



TUGAS AKHIR – MN 141581

**ANALISIS PENDETEKSIAN LEBAR DAN KEDALAMAN
CRACK PENGELASAN MATERIAL ALUMINIUM 5083 PADA
PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY
CURRENT TESTING*(ECT)**

**Tridanto Drajad Prasetya Indra Karuna
NRP 0411154000084**

**Dosen Pembimbing
Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T.,M.Eng.**

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN



TUGAS AKHIR – MN 141581

ANALISIS PENDETEKSIAN LEBAR DAN KEDALAMAN *CRACK* PENGELASAN MATERIAL ALUMINIUM 5083 PADA PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY CURRENT* *TESTING*(ECT)

**Tridanto Drajad Prasetya Indra Karuna
NRP 0411154000084**

**Dosen Pembimbing
Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T.,M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT – MN 141581

**THE ANALYSIS OF DETECTION IN WIDTH AND DEPTH OF
CRACKS IN ALUMINIUM 5083 MATERIAL WELDING ON
ENGINE SHIP FONDATION USING EDDY CURRENT
TESTING (ECT) METHOD**

**Tridanto Drajad Prasetya Indra Karuna
NRP 0411154000084**

**Supervisor
Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENDETEKSIAN LEBAR DAN KEDALAMAN CRACK PENGELASAN MATERIAL ALUMINIUM 5083 PADA PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY* *CURRENT TESTING*

TUGAS AKHIR


Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:


TRIDANTO DRAJAD PRASETYA INDRA KARUNA
NRP 0411154000084

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing


Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.
NIP 19700615 199512 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan


Ir. Wasis Dwi Ariyawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
SURABAYA, 2019

LEMBAR REVISI

ANALISIS PENDETEKSIAN LEBAR DAN KEDALAMAN CRACK PENGELASAN MATERIAL ALUMINIUM 5083 PADA PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY CURRENT TESTING*(ECT)

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

TRIDANTO DRAJAD PRASETYA INDRA KARUNA

NRP 0411154000084

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:


1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

2. M. Nurul Misbah, S.T., M.T.

3. Totok Yulianto, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.



SURABAYA, 4 NOVEMBER 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua tercinta atas segala dukungan dan doanya.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah berkat rahmat Allah SWT karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Keluarga di rumah terutama untuk orang tua saya: Indra Karuna Prathama Karsadi dan Trisa Wahjuni Putri Indra yang tidak pernah berhenti memberikan doa, semangat, dan kasih sayang yang tidak pernah bisa terbalaskan.
2. Bapak Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas izin pemakaian fasilitas laboratorium.
5. Seluruh dosen di Departemen Teknik Perkapalan atas ilmu-ilmu yang telah diberikan selama kuliah.
6. Mas Andri Baihaqi, mbak Andriani Karunia Prameiswari, dan mbak Andriana Kirana Puspa yang selalu memberikan doa dan dukungan moral kepada saya.
7. Pak Pardi, Pak Deny, Pak Yanto, Mas Joko, dan Pak Fairil yang selalu siap membantu kapan pun pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Aminudin, selaku *Welder* yang memberikan bantuan proses pengelasan untuk Tugas Akhir ini.
9. Mas Yasir dan Pak Yudi Effendi yang selalu cepat dan tanggap dalam membantu mengerjakan Tugas Akhir Saya.
10. I Gusti Agung, Rakanavy Aditya, dan seluruh keluarga besar “SAMUDRAKSA P-55” atas bantuan, dukungan, dan tawa yang selalu dihadirkan selama bangku kuliah.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 2019

Tridanto Drajad Prasetya Indra Karuna

ANALISIS PENDETEKSIAN LEBAR DAN KEDALAMAN *CRACK* PENGELASAN MATERIAL ALUMINIUM 5083 PADA PONDASI MESIN KAPL DENGAN METODE *EDDY CURRENT TESTING*

Nama Mahasiswa : Tridanto Drajad Prasetya Indra Karuna
NRP : 04111540000084
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng

ABSTRAK

Pada pengelasan di bagian pondasi mesin kapal, sering terjadi *crack* akibat pengelasan. *Crack* yang terjadi di permukaan tidak terlihat karena dimensi *crack* yang kecil. Oleh karena itu, diperlukan metode *Nondestructive Testing* untuk mendeteksi *crack* pada material, sehingga segala dampak yang ditimbulkan dapat diminimumkan. Salah satu metode yang disarankan adalah *Eddy Current Testing*. Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis pengaruh lebar dan kedalaman retak terhadap sensitivitas metode Eddy Current Testing. Penelitian ini menggunakan lima buah spesimen. Spesimen terbuat dari aluminium 5083. Ukuran dari kelima spesimen tersebut adalah 160 x 150 x 10 mm. Satu spesimen memiliki empat retak dan empat spesimen memiliki lima retak. Retak pada spesimen divariasikan kedalaman dan lebarnya. Masing-masing kedalaman retak adalah 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, dan 2.0 mm. Untuk Lebar retak adalah 0.15 mm, 0.20 mm, 0.25 mm, dan 0.35 mm. Pengujian dilakukan dengan parameter frekuensi 30.0 kHz, *angle* 345.0°, *horizontal gain* 48.5 dB, dan *vertical gain* 56.0 dB. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa rata-rata tinggi indikasi sinyal *crack* yang terkecil pada kedalaman retak 0.5 mm adalah 1.2 mm dan yang terbesar pada kedalaman retak 2.0 mm adalah 7.9 mm. Selain hasil dari kedalaman retak, dari pengujian ini menunjukkan bahwa rata-rata tinggi indikasi sinyal *crack* yang terkecil pada lebar retak 0.15 mm adalah 4.1 mm dan yang terbesar pada lebar retak 0.35 mm adalah 5.6 mm. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa kedalaman dan lebar retak mempengaruhi sensitivitas indikasi sinyal *crack* pada mesin *Eddy Current Testing*. Semakin besar kedalaman dan lebar retak, maka semakin tinggi juga indikasi sinyal *crack* yang ditunjukkan pada layar monitor alat *Eddy Current Testing*. Begitu pun sebaliknya, saat kedalaman dan lebar retak semakin kecil, maka indikasi sinyal *crack* yang ditunjukkan pada layar monitor alat *Eddy Current Testing* juga semakin rendah. Selain itu, pembuatan retak yang tidak sempurna atau permukaan alur las yang tidak rata atau bergelombang dapat mempengaruhi sensitivitas pendeteksian retak dari mesin *Eddy Current Testing*.

Kata kunci: Aluminium 5083, *crack*, *Eddy Current Testing*

THE ANALYSIS OF DETECTION IN WIDTH AND DEPTH OF CRACKS IN ALUMINIUM 5083 MATERIAL WELDING ON ENGINE SHIP FONDATION USING EDDY CURRENT TESTING (ECT) METHOD

Author : Tridanto Drajad Prasetya
Student Number : 04111540000084
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng

ABSTRACT

In the welding of the ship engine fondation, cracks often occur. Cracks that occur on the surface are not visible because of the small dimensions of the crack. Therefore, a Nondestructive Testing method is needed to detect cracks in the material. One of the recommended methods is Eddy Current Testing. In this Final Project, an analysis of the width and depth's effect of cracks on the sensitivity of the Eddy Current Testing method is conducted. This study uses five specimens. Specimens was made from aluminium 5083. The size of the five specimens is 160 x 150 x 10 mm. One specimen has four cracks and four specimens have five cracks. Cracks in the specimens vary in depth and width. Each crack depth is 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm and 2.0 mm. Each crack width is 0.15 mm, 0.20 mm, 0.25 mm, and 0.35 mm. The examination was done with parameters frequency 30.0 kHz, angle 345.0°, horizontal gain 48.5 dB, and vertical gain 56.0 dB. The examinations result showed that the smallest average of the cracks signal's height indication on 0.5 mm crack depth is 1.2 mm and the highest average on 2.0 mm crack depth is 7.9 mm. On the other, from this examination result showed that the smallest average of cracks signal's height indication on 0.15 width crack is 4.1 mm and the highest average on 0.35mm width crack is 5.6 mm. The results of this test showed that the depth and width of the crack affect the sensitivity of the signal indication on the Eddy Current Testing machine. The greater the depth and width of the crack, the higher the lift-off signal indication that is shown on the screen of the Eddy Current Testing machine. On the other hand, when the depth and width of the crack are smaller, then the indication of the lift-off signal shown on the monitor screen of the Eddy Current Testing machine is also lower. In addition, the manufacture of imperfect cracks and rough weld surfaces can affect the sensitivity of crack detection obtained from an Eddy Current Testing machine.

Keywords : Aluminium 5083, crack, Eddy Current Testing

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – MN 141581	i
TUGAS AKHIR – MN 141581	ii
FINAL PROJECT – MN 141581	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah	1
I.3. Tujuan	1
I.4. Batasan Masalah	2
I.5. Manfaat	2
I.6. Hipotesis	2
Bab II STUDI LITERATUR	3
II.1. Dasar Teori	3
II.1.1. Aluminium	3
II.1.2. <i>Nondestructive Testing</i>	4
II.1.3. <i>Elektromagnetism</i>	4
II.1.4. <i>Eddy Current Testing</i>	5
II.1.5. Prinsip <i>Eddy Current Testing</i>	5
II.1.6. Faktor Penting Dalam Pengujian <i>Eddy Current</i>	6
II.1.7. Pemilihan Frekuensi	9
II.1.8. Kalibrasi pada Pengujian	10
II.1.9. Kumparan Pengujian	10
II.1.10. Sinyal <i>Output</i> Pengujian	14
II.1.11. Aplikasi Pengujian <i>Eddy Current</i>	14
II.1.12. Kelebihan dan Kekurangan Pengujian <i>Eddy Current</i>	14
II.2. Tinjauan Pustaka	15
Bab III METODOLOGI	17
III.1. Diagram Alir	17
III.2. Persiapan Material dan Alat	18
III.3. Persiapan Proses Pengelasan	20
III.4. Pembuatan Retak Buatan	21
III.5. Pengujian <i>Eddy Current</i>	25
Bab IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	29
IV.1. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen 1 dan 3 Berdasarkan Variasi Lebar Retak	29

IV.2. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen 2 Berdasarkan Variasi Lebar Retak.....	32
IV.3. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen 4 Berdasarkan Variasi Lebar Retak.....	34
IV.4. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen 5 Berdasarkan Variasi Lebar Retak.....	35
IV.5. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.15 mm	37
IV.6. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.20 mm	38
IV.7. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.25 mm	39
IV.8. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal <i>Crack</i> pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.35 mm	41
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN	47
V.1. Kesimpulan	47
V.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	
LAMPIRAN 1 Pengerjaan Teknis	
LAMPIRAN 2 Hasil Pengujian <i>EDDY CURRENT</i>	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Alat <i>Eddy Current</i>	5
Gambar II.2 Prinsip Pengujian <i>Eddy Current</i>	6
Gambar II.3 <i>Probe</i> Frekuensi 30 kHz	8
Gambar II.4 Tampilan dan Susunan <i>Probe Coil</i>	12
Gambar II.5 Tampilan <i>Bobbin Coil</i>	13
Gambar II.6 <i>Surface, Encircling, and Inside Coil</i>	13
Gambar II.7 Sinyal yang Muncul pada Monitor <i>Eddy Current</i>	14
Gambar III.1 Gambar Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir	17
Gambar III.2 Gambar Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir(Lanjutan)	18
Gambar III.3 Gambar Dimensi Material Tugas Akhir	18
Gambar III.4 Gambar Dimensi Spesimen Uji Tugas Akhir	19
Gambar III.5 Blok Kalibrasi	19
Gambar III.6 Alat <i>Eddy Current</i>	20
Gambar III.7 Perencanaan Sudut Bevel Sebelum Pengelasan	20
Gambar III.8 Perencanaan Sudut Bevel Sebelum Pengelasan	20
Gambar III.9 <i>Stopper</i> dan Tanggem Yang Sudah di Pasang pada Material Sebelum Pengelasan	21
Gambar III.10 Proses Pengelasan.....	21
Gambar III.11 Semua Spesimen Setelah Pengelasan	21
Gambar III.12 Perencanaan Letak Retak Spesimen 1	22
Gambar III.13 Perencanaan Letak Retak Spesimen 2	22
Gambar III.14 Perencanaan Letak Retak Spesimen 3	23
Gambar III.15 Perencanaan Letak Retak Spesimen 4	23
Gambar III.16 Perencanaan Letak Retak Spesimen 5	24
Gambar III.17 Tool EDM Yang digunakan Untuk Pembuatan Retak	24
Gambar III.18 Layar Pengaturan pada Mesin <i>Electrical Discharge Machining</i> (EDM)	25
Gambar III.19 Layar Monitor Alat <i>Eddy Current</i>	26
Gambar III.20 Pengujian <i>Eddy Current</i>	26
Gambar IV. 1 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 1	30
Gambar IV. 2 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 3	31
Gambar IV. 3 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 2	32
Gambar IV. 4 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 4	34
Gambar IV. 5 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 5	35
Gambar IV. 6 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.15 mm.....	37
Gambar IV. 7 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.20 mm.....	38
Gambar IV. 8 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.25 mm.....	39
Gambar IV. 9 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.25 mm (Lanjutan).....	40
Gambar IV. 10 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.35 mm.....	41
Gambar IV. 11 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Blok Kalibrasi	42

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 <i>Wrought aluminum alloys series</i>	3
Tabel II.2 <i>Cast aluminum alloys series</i>	4
Tabel II.3 Konduktivitas relatif berbagai macam jenis metal menurut IACS.....	7
Tabel III.1 Dimensi Spesimen 1	22
Tabel III.2 Dimensi Spesimen 2	22
Tabel III.3 Dimensi Spesimen 3	23
Tabel III.4 Dimensi Spesimen 4	23
Tabel III.5 Dimensi Spesimen 5	24
Tabel IV.1 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen 1	30
Tabel IV.2 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen 3	31
Tabel IV.3 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen 2.....	33
Tabel IV.4 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen 4.....	34
Tabel IV.5 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen 5.....	36
Tabel IV.6 Hasil Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.15 mm.....	37
Tabel IV.7 Hasil Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.20 mm.....	39
Tabel IV.8 Hasil Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.25 mm.....	40
Tabel IV.9 Hasil Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.35 mm.....	41
Tabel IV.10 Hasil Indikasi Sinyal <i>crack</i> Pada Blok Kalibrasi	42
Tabel IV.11 Hasil Retak yang Terdeteksi	43

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Proses pengelasan di pondasi kapal merupakan salah satu hal yang penting. Hal ini dikarenakan beban yang akan disangga pondasi tersebut sangat berat, sehingga proses las pondasi kapal ini harus diperhatikan. Terjadinya kerusakan pada bagian las pondasi adalah salah satu hal yang perlu ditangani dengan segera.

Suatu material seringkali mengalami kerusakan akibat proses pengelasan. Sama halnya terjadi pula pada pondasi mesin kapal yang terbuat dari Aluminium. Pada umumnya, kerusakan tersebut dapat terjadi pada permukaan material dan di dalam material. Jika kerusakan terjadi pada bagian luar, akan mudah dideteksi secara kasat mata atau secara visual. Namun beda halnya jika kerusakan tersebut terjadi di permukaan hingga ke dalam material. Oleh karena itu, diperlukan metode *Non-Destructive Testing* guna mendeteksi dan mengukur terjadinya kerusakan pada material, sehingga segala dampak yang ditimbulkan dapat diminimumkan.

Salah satu metode *Non-Destructive Testing* yang telah digunakan untuk pengecekan crack adalah metode *Eddy Current Testing*. Metode ini sudah lebih dulu digunakan untuk mendeteksi crack pada badan pesawat. Penggunaan ECT digunakan karena kepekaan deteksi hingga celah atau crack kecil yang terjadi pada las di kapal. Hal ini menjadi dasar pengujian lebar dan kedalaman crack pada permukaan las pondasi mesin kapal.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tingkat sensitivitas dari metode *Eddy Current Testing* (ECT) terhadap Logam las Aluminium 5083 dengan variasi lebar dan kedalaman retak ?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sensitivitas pendeteksian metode *Eddy Current Testing* (ECT) pada Logam las Aluminium 5083 yang dilas dengan diberi variasi lebar dan kedalaman retak.

I.4. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah yang digunakan dalam eksperimen ini diantaranya adalah :

1. Material yang digunakan adalah Aluminium 5083 dengan ukuran 150 mm x 160 mm x 10 mm sebanyak 5 spesimen
2. Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) di tengah spesimen uji.
3. Pembentukan retak pada setiap spesimen uji sebanyak 4 variasi lebar retak buatan dengan variasi 0.15 mm, 0.20 mm, 0.25 mm, dan 0.35 mm dan 4 variasi kedalaman retak 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, dan 2.0 mm dengan menggunakan *Electrical Discharge Machining* (EDM).
4. Metode pengujian menggunakan *Eddy Current* dengan frekuensi 30 kHz

I.5. Manfaat

Manfaat yang akan dicapai dengan dilakukannya eksperimen ini adalah :

Hasil dari Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai referensi dalam mengetahui kemampuan pendeteksian lebar dan kedalaman retak pada material Aluminium 5083 dengan metode *Eddy Current Testing* (ECT).

I.6. Hipotesis

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah semakin besar ukuran lebar dan kedalaman retak akan meningkatkan *lift off* dan berpengaruh ke indikasi yang terbaca dengan menggunakan metode *Eddy Current Testing*.

