

## Analisis Kelembapan Udara Terhadap Terjadinya Porositas Pada Sambungan Las SMAW Material Baja A 106 Grade B Menggunakan Metode Radiography Dan Liquid Penetrant Test

Ahmad rofiqie<sup>1</sup>, Muhammad Fitri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: ahmadrofiqie25@gmail.com

**Abstrak--** Pengelasan (welding) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi. Salah satu yang banyak digunakan saat ini yaitu, metode pengelasan busur nyala logam terlindung atau disebut juga Shield Metal Arc Welding (SMAW). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kelembapan udara terhadap hasil pengelasan dengan pembuktian menggunakan uji tidak merusak (NDT) Radiography dan Liquid penetrant test menggunakan material pipa ASTM A 106 grade B yang akan disambungkan dengan proses pengelasan SMAW. Penelitian ini menggunakan metode perbandingan antara kelembapan udara di area laut dan di darat, Setiap dari perbedaan kelembapan udara akan diambil beberapa sampel cacat porosity, acceptance criteria untuk cacat porosity mengacu berdasarkan standar ASME. Pengukuran kelembapan udara di darat dengan hasil rata - rata di hari pertama 78,8%, hari ke dua 85,1%. Pengukuran Kelembapan udara di area laut dengan hasil rata - rata di hari pertama sebesar 92,46%, hari ke dua sebesar 92,76%, maka dinyatakan kelembapan udara di area laut lebih tinggi dibandingkan dengan kelembapan udara di area darat, sehingga dapat disimpulkan kelembapan udara sangat memengaruhi hasil pengelasan terutama pada cacat porosity terhadap pengelasan SMAW pada material baja A 106 Grade B.

**Kata kunci:** NDT, penetran, SMAW, A106 Grade B, kelembapan udara

**Abstract--** Welding is a metal joining technique by partially melting the parent metal and filler metal. One that is widely used today is the shielded metal flame arc welding method or also known as Shield Metal Arc Welding (SMAW). This study aims to determine the effect of air humidity on welding results using non-destructive testing (NDT) Radiography and Liquid penetrant test using ASTM A 106 grade B pipe material which will be connected to the SMAW welding process. This study uses a comparison method between air humidity in the sea area and on land, each of the differences in air humidity will be taken several samples of porosity defects, acceptance criteria for porosity defects refer to ASME standards. Measurement of air humidity on land with average results on the first day of 78.8%, day two 85.1%. Measurement of air humidity in the sea area with average results on the first day of 92.46%, day two of 92.76%, it is stated that the air humidity in the sea area is higher than the air humidity in the land area, so it can be concluded that air humidity greatly affects welding results, especially on porosity defects in SMAW welding on A 106 Grade B steel material.

**Keywords:** NDT, penetran, SMAW, A106 Grade B, Relative humidity

### 1. PENDAHULUAN

Pengelasan adalah suatu metode penyambungan dua buah benda logam dengan jenis material yang sama ataupun berbeda, dengan cara mencairkan sebagian logam induk dengan logam pengisi, adapun pengelasan dengan dua jenis material yang berbeda disebut juga dengan disemilar metal welding yang mana pengembangan teknologi semakin dibutuhkan dengan adanya penyambungan dua jenis material yang berbeda beda.

Diagram schaffler adalah suatu metode

untuk pemilihan elektroda yang sesuai dan penggunaan arus yang tepat serta pemilihan jenis sambungan yang perlu diperhatikan sesuai standar pengelasan[1].

Banyak metode pengelasan yang biasa digunakan dalam dunia konstruksi dan industri saat ini. Salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah metode pengelasan busur nyala logam terlindung atau disebut juga Shield Metal Arc Welding (SMAW). Metode ini banyak digunakan karena lebih mudah dalam pengoperasiannya, lebih praktis penggunaannya, dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan serta lebih

efisien. Namun kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh tingkat keahlian serta jam terbang operator (welder)[2].

Mesin las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) adalah salah satu tipe pengelasan yang banyak digunakan di dunia industri, yang mana las SMAW ini dapat menggunakan arus AC dan DC. Arus DC bisa dibagi menjadi dua polaritas DCEP (Direct Current Elektroda Positif) dan polaritas DCEN (Direct Current Elektroda Negatif), DCEN di gunakan bilamana titik cair bahan induk tinggi dan juga kapasitasnya besar, sebaliknya DCEP di gunakan bilamana titik cair bahan induk rendah dan juga kapasitas yang kecil[3].

