

Analisis Keretakan Pada Spring Plate Dryer Menggunakan Metode Liquid Penetrant Test Di Pt Petrokimia Gresik

¹Dicky Maulana Nurkholis, ²Fatkur Rhohman,

¹ Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: [*¹dickynurkholis123@gmail.com](mailto:dickynurkholis123@gmail.com), [²fatkurrohman@unpkediri.ac.id](mailto:fatkurrohman@unpkediri.ac.id)

Penulis Korespondensi : Dicky Maulana Nurkholis

Abstrak— *Spring plate dryer* merupakan salah satu komponen penting pada sistem pengering di PT Petrokimia Gresik yang bekerja pada kondisi beban mekanis dan temperatur operasi tinggi sehingga berpotensi mengalami keretakan akibat kelelahan material maupun tegangan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keretakan yang terjadi pada spring plate dryer menggunakan metode *Liquid Penetrant Test* (LPT) sebagai metode *Non-Destructive Testing* (NDT). Pengujian dilakukan melalui tahapan pembersihan permukaan (cleaning), aplikasi cairan penetran, waktu penetrasi (dwell time), pembersihan kelebihan penetran, aplikasi developer, dan interpretasi indikasi retak yang muncul pada permukaan material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode LPT mampu mengidentifikasi retakan terbuka pada permukaan sambungan las dan area yang mengalami konsentrasi tegangan. Indikasi retakan yang teramati selanjutnya dianalisis berdasarkan bentuk, ukuran, dan lokasi untuk menentukan tingkat keparahan serta potensi kegagalan komponen. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode LPT efektif digunakan sebagai teknik inspeksi dini untuk mendukung program pemeliharaan preventif, meningkatkan keandalan peralatan, serta meminimalkan risiko kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi di PT Petrokimia Gresik.

Kata Kunci— Inspeksi material, keretakan, *Liquid Penetrant Test*, *Non-Destructive Testing*, *Spring plate dryer*.

Abstract— *The spring plate dryer is a critical component in the drying system at PT Petrokimia Gresik, operating under high mechanical loads and elevated temperatures, making it susceptible to cracking caused by material fatigue and operational stresses. This study aims to analyze cracks in the spring plate dryer using the Liquid Penetrant Test (LPT) as a Non-Destructive Testing (NDT) method. The inspection procedure consisted of surface cleaning, penetrant application, penetration time (dwell time), removal of excess penetrant, developer application, and interpretation of crack indications appearing on the material surface. The inspection results demonstrated that the LPT method effectively identified surface-breaking cracks in welded joints and stress concentration areas. The detected crack indications were further analyzed based on their shape, size, and location to determine the severity level and potential risk of component failure. The findings indicate that the Liquid Penetrant Test is an effective inspection technique for early crack detection, supporting preventive maintenance programs, improving equipment reliability, and minimizing the risk of failures that could disrupt the production process at PT Petrokimia Gresik.*

Keywords— *Crack analysis, Liquid Penetrant Test, Non-Destructive Testing, Preventive maintenance, Spring plate dryer.*

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri proses menuntut setiap peralatan produksi memiliki tingkat keandalan yang tinggi untuk menjaga kontinuitas operasi serta meminimalkan risiko downtime. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mempertahankan keandalan peralatan adalah melalui kegiatan inspeksi dan pemeliharaan secara berkala, dilakukan pengujian dengan metode *non-destructive testing* (NDT). Pengujian NDT, seperti *Penetrant Test* yang digunakan dalam penelitian ini. Inspeksi tidak hanya bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual komponen, tetapi juga untuk mendeteksi adanya cacat atau kerusakan sejak dini sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan sebelum terjadi kegagalan yang lebih serius [1]. Salah satu kerusakan yang sering

ditemukan pada komponen logam adalah keretakan (crack), terutama pada daerah sambungan las yang mengalami pembebanan berulang, getaran, dan perubahan temperatur selama proses operasi [2]. Keretakan yang tidak terdeteksi dapat berkembang menjadi kegagalan struktur yang berpotensi mengganggu proses produksi dan meningkatkan biaya perawatan[3]