BAB II STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

II.1.1. Aluminium

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, dan transportasi. Kemajuan akhir-akhir ini dalam teknik pengelasan busur listrik dengan gas mulia menyebabkan pengelasan aluminium dan paduannya menjadi sederhana dan dapat dipercaya. Karena hal ini maka penggunaan aluminium dan paduannya di dalam banyak bidang telah berkembang. (Wiryosumarto & Okumura, 2000)

Paduan aluminium dapat diklasifikasikan dalam tiga cara, yaitu berdasarkan pembuatan, dengan klasifikasi paduan cor dan paduan tempa, berdasarkan perlakuan panas dengan klasifikasi, dapat dan tidak dapat dilaku-panaskan dan cara ketiga yang berdasarkan unsur-unsur paduan. (Wiryosumarto & Okumura, 2000)

Tabel II.1 *Wrought aluminum alloys series*

<i>Series</i>	<i>Designation</i>
1XXX	<i>Pure aluminium (99.00wt% or greater)</i>
2XXX	<i>Al-Cu dan Al-Cu-Mg alloys</i>
3XXX	<i>Al-Mn alloys</i>
4XXX	<i>Al-Si alloys</i>
5XXX	<i>Al-Mg alloys</i>
6XXX	<i>Al-Mg-Si alloys</i>
7XXX	<i>Al-Zn-Mg dan Al-Zn-Mg-Cu alloys</i>
8XXX	<i>Elemen alloys lainnya</i>
9XXX	<i>Unused Series</i>

Tabel II.2 *Cast aluminum alloys series*

<i>Series</i>	<i>Designation</i>
1XX.X	<i>Pure aluminium (99.00wt% or greater)</i>
2XX.X	<i>Al-Cu alloys</i>
3XX.X	<i>Al-Si-Cu-Mg alloys</i>
4XX.X	<i>Al-Si alloys</i>
5XX.X	<i>Al-Mg alloys</i>
6XX.X	<i>Al-Mg-Si alloys</i>
7XX.X	<i>Al-Zn alloys</i>
8XX.X	<i>Al-Sn alloys</i>
9XX.X	<i>Elemen alloy lainnya</i>

II.1.2. *Nondestructive Testing*

Nondestructive Testing adalah pemeriksaan, pengujian atau penilaian yang dilakukan pada benda yang diuji tanpa mengganti atau mengubah objek dengan cara apapun untuk menentukan ada tidaknya diskontinuitas yang dapat mempengaruhi kegunaan atau kinerja dari benda tersebut. (Hellier, 2003). NDT memberikan keseimbangan yang sangat baik antara pengendalian mutu (*quality control*) dan efektivitas biaya (*cost effectiveness*).

II.1.3. *Elektromagnetism*

Hubungan antara magnet dan listrik ditemukan pada tahun 1824 oleh Oersted, yang menemukan bahwa arus di dalam kabel dapat menggerakkan jarum kompas magnetik di luar kabel. Beberapa tahun kemudian efek sebaliknya ditemukan: medan magnet dalam gerakan dapat memaksa elektron untuk bergerak, menghasilkan arus. Penemuan penting ini dilakukan pada tahun 1831 secara independen oleh Faraday dan Henry. Oleh karena itu, elektromagnetisme terdiri dari efek magnetik dari arus listrik. Elektron-elektron yang bergerak berhubungan dengan medan magnet; medan magnet yang bergerak dapat menghasilkan arus. Efek elektromagnetik ini memiliki banyak aplikasi yang merupakan dasar dari pengujian *eddy current*. (Hagemaier, 2002)

II.1.4. Eddy Current Testing

Eddy Current Testing adalah metode yang menggunakan prinsip “*electromagnetism*” sebagai dasar untuk melakukan pengujian. Proses kerjanya menginduksikan arus listrik (*magnetic field*) dari *probe* ke material dan mengamati reaksi yang dihasilkan antara medan magnet yang terlibat. *Eddy Current Testing* ialah salah satu diantara beberapa metode *Non-Destructive Test* (NDT). *Eddy Current Testing* diciptakan melalui proses yang disebut induksi elektromagnetik. Ketika arus bolak balik (AC) dialirkan pada suatu penghantar listrik, seperti kawat tembaga, maka akan tercipta medan magnet di sekitar penghantar tersebut. Medan magnet tersebut meluas sebagai arus bolak-balik (AC) naik hingga maksimum dan turun sebagai arus yang direduksi menjadi nol. Jika penghantar listrik lainnya dibawa ke dekat medan magnet yang berubah-ubah ini, arus akan diinduksikan pada penghantar kedua tersebut. *Eddy Current* adalah arus listrik yang terinduksi yang mengalir di jalan melingkar. *Eddy Current Testing* (ECT) digunakan untuk mendeteksi dan mendapatkan ukuran suatu retak, korosi, dan diskontinuitas material lainnya yang dihasilkan oleh proses pengelasan. Metode ini biasanya diaplikasikan untuk memeriksa daerah yang relatif kecil dan dikarenakan ukuran dan pola terjadinya kerusakan yang harus dideteksi, desain dari *probe* dan parameter pengujian harus dibuat sesuai mungkin dengan material yang akan diperiksa dan target deteksi.



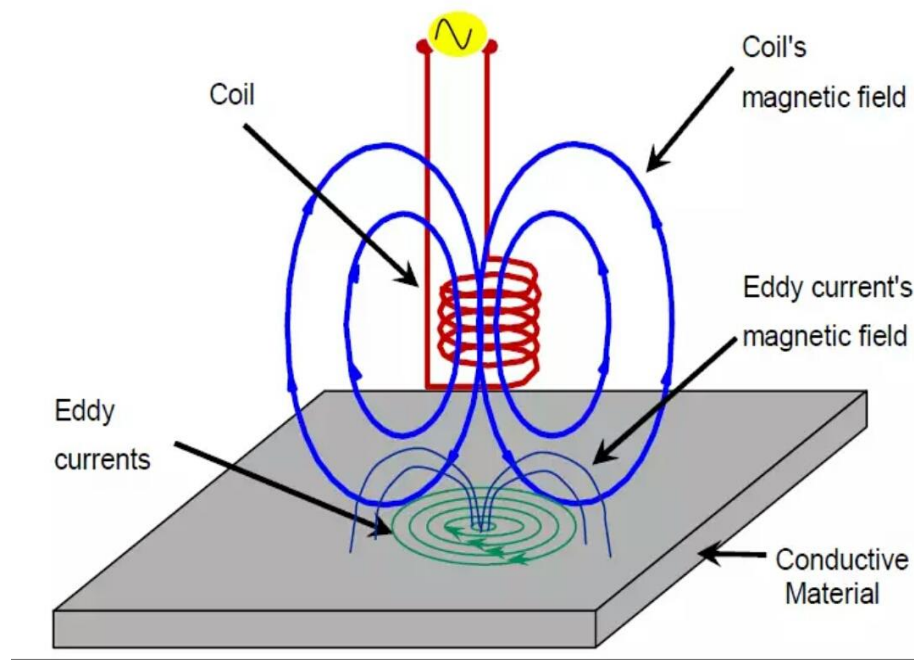
Gambar II.1 Alat *Eddy Current*

II.1.5. Prinsip *Eddy Current Testing*

Secara singkat, pengujian dengan metode *Eddy Current* melibatkan medan magnet yang bervariasi yang dihasilkan oleh kumparan (*coil*) untuk menginduksi material yang akan diuji.

1. Dalam tujuannya untuk menghasilkan *Eddy Current* pada proses inspeksi, digunakan sebuah *probe*. Di dalam *probe* terdapat material penghantar listrik yang dibentuk menjadi *coil* (kumparan atau gulungan).

2. Kemudian dialirkan arus bolak balik (AC) pada *probe* tersebut dengan frekuensi tertentu.
3. Saat arus AC melewati kumparan maka terbentuk *magnetic field* di dalam dan sekitar kumparan (*probe*).
4. Ketika material konduktif diletakkan dibawah medan magnet *coil*, maka terjadi induksi arus listrik dan terbentuk *Eddy Current* pada material tersebut.
5. *Eddy Current* yang mengalir pada material akan menghasilkan medan magnet sendiri pada material tersebut, dimana arahnya berlawanan atau berbeda dengan kumparan atau *probe*.
6. Ketika terdapat *defect* pada material tersebut, maka *Eddy Current* akan terganggu dan hasil pembacaan dapat dilihat secara visual melalui monitor atau instrumen lainnya.



Gambar II.2 Prinsip Pengujian *Eddy Current*

Sumber : <https://infondt.files.wordpress.com/2018/02/eddy-current-testing.png>

II.1.6. Faktor Penting Dalam Pengujian *Eddy Current*

- Konduktivitas

Konduktivitas atau daya hantar adalah kemampuan sebuah material dalam menghantarkan arus listrik. Akan tetapi definisi ini dirasa kurang praktis dalam penerapan pengujian arus *eddy*, maka pada pengujian arus eddy dipakai sistem *International Annealed Copper Standard* (IACS). Dalam sistem IACS, konduktivitas

dari tembaga murni dipilih sebagai standar dan konduktivitas material lainnya dinyatakan sebagai presentase dari standar ini. (Sadek, 2006)

Tabel II.3 Konduktivitas relatif berbagai macam jenis metal menurut IACS

Relative conductivity of various metals and alloys	
Metal or Alloy	Conductivity, %IACS
Silver	105
Cooper, annealed	100
Gold	70
Aluminum	61
Aluminum (99.99%)	64.94
Aluminum alloys :	
6061-T6	42
7075-T6	32
2024-T4	30
Magnesium	37
70-30 Brass	28
Phosphor bronzes	11
Monel	3.6
Zirconium	3.4
Zircaloy-2	2.4
Titanium	3.1
Ti-6Al-4V Alloy	1
304 stainless steel	2.5
inconel 600	1.7
Hastelloy X	1.5
Waspaloy	1.4

- Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan dari suatu material untuk memusatkan garis gaya magnet. Faktor ini hanya akan berpengaruh pada material yang bersifat ferromagnetik. Efek ini dapat terlihat jelas dengan meningkatnya ketebalan material, dimana permeabilitas dapat mengurangi kemampuan penetrasi *eddy current*. (Hagemaier, 2002)

- Frekuensi

Frekuensi dari suatu arus bolak-balik dapat diartikan sebagai jumlah siklus (satu siklus lengkap) dari arus yang terjadi dalam satu detik. Satuan frekuensi adalah “Hertz”, dimana 1 Hz merupakan satu siklus per detik. Frekuensi pengujian merupakan faktor yang paling penting dalam pengujian eddy current karena dapat mempengaruhi kedalaman

penembusan yang dapat dicapai (Sadek, 2006). Pengujian *eddy current* biasanya menggunakan frekuensi dengan rentang kilohertz (kHz) hingga megahertz (MHz).

Saat frekuensi pengujian meningkat, maka tingkat sensitivitas terhadap pendeteksian juga meningkat, tapi kemampuan penetrasi *eddy current* ke dalam material akan menurun. Jika frekuensi menurun, maka tingkat sensitivitas terhadap pendeteksian menurun, tapi kemampuan penetrasi *eddy current* akan meningkat. Frekuensi optimal yang terbaik ditentukan oleh eksperimen. (Hagamaier, 2002)



Gambar II.3 *Probe* Frekuensi 30 kHz

- *Lift-off*

Lift-off merupakan suatu istilah yang digunakan untuk mendefinisikan jarak yang terjadi diantara kumparan pengujian (*probe*) dengan material yang akan diuji (Sadek, 2006). Dapat dikatakan secara lebih sederhana pada praktiknya, *lift-off* merupakan perubahan yang terjadi pada arus eddy saat *probe* dijauhkan dari permukaan material yang diuji. Saat melakukan pengujian dengan tujuan untuk mencari diskontinuitas yang terjadi pada benda uji, sinyal dari *lift-off* harus dapat dibedakan dengan sinyal yang dihasilkan dari diskontinuitas secara jelas. (Cox, 1997).

- *Skin effect*

Pengujian *eddy current* paling sensitif terhadap variabel-variabel benda uji yang letaknya dekat dengan kumparan pengujian akibat adanya *skin effect*. *Skin effect* adalah hasil dari interaksi yang saling berhubungan antara *eddy current*, frekuensi pengujian, konduktivitas dan permeabilitas benda uji. Akibat adanya *skin effect*, konsentrasi *eddy current* di dalam benda uji terjadi paling dekat dengan kumparan pengujian dan menjadi lebih jelas saat frekuensi pengujian, konduktivitas, dan permeabilitas benda uji bertambah besar. (Sadek, 2006)

- *Signal-to-noise ratio*

Signal-to-noise ratio adalah perbandingan sinyal pengujian arus eddy yang menjadi perhatian terhadap sinyal yang tidak diinginkan. Sumber-sumber gangguan yang umum terjadi adalah variasi pada benda uji seperti kekasaran, bentuk, dan ukuran serta homogenitas. Gangguan kelistrikan lainnya dapat diakibatkan oleh sumber-sumber luar seperti mesin las, motor listrik dan generator. *Signal-to-noise ratio* merupakan keadaan yang terjadi pada hampir seluruh metode pengujian tidak merusak (*nondestructive testing*) dan memiliki persyaratan 3:1 (Sadek, 2006). Hal ini berarti bahwa sinyal pengujian yang menjadi perhatian harus menunjukkan respon paling jelas dibandingkan sinyal lain yang tidak diinginkan.

II.1.7. Pemilihan Frekuensi

Kedalaman penembusan arus eddy pada sebuah material sangat dipengaruhi oleh frekuensi pengujian, permeabilitas, dan konduktivitas. Frekuensi yang lebih tinggi biasanya membatasi arus eddy hanya berada pada permukaan material yang paling dekat dengan kumparan pengujian utama (*probe*). Frekuensi yang lebih rendah memungkinkan arus eddy untuk melakukan penembusan yang lebih dalam. Penggunaan frekuensi tinggi biasanya untuk mendeteksi retak kecil pada permukaan. Frekuensi menengah sangat berguna untuk melakukan pengukuran konduktivitas sedangkan frekuensi rendah biasanya dibutuhkan untuk memeriksa material yang tebal (Sadek, 2006). Dalam memilih frekuensi, terdapat dua sistem yang umum digunakan yaitu *Single Frequency Systems* dan *Multiple Frequency Systems*.

Single Frequency Systems ini berhubungan dengan sistem kumparan yang dialiri oleh satu macam frekuensi. Dengan mengatur frekuensi, seorang teknisi dapat lebih responsif terhadap variabel benda uji. Sistem ini dipakai dalam pemeriksaan *surface weld*.

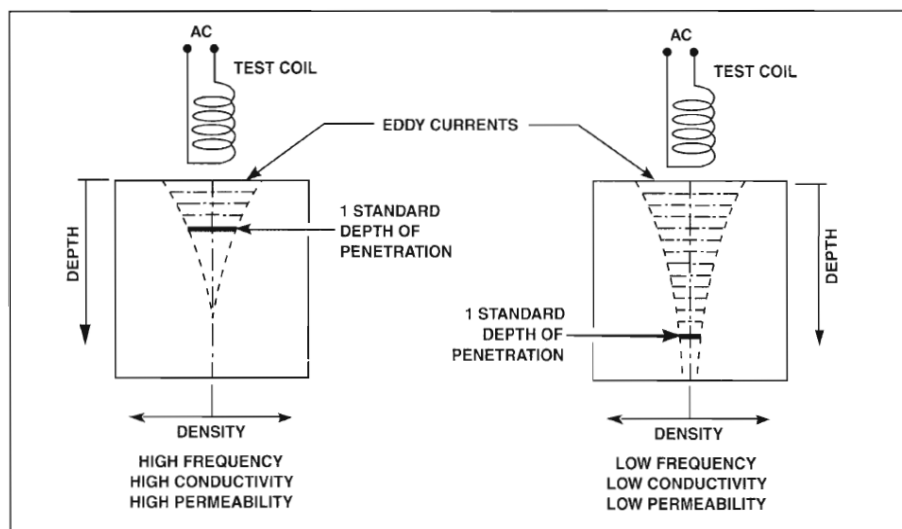
Sedangkan untuk *Multiple Frequency Systems* menggunakan lebih dari satu frekuensi dinamakan sistem multi frekuensi atau multi parameter. Kumparan pengujian dialiri dengan tiga frekuensi atau lebih secara serentak. Meskipun beberapa frekuensi dapat diberikan pada kumparan pengujian secara serentak atau berurutan, masing-masing frekuensi individu mengikuti aturan yang ditetapkan untuk *single frequency system*. Sinyal yang dihasilkan oleh berbagai frekuensi seringkali digabungkan atau dicampur di dalam rangkaian elektronik dimana sinyalnya ditambahkan atau dikurangkan secara aljabar untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Sistem ini diaplikasikan pada pemeriksaan tubing. (Cox, 1997)

II.1.8. Kalibrasi pada Pengujian

Kalibrasi pada pengujian *eddy current* dapat dilakukan menurut ASME Boiler and Pressure Vessel Code – 2015, Section V - Appendix VII. Frekuensi *probe* dan pengaturan *gain* harus dipilih untuk memberikan besaran sudut fase yang sesuai saat menyediakan penembusan yang mencukupi untuk memastikan bahwa indikasi cacat di bawah permukaan terdeteksi. Tampilan *gain* baik pada sumbu vertikal maupun horizontal harus diatur agar memberikan respon sinyal yang sama. Instrument ET harus disesuaikan untuk memutar sudut fase agar respon sinyal *lift-off* berada pada posisi 270 derajat terhadap bidang horizontal. Arah *scanning* harus tegak lurus terhadap panjang diskontinuitas. *Gain* harus diatur untuk dapat menampilkan diskontinuitas dengan kedalaman 0.020 in (0.5 mm) pada 100% dari ketinggian layar penuh. Pada pengaturan *gain* ini, diskontinuitas dengan kedalaman 0.010 in (0.24 mm) dapat ditampilkan mendekati 25% dari ketinggian layar penuh. Pengaturan *gain* untuk kedua referensi diskontinuitas ini dapat dilakukan pada frekuensi yang terpisah. (ASME, 2015)

II.1.9. Kedalaman Penembusan Standar

Kedalaman penembusan standar didefinisikan sebagai kedalaman dimana kerapatan *eddy current* kurang lebih 37% kerapatan di permukaan. Gambar II.4 menunjukkan adanya pengaruh frekuensi, konduktivitas, dan permeabilitas pada kedalaman penembusan dari beberapa material pada pengujian *eddy current*.