Porositas adalah suatu keadaan dimana gas atau rongga terdapat dalam logam, terjadi akibat adanya kontaminasi logam cair saat proses pengelasan. Hal ini berlaku umum bahwa porositas pada logam las terjadi dari gas yang tertangkap kemudian berkembang dalam logam las. Ini menjelaskan bahwa gelembung yang pertama dibentuk pada permukaan cair ke padat berkembang ke ukuran yang cukup untuk mengambang melalui logam las cair. Sesuai ketentuan cacat las porositas berdasarkan ASME SEC. IX Ukuran total porositas maksimal 20% dari ketebalan material disetiap 6 in panjang pengelasan, atau ukuran total porositas maksimal 1/8 in disetiap 6 in panjang pengelasan[4].

Porositas terjadi akibat adanya udara yang terperangkap pada saat proses pengelasan berlangsung, terjadinya porositas diakibatkan metode pengelasan yang salah atau pun pengisi logam induk terkontaminasi dengan kotoran seperti minyak, sisa cat, dan air yang dapat menyebabkan timbulnya gas pada saat proses pengelasan berlangsung.

Kelembapan udara dapat sangat memengaruhi porositas. Kelembapan udara menjadi parameter penting dalam hal ini. Alat yang digunakan untuk mengukur kelembapan udara salah satunya, yaitu dengan Psychrometer Whirling disebut juga Psychrometer Putar atau Psychrometer Sling. Psychrometer Sling merupakan alat pengukur kelembapan relatif yang menggunakan pengukuran suhu bola basah dan kering. Pada alat tersebut terpasang 2 termometer, yaitu termometer bola basah dan termometer bola kering[5].

Dalam melakukan sambungan las tentunya selalu menginginkan hasil kualitas yang baik. Dalam pengelasan ada beberapa metode dalam menentukan kualitas hasil pengelasan, salah satunya dapat dilakukan dengan metode NDT (Non Destructive Test) yang mana diantaranya Radiography test (X-ray) dan Liquid Penetrant Test[6].

Radiografi NDT (Non Destructive Test) yaitu sebuah pengujian tak merusak dengan menggunakan sinar-X, yang berupa tes atau pengujian terhadap suatu objek (material, rangka) dengan menggunakan sinar-X untuk mengetahui kandungan dan komponen apa saja yang terkandung didalamnya, tercatat secara jelas dan akurat, menguji kondisi dan kualitas objek tanpa melampaui batas toleransi kerusakan objek. Sehingga objek yang diuji dijaga kualitasnya, tidak perlu merusak objek untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pengujian X-Ray NDT ini mengandalkan analisis pengamatan jangka waktu yang berkala[7]. Metode Radiography merupakan salah satu dari Non-Destructive Test (NDT) sebagai suatu evaluasi fisik dari suatu objek benda padat yang diuji. Dorongan utamanya bahwa aktivitas pengujian Radiography atau inspeksi terhadap suatu benda/material menggunakan sumber radiasi untuk mengetahui adanya cacat, retak, porosity, dan discontinuity lain tanpa merusak benda yang diuji. Dengan memanfaatkan sinar radiasi yang bersumber dari pancaran radiasi isotop nuklir dari Co-60 yang ditempatkan didalam kamera Radiography. Energi radiasi tersebut selanjutnya dipindahkan ke dalam bentuk gambar (image) film melalui proses penyinaran (exposure) dengan waktu tertentu. Film hasil penyinaran tersebut selanjutnya diproses untuk pembentukan image (processing film) agar keseluruhan indikasi yang ada didalam material dapat dihasilkan dengan baik. Sesuai dengan ASME Code Section. V[8].

ASTM A106 Grade B merupakan jenis pipa yang umum digunakan sebagai pipa penyaluran gas dan minyak bumi diberbagai industri terkait. Pipa ini terbuat dari baja karbon dengan kandungan karbon maksimum 0,30% C yang memiliki kekuatan tarik minimum sebesar 415 MPa[9].

