



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**ANALISIS PERBANDINGAN SENSITIVITAS PENDETEKSIAN TERHADAP RETAK PADA MATERIAL ALUMINIUM 5083 DENGAN VARIASI FREKUENSI PADA SAMBUNGAN LAS DI PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY CURRENT TESTING* (ECT)**

**Raka Navy Aditya Pratama**

**NRP 0411154000027**

**Dosen Pembimbing**

**Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.**

**Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

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





**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**ANALISIS PERBANDINGAN SENSITIVITAS PENDETEKSIAN  
TERHADAP RETAK PADA MATERIAL ALUMINIUM 5083  
DENGAN VARIASI FREKUENSI PADA SAMBUNGAN LAS DI  
PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY  
CURRENT TESTING* (ECT)**

**Raka Navy Aditya Pratama  
NRP 0411154000027**

**Dosen Pembimbing  
Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.  
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

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





**FINAL PROJECT - MN 141581**

**ANALYSIS THE COMPARATIVE OF SENSITIVITY OF  
DETECTION ON CRACK WITH FREQUENCY VARIATIONS  
IN A WELD JOINT OF 5083 ALUMINIUM MATERIAL AT  
MACHINERY FOUNDATION USING EDDY CURRENT  
TESTING (ECT) METHOD**

**Raka Navy Aditya Pratama**

**NRP 0411154000027**

**Supervisor**

**Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.**

**Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE**

**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2019**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS PERBANDINGAN SENSITIVITAS**  
**PENDETEKSIAN TERHADAP RETAK PADA MATERIAL**  
**ALUMINIUM 5083 DENGAN VARIASI FREKUENSI PADA**  
**SAMBUNGAN LAS DI PONDASI MESIN KAPAL DENGAN**  
**METODE *EDDY CURRENT TESTING* (ECT)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

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

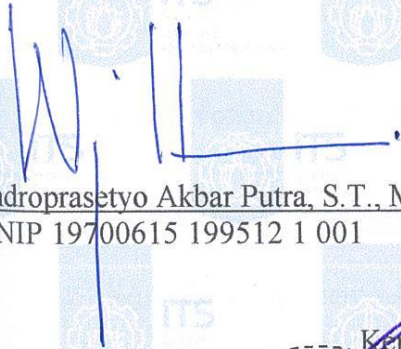
Oleh:

**RAKA NAVY ADITYA PRATAMA**

NRP 04111540000027

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Dony Setyawan, S.T., M.Eng.  
NIP 19750320 199903 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19610210 198903 1 001

SURABAYA, 4 NOVEMBER 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## LEMBAR REVISI

# ANALISIS PERBANDINGAN SENSITIVITAS PENDETEKSIAN TERHADAP RETAK PADA MATERIAL ALUMINIUM 5083 DENGAN VARIASI FREKUENSI PADA SAMBUNGAN LAS DI PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY CURRENT TESTING* (ECT)

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 4 November 2019

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

Oleh:

**RAKA NAVY ADITYA PRATAMA**

NRP 0411154000027

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



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

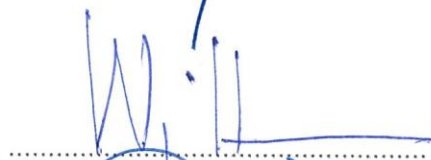


3. Totok Yulianto, S.T., M.T.

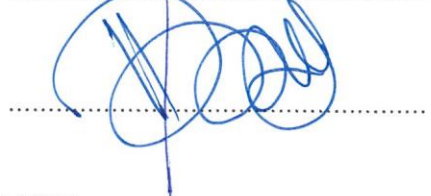


Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.



2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.



SURABAYA, 4 NOVEMBER 2019



Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, berkat, dan Hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng. dan Bapak Dony Setyawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini.
3. 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 ijin pemakaian fasilitas laboratorium.
4. Seluruh dosen di Departemen Teknik Perkapalan atas ilmu-ilmu yang telah diberikan selama kuliah.
5. Pak Pardi, Pak Deny, Pak Yanto, Mas Joko, Pak Fayril, dan pak aminudin yang selalu siap membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Keluarga di rumah terutama untuk orang tua saya: Kasyanto dan Zairiyah yang tidak pernah berhenti memberikan doa, semangat, dan kasih sayang yang tidak pernah bisa terbalaskan.
7. Aida Sefanya Rahmadani, S.T., atas segala bantuan dan semangat yang diberikan.
8. I Gusti Agung, Tridanto, dan seluruh keluarga besar “SAMUDRAKSA P-55” atas dukungan, bantuan, 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, Oktober 2019