Salah satu komponen yang memiliki peranan penting dalam sistem pengering di PT Petrokimia Gresik adalah *spring plate dryer*. Komponen ini berfungsi sebagai penopang dan penyeimbang mekanisme pada sistem dryer, sehingga harus mampu menahan beban mekanis dan pengaruh temperatur selama proses pengeringan berlangsung. Dalam kondisi operasional, *spring plate dryer* menerima kombinasi beban statis, beban dinamis, serta siklus termal secara terus-menerus yang dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan pada area tertentu, khususnya di sekitar sambungan las[4]. komponen dapat mengalami penurunan kekuatan, deformasi, bahkan kegagalan fungsi yang berdampak pada terhentinya proses produksi, Dalam pendekatan industri biasanya digunakan untuk memeriksa kualitas sambungan dengan cara uji *non-destruktif* pada berbagai tahapan pemrosesan[5][6].

Untuk mendeteksi keretakan pada permukaan material, salah satu metode *Non-Destructive Testing* (NDT) yang banyak digunakan adalah *Liquid Penetrant Test* (LPT). Metode ini bekerja dengan memanfaatkan sifat kapilaritas cairan penetran untuk memasuki celah retakan yang terbuka di permukaan material. Setelah kelebihan penetran dibersihkan dan developer diaplikasikan, cairan yang berada di dalam retakan akan tertarik kembali ke permukaan sehingga menghasilkan indikasi visual yang dapat diamati secara langsung[7]. Metode LPT memiliki beberapa keunggulan, seperti prosedur inspeksi yang sederhana, biaya pelaksanaan yang relatif rendah, sensitivitas yang baik terhadap retakan permukaan, serta dapat diterapkan pada berbagai material logam nonpori tanpa menyebabkan kerusakan pada komponen yang diuji[8][9]. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam inspeksi kualitas hasil pengelasan maupun evaluasi kondisi komponen yang telah beroperasi dalam jangka waktu tertentu.

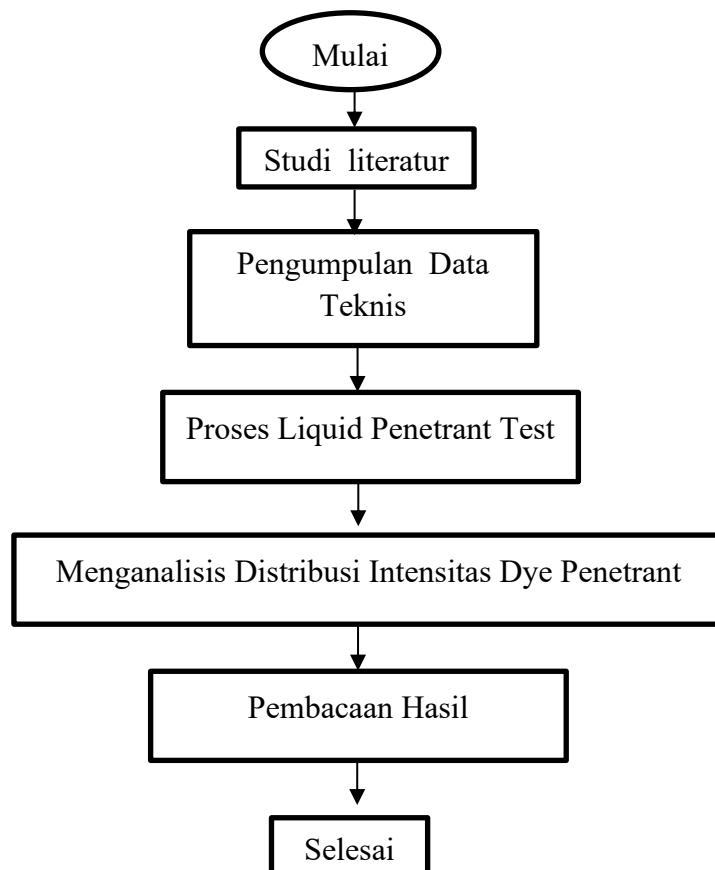
Meskipun metode *Liquid Penetrant Test* telah banyak diterapkan dalam inspeksi sambungan las dan komponen industri, kajian mengenai penerapannya pada *spring plate dryer* yang beroperasi di industri pupuk masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada pengujian spesimen laboratorium atau evaluasi kualitas hasil pengelasan, sedangkan analisis keretakan pada komponen aktual yang telah mengalami pembebanan operasional dalam waktu lama belum banyak dilaporkan. Selain itu, karakteristik retakan yang terbentuk pada *spring plate dryer* dapat dipengaruhi oleh kondisi operasi, riwayat pembebanan, serta kualitas sambungan las, sehingga diperlukan inspeksi secara langsung untuk memperoleh informasi mengenai kondisi aktual komponen[10].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan analisis keretakan pada *spring plate dryer* menggunakan metode *Liquid Penetrant Test* untuk mengidentifikasi adanya retakan permukaan serta mengevaluasi karakteristiknya berdasarkan bentuk, ukuran, dan lokasi kemunculan. Hasil analisis diharapkan dapat menjadi dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan yang tepat, mencegah berkembangnya kerusakan menjadi kegagalan komponen, serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi peralatan di PT Petrokimia Gresik.