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Materials

Untuk kelembapan udara diukur dengan alat Psychrometer Sling, yaitu dilakukan dengan

memutar alat dengan kecepatan 2 putaran per-detik pada waktu 1 menit. Alat ini sering digunakan dikarenakan cara penggunaannya mudah, cepat dan akurat. Alat ini mengukur RH antara 10 dan 100% (untuk suhu bola kering antara 30 dan 100°F dengan akurasi ±5%[5]. Penelitian ini dilakukan di lokasi yang berbeda, yang pertama di dekat permukaan air laut, yaitu di dermaga, dan kedua dilakukan di darat untuk perbandingan perbedaan kelembapan udara yang terjadi. Dalam waktu yang berbeda, kelembapan udara pun berbeda pula, untuk itu penelitian ini dilakukan dalam waktu tertentu, yaitu pada pagi hari dilakukan pada pukul 08.00 WIB, siang hari pukul 14.00 WIB, dan malam hari 20.00 WIB.

$$RH = \frac{\text{actual vapor pressure}}{\text{saturation vapor pressure}} \times 100 \text{ percent.}$$

**Tabel 1.** Kelembapan Udara

Keterangan	Hari Ke-								
	1			2			3		
	Waktu (WIB)								
	08.00	14.00	20.00	08.00	14.00	20.00	08.00	14.00	20.00
Kelembapan %									

Spesifikasi Material A106 Grade B merupakan spesifikasi pipa baja (*seamless dan welded pipe*) yang memiliki kekuatan tinggi untuk keperluan konstruksi *pipelines*[10]. Pipa ASTM A106 (S/A 106) adalah spesifikasi standar untuk pipa baja karbon seamless untuk temperatur dan tekanan tinggi. Pipa ASTM A106 Grade B digunakan dalam pembangkit listrik, boiler, pabrik petrokimia, gas dan kilang minyak, dan kapal dimana perpipaan harus mengangkut cairan dan gas yang memiliki tekanan dan suhu tinggi[11].

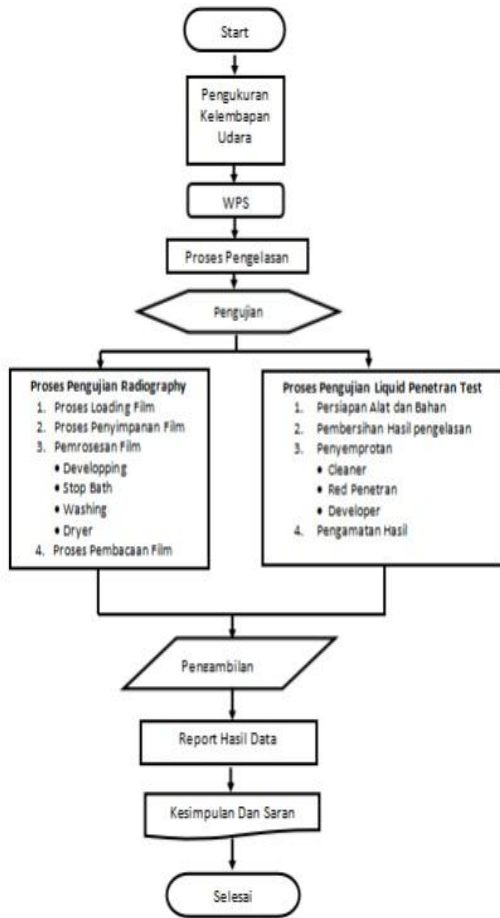
Semua sambungan las harus diperiksa terlebih dahulu terkait kondisi visual 100% sebelum proses pengujian *radiography* dan pengujian *liquid penetrant test*. Pada pengujian *radiography* menggunakan sumber radiasi tunggal Ir-192 dan mesin *X-ray*. Untuk film radiografi memiliki 2 tipe, tipe pertama yaitu, kecepatan rendah, kontras sangat tinggi, dan butiran sangat kecil seperti Kodak M atau Agfa D4 atau yang ekuivalen. Sedangkan tipe kedua yaitu, kecepatan sedang, kontras tinggi, dan butiran kecil seperti Kodak AA atau Agfa D7 atau yang ekuivalen. *Screen* yang digunakan

