

Korosi erosi terjadi ketika keausan pada permukaan logam menciptakan bagian-bagian yang tajam dan kasar, sehingga lebih rentan terhadap serangan korosif. Kecepatan aliran fluida yang tinggi memperparah kondisi ini dengan mengikis lapisan pelindung pada logam. Proses ini umumnya terjadi pada komponen seperti pipa atau propeler yang terus-menerus terpapar fluida korosif. Untuk mencegah korosi erosi, pemilihan material yang homogen, penggunaan lapisan pelindung yang tahan terhadap keausan, serta penambahan zat penghambat korosi merupakan langkah-langkah yang penting.



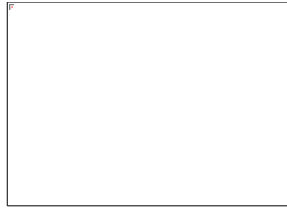
(Sumber: Fontana,1986)

**Gambar 2 Erosion - Corrosion**

### **3. *Uniform Corrosion***

Korosi seragam merupakan salah satu korosi yang paling umum terjadi, dicirikan oleh serangan elektrokimia atau kimia yang merata pada seluruh permukaan logam yang terpapar. Proses ini mengakibatkan penurunan ketebalan material secara konsisten, tanpa adanya konsentrasi serangan pada area tertentu. Contoh sederhana adalah karat pada baja ringan yang terpapar atmosfer, di mana seluruh permukaan mengalami pelapukan secara merata. Penting untuk dicatat bahwa dalam Uniform Corrosion, serangan korosif terdistribusi secara merata, menghasilkan pengurangan ketebalan logam secara konsisten di semua bagian yang terpapar. Untuk mencegah korosi seragam, upaya perlindungan

seperti pelapisan atau penggunaan inhibitor korosi secara menyeluruh pada permukaan logam sangatlah penting.



(Sumber: Fontana, 1986)

**Gambar 3 Uniform Corrosion**

#### **4. Korosi Crevice**

Kerusakan logam terkonsentrasi pada celah-celah sempit disebut korosi celah. Prosesnya dimulai dengan korosi biasa di permukaan logam, baik di dalam maupun di luar celah. Namun, ketika habisnya oksigen di dalam celah, sementara di bagian luar masih ada, terjadi perbedaan potensial listrik sehingga bagian dalam celah menjadi lebih mudah terkorosi. Akibatnya, terbentuklah lubang-lubang kecil yang dapat merusak struktur secara signifikan, meskipun dari luar terlihat baik-baik saja. Korosi celah sering ditemukan pada sambungan yang tidak rapat, seperti sambungan las yang kurang sempurna, gasket yang bocor, atau tempat berkumpulnya kotoran.

#### **5. Stress Corrosion Cracking**

Korosi retak lelah (*corrosion fatigue cracking*) dan korosi akibat pengaruh hidrogen (*corrosion-induced hydrogen*) adalah dua jenis kerusakan material yang melibatkan kombinasi antara beban mekanik dan lingkungan korosif. Retak tegang terjadi ketika material yang sedang mengalami tegangan tarik statis terpapar lingkungan yang dapat menyebabkan retak, seperti baja tahan karat dalam larutan klorida panas.

Retak lelah terjadi akibat beban yang berulang-ulang, yang mempercepat pertumbuhan retak pada material yang telah terpapar lingkungan korosif. Sementara itu, retak akibat hidrogen terjadi ketika atom hidrogen berdifusi ke dalam material dan menyebabkan retak, terutama pada daerah dengan tegangan tinggi." Fenomena ini dapat menyebabkan keretakan dan kelemahan struktural pada material logam.



(Sumber: Azom, 2001)

**Gambar 4 Stress Corrosion Cracking**

## **2.5 Pencegahan Korosi**

Pencegahan korosi bertujuan untuk mengurangi atau mencegah terjadinya korosi pada pipa. Upaya pencegahan ini dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu pencegahan internal dan pencegahan eksternal. Pencegahan ini ditujukan untuk meminimalisir dampak korosi yang dapat merugikan sistem perpipaan.

### **2.5.1 Pencegahan Internal**

#### **Pemakaian bahan kimia**

Dalam upaya untuk memperlambat reaksi korosi pada logam, digunakan bahan kimia yang dikenal sebagai inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah zat kimia yang digunakan untuk memperlambat atau bahkan menghentikan proses perkaratan pada logam. Zat ini bekerja dengan cara melapisi permukaan logam dengan lapisan pelindung yang kuat. Lapisan pelindung ini terbentuk dari molekul-molekul inhibitor yang melekat sangat erat pada permukaan logam melalui ikatan kimia. Adanya lapisan ini akan menghalangi

kontak langsung antara logam dengan udara atau zat lain yang dapat menyebabkan korosi, sehingga memperlambat atau menghentikan reaksi kimia penyebab karat. Dengan demikian, penggunaan inhibitor korosi dapat memperpanjang umur pakai logam dan mengurangi biaya perawatan.

