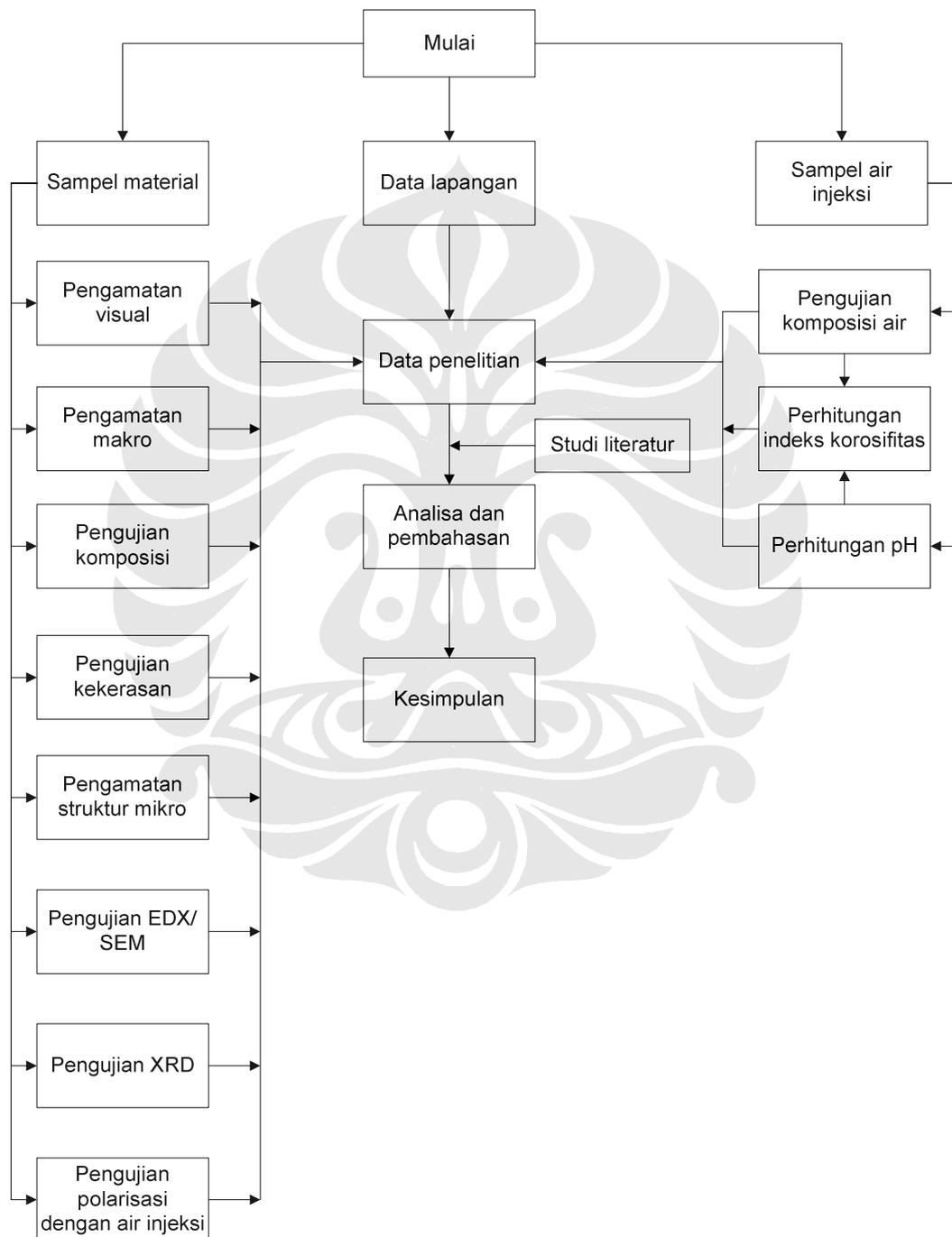


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan terhadap sampel *line* pipa (*elbow*) yang mengalami kerusakan adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Alat Dan Bahan

Alat - alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Gergaji dan gerinda
2. Mesin pemoles
3. Alat uji kekerasan Brinell
4. Kertas amplas
5. Mikroskop ukur
6. Mikroskop optik
7. Thickness tester
8. Jangka sorong
9. Alat uji DO
10. Emission spectromter
11. Mesin *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)
12. *Scanning Electron Microscope* (SEM)
13. EDX (*Energy Dispersive Xray Analysis*)
14. Penggaris
15. Kamera digital

Sedangkan untuk penggunaan bahan pada penelitian ini adalah :

1. Resin
2. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
3. *Hardener*

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Pengumpulan Data dan Informasi

Penelitian diawali dengan pengambilan potongan pipa dari salah satu perusahaan pengolah energi geothermal. Pengamatan awal yang dilakukan adalah dengan melakukan pengamatan visual kemudian dilakukan pengamatan pada potongan pipa yang mengalami kerusakan untuk mengetahui faktor-faktor kondisi material yang mengalami kebocoran dan bentuk *scale*. Penulis juga berusaha mengumpulkan beberapa data teknis dan informasi yang berkaitan dengan *line*

pipa (*elbow*), mengenai kondisi awal *line* pipa (*elbow*) sebelum beroperasi dsb, yang dapat dijadikan sebagai referensi tambahan selain literatur yang ada.