yaitu, *lead screen* setebal 0.125 mm untuk sisi depan dan belakang film. Indikator Kualitas Citra (IQI) yang digunakan adalah *Wire-type IQI*. Film *viewer* menggunakan *Viewer* dengan pengatur intensitas cahaya. Semua film hasil radiografi harus bersih dari segala macam kerusakan mekanis dan noda kimia yang dapat menutupi dan membingungkan dengan citra diskontinuitas. Noda-noda tersebut meliputi, tapi tidak terbatas pada: *fogging*, cacat pemrosesan seperti *streaks*, *watermarks*, atau noda kimia, goresan, bekas jari tangan, lipatan, kotoran, bekas statis, corengan atau sobekan, indikasi-indikasi palsu akibat *screen* yang rusak[12].

Pada pengujian *liquid penetrant test* bahan dan alat yang digunakan yaitu, *Pre-cleaner/Remover*: Magnaflux SKC-S atau Setara, Penetrant: Magnaflux SKL-SP atau Setara, Pengembang: Magnoflux; SKD-S2 atau Setara, penggaris baja tahan karat 150 mm dan 300 mm, pita pengukur, spidol, dan pengukur cahaya (*lux meter*)[13].

Ketika paduan dasar nikel akan diperiksa, bahan harus disertifikasi mengandung kurang dari satu (1)% sulfur. Jika baja duplex dan baja tahan karat atau titanium akan diperiksa, bahan harus disertifikasi mengandung kurang dari satu (1)% klorida dan fluorida. Sertifikasi kandungan kontaminan untuk bahan yang digunakan pada paduan dasar nikel dan baja tahan karat austenitik harus diperoleh dan dipelihara oleh pengguna, sertifikat ini harus mencakup nomor batch pabrikan penetran dan hasil pengujian[13].

Suhu permukaan yang diperiksa harus dalam kisaran 10°C-52°C selama periode pemeriksaan. Pengeringan permukaan yang telah dibersihkan sebelumnya harus dilakukan dengan penguapan normal. Minimal tunggu selama lima (5) menit sebelum mengaplikasikan zat pewarna. Penetrant pewarna harus diterapkan pada permukaan yang diperiksa terlebih dahulu. Penetrant harus diterapkan dengan penyemprotan atau penyikatan. Seluruh area yang diperiksa harus dijaga tetap basah dengan pewarna penetran selama minimal sepuluh (10) menit waktu tunggu atau lebih lama maksimal 60 menit atau jika pabrikan merekomendasikan demikian[13].



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

Adapun evaluasi indikasi dalam pengujian liquid penetrant test. Semua indikasi yang dicurigai harus diinvestigasi sejauh pemeriksa dapat mengevaluasi indikasi tersebut sesuai kriteria yang berlaku. Indikasi yang relevan adalah yang dihasilkan dari diskontinuitas mekanis yang memiliki dimensi lebih besar dari  $1 / 6$  in. (1,6 mm). Indikasi linier adalah indikasi yang panjangnya lebih dari tiga kali lebarnya. Setiap indikator yang meragukan harus diuji ulang untuk diverifikasi apakah ada cacat atau tidak. Ketidaktepatan permukaan yang terlokalisasi, seperti timbulnya tanda mesin, kondisi permukaan, atau ikatan yang tidak lengkap antara logam dasar dan kelongsong, dapat menghasilkan indikasi serupa yang tidak relevan dengan pendeteksian diskontinuitas yang tidak dapat diterima. Lokasi dan tingkat diskontinuitas yang tidak dapat diterima harus ditandai pada permukaan uji. Bahan atau pengelasan harus melewati pemeriksaan dengan menuliskan tanggal pengujian didekat permukaan[13].

Gambar 1. memperlihatkan diagram alir untuk pengujian *radiography* dan *liquid penetrant test*.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan menjelaskan hasil dan pembahasan laporan tugas akhir yang telah dipaparkan proses pengerjaannya pada bab sebelumnya, dengan metode pengumpulan sekunder.