#### **Pigging**

Pigging adalah proses pembersihan internal pipa menggunakan alat khusus untuk menghilangkan kontaminan seperti air dan kondensat yang dapat menyebabkan korosi. Proses pigging dilakukan dengan memasukkan pig ke dalam pipa, dan pig ini didorong melalui pipa oleh aliran gas yang ada dalam sistem. Pipa alir atau flowline secara berkala dibersihkan dengan menggunakan pig untuk menghindari akumulasi air atau kondensat yang dapat memicu proses korosi. Pigging yang digunakan umumnya terbuat dari karet keras dan pig dimasukkan melalui pipa peluncur khusus. Setelah melakukan perjalanan di dalam pipa, pig keluar melalui pipa pig receiver yang biasanya terpasang secara permanen pada suatu instalasi. Metode ini memungkinkan pembersihan yang efisien dan dapat dilakukan tanpa menghentikan operasi produksi secara keseluruhan. Pig yang digunakan dalam proses pigging dapat memiliki variasi fitur, beberapa di antaranya dilengkapi dengan roller dan pisau-pisau pembersih. Pig yang canggih bahkan dilengkapi dengan detector untuk memantau pergerakan pig di dalam pipa, sehingga dapat diketahui sejauh mana pig telah bergerak. Pigging bukan hanya memberikan manfaat dalam pencegahan korosi dengan membersihkan sisa air atau kondensat, tetapi juga membantu memelihara kebersihan dan kinerja optimal sistem pipa. Metode ini menjadi pilihan yang efektif untuk menjaga integritas pipa dan mencegah terjadinya masalah korosi yang dapat merugikan sistem.

### **2.5.2 Pencegahan korosi secara eksternal**

#### **2.5.2.1 Coating (Pelapisan)**

Pelapisan adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk mengatasi korosi. Pasalnya, pelapisan tersebut terbukti sangat hemat dan efisien. Pelapisan merupakan suatu proses perlindungan dengan cara membuat lapisan tipis antara permukaan suatu bahan dengan bagian luar atau lingkungannya. Memilih jenis pelapis yang tepat adalah kunci dari pelapisan itu sendiri. Hal ini tidak hanya baik untuk ketahanan dan umur panjang cat, tetapi juga baik untuk pertimbangan lain seperti kemudahan perawatan di kemudian hari.

##### **Komposisi Cat**

Cat adalah suatu campuran kompleks yang terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berinteraksi untuk membentuk lapisan pelindung pada permukaan. Bahan pengikat berperan sebagai perekat yang mengikat partikel warna (pigmen) dan bahan tambahan lainnya. Pigmen memberikan warna pada cat. Bahan pelarut berfungsi mengencerkan cat dan menguap saat cat mengering, memungkinkan bahan pengikat membentuk jaringan solid. Bahan pengisi (extender) membantu meningkatkan volume dan memberikan sifat-sifat tertentu pada cat, sementara aditif ditambahkan untuk memberikan sifat khusus seperti daya tahan terhadap cuaca atau jamur. Ketika diaplikasikan, cat akan membentuk lapisan tipis yang menempel kuat pada permukaan, melindungi bahan di bawahnya dari kerusakan fisik dan kimia.

##### **Binder (bahan pengikat)**

Bahan pengikat merupakan komponen kunci dalam cat yang berfungsi menyatukan semua komponen cat dan membentuk lapisan yang solid pada permukaan. Ikatan kuat antara bahan pengikat dengan permukaan ini sangat penting untuk memastikan daya tahan cat terhadap berbagai faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu ekstrem, dan zat kimia. Selain itu, bahan pengikat juga bertindak sebagai penghalang yang melindungi permukaan dari kerusakan, seperti korosi atau pelapukan. Pemilihan bahan pengikat yang tepat akan sangat mempengaruhi kinerja dan daya tahan cat:

##### **a. Epoxy**

*Epoxy resin*, atau yang sering kita sebut epoksi, adalah jenis plastik khusus yang sangat kuat dan tahan lama. Bahan ini tidak mudah berkarat atau rusak oleh zat kimia, serta cukup ringan dan harganya terjangkau. Karena sifat-sifat yang menguntungkan ini, epoksi sering digunakan sebagai lapisan pelindung pada logam. *Epoxy* dibuat melalui proses kimia khusus yang disebut polimerisasi kondensasi. Proses ini mengubah bahan dasar epoxy menjadi plastik yang sangat kuat dan tidak bisa dibentuk ulang setelah mengering. *Epoxy* memiliki banyak kegunaan, antara lain sebagai lem yang sangat kuat, lapisan pelindung pada permukaan benda, dan bahan dasar untuk membuat material komposit yang ringan namun sangat kuat. *Epoxy* sering digunakan dalam berbagai industri, seperti otomotif, penerbangan, dan elektronik, karena memiliki sifat-sifat yang sangat baik, seperti tahan terhadap panas, listrik, dan tekanan.

##### **b. Polyurethane**

*Polyurethane* adalah jenis plastik yang mudah dibentuk dan sering digunakan sebagai lapisan paling luar dalam metode pelapisan yang terdiri dari tiga lapisan. Lapisan polietilen ini memiliki

beberapa sifat khusus yang sangat penting. a) Memiliki adhesi yang sangat baik, b) Mempunyai sifat mekanik yang unggul, c) Stabilitas termalnya sangat tinggi, d) Tahan terhadap penetrasi, e) Resistensi terhadap radiasi UV sangat baik.