Raka Navy Aditya Pratama

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **ANALISIS PERBANDINGAN SENSITIVITAS PENDETEKSIAN TERHADAP RETAK PADA MATERIAL ALUMINIUM 5083 DENGAN VARIASI FREKUENSI PADA SAMBUNGAN LAS DI PONDASI MESIN KAPAL DENGAN METODE *EDDY CURRENT TESTING* (ECT)**

Nama Mahasiswa : Raka Navy Aditya Pratama  
NRP : 0411154000027  
Departemen/fakultas : Teknik Perkapalan/Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.  
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

## **ABSTRAK**

Dalam bidang industri perkapalan, aluminium banyak menunjang dalam segi fabrikasi seperti pembuatan kapal patroli. Adanya cacat las pada pengelasan merupakan hal yang dapat berakibat fatal karena mendapatkan beban yang berulang seperti pada pondasi mesin kapal. Maka dari itu, diperlukan *Non Destructive Testing* (NDT) untuk mendeteksi adanya cacat di area yang susah terdeteksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan sensitivitas dengan variasi frekuensi terhadap pendeteksian material las aluminium 5083 dengan ukuran 150 x 160 x 10 mm menggunakan metode *Eddy Current Testing* (ECT). Frekuensi *probe* yang digunakan pada penelitian ini adalah 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz. Sambungan las pada aluminium menggunakan jenis *butt joint* dan akan diberi retak buatan di bagian *weld metalnya*

Hasil dari penelitian ini menunjukkan variasi frekuensi pada *probe* akan berpengaruh terhadap dua hal yaitu ketinggian sinyal dan kemampuan kedalaman penembusan. Semakin besar frekuensi yang digunakan semakin tinggi juga sinyal indikasi retak yang muncul. Hal tersebut dibuktikan adanya peningkatan tinggi sinyal indikasi suatu retak jika frekuensinya semakin tinggi juga demikian berlaku sebaliknya.

Nilai SDP (*Standard Depth of Penetration*) frekuensi 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz secara urut sebesar 0.996 mm, 0.704 mm, 0.172 mm, dan 0,151. Sedangkan nilai EDP (*Efective Iepth of Penetration*) secara urut sebesar 2.987 mm, 2.112 mm, 0.517 mm, dan 0.454 mm. Frekuensi mempengaruhi kemampuan kedalaman penembusan, semakin besar frekuensi semakin berkurang kemampuan kedalaman penembusan suatu sinyal indikasi retak. Hal tersebut dibuktikan semakin besar frekuensi semakin kecil nilai SDP (*Standard Depth of Penetration*) dan EDP (*Efective Depth of Penetration*) nya. arus *eddy* tidak langsung hilang begitu saja saat frekuensi melebihi nilai EDPnya, melainkan hilang secara perlahan hingga arus *eddy* tidak mampu menembus lebih dalam lagi. Pada penelitian ini, sinyal indikasi retak pada frekuensi 15 kHz dan 30 kHz mampu menembus hingga kedalaman 5.00 mm, sedangkan pada frekuensi 500 kHz dan 650 kHz mampu menembus secara urut hingga 2.00 mm dan 1.5 mm.

Kata Kunci: Aluminium, *Eddy Current Frequency*, *Eddy Current Testing*, *Surface Crack*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



***ANALYSIS THE COMPARATIVE OF SENSITIVITY OF DETECTION ON  
CRACK WITH FREQUENCY VARIATIONS IN A WELD JOINT OF 5083  
ALUMINIUM MATERIAL AT MACHINERY FOUNDATION USING EDDY  
CURRENT TESTING (ECT) METHOD***

Author : Raka Navy Aditya Pratama  
Student Number : 0411154000027  
Department/Faculty : Teknik Perkapalan/Teknologi Kelautan  
Supervisor : 1. Wing Hendroprasetyo A.P., S.T., M.Eng.  
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

**ABSTRACT**

In the shipbuilding industry, aluminum is widely used such a for patrol boat building. The presence of welding defects in welding can be fatal due to get a load of repetitive as the foundation of the ship's engine. Therefore, Non Destructive Testing (NDT) is needed to detect any defects in areas that are difficult to detect.

This study purpose to compare the sensitivity of detection with frequency variations in the detection of 5083 aluminum welding material with dimensions of 150 x 160 x 10 mm using the Eddy Current Testing (ECT) method. The frequency of the probes used in this study were 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, and 650 kHz. Welded joints on aluminum used is the butt joint and given an artificial crack at the weld metal.