**3.1 Hasil Pengukuran Kelembapan Udara dan NDT**



**Gambar 2.** Dokumentasi Proses Pengukuran RH di Area Darat



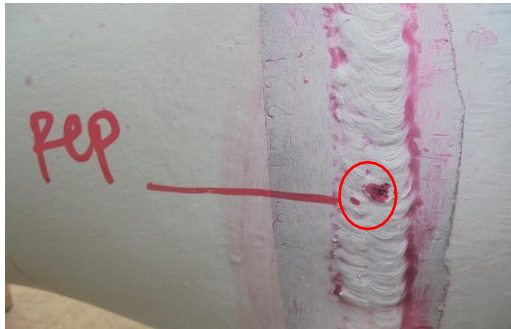
**Gambar 3.** Hasil Pengujian NDT Penetrant Test Hari ke-1

Setelah dilakukan pengujian, maka hasil dari pengujian NDT *penetrant test* dengan proses pengelasan SMAW dan kelembapan udara dengan rata-rata 78,53% yang berada di area darat terdapat dua titik porosity, dengan jarak sebesar 1 mm.



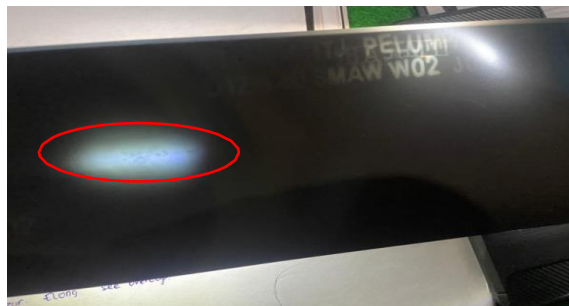
**Gambar 4.** Hasil Pengujian NDT Radiography Test

Setelah dilakukan pengujian, maka hasil dari pengujian NDT Radiography Test dengan proses pengelasan SMAW dan kelembapan udara dengan rata-rata 78,53% yang berada di area darat dapat dilihat di hasil film radiography terdapat 3 mm porosity.



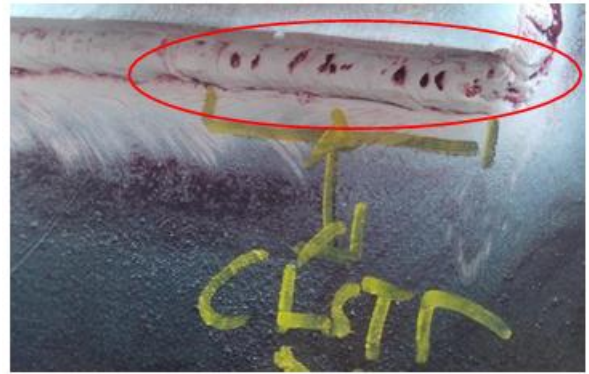
**Gambar 5.** Hasil Pengujian NDT Penetrant Test Hari ke-2

Setelah dilakukan pengujian, maka hasil dari pengujian NDT penetrant test dengan proses pengelasan SMAW dan kelembapan udara dengan rata-rata 85,13% yang berada di area darat terdapat cluster porosity sebesar 5 mm.



**Gambar 6.** Hasil Pengujian NDT Radiography Test hari ke-1

Setelah dilakukan pengujian, maka hasil dari pengujian NDT Radiography Test dengan proses pengelasan SMAW dan kelembapan udara dengan rata-rata 85,13% yang berada di area darat dapat dilihat di hasil film radiography terdapat 10 mm cluster porosity.



**Gambar 7.** Hasil Pengujian NDT Penetrant Test Hari ke-1 Area Laut

Setelah dilakukan pengujian, maka hasil dari pengujian NDT penetrant test dengan proses pengelasan SMAW dan kelembapan udara dengan rata-rata 92,46% yang berada di area laut terdapat cluster porosity memanjang 100 mm.