**c. Polypropylene**

Sejak diperkenalkan pada tahun 1957, polipropilen telah menjadi bahan yang sangat populer di berbagai industri berkat fleksibilitas, kekuatan mekanik yang tinggi, dan harga yang ekonomis. Sifat-sifat unggul ini telah mendorong penggunaan *Polypropylene* dalam berbagai aplikasi, mulai dari komponen otomotif seperti bumper dan dasbor, hingga produk konsumen sehari-hari seperti kemasan dan serat. Ketahanannya terhadap suhu ekstrem, bahan kimia, dan keausan, serta kemampuannya dibentuk menjadi berbagai bentuk, telah mengukuhkan posisi *Polypropylene* sebagai salah satu polimer paling serbaguna dan banyak digunakan di dunia. Keunggulan *Polypropylene* yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi ini adalah kemampuannya untuk menahan suhu tinggi dan sifat-sifat lainnya yang tidak dimiliki oleh bahan pelapis lainnya. Salah satu contoh penerapan polipropilen yang paling umum adalah pada pelapisan pipa yang beroperasi dalam kondisi suhu tinggi.

### **3. METODOLOGI**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian untuk pengendalian terhadap korosi yang terjadi pada instalasi pipa minyak di Perusahaan Hulu Migas.

#### **3.2 Metode Penelitian**

##### **1. Metode Studi Literature**

Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan informasi dari berbagai sumber bacaan yang relevan dengan topik penelitian. Sumber bacaan ini bisa berupa buku, jurnal ilmiah, artikel, laporan penelitian, dokumen resmi, dan sumber-sumber digital lainnya.

##### **2. Metode Studi Lapangan**

Metode penelitian ini dilakukan langsung di lokasi atau tempat terjadinya suatu peristiwa atau fenomena yang ingin diteliti. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data secara langsung dari sumber aslinya, sehingga data yang diperoleh lebih akurat dan relevan karena di dampingi langsung oleh operator Perusahaan Industri Hulu Migas.

#### **3.3 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan dalam jangka waktu satu minggu selama proses magang berlangsung. Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2024 dan bertempat di Perusahaan Industri Hulu Migas.

#### **3.4 Operasional Variabel**

1. Variabel Bebas: Metode Pengendalian Korosi Coating
2. Variabel Terikat: Korosi

#### **3.5 Teknik Pengumpulan Data**

Untuk mendapatkan data yang akurat dari penelitian ini, maka diperlukan teori berupa informasi dan keterangan data-data akurat sebagai landasan penulisan dan penyusunannya. Data tersebut diperoleh dengan metode sebagai berikut:

1. Metode Pengamatan Tidak Langsung : Metode ini melakukan pengamatan secara tidak langsung yaitu teori berupa informasi dan keterangan yang di dapat dari buku dan internet.
2. Metode Wawancara (*interview method*) : Mengajukan pertanyaan pada staf ahli dan pegawai dari Perusahaan Industri Hulu Migas.
3. Metode Studi Literatur/kepustakaan (*Library Methode*) : Mempelajari manual book dari perpustakaan perusahaan Hulu Migas, prosedur atau sumber-sumber referensi lain yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas

#### **3.6 Teknik Pengolahan Data**

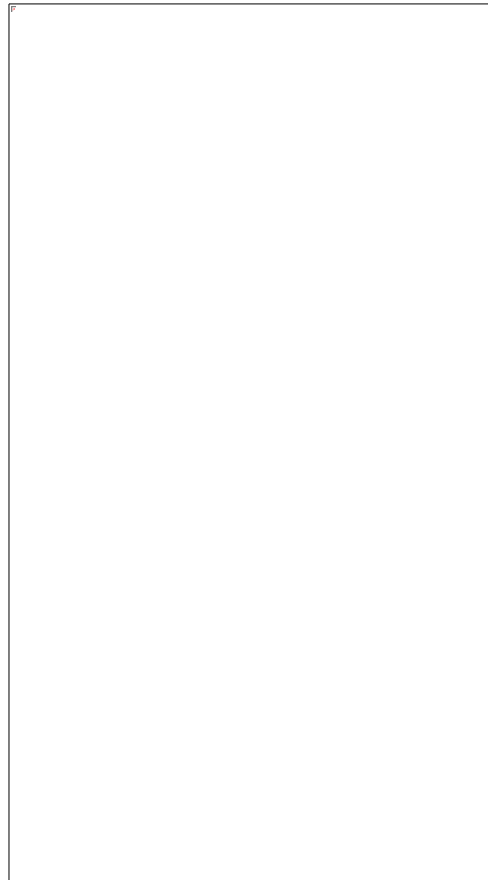
Teknik pengolahan data adalah mengumpulkan data melalui referensi jurnal yang permasalahannya terkait dengan judul penelitian skripsi.