II. METODE

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah Non-Destructive Testing (NDT) dengan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mengidentifikasi keretakan permukaan pada *spring plate dryer*. Metode pengujian yang digunakan adalah Liquid Penetrant Test (LPT) yang dilaksanakan sesuai dengan ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Section V – Article 6: Liquid Penetrant Examination sebagai acuan utama prosedur pengujian dan evaluasi hasil (ASME, 2023).



Gambar 1 diagram alir penelitian

Keterangan:

1. Studi Literatur

Tahap awal penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori mengenai mekanisme terjadinya keretakan pada komponen logam, prinsip kerja metode Liquid Penetrant Test (LPT).

2. Pengumpulan Data Teknis

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data teknis spring plate dryer, meliputi spesifikasi material, kondisi operasi, dan lokasi yang dicurigai mengalami keretakan. Data tersebut digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan inspeksi dan analisis hasil pengujian.

3. Proses Liquid Penetrant Test

Pengujian dilakukan menggunakan metode Liquid Penetrant Test (LPT) sesuai prosedur inspeksi yang berlaku. Tahapan pengujian meliputi:

- Pembersihan permukaan benda uji (pre-cleaning).
- Aplikasi cairan penetran (penetrant application).
- Waktu penetrasi (dwell time) agar penetran masuk ke dalam retakan.
- Pembersihan sisa penetran pada permukaan.
- Aplikasi developer untuk menarik penetran keluar dari cacat.
- Pemeriksaan visual dan dokumentasi indikasi retakan yang muncul.
- Hasil pengujian berupa citra retakan kemudian digunakan sebagai data utama dalam analisis distribusi intensitas penetran.

4. Analisis Distribusi Intensitas Dye Penetrant

Citra hasil inspeksi dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ untuk memperoleh nilai intensitas warna pada area retakan. Parameter yang diukur meliputi mean intensity, intensitas relatif, dan distribusi warna pada setiap zona retakan.

5. Pembacaan Hasil

Tahap selanjutnya adalah interpretasi hasil pengujian berdasarkan distribusi intensitas penetran dan bentuk indikasi retakan. Hasil analisis digunakan untuk:

- Mengidentifikasi jenis retakan yang ditemukan.
- Menentukan lokasi atau zona kritis keretakan pada spring plate dryer.
- Membandingkan distribusi intensitas antar area retakan.
- Mengevaluasi tingkat keparahan retakan berdasarkan pola penyebaran penetran.
- Interpretasi ini menjadi dasar dalam menyimpulkan kondisi komponen yang diuji.

6. Selesai

Tahap terakhir adalah penyusunan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

B. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk mengolah data hasil pengujian Liquid Penetrant Test (LPT) sehingga diperoleh informasi yang akurat mengenai distribusi intensitas dye penetrant, jenis dan karakteristik keretakan, serta zona kritis retakan pada spring plate dryer. Seluruh proses analisis didasarkan pada data hasil inspeksi yang diperoleh di PT Petrokimia Gresik.