The results of this study indicate the variation of frequency on the probe affect two things the height of the signal and the depth of penetration capability. The greater the frequency used, the higher the signal for crack indication. This is proved by an increase in signal height indication of a crack if the frequency is higher.

SDP (Standard Depth of Penetration) values of frequencies 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz and 650 kHz in sequence were 0.996 mm, 0.704 mm, 0.172 mm and 0.151. While the EDP (Effective Depth of Penetration) values were 2,987 mm, 2,112 mm, 0.517 mm and 0.454 mm. The frequency affects the ability of the depth of penetration, the greater the frequency the less the ability of the depth of penetration of a signal indication of cracking. This is evidenced that the greater the frequency the smaller the value of SDP (Standard Depth of Penetration) and EDP (Effective Depth of Penetration). Eddy currents were not immediately disappeared when the frequency exceeds the EDP value, but slowly lost to eddy currents were not able to penetrated deeper. In this study, crack signal indications at frequencies of 15 kHz and 30 kHz are able to penetrate to depths of 5.00 mm, while at frequencies 500 kHz and 650 kHz are able to penetrate sequentially up to 2.00 mm and 1.5 mm.

Keywords: *Aluminum, Eddy Current Frequency, Eddy Current Testing, Surface Crack*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1    Latar Belakang .....	1
I.2    Perumusan Masalah .....	1
I.3    Batasan Masalah .....	2
I.4    Tujuan Penelitian .....	2
I.5    Manfaat Penelitian .....	2
I.6    Hipotesis .....	2
I.7    Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....	2
BAB II STUDI LITERATUR .....	5
II.1 <i>Eddy Current Testing</i> .....	5
II.1.1 Prinsip Pengujian .....	6
II.1.2 Aplikasi Penggunaan <i>Eddy Current Testing</i> .....	7
II.1.3 Variabel-Variabel <i>Eddy Current Testing</i> .....	8
II.1.4 Kelebihan dan Kekurangan <i>Eddy Current Testing</i> .....	13
II.2 <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW) .....	14
II.3    Aluminium .....	15
II.4    Cacat Las pada Aluminium.....	17
II.5 <i>Electrical Discharge Machining</i> (EDM) .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	21
III.1    Diagram Alir .....	21
III.2    Persiapan Material dan Alat.....	23
III.3    Proses Pengelasan .....	24
III.4    Pembuatan Retak Buatan .....	28
III.5    Pengujian <i>Eddy Current</i> .....	32
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	34