#### **3.7 Tahapan Penelitian**

1. Mempelajari jurnal ilmiah dan mendalami permasalahan yang ditelitinya.
2. Mengambil intisari dari hasil penelitian dan melakukan kajian ilmiah untuk menentukan korelasi yang terkait dengan permasalahan yang akan diteliti.

3. Membuat kesimpulan dari data yang dihimpun sebagai jawaban terhadap permasalahan yang diteliti.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 4 Alir Penelitian**

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

**Tabel 1. Spesifikasi Pipa Stainles Steel**

| Kategori              | Data               |
|-----------------------|--------------------|
| Ukuran Pipa           | 12 Inch = 30.48 cm |
| Panjang Pipa          | 6 meter = 6000 mm  |
| Diamater Luar (OD)    | 323,86 mm          |
| Tebal Pipa            | 4,57 mm            |
| Standar               | ASTM A 312         |
| Bahan                 | Seri 316           |
| Jenis Proteksi Korosi | Coating            |

Tabel di atas adalah data pipa yang digunakan pada perusahaan X pada perusahaan ini menggunakan pipa stainless steel seri 316 untuk mengalirkan fluida minyak.

### 4.2 Metode pengendalian Korosi

Korosi dapat dikendalikan dengan berbagai cara salah satunya yaitu menggunakan metode coating. Coating atau pelapisan adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk mengatasi korosi. Pasalnya, pelapisan tersebut

terbukti sangat hemat dan efisien. Pelapisan merupakan suatu proses perlindungan dengan cara membuat lapisan tipis antara permukaan suatu bahan dengan bagian luar atau lingkungannya. Memilih jenis pelapis yang tepat adalah kunci dari pelapisan itu sendiri. Hal ini tidak hanya baik untuk ketahanan dan umur panjang cat, tetapi juga baik untuk pertimbangan lain seperti kemudahan perawatan di kemudian hari.

#### **4.2.1 Pemilihan Bahan Cat Coating**

Di dalam melakukan coating. Perusahaan ini menggunakan Cat Jotun Marathon 550 Komponen A dan Cat Jotun Marathon 550 Komponen B. Jotun Marathon 550 adalah epoxy coating dua komponen yang dirancang untuk lingkungan dengan korosivitas tinggi. Produk ini dapat digunakan sebagai primer, mid coat, atau top coat dalam sistem coating tunggal atau berlapis pada lingkungan atmosferik dan terendam. Cocok untuk substrat baja karbon, baja galvanis, baja tahan karat, aluminium, dan beton yang telah dipersiapkan dengan baik. Produk ini juga tahan terhadap disbonding katodik dan sesuai untuk digunakan di zona percikan atau pasang surut. Kandungan didalam Cat Jotun ini yaitu Epoxy adalah bahan coating yang sangat disarankan untuk pipa migas karena sifatnya yang keras, kokoh, dan memiliki adhesi tinggi. Epoxy coating tahan terhadap air, sinar UV, dan reaksi organik seperti jamur atau lumut, menjadikannya pilihan yang ideal untuk melindungi pipa dari korosi. Keuntungan menggunakan cat Jotun Marathon 550 Komponen A dan B untuk coating dalam aplikasi industri, khususnya di sektor minyak dan gas.

#### **Standarisasi Cat Jotun Marathon 550**

Jotun Marathon 550 telah memenuhi persyaratan NORSOK M-501, yang menjadikannya pilihan yang sesuai untuk aplikasi di lingkungan korosif tinggi seperti zona percikan atau pasang surut.

NORSOK M-501 adalah standar yang digunakan dalam industri minyak dan gas untuk spesifikasi coating, khususnya untuk perlindungan struktur baja di lingkungan lepas pantai. Standar ini bertujuan untuk memastikan perlindungan korosi yang optimal, mengurangi biaya seumur hidup dari instalasi lepas pantai, meminimalkan risiko kesehatan dan keselamatan, serta mengurangi dampak lingkungan

#### **4.2.2 Proses Coating**

Metode coating yang digunakan untuk proses perawatan Pipa Stainless Steel dilakukan dalam 2 tahapan.

##### **1. Brushing Pipa dari karatan**

Brushing pada pipa karatan sebagai langkah awal dalam pemeliharaan pipa yang berfungsi untuk menghilangkan karat, meningkatkan perekat untuk pelapisan atau cat, mencegah penyebaran korosi, memperpanjang umur pipa, mempermudah inspeksi, mengurangi risiko kebocoran, dan mempersiapkan pipa untuk perawatan lanjutan. Proses ini adalah tahap penting ketika memulai perawatan pada pipa agar tahap selanjutnya lebih efektif.

##### **2. Melakukan Pengecatan dengan menggunakan 2 lapisan Cat**

Proses pengecatan dengan menggunakan dua lapisan cat melibatkan beberapa langkah penting untuk memastikan hasil yang berkualitas dan tahan lama. Berikut adalah langkah-langkah dilakukan dalam proses tersebut:

**A) Persiapan Alat dan Bahan:** 1) Bahan: menggunakan Jotun Marathon 550 Komponen A untuk lapisan pertama dan Jotun Marathon 550 Komponen B untuk lapisan kedua. Selanjutnya Pelarut seperti Jotun Thinner No 17 diperlukan untuk menyesuaikan viskositas cat. 2) Alat: Kuas atau Spray digunakan untuk aplikasi cat. Petugas juga memakai perlengkapan perlindungan diri seperti helm, masker, sarung tangan, dan pakaian pelindung untuk keselamatan pekerja.