Analisis data diawali dengan reduksi data melalui seleksi dan penyederhanaan hasil pengujian Liquid Penetrant Test (LPT) yang meliputi lokasi, panjang, bentuk, orientasi retakan, serta intensitas warna penetrant. Selanjutnya, indikasi retakan diidentifikasi dan diklasifikasikan berdasarkan jenis dan karakteristiknya, kemudian dianalisis distribusi intensitas penetrant menggunakan pengolahan citra digital untuk memperoleh nilai intensitas pada setiap retakan. Nilai tersebut dikelompokkan ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi guna menentukan zona kritis yang memerlukan perhatian khusus. Tahap akhir dilakukan dengan menganalisis hubungan antara karakteristik retakan dan intensitas penetrant untuk menilai tingkat keparahan kerusakan serta mengidentifikasi kemungkinan penyebab terjadinya retakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil pengujian Liquid Penetrant Test

Berdasarkan hasil pengujian Liquid Penetrant Test (LPT) yang dilakukan sesuai dengan prosedur ASME BPVC Section V – Article 6, ditemukan adanya indikasi cacat pada permukaan Spring Plate Dryer. Hasil pengujian menunjukkan munculnya indikasi berupa garis linear berwarna gelap yang kontras terhadap lapisan developer berwarna putih, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar hasil inspeksi

Indikasi hasil *Liquid Penetrant Test* menunjukkan retakan linear yang memanjang,



Gambar 2

kontinu, dan terlihat jelas sebagai karakteristik retakan permukaan (*surface crack*). Retakan memiliki panjang yang signifikan sehingga menunjukkan kerusakan yang telah berkembang, bukan sekadar cacat mikro. Lokasi retakan berada pada area dengan konsentrasi tegangan tinggi yang dipengaruhi oleh pembebanan siklik, fluktuasi tekanan, dan getaran selama

operasi. Berdasarkan bentuk dan karakteristiknya, retakan diklasifikasikan sebagai **retak akibat kelelahan material (*fatigue crack*)** yang menunjukkan adanya kerusakan struktural pada *spring plate dryer*.

2. Analisis distribusi intensitas dye penetrant pada Hasil Liquid Penetrant Test

a) Hasil Pengolahan Citra Menggunakan ImageJ

Hasil pengolahan citra menghasilkan nilai rata-rata intensitas pada masing-masing area retakan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 1

NO	Area	Mean	StDev	Min	Max	I Relative
1	100	93.98	50.782	51	209	0.272025316
2	100	69.1	37.073	45	217	0.140116279
3	100	54.26	10.235	32	75	0.517674419
4	100	52.42	10.819	36	107	0.231267606
5	100	48.55	7.857	32	62	0.551666667
6	100	50.09	15.004	27	128	0.228613861
7	100	42.65	12.01	24	101	0.242207792
8	100	52.66	39.533	21	207	0.170215054
9	100	73.9	42.067	30	203	0.253757225
10	100	59.53	22.375	34	154	0.21275
11	100	87.2	34.036	44	211	0.258682635
12	100	121.31	43.76	50	224	0.409827586
13	100	123.62	50.89	38	237	0.430251256
14	100	68.84	27.182	27	177	0.278933333
15	100	36.44	10.291	20	80	0.274
16	100	49.94	30.872	21	180	0.182012579
17	100	47.66	13.444	16	93	0.411168831
18	100	47.03	14.159	26	73	0.447446809
19	100	60.74	17.893	34	137	0.25961165
20	100	68.36	21.771	31	178	0.25414966
21	100	62.66	18.287	37	111	0.346756757
22	100	61.36	15.886	39	102	0.354920635
23	100	56.86	8.135	39	78	0.457948718
24	100	60.81	13.276	36	89	0.468113208
25	100	55.5	8.102	36	77	0.475609756
26	100	52.97	7.568	34	77	0.441162791
27	100	55.81	13.072	34	94	0.3635
28	100	60.66	12.028	38	95	0.39754386
29	100	58.65	13.131	35	107	0.328472222
30	100	50.95	17.031	20	88	0.455147059
31	100	46.38	15.352	23	94	0.329295775
32	100	43.82	9.982	24	70	0.430869565
33	100	49.05	13.989	23	108	0.306470588