### 3.3.2 Preparasi Sampel dan Preparasi Produk Korosi

Preparasi sampel ini diperlukan agar dapat memudahkan dalam melakukan pengujian-pengujian selanjutnya. Pada preparasi ini ditentukan area mana yang akan diambil sebagai sampel uji. Selain itu dilakukan juga preparasi terhadap produk korosi, yaitu dengan mengambil produk korosi dari sampel untuk selanjutnya dilakukan pengujian komposisinya. Selanjutnya sampel tersebut dipotong menggunakan gergaji tangan.



Gambar 3.2 Daerah pengambilan sampel uji



Gambar 3.3 Daerah pengambilan sampel uji untuk foto mikro, SEM/EDX, dan XRD

### 3.3.3 Pengamatan dan Pengujian

Dalam penelitian penyebab kerusakan dari *line pipe (elbow)* ini dilakukan beberapa pengamatan dan pengujian. Hal ini bertujuan untuk mencari penyebab yang terjadi pada pipa yang mengalami kerusakan tersebut, sehingga dapat memastikan penyebab kerusakannya. Pengujian-pengujian tersebut antara lain sebagai berikut:

#### 3.3.3.1 Pengamatan Visual

Pengamatan dilakukan pada daerah yang mengalami kegagalan atau *leakage* sebagai informasi awal analisa. Dengan pengamatan ini, dapat digali informasi yang berkaitan dengan kegagalan yang terjadi. Pengamatan secara visual dilakukan dengan dokumentasi menggunakan kamera digital. Pengamatan visual meliputi pengukuran tebal pipa hasil korosi, pengukuran diameter dalam dan luar pipa, dan pengukuran tebal korosi. Pendokumentasian dilakukan pada sampel secara keseluruhan dan pada daerah-daerah yang mengindikasikan kegagalan seperti di daerah indikasi *leakage*. Hal ini sesuai dengan ASTM E 1188.

### 3.3.3.2 Pengamatan Patahan Makro

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran daerah yang mengalami *leakage* secara makro. Dari pengamatan ini dapat diketahui inisiasi dan bentuk *leakage* yang terjadi.

### 3.3.3.3 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi dilakukan menggunakan mesin *Emission Spectrometer* pada Departemen Metalurgi dan Material. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dari pipa sehingga dapat ditentukan jenis material yang dipergunakan dan dapat dibandingkan dengan spesifikasi material yang digunakan.

### 3.3.3.4 Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan dari material pipa yang dipakai, setelah itu dibandingkan dengan data literatur, apakah sesuai dengan spesifikasinya atau tidak. Sampel pipa dipreparasi sesuai dengan standar ASTM E 10-00 untuk pengujian Brinell. Sampel diuji pada *Brinell Hardness Testing Machine* menggunakan beban 187,5 kg dan bola indentor 1/16 inchi di daerah logam induk, daerah sambungan dan HAZ. Kekerasan Brinell didapat dengan merata-ratakan hasil pengujian tersebut. Berikut persamaan yang digunakan dalam pengujian kekerasan Brinell ini:

$$BHN = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.1})$$

Dimana:

P = beban 187,5 kg

D = diameter bola indentor (1/16 inch)

d = diameter penjejakan (mm)

### 3.3.3.5 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui fasa-fasa apa saja yang terdapat dalam material. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan *stereo microscope*. Perbesaran yang digunakan adalah 100 X dan 500 X. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan cara memberikan zat pengetsa 2 % nital pada

sampel, sehingga fasa-fasa yang terbentuk dapat diketahui. Standar uji yang digunakan adalah ASTM E 3-95. Sebelum melakukan pengamatan metalografi, untuk mendapatkan foto struktur mikro ada beberapa tahapan yang harus dilewati, yaitu tahap pengamplasan, pemolesan, dan pengetsaan. Prosedur pengujian untuk ketiga tahap ini adalah sebagai berikut :