**Gambar 8.** Hasil Pengujian NDT Radiography Test Hari ke-2

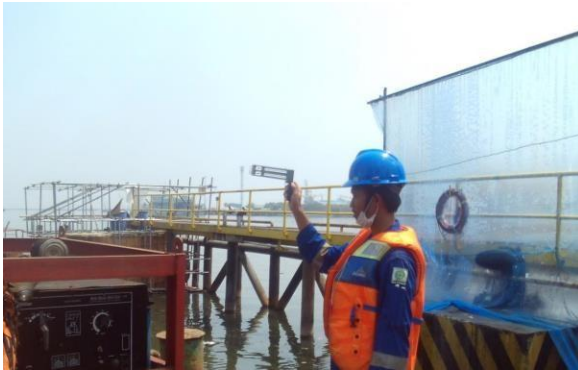
Setelah dilakukan pengujian, maka hasil dari pengujian NDT Radiography Test dengan proses pengelasan SMAW dan kelembapan udara dengan rata-rata 92,46% yang berada di area laut dapat dilihat di hasil film radiography terdapat cluster porosity memanjang 150 mm.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Kelembapan Udara (RH) dan Temuan Cacat Porosity

No	Rata-Rata RH		Per Rata-Rata RH	Temuan Cacat Porosity Pada NDT	
	Area	Hari Ke-		Penetrant Test	Radiography Test
1	Darat	1	78,53%	1 mm	3 mm
2	Darat	2	85,13%	5 mm	10 mm
3	Darat	3	92,46%	100 mm	150 mm
4	Darat	4	92,76%	200 mm	10 mm

Dari tabel diatas memperlihatkan hasil pengukuran kelembapan udara (RH) di darat pada hari pertama memiliki hasil rata-rata RH sebesar 78,53%, pada hari kedua sebesar

85,13%. Sedangkan hasil dari pengukuran kelembapan udara (RH) di area laut pada hari pertama memiliki hasil rata-rata sebesar 92,46%, pada hari kedua sebesar 92,76%.



**Gambar 9.** Dokumentasi Proses Pengukuran RH di Area Laut

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengamatan penelitian ini yaitu:

- a. Pengukuran kelembapan udara di darat dengan hasil rata - rata di hari pertama 78,8%, hari ke dua 85,1%. Pengukuran Kelembapan udara di area laut dengan hasil rata - rata di hari pertama sebesar 92,46%, hari ke dua sebesar 92,76%.
- b. Kelembapan udara di area laut lebih tinggi dibandingkan dengan kelembapan udara di area darat, sehingga dapat disimpulkan kelembapan udara sangat memengaruhi hasil pengelasan terutama pada cacat porosity terhadap pengelasan SMAW pada material baja A 106 Grade B.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Parekke S, Johannes L, Hay A M.(2014).Pengaruh Pengelasan Logam Berbeda (Aisi 1045) Dengan (Aisi 316l) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro.J. Sains & Teknologi. 2 : 191 – 198
- [2]. Fitri, M., Sukiyono, B., & Simanjuntak, M. L. (2019). Pengaruh Waktu Penahanan pada Perlakuan Panas Paska Pengelasan terhadap Ketangguhan Sambungan Las Baja. SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 13(2), 80-86.
- [3]. Shukla AA, Joshi VS, Shel A, Shukla BA.(2018).Analysis of Shielded metal arc welding parameter on Depth of Penetration on AISI 1020 plates using Response

surface methodology.Procedia Manufacturing 20 239–246.

- [4]. Aljufri, A., & Putra, R. (2018). PENGARUH POROSITAS LAS TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA MATERIAL AISI 1050 YANG MENGGUNAKAN KAMPUH LAS V 90°. Prosiding Semnastek.
- [5]. Sujalu, A. P., Pulihasih, A. Y., & Biantary, M. P. (2020). Instrumentasi Klimatologi Dan Meteorologi. Zahir Publishing.
- [6]. Dwibedi, S., & Bag, S. (2020). Assessment by destructive and non-destructive approach to characterize 90/10 cupronickel weldments. Materials Today: Proceedings.
- [7]. M. Thornton, L. Han, and M. Shergold, 2012, Progress in NDT of resistance spot welding of aluminium using ultrasonic C-scan, NDT E Int., vol. 48, pp. 30–38.
- [8]. Zaky, M., Syukran, S., & Azwar, A. (2017). Inspeksi sambungan las pada pipa steam generator menggunakan metode radiography teknik panoramic (studi kasus di PT. Tachi Jino). Jurnal Polimesin, 15(2), 50-54.
- [9]. ASTM. A106-99, 1999, Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.
- [10]. Machmud, M. N., & Maulana, D. (2013).