Gambar II.4 Pengaruh Frekuensi, Konduktivitas, dan Permeabilitas Pada *Eddy Current*

Sumber: <https://www.nde-ed.org/>

Pada gambar tersebut, menunjukkan pengaruh konduktivitas dan permeabilitas terhadap kedalaman penembusan. Sebagai contoh, kedalaman penembusan tembaga lebih kecil daripada

kedalaman penembusan aluminium pada frekuensi sembarang. Hal ini dikarenakan tembaga adalah penghantar listrik yang lebih baik dibandingkan aluminium. (Cox, 1997)

Selain mempengaruhi ketinggian sinyal indikasi retak, perubahan frekuensi juga akan berpengaruh terhadap standar kedalaman penembusan/*Standard Depth of Penetration* bisa disingkat SDP. Salah satu parameter pengujian yang bisa dikendalikan oleh penguji yang dapat mempengaruhi kedalaman penembusan adalah frekuensi pengujian yang dialirkan kedalam kumparan. Akan terjadi perbedaan atau perubahan kemampuan penembusan standar sinyal jika frekuensi yang digunakan berubah. Berikut rumus kedalaman penembusan standar/SDP :

$$\delta = K \sqrt{\frac{\rho}{f \mu_{rel}}}$$

Dimana, δ adalah Kedalaman penembusan standar, K adalah konstan (50 jika satuan pakai mm), ρ adalah Resistivitas (dalam micro.ohm.centimeter), f adalah Frekuensi (Hz), dan μ_{rel} adalah 1 (untuk *nonferromagnetic material*). Resistivitas Aluminium 5083 menurut *ASM Handbook* sebesar 5.95 micro.ohm.cm.

II.1.10. Kumparan Pengujian

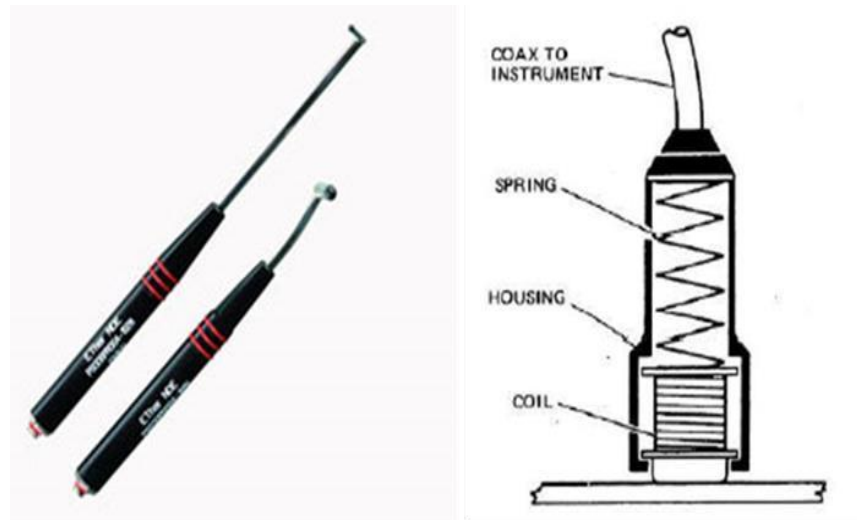
Terdapat beberapa jenis kumparan pengujian *eddy current*. Pemilihan jenis kumparan yang akan digunakan bergantung pada kondisi pengujian. Kumparan pengujian (*inspection coils*) dapat dibedakan menjadi tiga jenis yang berkaitan dengan struktur fisik, susunan, dan jenis pengujian yang dilakukan, yaitu *Probe Coils*, *Bobbin Coils*, dan *Encircling Coils*.

A. Probe Coils

Probe coils biasa disebut juga dengan kumparan permukaan, kumparan datar, dan kumparan *pancake*. Pada *probe* jenis ini terdapat mekanisme pegas untuk meminimumkan *lift off*. Pada ujung *probe*, diberikan lapisan epoxy yang melindungi kumparan dan memberikan ketahanan terhadap keausan. *Probe* ini dapat digunakan secara manual maupun dipasangkan pada peralatan pengujian otomatis. Luas medan magnet yang dihasilkan dari kumparan mendekati dari ukuran (diameter) kumparan tersebut. (Sadek, 2006)

Kumparan permukaan adalah salah satu kumparan pengujian yang paling umum digunakan pada pengujian *eddy current*. Kumparan ini digunakan untuk memeriksa permukaan yang datar atau permukaan yang memiliki lengkungan dengan ukuran relatif sangat besar terhadap ukurannya (mendekati datar). Ujung kumparan permukaan

ini juga dapat didesain mempunyai lengkung untuk menyesuaikan kontur permukaan benda yang akan diuji (Workman & Moore, 2012). Saat menggunakan kumparan permukaan beresolusi tinggi, permukaan benda uji harus di-*scan* dengan teliti untuk menjamin area pemeriksaan yang menyeluruh. *Scanning* secara teliti tentunya membutuhkan banyak waktu. Oleh karenanya, pemeriksaan menggunakan kumparan permukaan pada benda uji yang besar biasanya dibatasi pada daerah yang kritis saja (Sadek, 2006).



Gambar II.5 Tampilan dan Susunan *Probe Coil*

Sumber : Cox, 1997

B. *Bobbin Coils*

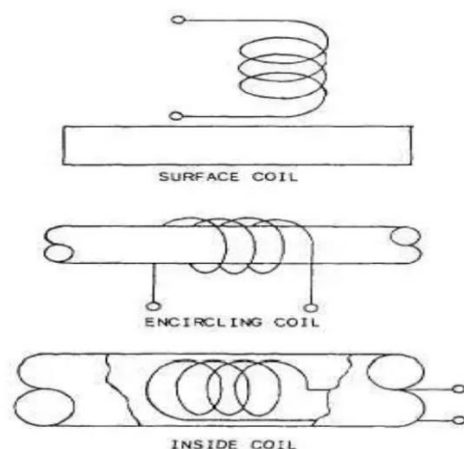
Bobbin coil, kumparan diameter dalam, dan kumparan dalam merupakan istilah untuk kumparan yang digunakan pada saat melakukan pengujian dari sisi dalam benda uji dengan bentuk silinder seperti pada Gambar II.5. Kumparan jenis ini dapat mendeteksi adanya diskontinuitas dan perubahan ketebalan yang terjadi pada sisi dalam dinding silinder. Arus yang diinduksikan mengitari seluruh keliling dalam silinder sehingga seluruh bagian yang mengelilingi kumparan dapat diperiksa. Karena arus yang diinduksikan di dalam material paling kuat di dekat kumparan, maka kumparan dalam paling sensitif mendeteksi retak yang terletak pada permukaan atau dekat permukaan bagian dalam silinder (Sadek, 2006). Seperti yang terlihat pada Gambar dan penjelasannya, dapat dikatakan bahwa kumparan dalam merupakan kebalikan dari kumparan luar. Kumparan dalam biasanya digunakan untuk memeriksa *tube* pada sebuah *heat exchanger*.



Gambar II.6 Tampilan *Bobbin Coil*
Sumber : www.ndt.net/news/images/14618-2.jpg

C. *Encircling Coils*

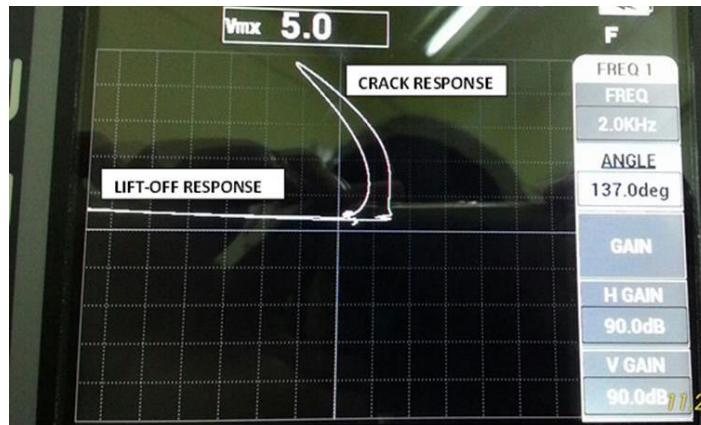
Encircling coils juga biasa disebut kumparan diameter luar dan kumparan *feedthrough*. Kumparan ini digunakan untuk menguji permukaan diameter luar dari suatu benda yang dilewatkan pada sisi bagian dalam kumparan. *Encircling coil* umumnya dipakai untuk memeriksa produk berbentuk tubular dan batang. Kawat dililitkan mengelilingi *tube*. Ini berarti bahwa arus utama di dalam kawat mengalir mengitari *tube*. Arus eddy yang terbentuk juga mengelilingi *tube*, sehingga akan sulit mendeteksi cacat yang searah dengan diameter *tube* (melingkar) karena tidak tegak lurus dengan arus eddy yang terbentuk (Sadek, 2006). *Tube* yang akan diperiksa pada pengujian dilewatkan ke dalam kumparan diameter luar ini (Workman & Moore, 2012) seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar II.7 *Surface, Encircling, and Inside Coil*
Sumber : navyaviation.tpub.com/14018/img/14018_634_1.jpg

II.1.11. Sinyal *Output* Pengujian

Dalam sebuah pengujian dibutuhkan banyak variable dan tidak mungkin hanya mengandalkan pengujian dengan meteran saja. Pada peralatan menggunakan meteran sebagai dasar pengujian, hanya akan didapatkan separuh dari informasi yang ada. (Cox, 1997)



Gambar II.8 Sinyal yang Muncul pada Monitor *Eddy Current*

II.1.12. Aplikasi Pengujian *Eddy Current*

Karena pengujian *eddy current* menggunakan medan magnet dan material-material yang konduktif, operator harus berhati-hati dalam memastikan pengujian dilakukan pada daerah yang bebas dari gangguan kelistrikan atau magnetik apapun. Sebagai contoh, material konduktif apapun, selain material uji, harus terpisah dengan jarak minimum 300 mm dari kumparan pengujian. Pengujian *eddy current* digunakan dalam pendeteksian diskontinuitas, pengukuran ketebalan lapisan *nonconductive*, pengukuran ketebalan lapisan *conductive*, pengukuran ketebalan material tipis, dan pengukuran kekerasan material. (Jim Cox, 1997).

Pengujian *eddy current* digunakan untuk pendeteksian diskontinuitas pada permukaan material yang telah dilapisi *nonconductive coating*. Selain itu *Eddy Current Testing* dapat digunakan dalam pengukuran ketebalan lapisan cat dan pengecekan *heat exchanger tubing*. Aplikasi *Eddy Current Testing* dapat digunakan pada material berbahan *non-ferromagnetic*, termasuk *stainless steel*, *copper-nickel alloys*, *titanium*, dan lain-lain. Aplikasi pengujian *eddy current* tidak dapat menentukan ukuran indikasi retak secara pasti, tetapi hanya dapat memperkirakannya berdasarkan perbedaan besar sinyal *lift-off* dan sinyal retak yang dihasilkan satu indikasi dengan indikasi lainnya.

II.1.13. Kelebihan dan Kekurangan Pengujian *Eddy Current*

Kelebihan metode pengujian *eddy current*, diantaranya (Mix, 2005):

- Sensitif terhadap retak yang kecil dan retak lainnya
- Dapat mendeteksi retak permukaan dan retak di dekat permukaan

- Inspeksi dapat memberi hasil dengan cepat, begitu *probe* mengenai material uji maka akan langsung terlihat pada monitor atau instrumen yang tersedia
- Peralatannya sangat mudah dibawa, ringan, dan tidak membutuhkan listrik (*battery powered*)
- Metodenya dapat digunakan untuk banyak hal, lebih dari mendeteksi keretakan
- Resiko pengujian ini sangat kecil
- Hanya membutuhkan persiapan pada material yang singkat dan tidak diperlukan pembersihan material setelah pengujian
- *Test probe* tidak harus bersentuhan dengan bagian material

Metode *Eddy Current Testing* ini juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya (Mix, 2005):

- Hanya dapat diaplikasikan pada material yang bersifat konduktif
- Permukaan material harus mudah diakses dengan *probe*
- *Skill* dan pelatihan dibutuhkan lebih mendalam dibandingkan teknik atau metode lainnya
- Ujung permukaan dan kekerasan permukaan material dapat mempengaruhi hasil
- Kedalaman dan penetrasi alat terbatas. Akibatnya pengujian terbatas pada kerusakan di permukaan saja.
- Retak berupa delaminasi yang sejajar dengan arah lilitan atau gulungan *probe* dan arah pembacaan dari *probe* dapat tidak terdeteksi

II.2. Tinjauan Pustaka

Literatur yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu diantaranya adalah

1. (Theresia, 2017) telah melakukan penelitian tentang sensitivitas pembacaan alat *Eddy Current Testing* terhadap variasi lebar *crack* dan penggunaan variasi ketebalan *nonconductive coating* pada material baja A36. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah variasi lebar *crack* dan variasi lapisan *nonconductive coating* berpengaruh pada hasil indikasi sinyal pada monitor alat *eddy current*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

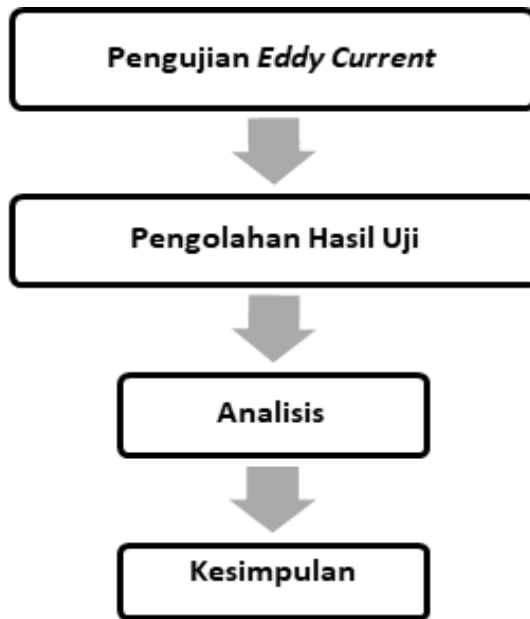
BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alir

Pada awal pengerjaan tugas akhir ini, dilakukan persiapan seperti studi literatur, referensi pengadaan material, referensi bengkel pengelasan, referensi mesin EDM, referensi untuk pengujian, dan lain-lain. Semua persiapan tersebut memegang peranan penting untuk pengerjaan tugas akhir ini. Berikut merupakan bagan dari pengerjaan penelitian ini.



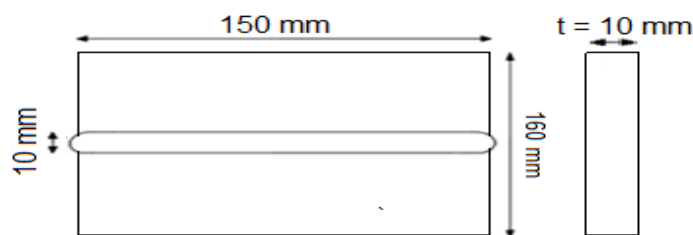
Gambar III.1 Gambar Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir



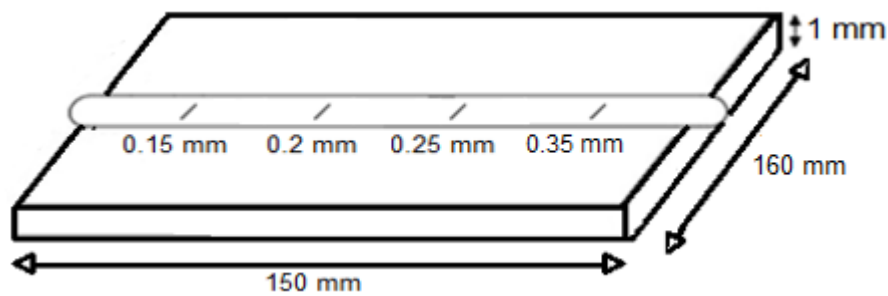
Gambar III.2 Gambar Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir(Lanjutan)

III.2. Persiapan Material dan Alat

Pada tahap ini, dilakukan pengadaan material yang akan digunakan untuk tugas akhir. Material yang dipersiapkan adalah plat Aluminium 5083 sebanyak lima lembar dengan masing-masing ukuran panjang 150 mm x lebar 160 mm x tebal 10 mm. Saat pembelian, material plat aluminium masih berupa lembaran yang harus dipotong sesuai dengan ukuran yang direncanakan. Pemotongan dilakukan menggunakan batu gerinda jenis *cutting wheel*. Kesepuluh plat yang sudah dipotong sesuai ukuran tersebut nantinya akan dilas *butt joint* menggunakan metode GMAW dengan elektroda ER 5183. Sebelum dilakukan pengelasan akan dibentuk bevel pada plat aluminium menggunakan mesin *milling*, sehingga diperlukan *flap disc* untuk menghaluskan dan membersihkan material. *Flap disc* merupakan kertas gosok yang disusun sedemikian rupa membentuk lingkaran sehingga dapat digunakan sebagai mata mesin gerinda. Setelah pengelasan, material dihaluskan kembali menggunakan *flap disc* tersebut. Selanjutnya, akan diberikan retak buatan pada setiap spesimen uji dengan ukuran kedalaman dan lebar retak yang bervariasi. Kemudian dilakukan pelapisan *nonconductive coating* menggunakan isolasi atau lakban pada tiap specimen dengan ketebalan 150 mikron.