IV.1	Pendahuluan .....	35
IV.2	Hasil Pengujian pada <i>Test Piece</i> #1 .....	37
IV.3	Hasil Pengujian pada <i>Test Piece</i> #2 .....	40
IV.4	Hasil Pengujian pada <i>Test Piece</i> #3 .....	43
IV.5	Hasil Pengujian pada <i>Test Piece</i> #4 .....	46
IV.6	Hasil Pengujian pada <i>Test Piece</i> #5 .....	50
IV.7	Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak Berdasarkan Variasi Frekuensi <i>Probe</i> .....	53
IV.7.1	Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada <i>Test Piece</i> #1 .....	53
IV.7.2	Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada <i>Test Piece</i> #2 .....	57
IV.7.3	Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada <i>Test Piece</i> #3 .....	61
IV.7.4	Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada <i>Test Piece</i> #4 .....	65
IV.7.5	Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada <i>Test Piece</i> #5 .....	69
IV.8	Pembahasan .....	73
IV.8.1	Pengaruh Variasi Frekuensi terhadap Ketinggian Sinyal Indikasi Retak .....	73
IV.8.2	Pengaruh Variasi Frekuensi Terhadap Kemampuan Kedalaman Penembusan Sinyal ( <i>Depth of Penetration</i> ) .....	75
BAB V	KESIMPULAN .....	79
V.1	Kesimpulan.....	79
V.2	Saran.....	79
DAFTAR	PUSTAKA .....	80
BIOGRAFI	PENULIS .....	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Ilustrasi interaksi medan magnet dan arus <i>eddy</i> .....	5
Gambar II.2 Ilustrasi prinsip arus <i>eddy</i> .....	6
Gambar II.3 Pola arus <i>eddy</i> ketika tidak ada retak, ada retak, dan <i>inclusion</i> .....	7
Gambar II.4 Hubungan antara impedansi satu dengan impedansi lainnya.....	10
Gambar II.5 <i>Conductivity</i> dan <i>lift-off loci</i> pada <i>impedance plane</i> .....	11
Gambar II.6 Pengaruh frekuensi, konduktivitas, dan permeabilitas terhadap kedalaman penembusan .....	12
Gambar II.7 Ilustrasi pengelasan jenis GMAW .....	14
Gambar II. 8 Aluminium .....	17
Gambar II. 9 Porositi .....	18
Gambar II. 10 <i>Incomplete fusion</i> .....	18
Gambar II. 11 <i>Slag inclusion</i> .....	18
Gambar II. 12 <i>Crater crack</i> .....	19
Gambar II. 13 Ilustrasi <i>electric discharging machining</i> (EDM) .....	20
Gambar III.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir.....	22
Gambar III.2 Dimensi sepesimen uji .....	23
Gambar III.3 <i>crack</i> buatan pada <i>test piece</i> .....	24
Gambar III.4 Ilustrasi desain bevel .....	24
Gambar III.5 Material sedang diproses <i>milling</i> .....	25
Gambar III.6 Contoh tanggem dudukan (atas) dan tanggem <i>start/stop</i> .....	25
Gambar III.7 Material sudah disusun dan dipasang tanggem .....	26
Gambar III.8 Saat proses pengelasan GMAW oleh <i>welder</i> .....	26
Gambar III.9 Suhu material saat diukur dengan <i>Infrared Thermometer</i> .....	27
Gambar III.10 Hasil pengelasan <i>butt joint</i> sebelum dibersihkan.....	27
Gambar III.11 Material hasil pengelasan <i>butt joint</i> setelah dibersihkan .....	28
Gambar III.12 CNC EDM ( <i>Electric Discharge Machining</i> ).....	28
Gambar III.13 Proses pengerjaan pembuatan retak buatan .....	29
Gambar III.14 Posisi retak buatan pada <i>test piece</i> 1.....	29
Gambar III.15 Posisi retak buatan pada <i>test piece</i> 2.....	30
Gambar III.16 Posisi retak buatan pada <i>test piece</i> 3.....	30

Gambar III. 17 Posisi retak buatan pada <i>test piece</i> 4.....	31
Gambar III. 18 Posisi retak buatan pada <i>test piece</i> 5.....	31
Gambar III.19 Contoh material uji yang sudah diberi retak buatan.....	32
Gambar IV.1 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 15 kHz.....	35
Gambar IV.2 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 30 kHz.....	36
Gambar IV.3 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 500 kHz.....	36
Gambar IV.4 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 650 kHz.....	37
Gambar IV.5 Hasil pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 1 menggunakan <i>probe</i> 15 kHz. 38	
Gambar IV.6 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 1 menggunakan <i>probe</i> 30 kHz... 38	
Gambar IV.7 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 1 menggunakan <i>probe</i> 500 kHz. 39	
Gambar IV.8 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 1 menggunakan <i>probe</i> 650 kHz. 39	
Gambar IV.9 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 2 menggunakan <i>probe</i> 15 kHz... 41	
Gambar IV.10 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 2 menggunakan <i>probe</i> 30 kHz. 41	
Gambar IV.11 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 2 menggunakan <i>probe</i> 500 kHz42	
Gambar IV.12 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 2 menggunakan <i>probe</i> 650 kHz42	
Gambar IV.13 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 3 menggunakan <i>probe</i> 15 kHz. 44	
Gambar IV.14 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 3 menggunakan <i>probe</i> 30 kHz. 44	
Gambar IV.15 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 3 menggunakan <i>probe</i> 500 kHz45	
Gambar IV.16 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 3 menggunakan <i>probe</i> 650 kHz46	
Gambar IV.17 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 4 menggunakan <i>probe</i> 15 kHz. 47	
Gambar IV.18 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 4 menggunakan <i>probe</i> 30 kHz. 48	
Gambar IV.19 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 4 menggunakan <i>probe</i> 500 kHz48	
Gambar IV.20 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 4 menggunakan <i>probe</i> 650 kHz49	
Gambar IV.21 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 5 menggunakan <i>probe</i> 15 kHz. 50	
Gambar IV.22 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 5 menggunakan <i>probe</i> 30 kHz. 51	
Gambar IV.23 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 5 menggunakan <i>probe</i> 500 kHz52	
Gambar IV.24 Hasil Pengujian <i>eddy current</i> pada <i>test piece</i> 5 menggunakan <i>probe</i> 650 kHz52	
Gambar IV.25 Perbandingan sinyal pada kode retak 1A.....	53
Gambar IV.26 Perbandingan ketinggian sinyal ada kode retak 1B .....	54
Gambar IV.27 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 1C .....	55
Gambar IV.28 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 1D.....	55

