

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *Source Film Distance* (SFD) terhadap kualitas hasil radiografi film. Pendekatan eksperimental dipilih karena penelitian dilakukan melalui pengujian langsung dengan mengendalikan variabel tertentu, sehingga hubungan sebab-akibat antara SFD dan kualitas citra radiografi dapat dianalisis secara objektif dan terukur.

Pendekatan kuantitatif digunakan karena hasil penelitian dinyatakan dalam bentuk data numerik, seperti nilai densitas film, hasil evaluasi indikator kualitas citra (IQI), serta parameter ketajaman citra (*geometric unsharpness*). Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui kecenderungan perubahan kualitas citra akibat variasi SFD.

#### **3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian**

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada semester ganjil 2025 – 2026 yaitu, pada bulan Agustus 2025 – Januari 2026

#### **3.3 Lokasi Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Spektra Megah Semesta yang beralamatkan di JL. Tenggilis Utara I No.37 Surabaya

#### **3.4 Obyek dan Spesifikasi Penelitian**

Objek penelitian yang digunakan adalah pipa baja dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Outside Diameter (OD): 59,7 mm
- Ketebalan dinding: 8 mm
- Kondisi permukaan: bersih dan bebas dari kontaminan yang dapat memengaruhi hasil radiografi

Pemilihan pipa dengan dimensi tersebut didasarkan pada kondisi nyata di lapangan, di mana pipa berdiameter kecil dan berdinding tipis banyak digunakan dalam instalasi industri, serta menimbulkan tantangan tersendiri dalam inspeksi radiografi menggunakan teknik DWDI

### 3.5 Peralatan dan Obyek Penelitian

Peralatan dan bahan digunakan dalam melakukan penelitian ini meliputi:

#### 3.5.1 Sumber radiasi Iridium-192 (Ir-192)

Sumber radiasi Ir-192 yang digunakan dalam uji radiografi memiliki serial Nomor: HCD404 (PL-4189) yang berada pada kamera radiografi Type sentinel 880 Delta serial nomor D11694. Aktivitas saat dipakai penelitian 14,43 Ci (28-12-2025). Dimensi *focal Spot (f)*: 3,5 mm



Gambar 3.1 Kamera radiografi *Type sentinel 880 Delta*

Sumber: Dokumen Pribadi

### 3.5.2 Lead Letter dan Ident Box Lead Letter

*Lead letter* dipakai untuk memberikan identifikasi pada hasil rekaman film radiografi, sehingga memudahkan *interpreter* dalam mereview film hasil uji radiografi.



Gambar 3.2 Lead Letter dan Ident Box  
Sumber: Dokumen Pribadi

### 2.11.2 Indicator Quality Image (IQI) / Penetrameter

*IQI* yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan *IQI* ASTM Set 1B, dengan *identity wire* yang harus tampak adalah *wire no.7*



Gambar 3.3 IQI ASTM Set 1B  
Sumber: Dokumen Pribadi

### 2.11.3 Roll Meter

Digunakan untuk menentukan jarak Source Film Distance (SFD) dalam proses *exposure* radiografi.



Gambar 3.4 Roll Meter  
Sumber: Dokumen Pribadi

### 2.11.4 Viewer

Digunakan sebagai alat bantu interpretasi film radiografi.



Gambar 3.5 Viewer  
Sumber: Dokumen Pribadi

### 2.11.5 Desnsitometer

Densitometer merupakan alat untuk mengukur tingkat kehitaman / densitas suatu film radiografi,



Gambar 3.6 Densitometer  
Sumber: Dokumen Pribadi

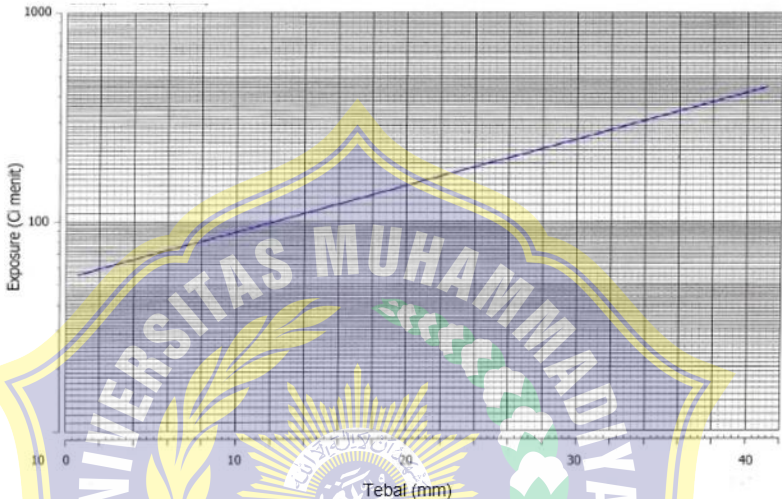
### 2.11.6 Exposure chart

Dalam penelitian ini menggunakan exposure chart iridium-192 dengan SFD 610 mm dan suatu persamaan  $\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115 (X)$ , dimana (X) adalah 2 kali tebal dinding material + *reinforcement*.