Gambar III.3 Gambar Dimensi Material Tugas Akhir



Gambar III.4 Gambar Dimensi Spesimen Uji Tugas Akhir

Peralatan lain yang digunakan untuk pembuatan spesimen antara lain:

- Mesin las ESAB
- Palu *Chipping*
- Sikat baja
- Sarung tangan las
- Mesin gerinda merk Makita dan Bosch
- Kacamata las
- Spidol atau Tipe-X
- Penggaris
- Jangka sorong

Peralatan pengujian merupakan hal utama untuk disiapkan sebaik mungkin pada penelitian ini. Adapun peralatan yang digunakan untuk pengujian *Eddy Current* sebagai berikut:

1. Blok Kalibrasi



Gambar III.5 Blok Kalibrasi

2. Eddy Current Testing Equipment Probe

3. Eddy Current Testing Machine:

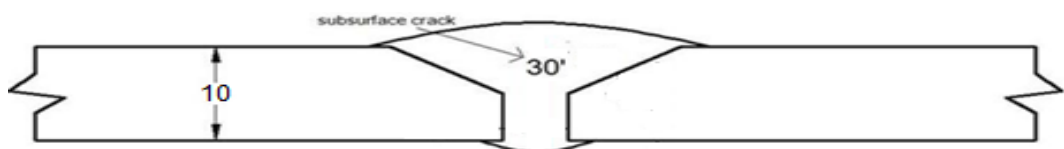
- Manufacture/Brand: OLYMPUS
- Type: Nortec 600
- Serial Number: 60003161142



Gambar III.6 Alat *Eddy Current*

III.3. Persiapan Proses Pengelasan

1. Pembuatan bevel dengan sudut 30° pada bagian sambungan yang akan dilas menggunakan mesin milling.

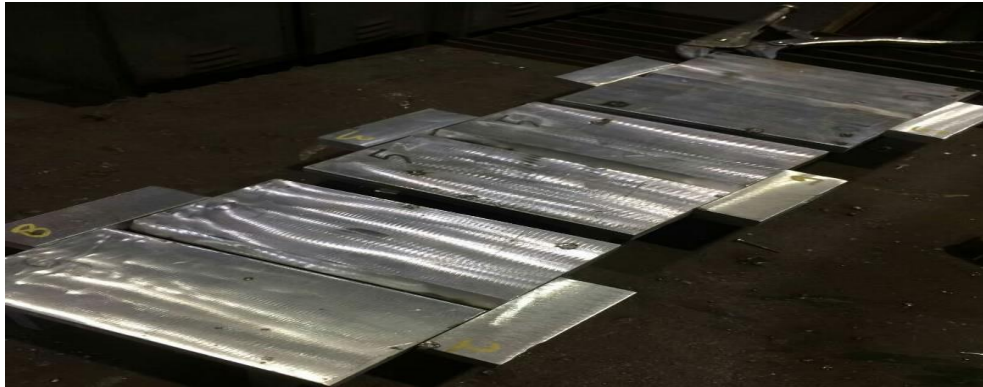


Gambar III.7 Perencanaan Sudut Bevel Sebelum Pengelasan



Gambar III.8 Perencanaan Sudut Bevel Sebelum Pengelasan

2. Pembuatan tanggem atau *stopper*. Tanggem atau *stopper* digunakan sebagai dudukan dan penahan material agar pada saat pengelasan tidak terjadi deformasi yang berlebihan. Ukuran dan jumlahnya disesuaikan dengan ukuran material.
3. Sebelum pengelasan, material dipersiapkan dengan mengelas tanggem sebagai dudukan dan penahannya



Gambar III.9 Stopper dan Tanggem Yang Sudah di Pasang pada Material Sebelum Pengelasan

4. Material kemudian dilas *butt joint* pada alur bevel menggunakan metode GMAW.



Gambar III.10 Proses Pengelasan

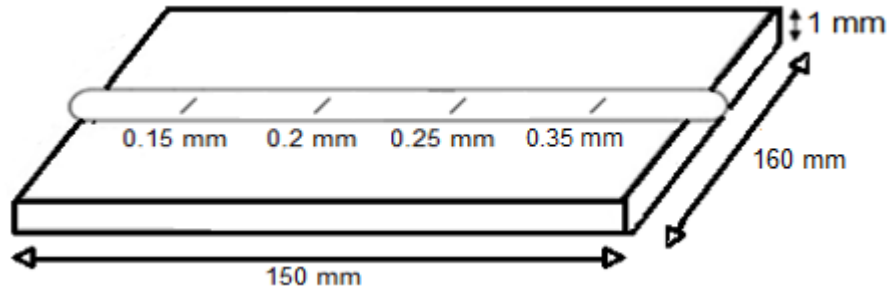


Gambar III.11 Semua Spesimen Setelah Pengelasan

III.4. Pembuatan Retak Buatan

Spesimen uji yang sudah di las dan dilakukan pembersihan serta penghalusan dari sisi tajam dan tidak rata, selanjutnya dilakukan proses pembuatan retak pada *weld metal* dengan alat yang disebut dengan EDM (*Electrical Discharge Machining*). EDM adalah sebuah mesin yang memproses manufaktur untuk mendapat bentuk yang diinginkan dengan menggunakan *electrical discharge* (sparks). Posisi dan ukuran retak buatan dapat diatur seperti yang

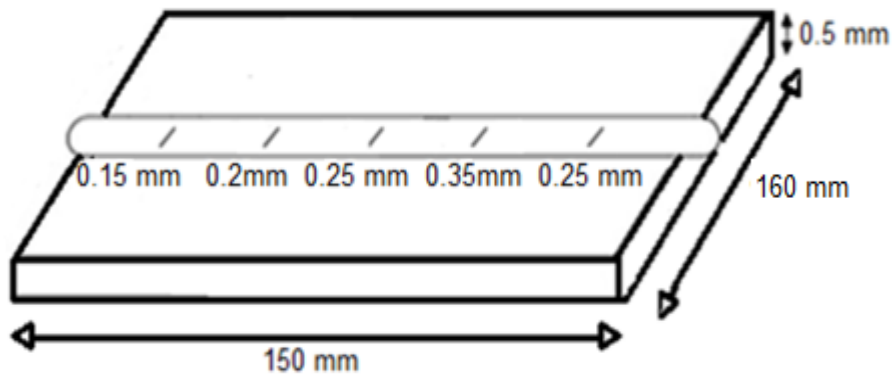
direncanakan. Ukuran tersebut meliputi panjang, lebar, dan kedalaman retak. Tiap spesimen akan diberikan empat variasi lebar retak yang diukur pada permukaan las-lasan. Untuk membuat retak tersebut, diperlukan *electrode* tembaga tipis guna merusak material.



Gambar III.12 Perencanaan Letak Retak Spesimen 1

Tabel III.4 Dimensi Spesimen 1

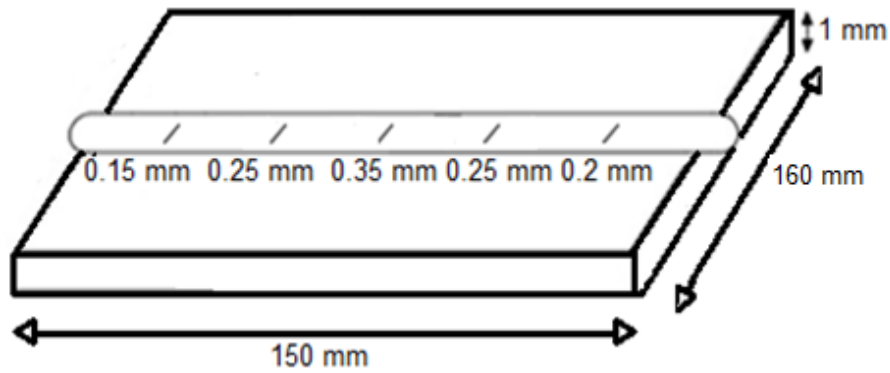
No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)
1	1 A	8	1.0	0.15
2	1 B	8	1.0	0.20
3	1 C	8	1.0	0.25
4	1 D	8	1.0	0.35



Gambar III.13 Perencanaan Letak Retak Spesimen 2

Tabel III.5 Dimensi Spesimen 2

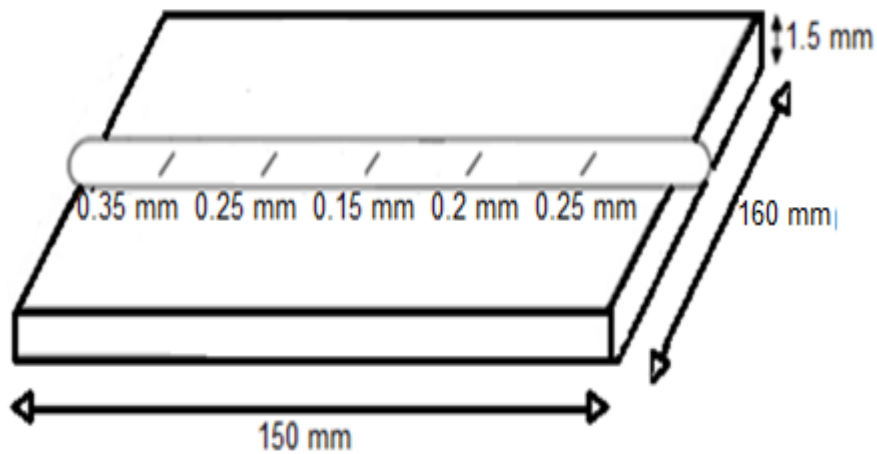
No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)
1	2 A	8	0.5	0.15
2	2 B	8	0.5	0.20
3	2 C	8	0.5	0.25
4	2 D	8	0.5	0.35
5	2 E	8	0.5	0.25



Gambar III.14 Perencanaan Letak Retak Spesimen 3

Tabel III.6 Dimensi Spesimen 3

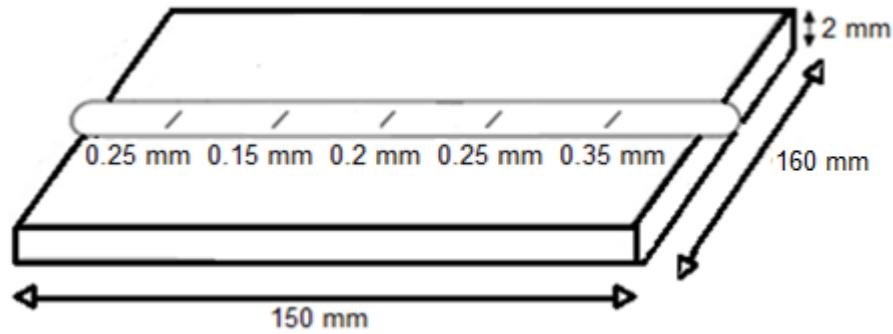
No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)
1	3 A	8	1.0	0.15
2	3 B	8	1.0	0.25
3	3 C	8	1.0	0.35
4	3 D	8	1.0	0.25
5	3 E	8	1.0	0.20



Gambar III.15 Perencanaan Letak Retak Spesimen 4

Tabel III.7 Dimensi Spesimen 4

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)
1	4 A	8	1.5	0.35
2	4 B	8	1.5	0.25
3	4 C	8	1.5	0.15
4	4 D	8	1.5	0.20
5	4 E	8	1.5	0.25



Gambar III.16 Perencanaan Letak Retak Spesimen 5

Tabel III.8 Dimensi Spesimen 5

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)
1	5 A	8	2.0	0.25
2	5 B	8	2.0	0.15
3	5 C	8	2.0	0.20
4	5 D	8	2.0	0.25
5	5 E	8	2.0	0.35



Gambar III.17 Tool EDM Yang digunakan Untuk Pembuatan Retak

Alat EDM akan otomatis bekerja sesuai perintah dari *controller* dan data yang di input pada layar monitor yang ditunjukkan pada Gambar III.17. Beberapa indikator yang dapat diatur adalah posisi *tool* EDM terhadap material yang akan diberi retak, kedalaman dan lebar retak, level waktu pengerjaan, dan seberapa kuat *tool* merusak bagian material. Mesin akan otomatis berhenti bekerja ketika indikator berupa kedalaman retak telah tercapai. Selesaiannya pengerjaan juga ditandai oleh bunyi selama beberapa detik. Jika akan dibuat retak pada posisi lainnya, cukup dengan menggerakkan *tool* EDM melalui *controller* dari satu posisi ke posisi berikutnya.

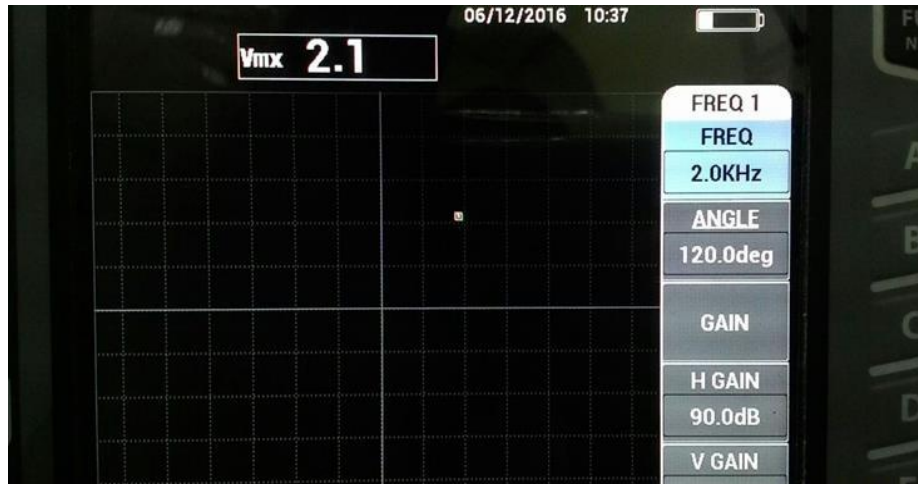


Gambar III.18 Layar Pengaturan pada Mesin *Electrical Discharge Machining*(EDM)

III.5. Pengujian *Eddy Current*

Dengan melakukan pengujian *eddy current* akan diketahui seberapa besar pengaruh lebar dan kedalaman retak terhadap pembacaan indikasi pada monitor dengan *probe* 30 khz di permukaan *weld metal* pada material. Apabila tahapan-tahapan sebelum pengujian, serta semua peralatan pengujian telah disiapkan, pengujian *eddy current* dapat dilakukan. Berikut adalah uraian tahapan *Eddy Current Testing*:

1. Material uji dan blok kalibrasi disiapkan di tempat kerja. Tempat kerja yang digunakan sebaiknya terdapat meja yang terbuat dari bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik maupun magnet (non-konduktif) karena dapat memengaruhi arus eddy pada pengujian.
2. Melakukan kalibrasi alat menggunakan blok kalibrasi yang telah ada. Hal yang harus diperhatikan untuk tahapan ini adalah pengaturan frekuensi, *gain*, dan sudut fase pada alat. Pengaturan dilakukan sampai perbedaan fase antara sinyal *lift-off* dan indikasi retak sebesar $\pm 90^\circ$.
3. Kalibrasi dilakukan setiap akan memulai pengujian sesuai dengan kondisi spesimen uji. Apabila akan menguji spesimen dengan lebar retak 0,25 mm, maka kondisi blok kalibrasi juga harus mempunyai lebar retak yang sama. Begitu juga untuk menguji kedalaman retak, harus ada ukuran yang mewakili pada blok kalibrasi.



Gambar III.19 Layar Monitor Alat *Eddy Current*

4. Kemudian dilakukan pengujian terhadap spesimen uji. Pengujian dilakukan hanya pada daerah *weld metal* yang terdapat retakan. Tampilan sinyal pengujian pada monitor dipilih tipe IMP.
5. Sebelum melakukan *scanning*, harus dilakukan *balancing/nulling* yaitu proses penyamaan impedansi antara *probe* dan impedansi internal dari alat *Eddy Current Testing* dengan posisi probe menempel pada spesimen uji.



Gambar III.20 Pengujian *Eddy Current*

6. Selanjutnya, bersamaan dengan dijalankan probe pada permukaan spesimen uji, dilihat sinyal yang dihasilkan pada monitor. Jika terdapat indikasi, maka segera tekan *freeze* dan *save* untuk menyimpan hasil indikasi tersebut.
7. Setelah semua indikasi diskontinuitas ditemukan serta didokumentasikan, maka pengujian dengan metode *Eddy Current Testing* telah selesai.