Gambar IV.29 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada <i>test piece</i> 1.....	56
Gambar IV.30 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2A .....	57
Gambar IV.31 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2B .....	58
Gambar IV.32 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2C .....	58
Gambar IV.33 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2D .....	59
Gambar IV.34 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2E.....	59
Gambar IV.35 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada <i>test piece</i> 2.....	60
Gambar IV.36 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 3A .....	61
Gambar IV.37 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 3B .....	62
Gambar IV.38 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 3C.....	62
Gambar IV.39 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 3D .....	63
Gambar IV.40 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 3E.....	63
Gambar IV.41 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada <i>test piece</i> 3.....	64
Gambar IV.42 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4A .....	65
Gambar IV.43 Perbandingin ketinggian sinyal pada kode retak 4B .....	66
Gambar IV.44 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4C.....	66
Gambar IV.45 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4D .....	67
Gambar IV. 46 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4E.....	67
Gambar IV.47 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada <i>test piece</i> 4.....	68
Gambar IV.48 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5A .....	69
Gambar IV.49 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5B.....	70
Gambar IV.50 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5C.....	70
Gambar IV.51 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5D .....	71
Gambar IV.52 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5E.....	71
Gambar IV.53 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada <i>test piece</i> 5.....	72
Gambar IV.54 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada <i>test piece</i> 1.....	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Konduktifitas relatif berbagai macam jenis metal menurut IACS.....	8
Tabel II.2 <i>Wrought aluminum alloys series</i> .....	16
Tabel II.3 <i>Cast aluminum alloys series</i> .....	16
Tabel III.1 Dimensi retak buatan pada <i>test piece</i> 1 .....	29
Tabel III.2 Dimensi retak buatan pada <i>test piece</i> 2 .....	30
Tabel III. 3 Dimensi retak buatan pada <i>test piece</i> 3 .....	30
Tabel III. 4 Dimensi retak buatan pada <i>test piece</i> 4 .....	31
Tabel III. 5 Dimensi retak buatan pada <i>test piece</i> 5 .....	31
Tabel IV.1 Rekapitulasi jumlah retak tiap <i>test piece</i> .....	37
Tabel IV.2 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada <i>test piece</i> 1.....	40
Tabel IV.3 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada <i>test piece</i> 2.....	43
Tabel IV.4 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada <i>test piece</i> 3.....	46
Tabel IV.5 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada <i>test piece</i> 4.....	49
Tabel IV.6 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada <i>test piece</i> 5.....	53
Tabel IV.7 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada <i>test piece</i> 1.....	56
Tabel IV. 8 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada <i>test piece</i> 2.....	60
Tabel IV.9 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada <i>test piece</i> 3.....	64
Tabel IV. 10 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada <i>test piece</i> 4.....	68
Tabel IV. 11 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada <i>test piece</i> 5.....	72
Tabel IV. 12 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada <i>test piece</i> 1.....	74
Tabel IV.13 Hasil perhitungan SDP ( <i>Standard Depth of Penetration</i> ).....	76
Tabel IV. 14 Hasil perhitungan EDP ( <i>Efective Depth of Penetration</i> ) .....	76
Tabel IV.15 Dimensi dan tinggi sinyal indikasi pada blok kalibrasi.....	77

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki keuntungan dapat menahan korosi, konduktor listrik yang baik, dan panas yang baik. Dalam bidang industri perkapalan, aluminium banyak menunjang fabrikasi seperti pembuatan kapal patroli. Selain itu, pengelasan juga sangat berpengaruh pada berapa umur kapal itu akan bertahan. Adanya cacat las pada pengelasan merupakan hal yang dapat berakibat fatal karena nantinya akan mendapatkan beban yang berulang. Cacat las dapat terjadi di permukaan maupun di bawah permukaan dan cacat tersebut terkadang susah dideteksi karena ukurannya kecil dan tidak diketahui letaknya kedalaman berapa. Maka dari itu, diperlukan *Non Destructive Testing* (NDT) untuk mendeteksi adanya cacat di area yang susah terdeteksi agar kerusakan tidak semakin parah.