**B) Pelapisan Pertama:** 1) Persiapan Permukaan: Pastikan permukaan pipa telah dipersiapkan dengan baik, bebas dari karat, debu, dan minyak. Ini penting untuk memastikan adhesi cat yang optimal. 2) Aplikasi: Aplikasikan Jotun Marathon 550 Komponen A secara merata menggunakan kuas atau sprayer. Pastikan untuk mengikuti spesifikasi ketebalan yang dianjurkan oleh produsen.

**C) Waktu Pengeringan:** Biarkan lapisan pertama mengering sepenuhnya sebelum melanjutkan ke lapisan kedua. Waktu pengeringan yang disarankan antara lapisan pertama dan kedua adalah sekitar 6 jam pada suhu 20°C.

**D) Pelapisan Kedua:** Aplikasikan Jotun Marathon 550 Komponen B setelah lapisan pertama mengering sepenuhnya. Gunakan kuas atau sprayer dan pastikan ketebalan lapisan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

**E) Pemeriksaan Akhir:** Setelah kedua lapisan diaplikasikan dan mengering, lakukan pemeriksaan akhir untuk memastikan tidak ada area yang terlewat dan kualitas coating sesuai dengan standar yang ditetapkan. Ini penting untuk memastikan bahwa coating memberikan perlindungan yang diinginkan terhadap korosi dan kerusakan lainnya.

#### **4.3 Analisa Komparatif**

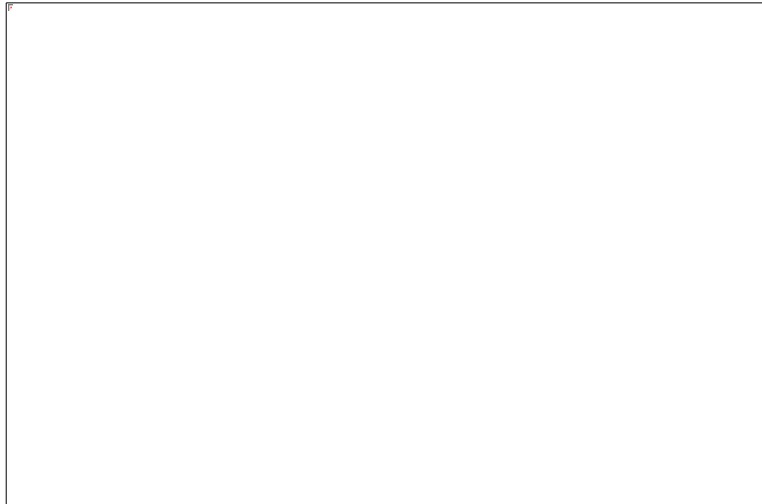
Sebagai data pembanding, peneliti menggunakan Laporan Tugas Akhir yang berjudul 'Analisis Efektivitas Polyethylene dan Polypropylene sebagai Top Coat pada Metode Pelapisan 3 Layer Coating terhadap Ketahanan



Korosi Baja API 5L Grade B'. Data ini di gunakan sebagai pembanding karena menggunakan metode pengendalian korosi yang sama yaitu coating. Pada data ini menggunakan material pipa baja API 5 L Grade B.

#### **4.3.1 Komposisi Penyusun**

**Tabel 2 Perbandingan Komposisi Penyusun**

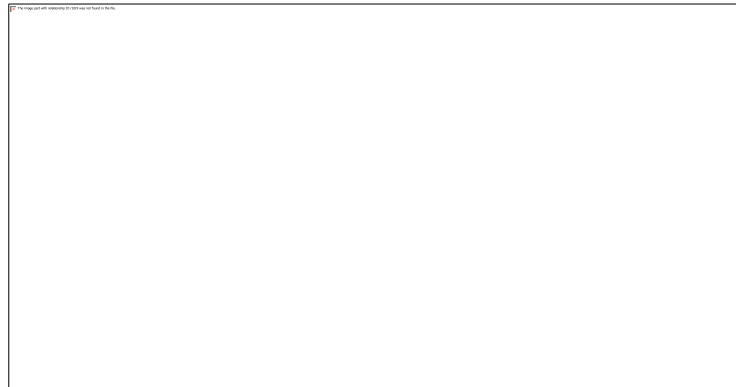


Analisis komposisi kimia pada tabel menunjukkan bahwa pipa *stainless steel* memiliki keunggulan signifikan dalam hal ketahanan korosi dibandingkan dengan pipa baja API 5L. Kandungan kromium yang tinggi, khususnya pada tingkat 18%, berperan krusial dalam membentuk lapisan pasif oksida kromium ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) yang sangat adhesif dan rapat pada permukaan logam. Lapisan pasif ini bertindak sebagai penghalang fisik yang efektif, mencegah kontak langsung antara logam dasar dengan lingkungan korosif dan menghambat reaksi elektrokimia yang menyebabkan korosi. Selain kromium, keberadaan nikel (Ni) dan molibdenum (Mo) juga berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan korosi. Nikel meningkatkan kekompakan lapisan pasif dan memperluas rentang pH di mana lapisan pasif tetap stabil.