8. Langkah selanjutnya adalah menganalisis data yang didapatkan dari hasil *Eddy Current Testing*.

Pengaturan konfigurasi utama alat *Eddy Current Testing* saat pengujian adalah sebagai berikut:

Frekuensi: 30 kHz

Angle: 345°

Horizontal Gain: 48.5 dB

Vertical Gain: 56 dB

Probe: BMC

Display: IMP

Konfigurasi ini merupakan nilai tetap yang tidak boleh diganti selama pengujian dilakukan. Semua spesimen diuji menggunakan pengaturan konfigurasi yang sama. Apabila dilakukan perubahan pada salah satu komponen pengaturan saat pengujian, maka dapat memengaruhi hasil uji yang hasilnya dapat berbeda dengan pengujian sebelumnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

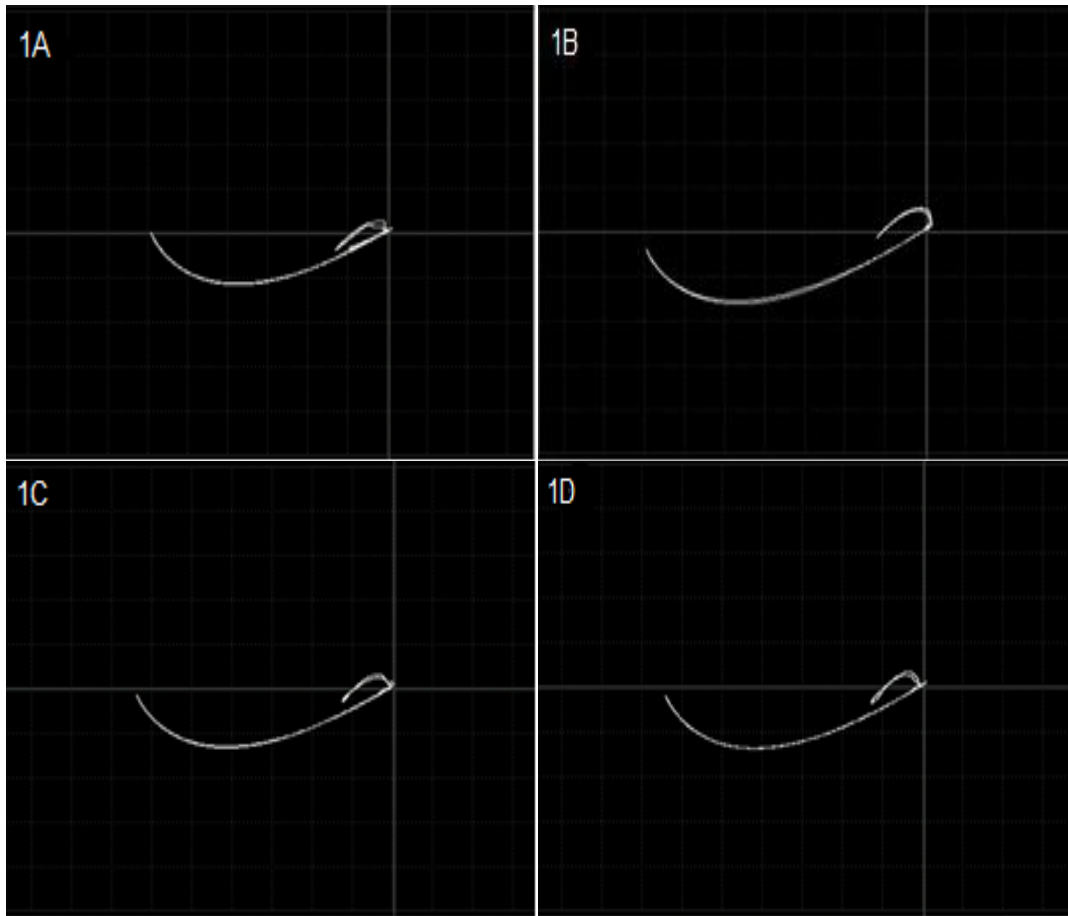
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan disajikan analisis data dan pembahasan dari pengujian ECT (*Eddy Current Testing*) untuk mendeteksi *surface crack* yang telah dilakukan sebelumnya. Seluruh rangkaian pengujian dilakukan dengan mengacu pada metodologi penelitian yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Kondisi yang terjadi pada saat pengujian adalah sebagai berikut:

1. Panjang retak buatan adalah sama pada setiap spesimen uji yaitu 8 mm.
2. Kedalaman retak buatan dari permukaan pada tiap spesimen yaitu:
 - 0.5 mm
 - 1.0 mm
 - 1.5 mm
 - 2.0 mm
3. Lebar retak buatan dari permukaan pada tiap spesimen yaitu:
 - 0.15 mm
 - 0.20 mm
 - 0.25 mm
 - 0.35 mm
4. Terdapat empat (4) buah retak buatan pada *test piece 1* dan Lima (5) buah retak buatan pada *test piece 2-5*.
5. *Probe* yang digunakan berfrekuensi 30 kHz
6. Permukaan *Weld Metal* diratakan

IV.1. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen 1 dan 3 Berdasarkan Variasi Lebar Retak

Pada sub-bab ini akan ditampilkan hasil pengujian yang meliputi hasil dokumentasi dan pengukuran ketinggian dan lebar sinyal pada layar monitor ECT. Data ketinggian dan lebar sinyal yang disajikan berdasarkan perubahan jarak retak bawah permukaan (*surface crack*) terhadap permukaan benda yang diuji untuk masing-masing spesimen sehingga akan terlihat pengaruh variasi jarak retak bawah dan lebar retak permukaan yang ada pada setiap spesimen terhadap perubahan ketinggian sinyal *crack* yang didapat.

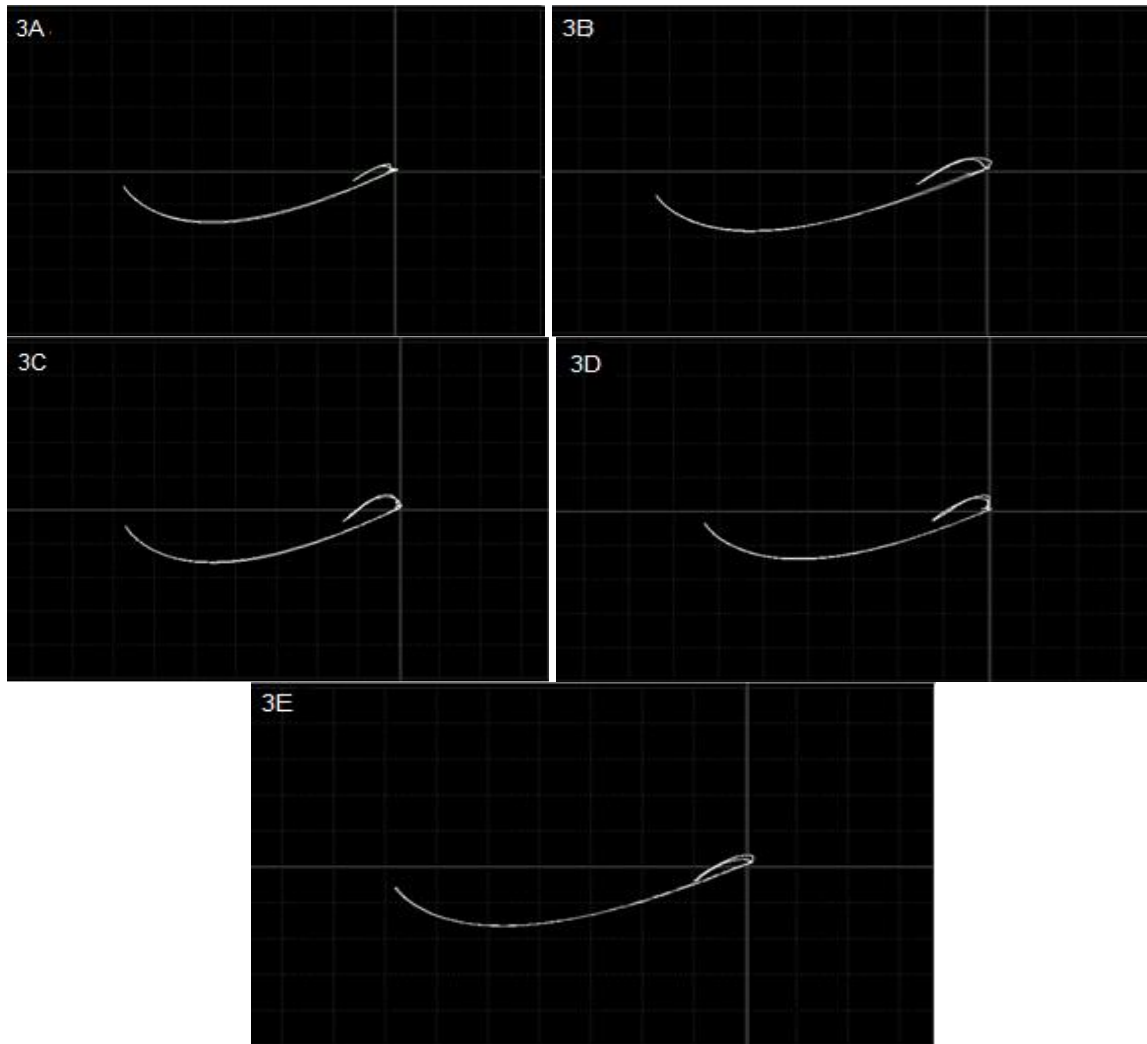


Gambar IV. 1 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 1

Hasil pengujian untuk spesimen 1 ditunjukkan pada Gambar IV.1. Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak permukaan (*surface crack*) pada benda yang diuji. Ketinggian indikasi sinyal *crack* saat lebar retak pada permukaan 0.15 mm paling kecil dan paling besar untuk lebar retak pada permukaan 0.2 mm.

Tabel IV.1 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen 1

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	1A	8	1.0	0.15	3.0
2	1B	8	1.0	0.20	5.0
3	1C	8	1.0	0.25	4.0
4	1D	8	1.0	0.35	4.5



Gambar IV. 2 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 3

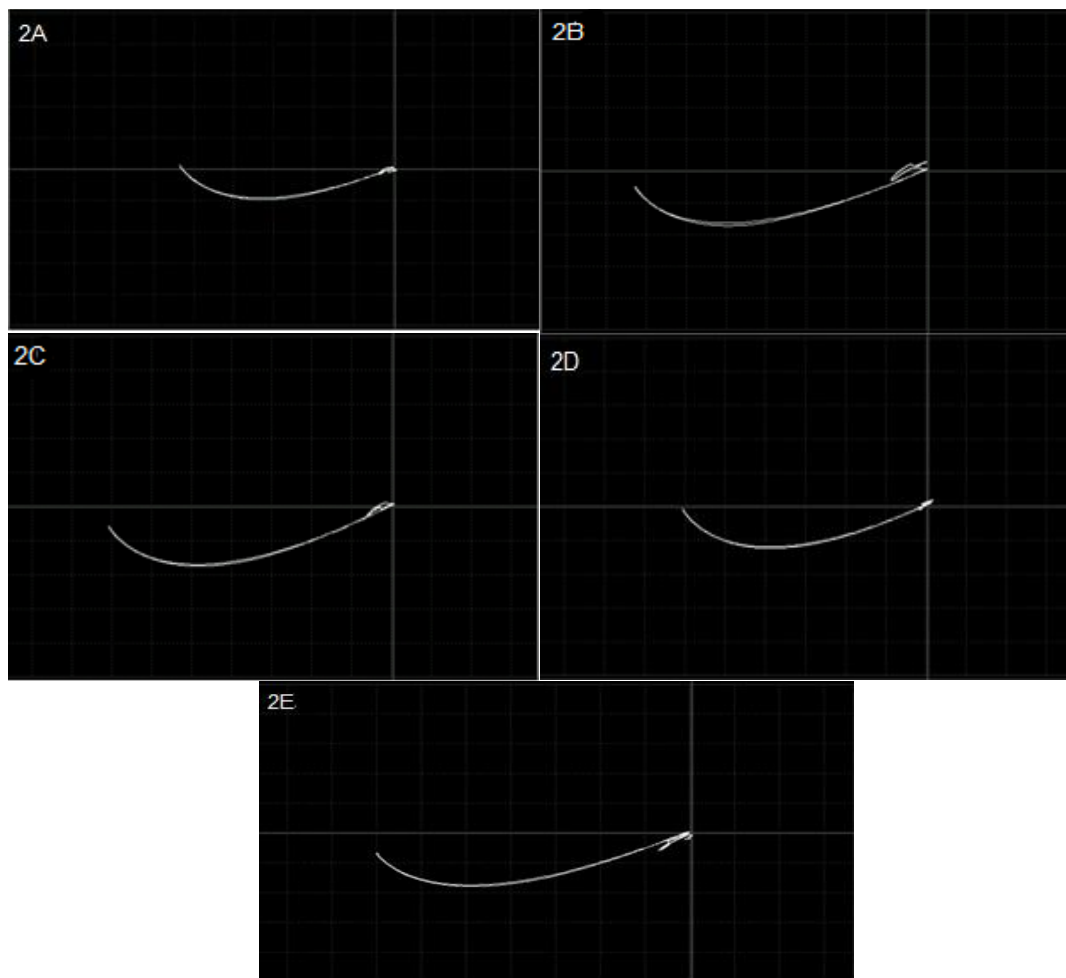
Hasil pengujian untuk spesimen 3 ditunjukkan pada Gambar IV.3 Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak pada permukaan (*surface crack*) benda yang diuji. Ketinggian indikasi sinyal *crack* saat lebar retak pada permukaan 0.35 mm dan 0.25 mm paling besar dan paling kecil untuk lebar retak pada permukaan 0.15 mm. Hasil lebih lanjut bisa dilihat pada tabel IV.3 dibawah ini.

Tabel IV.2 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen 3

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	3A	8	1.0	0.15	2.5
2	3B	8	1.0	0.25	4.5
3	3C	8	1.0	0.35	4.5
4	3D	8	1.0	0.25	4.0
5	3E	8	1.0	0.20	3.0

Perbandingan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada permukaan berdasarkan variasi lebar retak pada spesimen 1 dan 3 ditunjukkan pada Gambar IV.1 dan IV.2. Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak. Berdasarkan tabel IV.1 dan IV.2, pada spesimen 1 dan 3 didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang mendekati sama, kecuali pada lebar retak 0.2 mm pada kode retak 1B dengan 3E. Pada lebar retak 0.2 mm kode 1B didapat tinggi indikasi sinyal *crack* 5 mm, tapi pada kode 3E tinggi indikasi sinyal *crack* menjadi 3 mm. Seharusnya pada kedua kode retak tersebut didapat hasil yang sama atau setidaknya mendekati. Namun, yang terjadi adalah perbedaan indikasi tinggi sinyal *crack* yang cukup signifikan. Ini bisa terjadi karena kedalaman aktual yang berbeda antara kode retak 1B dan 3E pada lebar retak yang sama (0.2 mm) dan permukaan *weld metal* pada kedua kode retak tersebut yang tidak rata.

IV.2. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen 2 Berdasarkan Variasi Lebar Retak



Gambar IV. 3 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 2

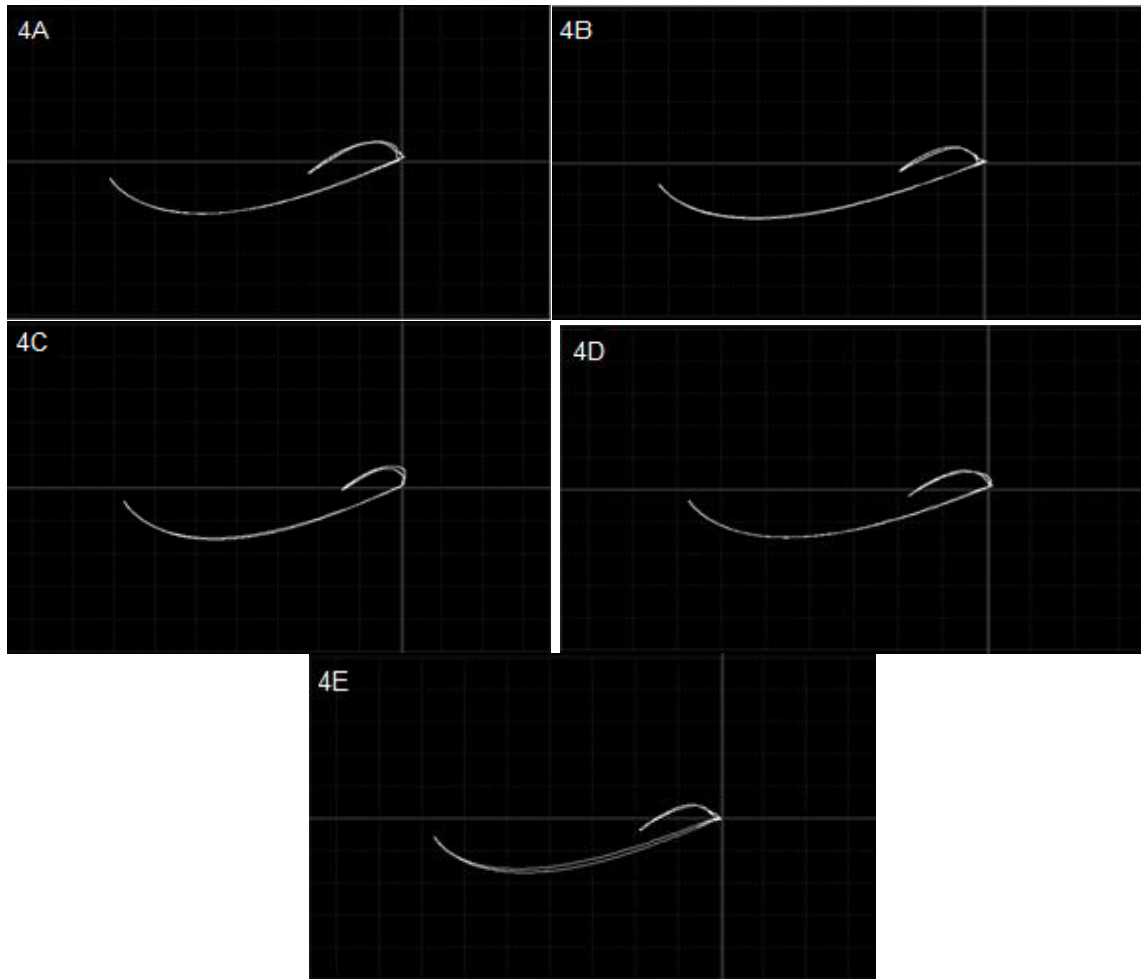
Hasil pengujian untuk spesimen 2 ditunjukkan pada Gambar IV.2. Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak di spesimen yang terjadi akibat perbedaan lebar retak pada permukaan (*surface crack*) benda yang diuji. Ketinggian indikasi sinyal *crack* saat lebar retak pada permukaan 0.2 mm paling besar dan paling kecil untuk lebar retak pada permukaan 0.25 mm. Untuk Hasilnya bisa dilihat pada tabel IV.3 dibawah ini.