Salah satu metode pengujian yang akan digunakan yaitu Eddy Current Testing (ECT). Pengujian dengan metode tersebut dapat mendapatkan tingkat keakuratan yang tinggi dan juga bahan material yang digunakan lebih bervariasi seperti ferromagnetic dan non-ferromagnetic. Jika dibandingkan dengan NDT jenis lainnya, bahan yang bisa digunakan hanya terbatas pada logam ferromagnetic. Di samping itu, dalam metode pengujian Eddy Current ini sangatlah perlu untuk menentukan frekuensi pada probe yang akan digunakan karena akan mempengaruhi kedalaman penetrasi.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dilakukan analisis perbandingan sensitivitas frekuensi terhadap pengelasan material aluminium 5083 dengan metode Eddy Current Testing (ECT).

### **I.2 Perumusan Masalah**

Bagaimana pengaruh variasi penggunaan frekuensi terhadap tingkat kedalaman penetrasi dari metode Eddy Current Testing (ECT) terhadap material las aluminium 5083 ?

### **I.3 Batasan Masalah**

Batasan-batasan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Material yang digunakan adalah aluminium 5083 dengan ukuran 150 mm x 160 mm x 10 mm sebanyak 5 *test piece*.
- Pembentukan retak pada setiap *test piece* uji sebanyak 5 retak buatan dengan menggunakan *Electrical Discharging Machining (EDM)* dengan variasi kedalaman 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, dan 2.0 mm dan variasi lebar *crack* 0.15 mm, 0.20 mm, 0.25 mm, dan 0.35 mm.
- Proses *butt joint* dilakukan dengan pengelasan *Gas Metal Arc Welding (GMAW)*.
- Metode pengujian menggunakan *Eddy Current Testing (ECT)*.
- Frekuensi *probe* yang digunakan sesuai dengan ketersediaan fasilitas di Laboratorium Konstruksi ITS yaitu yaitu 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz.

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui perbandingan sensitivitas pendeteksian dengan variasi frekuensi terhadap pendeteksian dalam menggunakan metode Eddy Current Testing (ECT).

### **I.5 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya Tugas Akhir ini, diharapkan dapat berguna sebagai referensi dalam mengetahui perbandingan kedalaman penembusan dengan variasi frekuensi terhadap pendeteksian material las aluminium 5083 menggunakan metode Eddy Current Testing (ECT).

### **I.6 Hipotesis**

Hipotesis dari tugas akhir ini adalah frekuensi yang lebih kecil akan menghasilkan tingkat penembusan lebih tinggi daripada menggunakan Frekuensi yang lebih besar.

### **I.7 Sistematika Penulisan Tugas Akhir**

Untuk memperoleh hasil laporan Tugas Akhir yang sistematis dan tidak keluar dari pokok permasalahan yang telah ditentukan, maka dibuat sistematika penulisan laporan sebagai berikut:

- KATA PENGANTAR
- ABSTRAK
- DATAR ISI

- DAFTAR GAMBAR
- DAFTAR TABEL
- BAB I PENDAHULUAN

Berisikan konsep penyusunan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

- BAB II DASAR TEORI

Berisikan tentang teori-teori mendukung yang digunakan dalam melakukan penelitian Tugas Akhir ini. Teori-teori tersebut dapat diambil melalui studi yang telah dilakukan sebelumnya seperti Jurnal, Tugas Akhir dan dari buku-buku/literatur yang sesuai dengan topik penelitian.

- BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang langkah-langkah dalam proses pengerjaan Tugas Akhir secara rinci dan jelas dimulai dari pencarian data hingga didapatkan kesimpulan.

- BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisikan analisis dan pembahasan dari pengaruh variasi penggunaan frekuensi terhadap tingkat sensitivitas dari metode Eddy Current Testing (ECT) terhadap material las aluminium 5083.

- BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang hasil analisis dari pengerjaan Tugas Akhir ini dan evaluasi dalam pengerjaan serta muncul saran-saran untuk pengembangan Tugas Akhir lebih lanjut yang berkaitan dengan materi Tugas Akhir ini.