Sementara itu, molibdenum meningkatkan ketahanan terhadap korosi pitting dan celah. Kombinasi berbagai unsur dalam *stainless steel* bekerja sama dengan sangat baik untuk melindungi pipa dari berbagai macam kerusakan akibat korosi, seperti karat biasa, lubang-lubang kecil (pitting), dan kerusakan akibat tegangan. Dengan kata lain, ketahanan terhadap karat sudah menjadi sifat alami dari *stainless steel*, berbeda dengan pipa baja biasa yang perlu dilapisi tambahan untuk mencegah karat. Meskipun pipa baja API 5 L tidak memiliki kandungan kromium dan molybdenum seperti pipa *stainless steel* seri 316, pipa API 5L Grade B masih memiliki tahanan korosi yang relatif baik karena komposisi kimia yang dimiliki seperti kandungan karbon, mangan, belerang dan vanadium sebagai bahan pelindung tahan korosi. Namun, tahanan korosinya tidak sebaik pipa *stainless steel* seri 316 yang memiliki kandungan kromium dan molybdenum yang tinggi.

#### **4.3.2 Penggunaan Metode Coating**

**Tabel 3 Penggunaan Metode Coating**



Dari tabel di atas menunjukkan bahwa meskipun kedua jenis pipa, stainless steel dan baja API 5L sama-sama dilapisi dengan multi-layer coating yang menggunakan epoxy, kinerja perlindungan terhadap korosi sangat berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh komposisi dasar material kedua pipa tersebut. Stainless steel memiliki kandungan kromium, nikel, dan molibdenum yang lebih tinggi, elemen-elemen ini membentuk lapisan pasif yang sangat efektif dalam mencegah korosi. Sebaliknya, baja API 5L yang merupakan baja karbon rendah, lebih rentan terhadap korosi meskipun telah dilapisi. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan korosi suatu material tidak hanya ditentukan oleh lapisan pelindung, tetapi juga oleh sifat alami material itu sendiri.

#### **4.3.3 Perbandingan Dua Data**

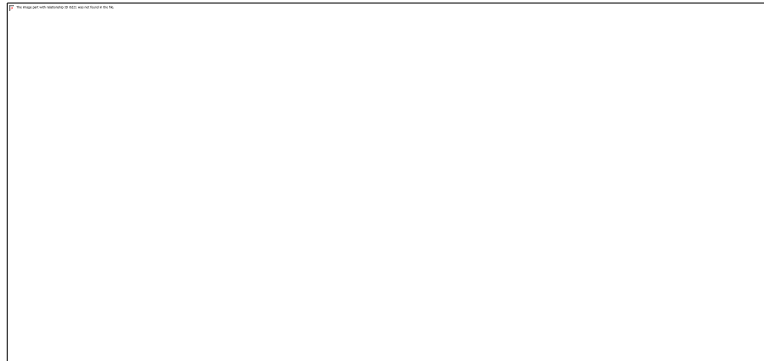
**Tabel 4 Perbandingan Data**

Analisis komparatif terhadap data-data di atas menunjukkan bahwa stainless steel seri 316, karena adanya kandungan kromium, nikel, dan molibdenum yang signifikan sehingga memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik. Pembentukan lapisan pasif oksida kromium ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) yang rapat dan adhesif pada permukaan logam memberikan perlindungan alami terhadap berbagai jenis serangan korosi. Meskipun demikian, penerapan lapisan multi-layer coating dengan epoxy tambahan pada stainless steel 316 dapat memberikan perlindungan ekstra terhadap bahan kimia tertentu dan abrasi mekanis, sehingga memperpanjang umur pakai komponen dalam kondisi operasi yang lebih ekstrem. Sebaliknya, baja karbon rendah seperti API 5L Grade B, dengan kandungan paduan yang lebih rendah, memiliki kecenderungan yang lebih tinggi untuk mengalami korosi. Oleh karena itu, penggunaan lapisan pelindung multi-layer yang lebih kompleks menjadi suatu keharusan untuk mengatasi kelemahan intrinsik material ini.

Oleh karena itu peneliti sebelumnya pada data laporan tugas akhir pada data ini telah berhasil menunjukkan bahwa kombinasi lapisan epoxy, adhesive, polyethylene dan polypropylene sebagai top coat pada pipa baja API 5L Grade B memberikan perlindungan yang komprehensif terhadap korosi, abrasi, dan dampak lingkungan lainnya. Lapisan epoxy bertindak sebagai penghalang primer yang mencegah kontak langsung antara logam dasar dengan lingkungan korosif, sementara lapisan adhesive meningkatkan daya rekat antar lapisan, dan lapisan polyethylene dan polypropylene memberikan perlindungan fisik tambahan. Kombinasi ini sangat efektif dalam melindungi pipa yang digunakan untuk transportasi minyak, di mana pipa terpapar berbagai jenis bahan kimia dan kondisi lingkungan yang keras. Meskipun stainless steel seri 316 secara alami lebih tahan korosi, penggunaan lapisan epoxy tambahan tetap memberikan manfaat tambahan dalam aplikasi tertentu. Namun, untuk aplikasi yang tidak terlalu kritis, lapisan epoxy tunggal pada stainless steel 316 umumnya sudah cukup untuk memenuhi persyaratan ketahanan korosi.