Source : Ir.192  
 Material : Fe  
 SFD : 610 mm  
 Film : AGFA D7  
 Density : 2  
 Screen : 0.125 mm  
 Developer : 20°C (5 Menit)

**EXPOSURE CHART IR-192**

$\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115$



Gambar 3.7 Exposure chart Ir-192

Sumber: (Suparno, S., & Rangkuti, M., 2013)

**2.11.7 Pengukuran tebal pipa**

Tebal pipa langsung dilakukan pengukuran pada obyek uji menggunakan jangka sorong, dan didapatkan nilai tebal material (t) = 8 mm



Gambar 3.8 Pengukuran tebal material

Sumber: Dokumen Pribadi

Kemudian untuk tinggi reinforcement dilakukan pengukuran menggunakan welding gauge sebagai berikut:



Gambar 3.9 Mengukur Tinggi Reinforcement  
Sumber: Dokumen Pribadi

Dari hasil pengukuran tersebut didapat tinggi reinforcement 1 mm. dan di asumsikan tinggi reinforcement las bagian dalam (*root*) juga 1 mm, maka jumlah tebal 1 dinding las ( $t_{las}$ ) adalah 10 mm

### 3.6 Variabel Penelitian

#### 3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Source Film Distance (SFD), yaitu jarak antara sumber radiasi Ir-192 dan film radiografi. SFD divariasikan pada beberapa nilai yang realistis dan umum digunakan dalam praktik radiografi industri.

#### 3.6.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah kualitas hasil radiografi film, yang dinilai melalui:

- Densitas film

- Ketajaman citra (geometric unsharpness)
- Keterlihatan indikator kualitas citra (IQI)

### 3.6.3 Variabel kontrol

Variabel yang dikendalikan agar tidak mempengaruhi hasil penelitian meliputi:

- Jenis dan aktivitas sumber radiasi (Ir-192)
- Teknik radiografi yang digunakan (DWDV)
- Dimensi dan material pipa
- Proses pemrosesan film radiografi

### 3.7 Desain Eksperimen dan Variasi SFD

Eksperimen dirancang dengan menerapkan teknik radiografi *Double Wall Double View* (DWDV) pada pipa uji, dengan memvariasikan nilai SFD pada rentang tertentu. Variasi SFD dipilih berdasarkan praktik radiografi industri dan pertimbangan kualitas geometris, yaitu:

- 300 mm
- 400 mm
- 500 mm

Seluruh parameter radiografi selain SFD dijaga tetap konstan agar perubahan kualitas citra yang terjadi dapat dikaitkan secara langsung dengan variasi SFD.

### 3.8 Perhitungan SFD Minimum

Dalam menentukan nilai SFD minimum menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$SFD_{minimum} = \left( \frac{f}{Ug_{max}} + 1 \right) \times d$$

$$SFD_{minimum} = \left( \frac{3,5}{0,51} + 1 \right) \times 61,7$$

$$SFD_{minimum} = 485,1mm$$

### 3.9 Penentuan Pergeseran (P)

Dalam menentukan nilai Pergeseran (P) menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut:

#### a. Pergeseran pada $SFD_{\perp} = 300mm$

$$P = \frac{1}{5} x SFD + 2xL$$

$$P = \frac{1}{5} x 300 + 2x10$$

$$P = 60 + 20$$

$$P = 80mm$$

#### b. Pergeseran pada $SFD_{\perp} = 400mm$

$$P = \frac{1}{5} x SFD + 2xL$$

$$P = \frac{1}{5} x 400 + 2x10$$

$$P = 80 + 20$$

$$P = 100mm$$

#### c. Pergeseran pada $SFD_{\perp} = 500mm$

$$P = \frac{1}{5} x SFD + 2xL$$

$$P = \frac{1}{5} x 500 + 2x10$$

$$P = 120mm$$

### 3.10 Penentuan SFD *ellip*

Dalam menentukan nilai SFD *ellip* menggunakan persamaan (2.5) sebagai berikut:

#### a. SFD *ellip* pada $SFD_{\perp} = 300mm$

$$SFD_{ellip} = \sqrt{SFD_{\perp}^2 + P^2}$$

$$SFD_{ellip} = \sqrt{300^2 + 80^2}$$

$$SFD_{ellip} = 310,48mm \approx 310mm$$

**b. SFD ellip pada  $SFD_{\perp} = 400mm$**

$$SFD_{ellip} = \sqrt{SFD_{\perp}^2 + P^2}$$

$$SFD_{ellip} = \sqrt{400^2 + 100^2}$$

$$SFD_{ellip} = 412,31mm \approx 412mm$$

**c. SFD ellip pada  $SFD_{\perp} = 500mm$**

$$SFD_{ellip} = \sqrt{SFD_{\perp}^2 + P^2}$$

$$SFD_{ellip} = \sqrt{500^2 + 120^2}$$

$$SFD_{ellip} = 514,19mm \approx 514mm$$

### 3.11 Perhitungan Exposure Time

Setelah mendapatkan data-data mulai dari tebal material, kurva karakteristik pada gambar 3.7, serta variasi SFD yang telah ditentukan, maka kita dapat menghitung Exposure Time dengan cara sebagai berikut:

#### 3.11.1 Menentukan nilai E (Curie-Menit)

Telah diketahui dari hasil pengukuran pada obyek uji bahwa tebal 1 dinding las ( $t_{las}$ ) adalah 10mm (Tebal material + reinforcement). Karena teknik penyinaran yang dipakai adalah DWDV, dimana penyinaran melewati dua ketebalan dinding las, maka tebal total (X) menjadi  $2 \times (t_{las}) = 2 \times 10mm = 20mm$ . Dari gambar 3.7 diketahui persamaan logaritma yaitu:

$$\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115 (X)$$

$$\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115 (20)$$

$$\text{Log } E = 2,16$$

$$E = 144,5 \text{ Curie.menit}$$

### 3.11.2 Menentukan waktu penyinaran sesuai variasi SFD

Sesuai variasi nilai SFD yang telah di rencanakan, yaitu SFD tegak lurus pada 300mm, 400mm, dan 500mm. Maka waktu penyinaran (*Exposure time*) dapat dihitung sebagai berikut

#### a. Exposure Time pada SFD⊥ 300 mm

$$t = \left( \frac{SFD_{ellip}}{SFD_{kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$t = \left( \frac{310}{610} \right)^2 \times \frac{144,5}{14,43}$$

$$t = 2,58 \text{ menit}$$

#### b. Exposure Time pada SFD⊥ 400 mm

$$t = \left( \frac{SFD_{ellip}}{SFD_{kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$t = \left( \frac{412}{610} \right)^2 \times \frac{144,5}{14,43}$$

$$t = 4,568 \approx 4,57 \text{ menit}$$

#### c. Exposure Time pada SFD⊥ 500 mm

$$t = \left( \frac{SFD_{ellip}}{SFD_{kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$t = \left( \frac{514}{610} \right)^2 \times \frac{144,5}{14,43}$$

$$t = 7,1 \text{ menit}$$

### 3.12 Prosedur Pelaksanaan Radiografi

Prosedur pelaksanaan radiografi dalam penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

1. Menyiapkan pipa uji dan memastikan kondisi permukaan dalam keadaan bersih
2. Menyiapkan sumber radiasi, film radiografi, dan IQI sesuai standar.
3. Mengatur posisi sumber dan film sesuai konfigurasi teknik DWDV
4. Menentukan nilai SFD sesuai variasi yang direncanakan
5. Melakukan proses penyinaran atau *exposure* radiografi untuk setiap variasi SFD
6. Mencatat waktu ekposur yang digunakan pada setiap pemotretan
7. Melakukan pemrosesan film radiografi sesuai prosedur standar

### 3.13 Metode Pengukuran dan Pengumpulan Data

Film radiografi hasil pemotretan dianalisis untuk memperoleh data kualitas citra, meliputi:

- Pengukuran densitas film menggunakan densitometer pada area representatif
- Evaluasi keterlihatan IQI berdasarkan jumlah kawat atau lubang yang tampak
- Evaluasi ketajaman citra melalui pengamatan ketidakjelasan geometris pada tepi objek.

Seluruh data hasil pengukuran dicatat secara sistematis untuk setiap variasi SFD.