- DAFTAR PUSTAKA
- LAMPIRAN

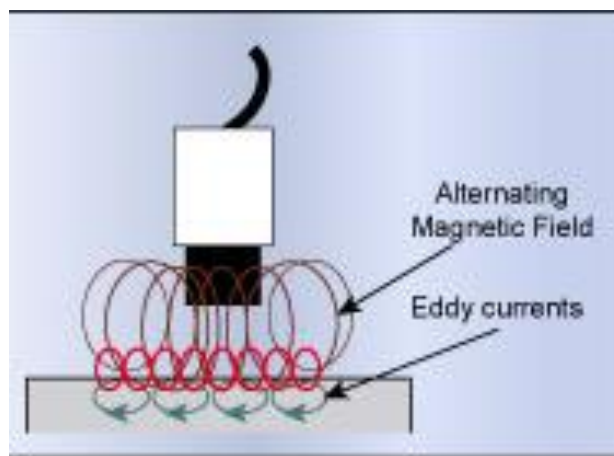
“Halaman sengaja dikosongkan”

## BAB II

### STUDI LITERATUR

#### II.1 *Eddy Current Testing*

Pengujian *eddy current* merupakan salah satu teknik dari NDT yang sangat umum dipakai di industri logam atau bidang fabrikasi. Pengujian ini akan menggunakan gelombang elektromagnetik atau gelombang suara sebagai media untuk menginspeksi suatu material agar mendapatkan sifat dari material uji tersebut. Secara prinsipnya, teknik *eddy current* ini didasarkan pada interaksi antara sumber medan magnet dan material uji tersebut. Interaksi tersebut akan menginduksi arus *eddy* pada material uji, bisa dilihat pada Gambar II.1. Pengujian ini dapat mendeteksi adanya *crack* dengan ukuran sangat kecil hanya dengan melihat perubahan gelombang yang ada pada monitor *eddy current*. *Eddy current testing* memiliki perbedaan dari teknik-teknik NDT umum lainnya. Fungsi *eddy current testing* dapat diaplikasikan ke berbagai material konduktif lainnya, baik *ferromagnetic* dan *nonferromagnetic* (Martin, Gil, & Sanchez, 2011).



Gambar II.1 Ilustrasi interaksi medan magnet dan arus *eddy*

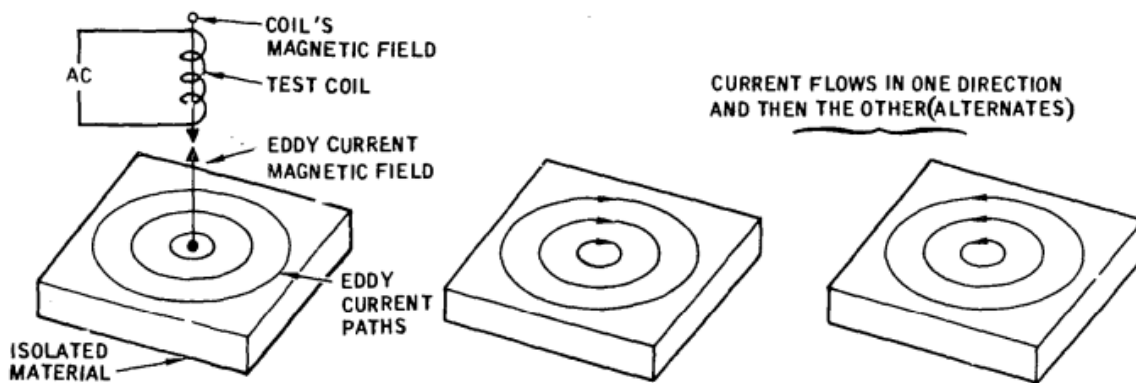
Sumber: <http://www.lionprecision.com/eddy-current-sensors/>

Pengujian *Eddy Current* memungkinkan dapat digunakan untuk menghitung atau mengidentifikasi kondisi dan karakteristik seperti konduktivitas listrik, permeabilitas magnetik, *hardness*, kondisi perlakuan panas, dan ukuran fisik. Disamping itu juga pengujian ini dapat digunakan dalam mendeteksi adanya *crack*, *voids*, dan *inclusions* serta dapat mengukur ketebalan *non-conductive coating* pada *conductive metal*, atau ketebalan *non-conductive metal coating* pada *magnetic metal*. Karena *eddy current* didasarkan pada prinsip elektromagnetik,

metode pengujian tidak perlu adanya kontak secara langsung dengan bagian yang diuji ( (ASM International, 1989).