#### **4.5 Analisa Finansial**

**Tabel 5 Pembanding Finansial**



Berdasarkan data tabel di atas, pipa baja API 5L memiliki perkiraan usia pakai sekitar 50 tahun (Sumber: eastern-steels.com), sedangkan pipa stainless steel dapat mencapai 100 tahun (Sumber: nickelinstitute). Umur pakai pipa sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama: lingkungan dan perawatan. Lingkungan tempat pipa terpasang, seperti tingkat korosivitas dan suhu, akan sangat menentukan laju degradasi material. Sementara itu, perawatan rutin seperti pembersihan dan inspeksi berkala akan membantu menjaga kondisi pipa agar tetap optimal. Pipa stainless steel seri 316, meskipun memiliki biaya awal yang lebih tinggi, menawarkan umur pakai yang lebih panjang berkat kandungan kromium dan nikel yang memberikan ketahanan korosi yang sangat baik. Namun, jika tidak dirawat dengan benar, pipa stainless steel pun dapat mengalami korosi dan penurunan kualitas. Sebaliknya, pipa baja API 5L yang dirawat secara tepat juga dapat memiliki umur pakai yang cukup panjang. Sebelum memilih jenis pipa, penting untuk mempertimbangkan kondisi lingkungan tempat pipa akan dipasang. Dengan memilih jenis pipa yang sesuai dan melakukan perawatan secara rutin, umur pakai pipa dapat dioptimalkan.

#### **4.6 Analisa Akhir**

Pengendalian korosi pada pipa, terutama di industri minyak merupakan hal penting untuk menjaga integritas sistem dan mencegah kerugian finansial yang besar. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah dengan melapisi pipa menggunakan coating. Pemilihan jenis coating yang tepat sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis material pipa yang digunakan seperti baja karbon atau baja tahan karat, kondisi lingkungan operasi seperti suhu, kelembaban, kandungan kimia, dan persyaratan kinerja yang diinginkan yaitu adanya ketahanan mekanik, kimia, dan cuaca.

Coating yang baik harus mampu memberikan perlindungan yang optimal terhadap korosi, adhesi yang kuat pada permukaan pipa, dan umur layanan yang panjang. Untuk memaksimalkan efektivitas pengendalian korosi, penting untuk melakukan inspeksi berkala pada coating dan memantau kondisi pipa secara terus-menerus. Selain itu, pengembangan coating baru dengan kinerja yang lebih baik terus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan industri yang semakin kompleks. Dengan demikian, perusahaan minyak dapat menentukan metode pengendalian korosi yang paling tepat untuk menjaga ketahanan material pipa dan meminimalkan risiko kerusakan akibat korosi. Pemilihan material pipa dalam industri hulu migas sangat bergantung pada kondisi lingkungan operasi.

Untuk lingkungan dengan tingkat korosi tinggi, stainless steel seri 316 merupakan pilihan yang sangat baik karena kandungan kromium dan nikel dalam stainless steel seri 316 memberikan ketahanan korosi yang luar biasa. Meskipun memiliki biaya awal yang lebih mahal, kombinasi antara material yang tahan korosi dan penerapan metode pengendalian korosi tambahan, seperti coating, serta pemeliharaan rutin, akan secara signifikan memperpanjang umur layanan pipa. Namun, untuk lingkungan dengan tingkat korosi yang tidak terlalu tinggi, pipa baja API 5L dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis. Baja API 5L telah terbukti handal dalam industri minyak dan gas, dan dengan perawatan yang tepat, dapat memberikan kinerja yang memuaskan. Analisis komparatif terhadap metode pengendalian korosi pada instalasi pipa minyak menunjukkan bahwa kombinasi antara pemilihan material yang tepat dan penerapan metode pengendalian korosi yang sesuai merupakan kunci untuk meminimalkan kerusakan akibat korosi. Faktor-faktor seperti jenis lingkungan, sifat fluida yang dialirkan, dan kondisi operasi lainnya perlu dipertimbangkan secara menyeluruh dalam merancang sistem perlindungan korosi yang efektif. Dengan demikian, perusahaan minyak dapat menentukan metode pengendalian korosi yang paling tepat untuk menjaga ketahanan material pipa dan meminimalkan risiko kerusakan akibat korosi, serta meningkatkan efektifitas operasional instalasi pipa, mengurangi kerusakan, dan memperpanjang umur pakai pipa.

#### **5. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis komparatif terhadap berbagai metode pengendalian korosi pada instalasi pipa minyak di industri hulu migas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk mengetahui metode coating yang akan digunakan lebih dahulu dilihat jenis material yang akan di aplikasikan, fluida yang di aliri dan keadaan lingkungan sekitar pipa. Jika komposisi material pipa setelah di ketahui memiliki kelemahan terhadap lingkungan yang korosi, sebaiknya dilakukan penambahan lapisan coating untuk memperkuat lapisan pada material tersebut.