### 3.14 Metode Analisis Data

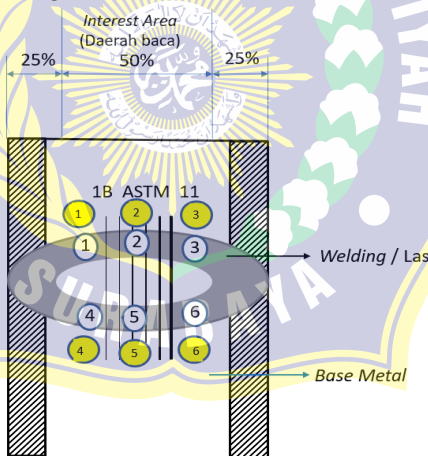
Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan cara:

- Membandingkan nilai densitas film untuk setiap variasi SFD
- Menganalisis kecenderungan perubahan kualitas citra akibat peningkatan atau penurunan SFD
- Menyajikan hasil analisis dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara SFD dan kualitas citra

Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan teori radiografi dan ketentuan standar yang relevan.

### 3.15 Pengambilan Nilai Densitas Film

Dalam pengambilan nilai densitas pada film maka dilakukan metode pengambilan rata-rata dengan menempelkan densitometer di beberapa titik interest area seperti tampak pada gambar 3.10, dari beberapa titik tersebut didapat perubahan dari nilai yang nanti akan di rata-rata menjadi nilai total dari lingkaran pipa disetiap bidang *weld metal* dan *base metal*



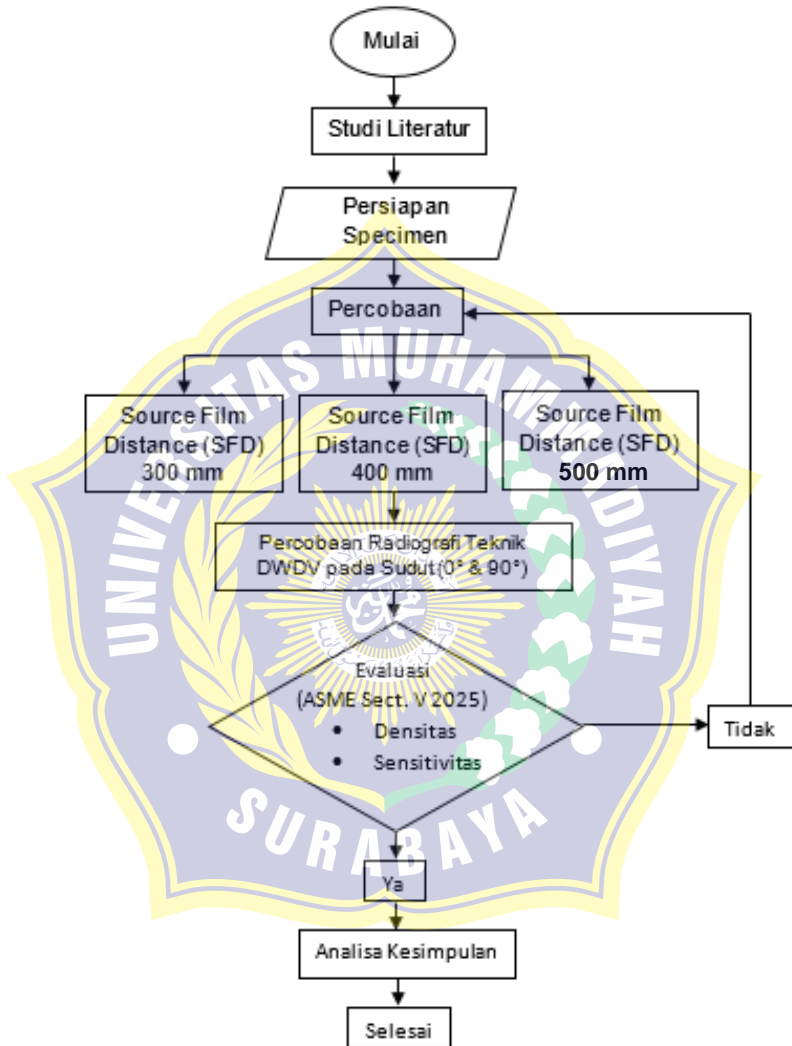
Gambar 3.10 Pembagian titik acuan pengukuran densitas film

Sumber: Dokumen Pribadi

Keterangan:

- : Lokasi Pengukuran Densitas di Material / Base Metal
- : Lokasi Pengukuran Densitas di Las / Weld Metal

### 3.16 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.11 Diagram alir penelitian  
Sumber: Dokumen Pribadi