34	100	43.8	13.84	23	93	0.297142857
35	100	53.28	36.685	11	223	0.199433962
36	100	61.66	37.427	18	220	0.216138614
37	100	64.61	23.764	32	198	0.196445783
38	100	74.67	27.177	23	189	0.31126506
39	100	52.07	15.89	28	146	0.203983051
40	100	57.79	23.162	27	148	0.25446281
41	100	68.78	46.481	27	235	0.200865385
42	100	50.11	14.277	31	130	0.193030303
43	100	46.12	18.526	17	171	0.189090909
44	100	71.93	54.246	22	206	0.271358696
45	100	113.31	65.103	25	216	0.462356021
46	100	114.02	65.474	21	213	0.484479167
47	100	106.66	53.323	26	215	0.426772487
48	100	146.5	49.655	42	214	0.60755814
49	100	105.04	69.068	9	208	0.482613065
50	100	44.66	37.75	21	201	0.131444444
51	100	56.73	29.139	23	206	0.18431694
52	100	127.49	60.44	28	197	0.588698225
53	100	134.79	60.894	27	211	0.585815217
54	100	74.19	49.271	28	203	0.263942857
55	100	100.33	62.993	34	201	0.397185629
56	100	115.17	63.918	27	204	0.498135593
57	100	137.13	57.69	32	200	0.62577381
58	100	151.66	48.225	24	193	0.755384615
59	100	150.73	41.677	40	203	0.679325153
60	100	157.55	27.67	104	190	0.622674419

Analisis distribusi intensitas *dye penetrant* dilakukan pada 60 area pengamatan menggunakan citra hasil *Liquid Penetrant Test* (LPT) yang diolah dengan perangkat lunak ImageJ. Parameter yang dianalisis meliputi nilai rata-rata intensitas (*Mean*), simpangan baku (*Standard Deviation*), nilai minimum (*Min*), nilai maksimum (*Max*), dan intensitas relatif (*I Relative*). Hasil analisis menunjukkan nilai *Mean* berkisar antara 36,44–123,62 dengan rata-rata 63,45, yang mengindikasikan distribusi penetrasi pada retakan tidak merata. Nilai intensitas relative berada pada rentang 0,1401–0,5517, dengan nilai tertinggi pada Area 5 sebesar 0,5517 dan terendah pada Area 2 sebesar 0,1401. Perbedaan intensitas tersebut menunjukkan adanya variasi ukuran bukaan dan karakteristik retakan, di mana semakin tinggi nilai intensitas relative maka semakin besar konsentrasi penetrasi yang tertahan, sehingga mengindikasikan retakan yang lebih terbuka atau lebih kompleks.

b) Klasifikasi Intensitas Dye penetrant

Untuk mempermudah interpretasi hasil analisis, nilai intensitas relative (*I Relative*) diklasifikasikan menjadi empat tingkat keparahan berdasarkan persentase intensitas penetrasi yang terdeteksi pada area retakan. Klasifikasi ini digunakan untuk menentukan tingkat kerusakan dan mengidentifikasi area yang memerlukan prioritas penanganan.

Tabel 2

Persentase Intensitas	Kategori
> 75%	Sangat Kritis
50–75%	Kritis
25–50%	Sedang
< 25%	Rendah

Dengan adanya klasifikasi ini, distribusi intensitas *dye penetrant* dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat keparahan retakan, mengidentifikasi zona kritis, serta menetapkan prioritas perbaikan pada sambungan las *spring plate dryer*. Klasifikasi tersebut juga membantu dalam proses evaluasi kondisi komponen secara lebih objektif dan terukur.

c) Identifikasi Zona Kritis Retakan

Zona kritis ditentukan berdasarkan nilai intensitas relative tertinggi yang menunjukkan akumulasi penetrasi terbesar pada retakan. Area dengan intensitas tinggi dianggap memiliki tingkat keparahan yang lebih besar karena mampu menahan penetrasi dalam jumlah yang lebih banyak.