2. Korosi pada sistem perpipaan minyak disebabkan oleh faktor lingkungan seperti suhu, pH dan garam. Untuk mengendalikannya, metode pelapisan seperti pelapisan *epoxy* digunakan untuk melindungi pipa dari lingkungan korosif. Analisa komparatif dapat dilakukan dengan membandingkan efektivitas metode pengendalian korosi coating yang sama tapi pada pengaplikasian material yang berbeda.

### 5.1 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diajukan adalah:

1. Sebelum menentukan metode pengendalian korosi yang akan digunakan sebaiknya melihat keadaan lingkungan dan meterial pipa yang digunakan untuk menghemat biaya dan hasil yang lebih efektif dan efisien.
2. Jika akan dilakukan penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada kandungan cat coating yang akan digunakan.

### Daftar Pustaka

- Cecilia Debrita. (2017). Diambil kembali dari <https://nickel institute.org/en/library/articles/stainless-steel-pipes/>
- 5L, S. A. (2012). Specification for Line Pipe. *API SPECIFICATION 5L*.
- Analisis Pengaruh Variasi Coating Pada Pelat Baja ASTM A36 Terhadap Prediksi Laju Korosi, Kekuatan Adhesi Dan Ketahanan Impact. (2017). *Departement Teknik Kelautan*.
- Andika Saputra, S1, A. R. (2022). Natrium Silikat Sebagai Inhibitor Korosi Pada Pipa Penyalur Minyak. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 116-117.
- Code, P. I. (2012 ). STANDAR API 570. *Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of In-Service Piping Systems*.
- G.P, A. B. (2019). Pengaruh Variasi Basic Sediment And Water Terhadap Laju Korosi Pipa Baja X52 Dan X65 Dengan Media Crude Oil. 16-19.
- Inspection, Repair, Alteration, and Rerating . (2012). *Standard API 570*.
- Ismail, P. A. (2022). Perpipaan, Instrumen dan Diagram dalam Proyek Plant JD P&ID in Plant 3D Project. Grup Penerbitan CV Budi Utama.
- Jones, Denni. A. (1992). *Principles and Prevention of Corrosion*. Singapore: Macmillan Publishing Company.
- Karan Sotoodeh, P. (2022). Piping Engineering: Preventing Fugitive Emission in the Oil and Gas Industry. New York, Amerika Serikat.: John Wiley & Sons, Inc.
- M.N.Iلمان, K. (2013). *Analysis of internal Corrosion in Subsea Oil Pipeline*. Yogyakarta: Elsevier Ltd.
- Mula, F. F. (2019). Analisa Korosi Retak Tegangan Pada Stainless Steel (AISI 304) yang diberi perlakuan panas dengan variasi temperatur. *Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik*, 14-15.
- Mulyono, P. R. (2017). Perancangan Sistem Proteksi Katodik Anoda Tumbal Pada Pipa Baja API 5L Grade B Dengan Variasi Jumlah Coating Yang Dipasang Di Dalam Tanah. Departemen Teknik Material, 37-40.
- Piping Inspection Code. (2012). *API 570*.
- Roberge, P. (1999). *Handbook of Corrosion Engineering*. McGraw-Hill Professional,.
- Roni Alida, B. (2019). Penggunaan Metode Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) DALAM Pencegahan Korosi Pada Jalur Pipa 24” SKG X Prabumulih Barat – Cambai PT Pertamina EP Asset 2 Field Prabumulih. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 48-50.
- Siahaan, Y. S. (2016). Analisa Efektifitas Polyethylene Dan Polypropylene Sebagai Top Coat Pada Metode Pelapis 3 Layer Coating Terhadap Ketahanan Korosi Dari Baja Api 5l Grade B. *Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri*.
- Standard:, N. M.-0. (2015). *Standard: Petroleum and natural gas industries-Materials for use in H 2S containing environment in oil and gas production*. . American National Standard.
- Sulardi. (2019). Inspeksi Teknik Sistem Perpipaan Industri . *Jurnal Jieom Vol. 2, No. 1*, 1.
- Surbakti, Y. C. (2017). Analisa Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon Dan Pipa Galvanis Dengan Metode Kehilangan Berat. *Departemen Teknik SistemPerkapalan*, 12.
- Wijayanti Eka Yulianto, , S. (2018). Analisis Perbandingan Ekonomis Pengendalian Korosi Dengan Menggunakan Metode ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) dan SACP (Sacrificial Anode

Cathodic Protection) Pada Proyek Pipeline Gas Transmisi Gresik-Semarang. *Program Studi D4 Teknik Perpipaan – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*, 218-220.

Wijayanti Eka Yulianto, Subagio Soim, Pranowo Sidi. (2020). Analisis Perbandingan Ekonomis Pengendalian Korosi Dengan Menggunakan Metode ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) dan SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection) Pada Proyek. *Program Studi D4 Teknik Perpipaan – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*, 118-120.