1. Setelah mendapat potongan-potongan sampel seperti yang ditunjukkan pada daerah pemilihan sampel, dilakukan proses *mounting* untuk memudahkan dalam pengerjaannya. Resin dan *hardener* diaduk perlahan hingga merata dan kemudian dituangkan pada sampel dengan wadah berbentuk silinder, tunggu hingga mengeras.
2. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk proses pengamplasan. (kertas amplas, botol, air, dan mesin amplas). Kertas amplas yang digunakan memiliki nilai grit 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500.
3. Melakukan pengamplasan secara bertahap, dimulai dari grit amplas yang paling rendah (100) hingga grit yang tertinggi (1500). Setiap proses pengamplasan dilakukan, air selalu dialirkan agar pemindahan geram berjalan lancar dan tidak merusak kertas amplas.
4. Setiap pergantian kertas amplas, sampel uji diputar  $90^{\circ}$  sehingga arah goresan yang baru tegak lurus terhadap arah goresan yang lama.
5. Setelah proses pengamplasan dirasakan telah cukup baik (ditandai dengan rataanya permukaan – tidak bidang – dan cukup halus) maka sampel kemudian dipoles dengan menggunakan mesin poles beralaskan kain beludru dengan alumina sebagai partikel abrasif yang digunakan.
6. Proses poles ini dihentikan saat permukaan material cukup halus dan bercahaya. Kemudian dilakukan proses pengerjaan tahap akhir yaitu pengetsaan. Nital 2% digunakan sebagai zat etsa untuk material baja karbon ini. Sampel kemudian dicelupkan ke dalam zat etsa ini selama 5 detik, lalu sampel dibilas dengan alkohol dan air dan kemudian dikeringkan dengan menggunakan pengering.
7. Setelah proses etsa selesai, maka pengamatan struktur mikro dapat dilakukan. Di tiga area yaitu logam induk, daerah sambungan, dan *HAZ*. Perbesaran yang diambil adalah 100x dan 500x.



Gambar 3.4 Sampel yang digunakan dalam Pengamatan Metalografi

### 3.3.3.6 Pengujian Energi Dispersive X-Ray Analysis (EDX) dan SEM Produk Korosi

Tujuan dari pengamatan dengan SEM/EDX ini adalah untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam produk korosi dan mengetahui struktur material dalam skala mikro. Fasa-fasa yang terdapat di dalam material dapat terlihat jelas dengan menggunakan SEM dibandingkan dengan menggunakan mikroskop optik biasa.

Pengujian ini menggunakan mesin EDX di Departemen Metalurgi dan Material. Produk korosi diambil dengan cara mengeruk produk tersebut pada bagian internal pipa. Pengambilan ini harus hati-hati karena bila terkontaminasi zat lain maka akan mempengaruhi hasil pengujian. Mesin EDX akan menembakkan sinar X pada sampel, lalu sebagian sinar akan dipantulkan oleh sampel dan sebagian lagi akan diserap atau menembus sampel. Dengan adanya perbedaan besarnya sinar yang dipantulkan atau diserap maka komposisi unsur penyusun sampel dapat diketahui.

### 3.3.3.7 Pengujian XRD

Tujuan dilakukannya pengujian XRD adalah untuk mengetahui senyawa yang terbentuk dalam produk korosi. Pengujian ini dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material dengan menggunakan mesin XRD. Sampel untuk pengujian ini diambil pada produk korosi dengan cara pengerukan. Sampel kemudian dihaluskan dengan cara digerus lalu dilakukan pengujian.

### 3.3.3.8 Pengujian Komposisi Air

Pengujian komposisi air ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air injeksi yaitu air yang mengalir dalam pipa yang mengalami kerusakan. Sampel air yang diuji terdiri atas 4 buah, yaitu: air dengan kode, CT. 01, CT. 02, dan air di CT. 03 dan DS yang berasal dari salah satu perusahaan pengolah energi geothermal di Indonesia. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan dari air itu sendiri.

### 3.3.3.9 Pengujian Polarisasi

Pengujian polarisasi dilakukan dengan metode ekstrapolasi tafel dan dilakukan di laboratorium korosi dan proteksi logam Departemen Metalurgi dan Material. Pengujian ini untuk mendapatkan kecepatan korosi suatu material pada lingkungan tertentu. Pengujian dilakukan untuk sampel dari *water injection* pipa, yaitu air di Down stream (DS), CT. 01, CT. 02, dan air di CT. 03 yang berasal dari salah satu perusahaan pengolah energi geothermal di Indonesia.

Alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian ini adalah:

- a. Labu polarisasi yang dilengkapi dengan beberapa leher/sambungan yang berfungsi untuk memasukan larutan dan alat lain ke dalam labu.
- b. Elektroda standar kalomel (*SCE*) sebagai acuan.
- c. Elektroda kerja (*Working Electrode*) berupa sampel yang sudah dipreparasi.
- d. Dua buah elektroda bantu (*Auxiliary Electrode*) dari bahan karbon.
- e. Pegangan elektroda kerja (*electrode holder*).
- f. *Luggin capillary* dengan jembatan garam untuk menghubungkan elektroda acuan.
- g. *Personal Computer* (PC), yang dilengkapi dengan software CMS (*Corrosion Measurement System*) 100 dan *Microsoft Excel*.
- h. Alat potong sampel.
- i. Alat solder dan timah solder.
- j. Resin mounting dan hardener.
- k. Mesin amplas dan kain amplas.

Bahan yang diperlukan adalah:

1. Sampel pipa di daerah logam induk, daerah sambungan dan HAZ.

2. Air injeksi DS, CT. 01, CT. 02, dan air di CT. 03 yang berasal dari Perusahaan di daerah Salak.

Untuk melakukan pengujian polarisasi maka dari potongan pipa harus dilakukan preparasi sampel, yang meliputi :

- a. Pematangan

Untuk melakukan pengujian polarisasi maka sampel harus dipotong lagi untuk mendapatkan bagian berbentuk lingkaran dengan luas permukaan  $\pm 1 \text{ cm}^2$ .

- b. Penyolderan

Pada salah satu sisi sampel yang sudah dipotong dilakukan penyolderan dengan kabel tembaga yang berfungsi sebagai konduktor.

- c. Mounting

Sampel yang digunakan mempunyai bentuk dan luas yang cukup dimounting menggunakan resin dan *hardener* yang dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder.

- d. Pengamplasan

Setelah dimounting maka dilakukan pengamplasan sampel dengan menggunakan kertas abrasif silikon karbida. Proses pengamplasan dilakukan sampai permukaan terlihat rata dan tidak terdapat produk korosi pada permukaan material.

Prosedur pengujian polarisasi adalah:

1. Memasukkan larutan air injeksi sebanyak 900 ml ke dalam labu polarisasi atau *beaker glass*.
2. Memasang elektroda kerja pada pegangan elektroda kerja (*electrode holder*).
3. Menempatkan elektroda kerja, elektroda bantu dan jembatan garam dalam labu polarisasi dan menghubungkannya dengan perangkat CMS 100.
4. Menyalakan komputer yang berisi program CMS 100 dan mengaktifkan program pengujian Tafel yang terdapat pada *folder experiment* dengan terlebih dahulu memasukkan kondisi pengujian dan spesifikasi sampel yang digunakan.

5. Setelah program pegujian Tafel selesai maka data yang diperoleh diolah lagi pada *folder analysis* yang terdapat di program CMS 100 untuk memperoleh grafik  $E$  vs  $\log i$ , dan data yang diperoleh disimpan dalam hardisk atau disket.
6. Ulangi langkah 1 sampai 5 untuk sampel yang berbeda dan larutan yang berbeda. Prosedur Kalkulasi Laju Korosi dilakukan sesuai dengan ASTM G102-89 *Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*.

### 3.3.3.10 Perhitungan Indeks Korosifitas

Perhitungan indeks korosifitas ini dilakukan dengan dua metode yaitu metode *Langelier* dan metode *Ryznar*. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui sifat air yang mengalir, apakah air tersebut cenderung membentuk scale atau korosi. Perhitungan ini dilakukan setelah mendapatkan data dari pengujian air yang sebelumnya telah dilakukan. Data tersebut antara lain adalah pH air, kandungan *total dissolved solid* (TDS). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung indeks korosifitas ini adalah sebagai berikut:

Rumus empiris Langelier Indeks(LI)

$$LI = pH - pH_s$$

Dimana:

pH = pH aktual dalam air

$pH_s$  = pH air dalam kesetimbangan dengan padatan  $CaCO_3$

Interpretasi dari hasil perhitungan Langelier Indeks(LI) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Rumus empiris Ryznar Indeks (RI) adalah sebagai berikut:

$$RI = 2pH_s - pH$$

pH = pH aktual dalam air

$pH_s$  = pH air dalam kesetimbangan dengan padatan  $CaCO_3$

Interpretasi dari hasil perhitungan (RI) dapat dilihat pada Tabel 2.2

Nilai  $pH_s$  untuk kedua rumus empiris LI dan RI ditentukan melalui rumus:

$$pH_s = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

Dimana:

$$A = (\log \text{TDS (mg/L atau ppm)} - 1)/10$$

$$B = - 13,12 \log (T(^{\circ}C) + 273) + 34,55$$

$$C = \log (\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/L atau ppm)}) - 0,4$$

$$D = \log (\text{alkalinitas (mg/L atau ppm)})$$