Tabel 3

Kategori	Nomor Area
Sangat Kritis	58
Kritis	3, 5, 48, 52, 53, 57, 59, 60
Sedang	1, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 49, 55, 56, 54
Rendah	2, 4, 6, 7, 8, 10, 16, 35, 36, 37, 39, 41, 42, 43, 50, 51

Berdasarkan hasil klasifikasi intensitas penetrasi pada 60 area pengamatan, diperoleh 1 area berkategori sangat kritis, 8 area kritis, 35 area sedang, dan 16 area rendah. Mayoritas area berada pada kategori sedang, yang menunjukkan retakan memiliki tingkat

keparahan menengah dan berpotensi berkembang akibat beban operasi berulang. Area 58 memiliki intensitas relatif tertinggi sebesar 75,54% sehingga dikategorikan sebagai sangat kritis, sedangkan Area 48, 52, 53, 57, 59, dan 60 termasuk kategori kritis dengan intensitas di atas 50%. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi intensitas dye penetrant tidak merata dan terkonsentrasi pada beberapa area, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan zona kritis, prioritas inspeksi lanjutan, dan tindakan perbaikan pada sambungan las spring plate dryer.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian Liquid Penetrant Test (LPT) berhasil mengidentifikasi adanya retakan permukaan pada sambungan las spring plate dryer yang diklasifikasikan sebagai fatigue crack. Analisis citra menggunakan ImageJ menunjukkan bahwa distribusi intensitas dye penetrant tidak merata, yang mengindikasikan adanya perbedaan tingkat keparahan retakan pada setiap area. Hasil klasifikasi intensitas menunjukkan 1 area termasuk kategori sangat kritis, Area 8 kategori kritis, Area 35 kategori sedang, dan Area 16 kategori rendah, dengan Area 58 sebagai zona paling kritis. Hasil ini menunjukkan bahwa analisis intensitas dye penetrant dapat digunakan untuk mengidentifikasi zona kritis retakan serta menjadi dasar dalam menentukan prioritas inspeksi dan tindakan perbaikan pada spring plate dryer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Bagas and A. Prayoga, "ANALISA CACAT LAS PADA PLATE BAJA SS400 MENGGUNAKAN METODE PENETRANT TEST DI PPSDM MIGAS CEPU," vol. 4, no. November, pp. 810–815, 2024.
- [2] K. Saravanakumar, J. Medoline, S. Ananth, K. M. S. Priyanka, and M. Dharshini, "Defect Identification in Weld Beads of Aluminium 5356 Using Liquid Penetrant Test," 2024, doi: 10.4108/eai.23-2-2024.2347024.
- [3] Jin-uk Kim and Sang-Jin Oh "Penetrasi, Studi tentang Teknik Deteksi Cacat Pengelasan pada Citra Uji Cairan" vol. 11, 2024.
- [4] C. Series, "Study of weld cracking in 06Cr18Ni11Ti flat shoulder joints Study of weld cracking in 06Cr18Ni11Ti flat shoulder joints," 2025, doi: 10.1088/1742-6596/3043/1/012004.
- [5] L. Santoro, R. Sesana, R. Molica, and N. Francesca, "Infrared in-line monitoring of flaws in steel welded joints : a preliminary approach with SMAW and GMAW processes," 2023, doi: 10.1007/s00170-023-12044-2.
- [6] H. Kaveh and R. Alhajj, "Recent advances in crack detection technologies for structures : a survey of 2022-2023 literature," no. 1-22 , pp. July, 2024, doi: 10.3389/fbuil.2024.1321634.
- [7] B. Yudianto and P. Wicaksana, "Analisis Cacat Hasil Pengelasan Pada Pipa ASTM A106 Grade B Menggunakan Magnetic Particle Test dan Liquid Penetrant Test di Workshop Las dan Inspeksi PPSDM Migas Cepu," vol. 25, no. 2, pp. 54–60, 2023.
- [8] N. I. Sumardani, N. I. Setiawan, and B. W. Nuryadin, "Defect Analysis of Carbonsteel Pipe Welding Connections Using Non-Destructive Testing with the Penetrant Test Method," 2020.
- [9] L. Penetrant and T. Image, "액체 침투탐상검사 이미지에서 용접 결함 검출 기법에

관한 연구 A Study on the Welding Defect Detection Technique in Liquid Penetrant Test Image,” pp. 1751–1761, 2024.

- [10] Z. Abidin *et al.*, “Effect of Temperature on Penetration of Test Liquid into Boiler Pipe,” vol. 8, pp. 88–94, 2023.