Tabel IV.3 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen 2

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	2A	8	0.5	0.15	1.5
2	2B	8	0.5	0.20	3.0
3	2C	8	0.5	0.25	1.5
4	2D	8	0.5	0.35	2.0
5	2E	8	0.5	0.25	- 2.0

Perbandingan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada permukaan berdasarkan variasi lebar retak pada spesimen 2 ditunjukkan pada Gambar IV.3 Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak. Berdasarkan tabel IV.3, pada spesimen ini didapat data yang menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan yaitu pada kode retak 2C dan 2E. Seharusnya pada kedua kode retak tersebut didapat hasil yang sama atau setidaknya mendekati. Namun, yang terjadi adalah perbedaan indikasi tinggi sinyal *crack* yang signifikan. Ini bisa terjadi karena kedalaman aktual yang berbeda antara kode retak 2C dan 2E dan permukaan *weld metal* pada kedua kode retak tersebut yang tidak rata. Pada *Test Piece* 2 ini penulis berkesimpulan, bahwa adanya kesalahan teknis pada pembuatan spesimen sehingga pengujian tidak bisa mendapatkan hasil untuk digunakan sebagai pembanding dengan *test piece* lainnya. Sebagai bukti terjadinya kesalahan teknis adalah pada kode retak C dan E yang mempunyai kedalaman dan lebar retak sama, namun saat hasil pengujian mempunyai hasil yang cukup jauh berbeda.

IV.3. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen 4 Berdasarkan Variasi Lebar Retak



Gambar IV. 4 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 4

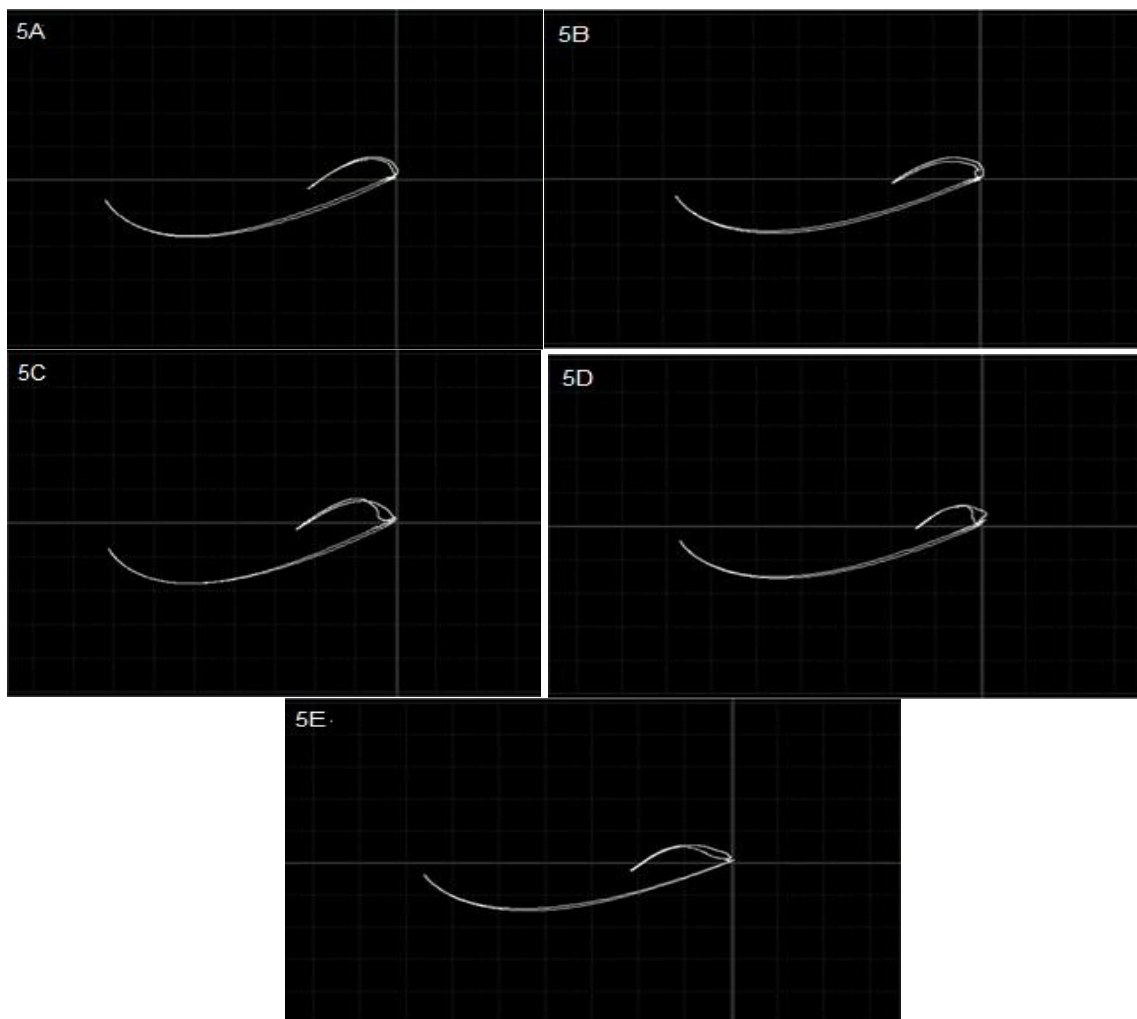
Hasil pengujian untuk spesimen 4 ditunjukkan pada Gambar IV.4. Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak pada permukaan (*surface crack*) benda yang diuji. Ketinggian indikasi sinyal *crack* f saat lebar retak pada permukaan 0.35 mm paling besar dan paling kecil untuk lebar retak pada permukaan 0.15 mm. Hasil lebih lanjut bisa dilihat pada tabel IV.4 dibawah ini.

Tabel IV.4 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen 4

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	4A	8	1.5	0.35	8.0
2	4B	8	1.5	0.25	7.0
3	4C	8	1.5	0.15	6.0
4	4D	8	1.5	0.20	6.5
5	4E	8	1.5	0.25	7.0

Perbandingan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada permukaan berdasarkan variasi lebar retak pada spesimen 4 ditunjukkan pada Gambar IV.4. Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak. Berdasarkan tabel IV.4, pada spesimen 4 didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang teratur sesuai dengan lebar retaknya. Dapat disimpulkan dari spesimen 4, bahwa saat lebar retak semakin besar akan mempengaruhi tinggi sinyal yang akan semakin besar juga.

IV.4. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen 5 Berdasarkan Variasi Lebar Retak



Gambar IV. 5 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen 5

Hasil pengujian untuk spesimen 5 ditunjukkan pada Gambar IV.5 Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak pada permukaan (*surface crack*) benda yang diuji. Ketinggian indikasi sinyal *crack* saat lebar retak pada permukaan 0.35 mm paling besar dan

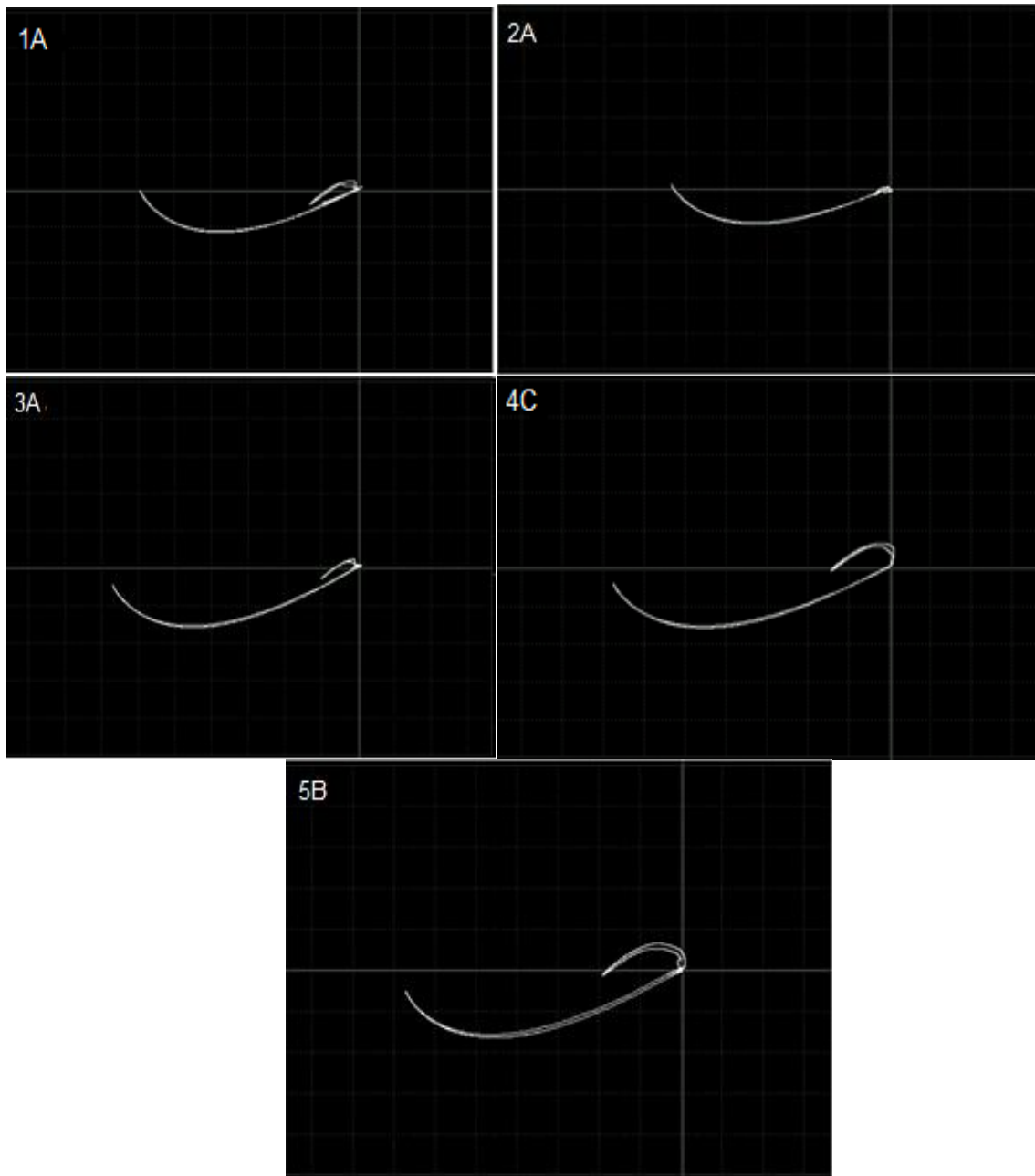
paling kecil untuk lebar retak pada permukaan 0.25 mm. Hasil lebih lanjut bisa dilihat pada tabel IV.5 dibawah ini.

Tabel IV.5 Hasil Pengukuran Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen 5

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	5A	8	2	0.25	7.5
2	5B	8	2	0.15	7.5
3	5C	8	2	0.20	8.5
4	5D	8	2	0.25	7.0
5	5E	8	2	0.35	9.0

Perbandingan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada permukaan berdasarkan variasi lebar retak pada spesimen 5 ditunjukkan pada Gambar IV.5 Gambar-gambar tersebut menunjukkan adanya perubahan ketinggian indikasi sinyal *crack* pada retak yang terjadi akibat perbedaan lebar retak. Berdasarkan tabel IV.5, pada spesimen 5 didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang mengejutkan dan tidak teratur. Pada kode retak 5A dan 5B mempunyai tinggi indikasi sinyal *crack* yang sama, padahal lebar retaknya berbeda. Untuk kode 5A mempunyai lebar retak 0.25 mm dan kode 5B punya lebar retak 0.15 mm. Hasil yang mengejutkan juga terjadi pada kode retak 5C. Saat kode 5C dibandingkan dengan kode 5A dan 5D, tinggi indikasi sinyal *crack* kode 5C lebih besar. Padahal lebar retak pada kode 5C lebih kecil dibanding dengan kode 5A dan 5D. Namun, saat membandingkan kode retak 5B, 5C, dan 5E, penulis mendapat kesimpulan yang sama seperti spesimen 4, semakin besar lebar retak, semakin besar juga tinggi indikasi sinyal *crack* yang dihasilkan. Dari kesimpulan tersebut, penulis juga meyakini adanya ketidaksempurnaan saat pembuatan retak pada kode 5A dan 5D, sehingga membuat hasil tinggi indikasi sinyal *crack*nya sama dengan kode retak 5B dan lebih kecil dari kode retak 5C. Seharusnya saat membandingkan kode retak 5A dan 5D dengan kode retak 5B dan 5C, kode retak 5A dan 5D mempunyai tinggi indikasi sinyal *crack* lebih besar. Hal ini didasarkan pada lebar retak kode 5A dan 5D yang lebih besar, jika dibandingkan dengan kode 5B dan 5C.

IV.5. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.15 mm



Gambar IV. 6 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.15 mm

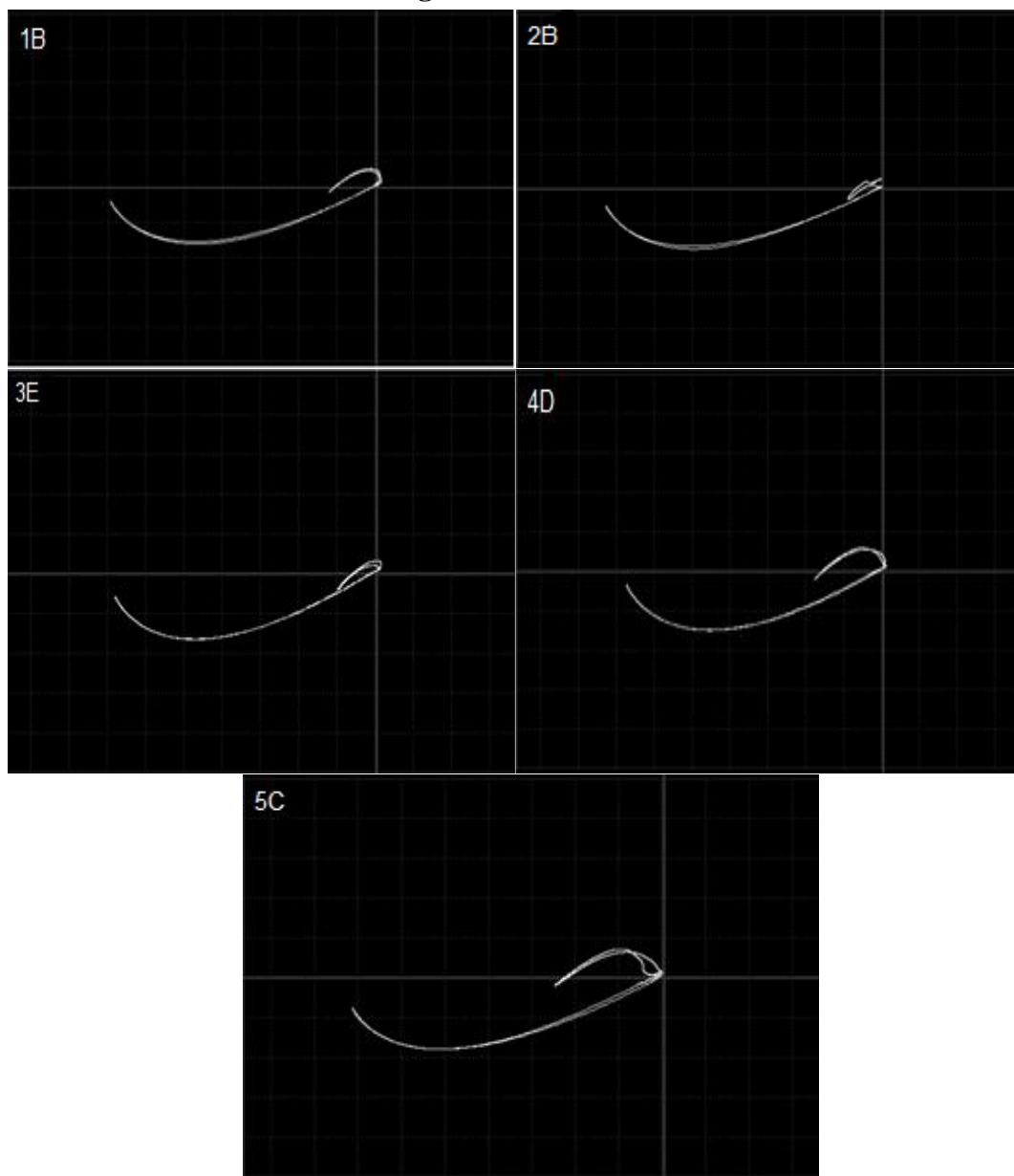
Tabel IV.6 Hasil Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.15 mm

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	1A	8	1.0	0.15	3.0
2	2A	8	0.5	0.15	1.5
3	3A	8	1.0	0.15	2.5
4	4C	8	1.5	0.15	6.0

5	5B	8	2.0	0.15	7.5
---	----	---	-----	------	-----

Berdasarkan tabel IV.6, didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang teratur sesuai dengan kedalaman retaknya. Pada kode retak 1A dan 3A memang terdapat perbedaan. Padahal dimensi ukuran kedalaman dan lebar sama. Tapi, karena perbedaan tidak terlalu signifikan. Maka, dapat disimpulkan dari tabel 4.6 Saat kedalaman retak semakin besar akan mempengaruhi tinggi sinyal *crack* yang akan semakin besar juga, begitu pun sebaliknya.

IV.6. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.20 mm



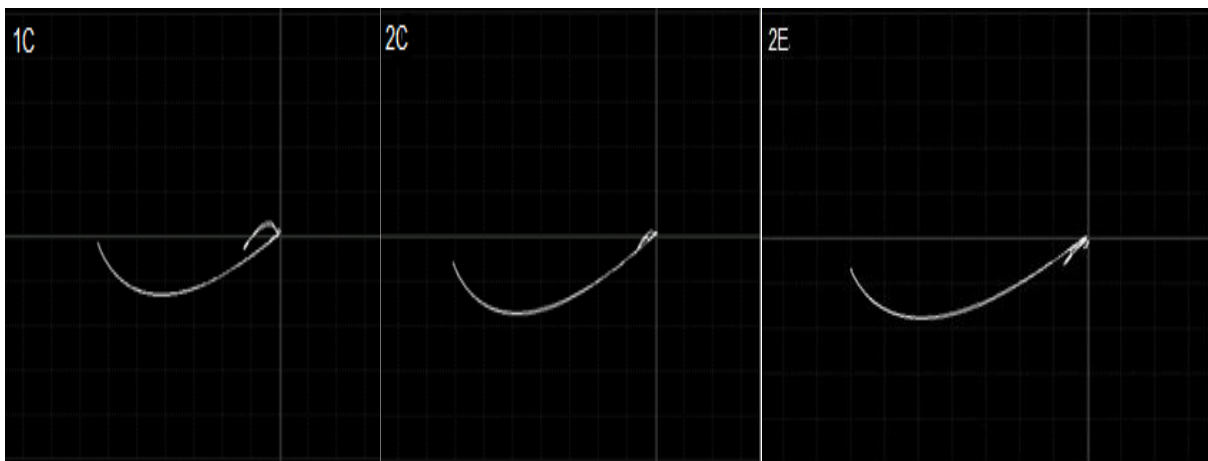
Gambar IV. 7 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.20 mm

Tabel IV.7 Hasil Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.20 mm

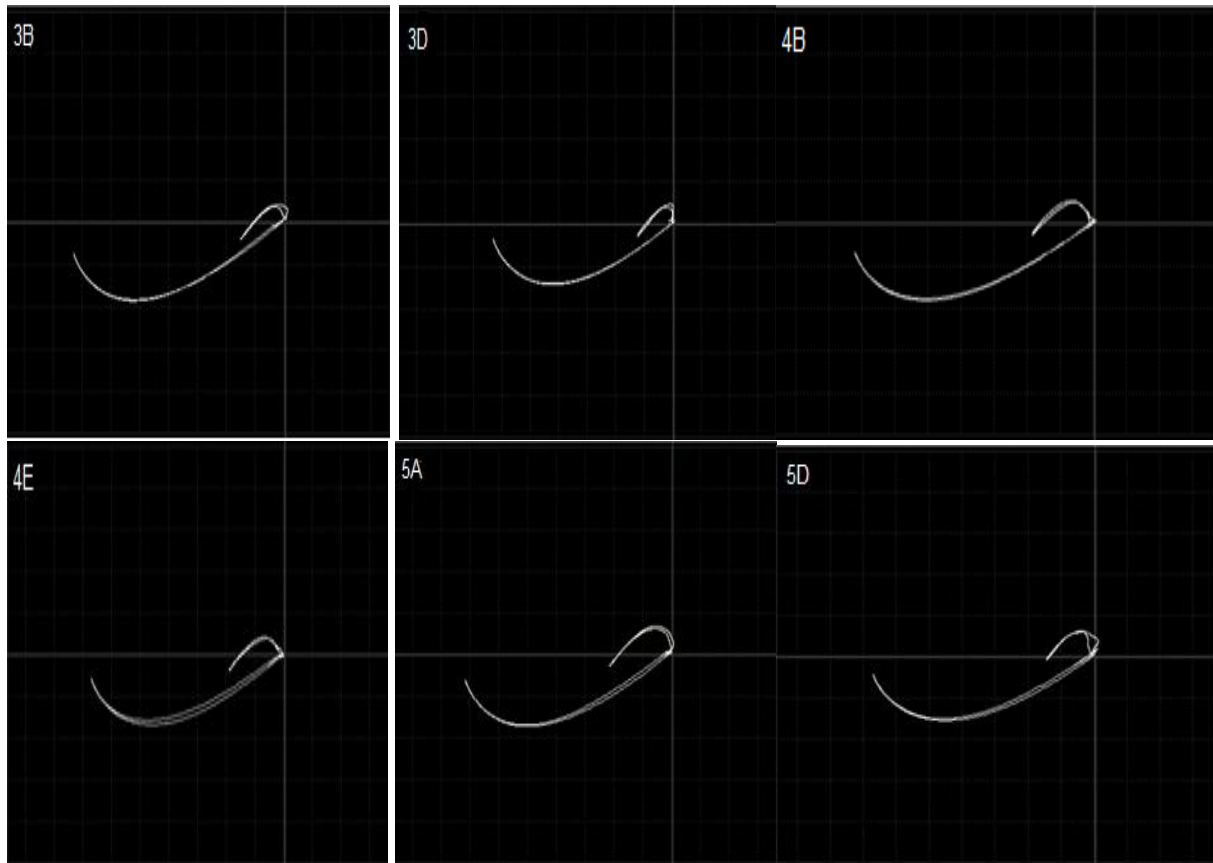
No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	1B	8	1.0	0.2	5.0
2	2B	8	0.5	0.2	3.0
3	3E	8	1.0	0.2	3.0
4	4D	8	1.5	0.2	6.5
5	5C	8	2.0	0.2	8.5

Berdasarkan tabel IV.7, didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang teratur sesuai dengan kedalaman retaknya. Pada kode retak 1B dan 3E terdapat perbedaan yang signifikan. Padahal dimensi ukuran kedalaman dan lebar sama. Penulis meyakini bahwa terjadi ketidaksempurnaan teknis saat pembuatan kode retak 3E, sehingga hasil tinggi indikasi sinyal *crack*nya sama dengan kode retak 2B dan tidak sama dengan kode retak 1B. Harusnya, jika dimensi kode retak 3E sama dengan kode retak 1B, maka hasil dari kode retak 3E minimal mendekati atau sama dengan hasil dari kode retak 1B dan lebih besar hasilnya dari kode retak 2B, karena kedalaman retaknya lebih besar. Dapat disimpulkan dari tabel IV.7 Saat kedalaman retak semakin besar akan mempengaruhi tinggi sinyal *crack* yang akan semakin besar juga, begitu pun sebaliknya. Kesimpulan yang sama dengan Tabel IV.6

IV.7. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.25 mm



Gambar IV. 8 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.25 mm



Gambar IV. 9 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.25 mm (Lanjutan)

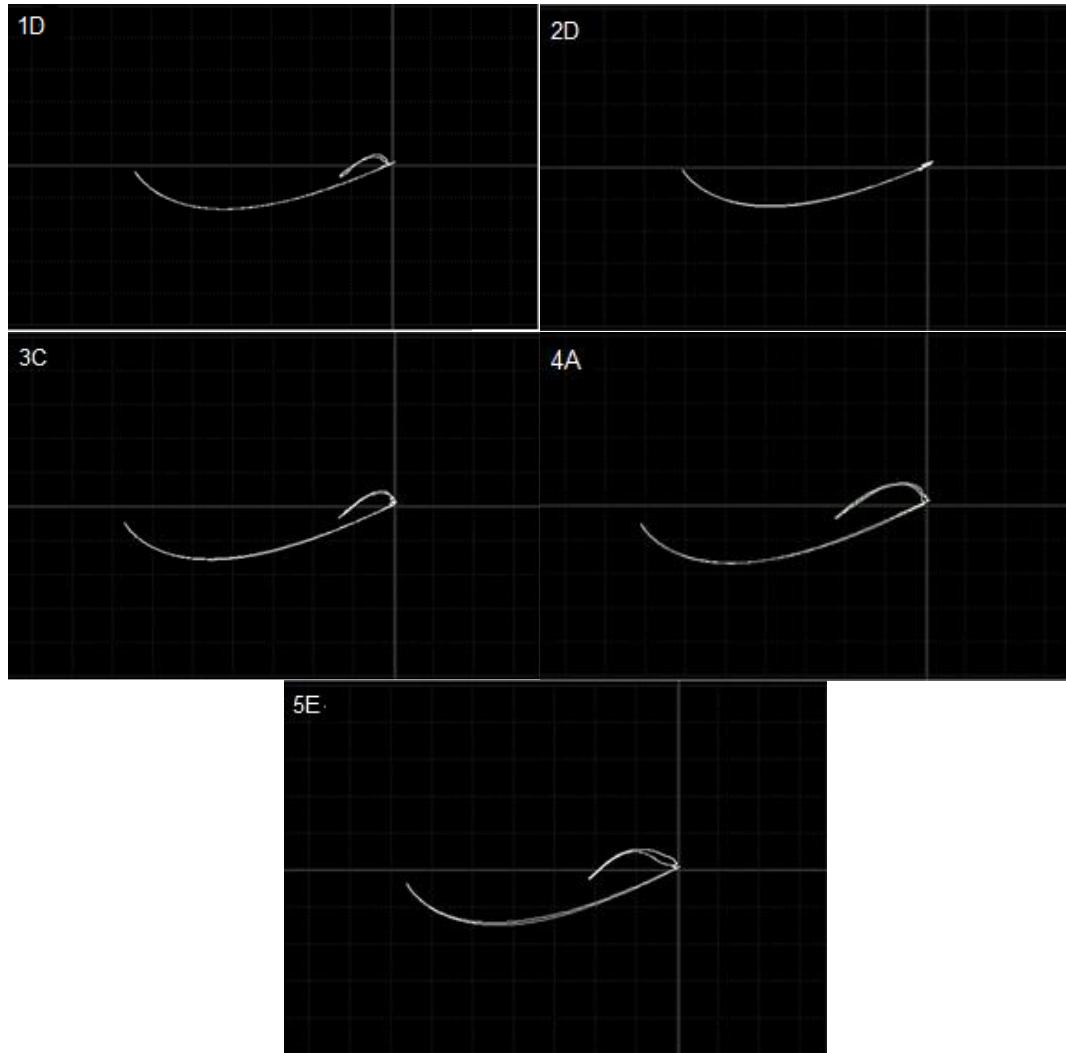
Tabel IV.8 Hasil Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.25 mm

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	1B	8	1.0	0.25	4.0
2	2C	8	0.5	0.25	1.5
3	2E	8	0.5	0.25	- 2.0
4	3B	8	1.0	0.25	4.5
5	3D	8	1.0	0.25	4
6	4B	8	1.5	0.25	7
7	4E	8	1.5	0.25	7
8	5A	8	2.0	0.25	7.5
9	5D	8	2.0	0.25	6.5

Berdasarkan tabel IV.8, didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang cukup teratur sesuai dengan kedalaman retaknya. Kode retak 2C dan 2E memang bermasalah pada teknis pembuatan retak sehingga terdapat perbedaan yang sangat signifikan, selain itu tidak ditemukan hasil uji yang janggal. Pada kode retak 5A dan 5D memang terdapat perbedaan juga, tapi tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan kode retak 2C dan 2E.

Dari tabel IV.8 didapat kesimpulan yang sama juga seperti tabel IV.6 dan IV.7, semakin besar kedalaman retak, maka semakin besar juga indikasi sinyal *crack* yang dihasilkan, begitu pun sebaliknya.

IV.8. Hasil dan Analisis Perbandingan Sinyal *Crack* pada Spesimen Berdasarkan Variasi Kedalaman Retak dengan Lebar Retak 0.35 mm



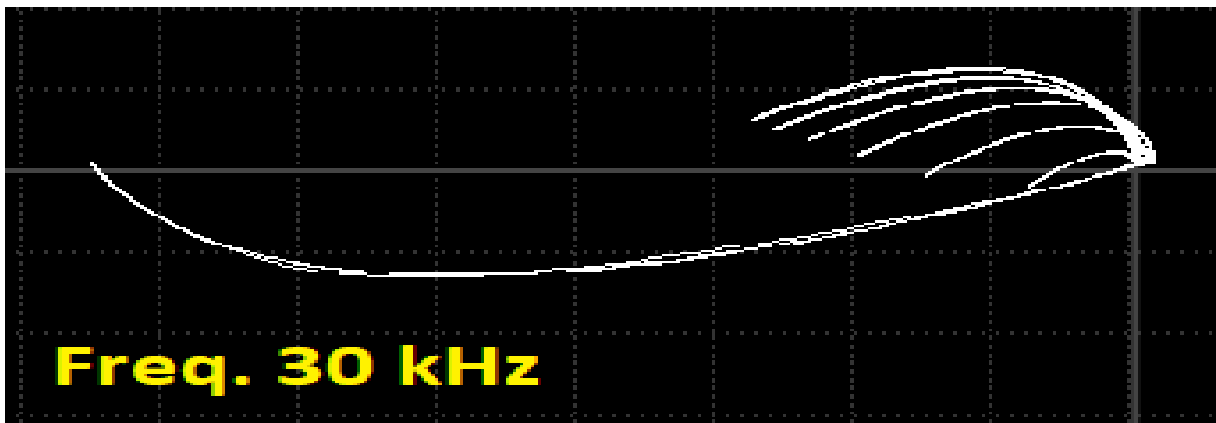
Gambar IV. 10 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Spesimen dengan Lebar Retak 0.35 mm

Tabel IV.9 Hasil Indikasi Sinyal *crack* Pada Spesimen dengan Lebar Retak 0.35 mm

No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)	Tinggi Indikasi (mm)
1	1D	8	1.0	0.35	4.5
2	2D	8	0.5	0.35	2.0
3	3C	8	1.0	0.35	4.5
4	4A	8	1.5	0.35	8.0
5	5E	8	2.0	0.35	9.0

Berdasarkan tabel IV.9, didapat data yang menunjukkan adanya hasil tinggi indikasi sinyal *crack* yang teratur sesuai dengan kedalaman retaknya. Dilihat dari tabel tersebut, tinggi indikasi sinyal *crack* paling kecil ada di kedalaman terkecil dan paling tinggi di kedalaman terbesar. Sama seperti kesimpulan yang penulis dapat dari tabel IV.6, IV.7, dan IV.8. Dari tabel IV.9 dapat disimpulkan, saat kedalaman retak semakin besar akan mempengaruhi tinggi sinyal *crack* yang akan semakin besar juga.

IV.9. Hasil Sinyal *Crack* pada Blok Kalibrasi



Gambar IV. 11 Hasil Dokumentasi Pengujian ECT dari Blok Kalibrasi

Tabel IV.10 Hasil Indikasi Sinyal *crack* Pada Blok Kalibrasi

No	Lebar Retak (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal (mm)
1	0.25	0.5	3
2	0.25	1.0	8
3	0.25	1.5	12
4	0.25	2.0	15
5	0.25	2.5	18
6	0.25	3.0	20

IV.10. Perhitungan Formula Electromagnetis Dalam Penggunaan Frekuensi 30 kHz

Pada bab II sudah dijelaskan tentang standar kedalaman penembusan/*Standard Depth of Penetration* bisa disingkat SDP. Salah satu parameter pengujian yang bisa dikendalikan oleh penguji yang dapat mempengaruhi kedalaman penembusan adalah frekuensi pengujian yang dialirkan kedalam kumparan. Akan terjadi perbedaan atau perubahan kemampuan penembusan standar sinyal jika frekuensi yang digunakan berubah. Berikut rumus kedalaman penembusan standar/SDP :

$$\delta = K \sqrt{\frac{\rho}{f \mu_{rel}}}$$

Dimana, δ adalah Kedalaman penembusan standar, K adalah konstan (50 jika satuan pakai mm), ρ adalah Resistivitas (dalam micro.ohm.centimeter), f adalah Frekuensi (Hz), dan μ_{rel} adalah 1 (untuk *nonferromagnetic material*). Resistivitas Aluminium 5083 menurut *ASM Handbook* sebesar 5.95 micro.ohm.cm. Penulis mempunyai probe dengan $f=30$ kHz. Jika dimasukan $f=30$ kHz, maka hasil dari $\delta=0.704$ mm.

Namun sinyal *eddy current* tidak langsung menghilang begitu saja. Sinyal *eddy current* memiliki EDP (*Effective Depth of Penetration*) yaitu batasan efektif suatu sinyal mampu menembus kedalaman hingga 3 kali SDP, setelah itu sinyal akan berangsur-angsur hilang. Jika $EDP = 3 \times SDP$, maka EDP dari frekuensi 30 kHz adalah 2.012 mm. Dengan nilai EDP tersebut sudah cukup untuk menguji semua spesimen penulis, karena maksimal kedalaman dari spesimen-spesimen uji adalah 2 mm.

IV.11. Perhitungan Nilai Sensitivitas *Eddy Current Testing*

Nilai sensitivitas dari *Eddy Current Testing*(ECT) didapat dari kemampuan pendeteksian *probe* pada semua retak pada spesimen uji. Berikut adalah hasil jumlah retakan yang terbaca pada tiap spesimen.

Tabel IV.11 Hasil Retak yang Terdeteksi

Spesimen	Jumlah Retak yang Direncanakan	Jumlah Retak yang Terdeteksi
1	4	4
2	5	5
3	5	5
4	5	5
5	5	5
Total	24	24

Dari tabel diatas dapat disimpulkan, bahwa tingkat sensitivitas dari metode *eddy current* mencapai 100%. Hal ini didasarkan pada perbandingan antara jumlah retak yang terdeteksi dengan jumlah retak yang direncanakan adalah sama, yaitu 24. Jadi, metode *eddy current* mampu mendeteksi semua retak pada spesimen uji.

IV.12. Perhitungan Nilai Ketelitian dari *Eddy Current Testing*

Nilai ketelitian dari *Eddy Current Testing*(ECT) didapat dari:

$$\text{Presentase ketelitian} = 100\% - \text{Presentase error}$$

$$\text{Presentase error} = \frac{(\text{Tinggi sinyal blok kalibrasi} - \text{rata-rata tinggi sinyal pengujian})}{\text{Tinggi sinyal blok kalibrasi}} \times 100\%$$

❖ Presentase ketelitian pada pendeteksian kedalaman retak:

- 0.5 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(3 - 1.2)}{3} \times 100\% \\ &= 60\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 60\% \\ &= 40\% \end{aligned}$$

- 1.0 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(8 - 3.9)}{8} \times 100\% \\ &= 51.25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 51.25\% \\ &= 48.75\% \end{aligned}$$

- 1.5 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(12 - 6.9)}{12} \times 100\% \\ &= 42.5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 42.5\% \\ &= 57.5\% \end{aligned}$$

- 2.0 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(15 - 7.1)}{15} \times 100\% \\ &= 52.67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 52.67\% \\ &= 47.33\% \end{aligned}$$

❖ Presentase ketelitian pada pendeteksian lebar retak:

- 0.15 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(4.5375 - 4.1)}{4.5375} \times 100\% \\ &= 9.64\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 9.64\% \\ &= 90.36\% \end{aligned}$$

- 0.20 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(5.4875 - 5.2)}{5.4875} \times 100\% \\ &= 5.24\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 5.24\% \\ &= 94.76\% \end{aligned}$$

- 0.25 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(4.6875 - 4.4)}{4.6875} \times 100\% \\ &= 6.13\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 6.13\% \\ &= 93.87\% \end{aligned}$$

- 0.35 mm

$$\begin{aligned} \text{Presentase error} &= \frac{(5.6875 - 5.6)}{5.6875} \times 100\% \\ &= 1.54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase ketelitian} &= 100\% - 1.54\% \\ &= 98.46\% \end{aligned}$$

- ❖ Rata-rata presentase ketelitian

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata presentase ketelitian} &= \frac{\text{Jumlah presentase ketelitian}}{\text{Banyak presentase ketelitian}} \times 100\% \\ &= \frac{571.03}{8} \times 100\% \\ &= 71.37875\% \end{aligned}$$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil rata-rata indikasi sinyal *crack* dari variasi kedalaman retak berurutan dari yang terkecil 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, dan terbesar 2.0 mm adalah 1.2 mm, 3.9 mm, 6.9 mm, dan 7.9 mm.
2. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil rata-rata indikasi sinyal *crack* dari variasi lebar retak berurutan dari yang terkecil 0.15 mm, 0.20 mm, 0.25 mm, dan terbesar 0.35 mm adalah 4.1 mm, 5.2 mm, 4.4 mm, dan 5.6 mm.
3. Nilai sensitivitas *Eddy Current Testing* adalah 100% dan rata-rata ketelitiannya adalah 71.37875%
4. Semakin besar dimensi lebar dan kedalaman retak yang dibuat, maka semakin tinggi juga indikasi sinyal *crack* pada monitor *Eddy Current Testing*.
5. Pembuatan retak yang tidak sempurna atau permukaan alur las yang tidak rata atau bergelombang dapat mempengaruhi kemampuan pendeteksian retak dari *probe Eddy Current Testing*

V.2. Saran

Pada penelitian ini, variasi sudah dilakukan dengan kedalaman dan lebar retak bawah permukaan terhadap permukaan benda uji. Namun, jarak variasi lebar pada retak dengan retak yang lain terlalu kecil(0,05-0.10 mm). Penelitian selanjutnya dapat dilakukan jarak variasi lebar retak dengan retak yang lain lebih besar(>0,20 mm).

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- The American Society of Mechanical Engineers. (2003). Mandatory Appendix III Eddy Current Examination On Coated Ferritic Materials. The American Society of Mechanical Engineers.*
- The American Society of Mechanical Engineers. (2003). Mandatory Appendix VI Eddy Current Detection And Measurement Of Depth Of Surface Discontinuities In Nonmagnetic Metals With Surfaces Probes. The American Society of Mechanical Engineers.*
- AWS. (1981). *Welding Handbook – Fundamental of Welding* . Miami: American Welding Society.
- Cincinnati, U. O. (2014). *Research: Electrical Discharge Machining.*
- Cox, J. (1997). *Classroom Training Handbook, Nondestructive Testing, Eddy Current.* South Harrisburg: PH Diversified, Inc.
- Mix, Paul E. (2005). *Introduction to Nondestructive Testing : A Training Guide.* Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Hagemaier, D. J. (2002). *Fundamentals of Eddy Current Testing.* United States of America: The American Society for Nondestructive Testing Inc.
- Sadek, Hussein. (2006). *Electromagnetic Testing-Classroom Training Book.* Columbus: ASNT.
- Wiryo Sumarto, H dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam.* Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

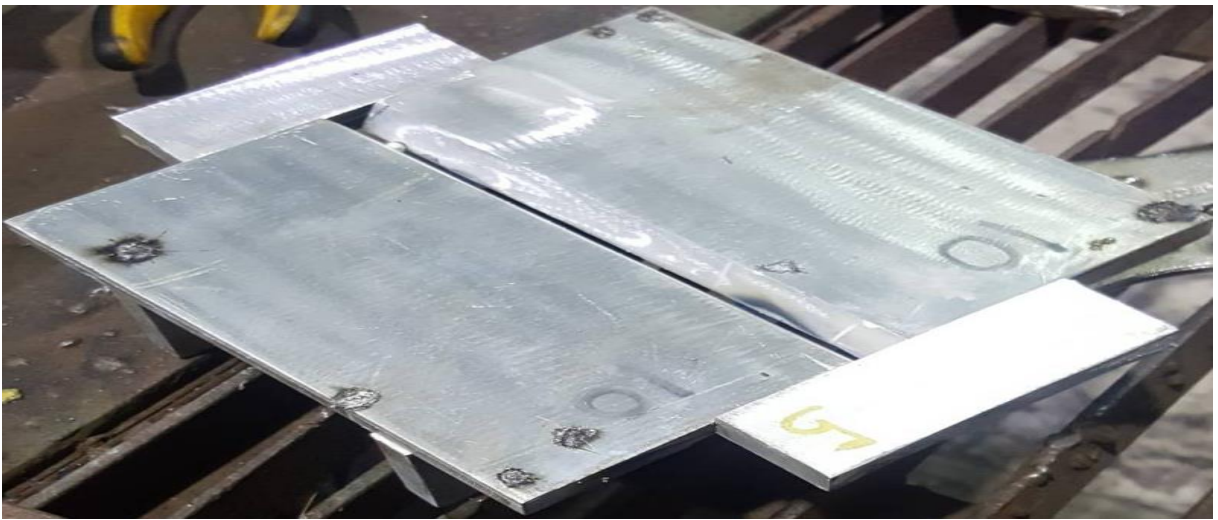
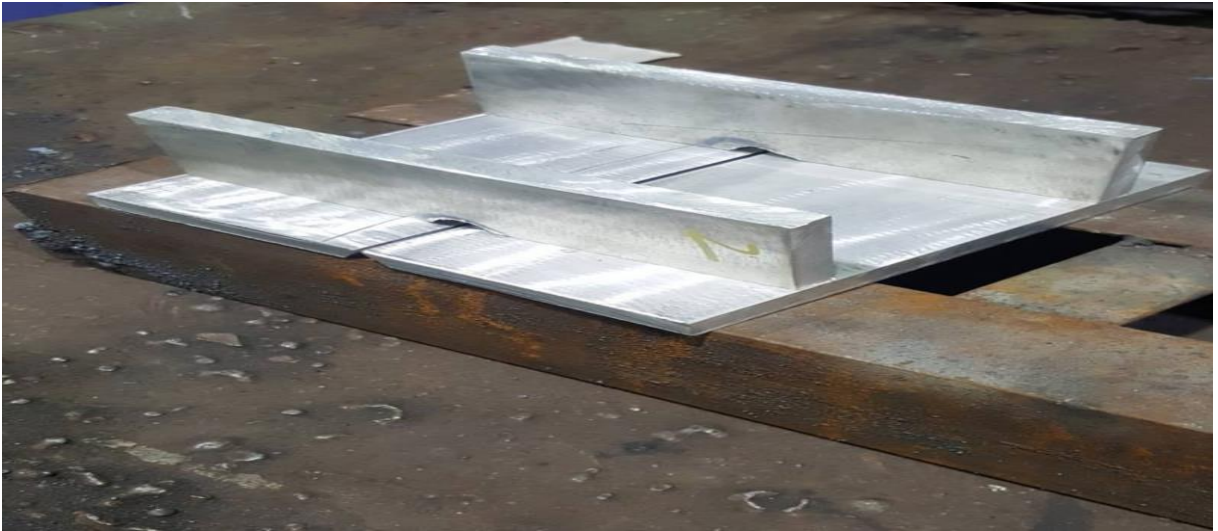
LAMPIRAN 1

PENGERJAAN TEKNIS











LAMPIRAN 2

HASIL PENGUJIAN *EDDY CURRENT*

1A



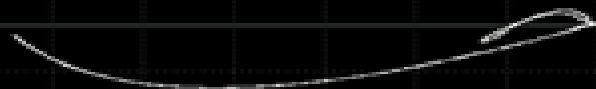
1B



1C



1D



2A



2B



2C



2D



2E



3A



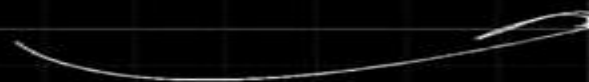
3B



3C



3D



3E



4A



4B



4C

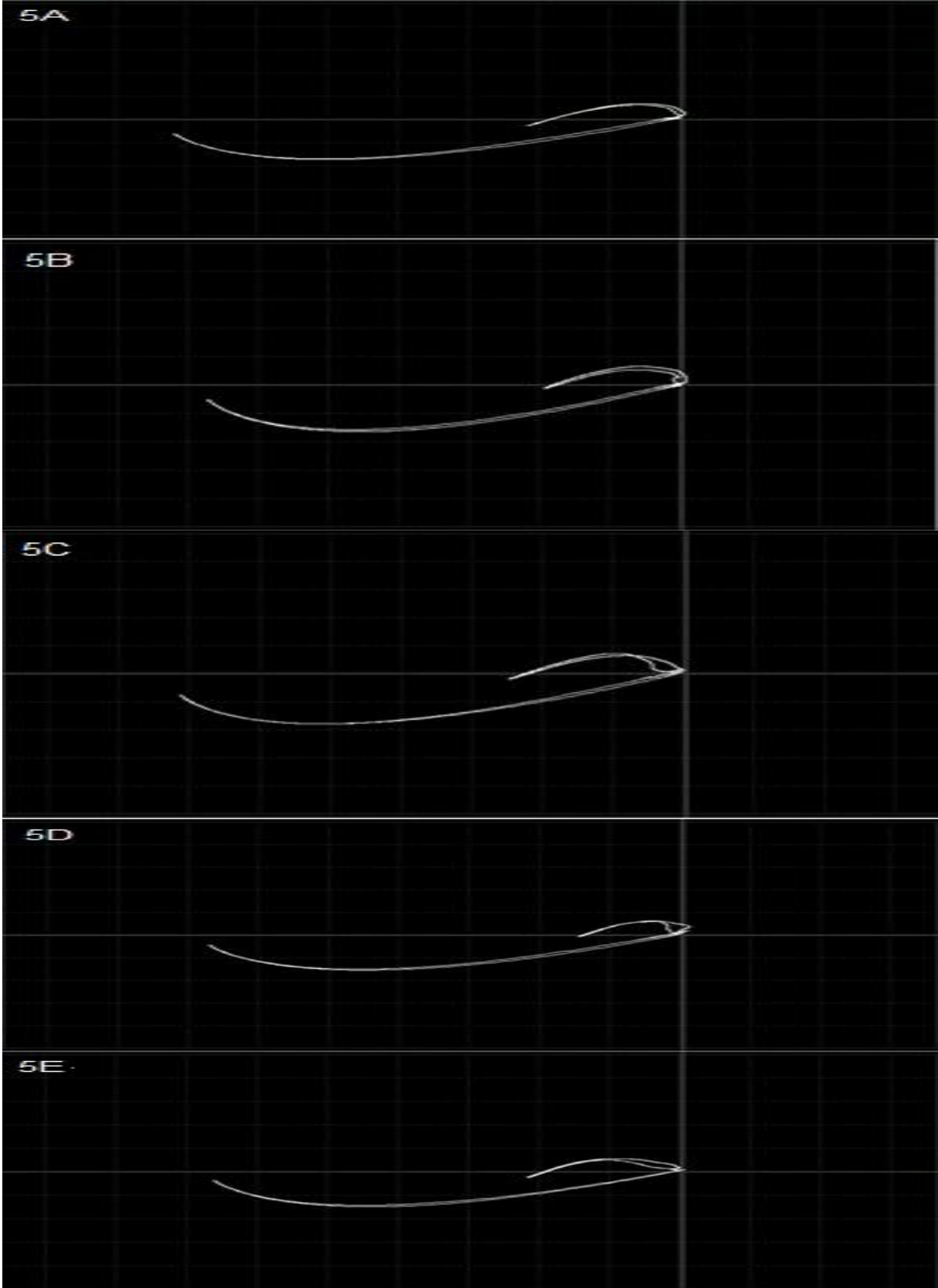


4D



4E





Kode Retak	Kedalaman Retak (mm)	Lebar Retak (mm)	Tinggi Indikasi Sinyal (mm)
1A	1.0	0.15	3.0
1B	1.0	0.20	5.0
1C	1.0	0.25	4.0
1D	1.0	0.35	4.5
2A	0.5	0.15	1.5
2B	0.5	0.20	3.0
2C	0.5	0.25	1.5
2D	0.5	0.35	2.0
2E	0.5	0.25	- 2.0
3A	1.0	0.15	2.5
3B	1.0	0.20	4.5
3C	1.0	0.25	4.5
3D	1.0	0.35	4.0
3E	1.0	0.25	3.0
4A	1.5	0.35	8.0
4B	1.5	0.25	7.0
4C	1.5	0.15	6.0
4D	1.5	0.20	6.5
4E	1.5	0.25	7.0
5A	2.0	0.25	7.5
5B	2.0	0.15	7.5
5C	2.0	0.20	8.5
5D	2.0	0.25	7.0
5E	2.0	0.35	9.0

BIOGRAFI PENULIS



Tridanto Drajad Prasetya Indra Karuna, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 16 April 1997 silam. Penulis merupakan anak ketiga dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Al-Ikhsan, kemudian melanjutkan ke SDN P Komp. IKIP Jakarta, SMPN 216 Jakarta dan SMAN 26 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur Mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Konstruksi dan Kekuatan Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Koordinator sie Perlengkapan di SAMPAN 2018 ITS

pada tahun 2018 dan Staff Ahli Departemen Dalam Negeri HIMATEKPAL ITS 2017/2018. Selain itu, Penulis juga pernah menjadi LO (*Liaison Officer*) pada SENTA 2016. Pada Juli 2018, untuk menyelesaikan syarat studinya penulis melaksanakan Kerja Praktik pertama di PT. Samudra Marine Indonesia yang berlokasi di Cilegon dan pada Agustus 2018 penulis melaksanakan Kerja Praktik kedua di PT. Abadi Cemerlang (AC) Bintaro.

E-mail: tridantodrajad@gmail.com