### II.1.1 Prinsip Pengujian

Dalam sistem pengujian *eddy current*, sistem terdiri dari *generator*, *coil*, dan indikator. Generator menyediakan arus bolak-balik ke koil uji yang akan menimbulkan medan magnet dan bergiliran akan menginduksi arus *eddy* ke spesimen. Nantinya, indikator akan mengidentifikasi bagaimana pengaruh spesimen terhadap arus *eddy*. Arus *eddy* dilepaskan sebagai arus listrik bersirkulasi yang diinduksi dalam konduktor terisolasi oleh medan magnet bolak-balik. Ketika kumparan uji ditempatkan di atas permukaan bahan konduktor yang terisolasi, medan magnet kumparan menginduksi arus ke dalam material. Arus *eddy* akan mengalir ke dalam jalur melingkar kecil dan akan berganti menjadi medan magnet koil. Koil sedang melakukan arus bolak-balik yang membalikkan dirinya sendiri. Ini berarti medan magnet koil akan terbalik dengan sendirinya. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada Gambar II.2 (Marshal, 1967).



Gambar II.2 Ilustrasi prinsip arus *eddy*

Sumber: Marshal, 1967

Ketika di dalam spesimen terdapat *crack* maupun *inclusion*, pola aliran arus *eddy* yang awalnya membentuk lingkaran bagus akan berubah polanya menjadi lingkaran yang patah seperti pada Gambar II.3. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa pengujian *eddy current* dapat mendeteksi adanya retak, inclusion, dan perubahan konduktivitas (Marshal, 1967).





Gambar II.3 Pola arus *eddy* ketika tidak ada retak, ada retak, dan *inclusion*  
 Sumber: Marshal, 1967

### II.1.2 Aplikasi Penggunaan *Eddy Current Testing*

Aplikasi pengujian *eddy current* di bidang industri produksi sudah terlalu banyak dan telah tersebar luas. Meskipun respon pengujian *eddy current* hanya pada material yang dapat mempengaruhi geometri material, konduktivitas listrik, dan permeabilitas magnet di wilayah yang mengandung medan magnet, pengujian ini sangat serbaguna dan memiliki beberapa fungsi sebagai berikut: (Mester, McIntire, & McMaster, 2001)

1. Dapat mengukur ketebalan dari *metallic foils*, lembaran, pelat, dinding pipa silinder, dan satu sisi bagian-bagian mesin saja tanpa terjadinya kontak;
2. Dapat mengukur ketebalan cat pada material dasar dimana cat dan material dasar terdapat perbedaan karakteristik yang signifikan pada elektrikal atau magnetiknya;
3. Dapat mengidentifikasi atau memisahkan material dengan komposisi atau strukturnya dimana material tersebut mempengaruhi karakteristik elektrikal atau magnetik pada material uji tersebut
4. Dapat mendeteksi adanya diskontinuitas pada material (yang terdapat di permukaan melintang arus *eddy*) seperti *crack*, *seams*, *laps*, *plug cuts*, *drillerd*, dan lubang-lubang pada pelat atau pelat lembaran;
5. Dapat mengidentifikasi dan mengontrol kondisi perlakuan panas dan penilaian terhadap kerusakan panas pada struktur metalik;
6. Dapat menentukan besarnya pengerasan pada baja dan material baja campuran lainnya;
7. Dapat menentukan letak objek metal yang tak terlihat seperti pipa bawah tanah, ranjau, atau kandungan metal yang terkandung pada bahan makanan;

8. Dapat menentukan letak pergerakan pada bagian mesin yang tak terlihat, menghitung jumlah barang yang berada diatas konveyor, atau bahan metal pada saat penerbangan; dan
9. Dapat menghitung dimensi secara tepat atau presisi dari bahan metal yang simetris, tertanam, dan dipoles seperti *bearings* dan *bearing races*, komponen mesin yang kecil, dan lain-lainnya.

### II.1.3 Variabel-Variabel *Eddy Current Testing*

Berikut beberapa variabel-variabel yang terdapat pada pengujian *eddy current*, antara lain:

- 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 IACS (*International Annealed Copper Standard*). Dalam sistem IACS, konduktivitas dari tembaga murni dipilih sebagai standar dan konduktivitas material lainnya dinyatakan sebagai presentase dari standar ini. Tabel II.1 menunjukkan daftar angka konduktivitas relatif dari berbagai jenis metal menurut IACS. Bisa dilihat pada tabel diatas. *Cooper* dan *silver* merupakan konduktor yang baik, *nickel* dan *steel* merupakan konduktor yang tidak bagus, dan kayu dan kaca merupakan jenis non-konduktor. Perbedaan konduktivitas akan terdeteksi dengan pengujian *eddy current* karena adanya efek konduktivitas material yang dimiliki oleh medan magnet *coil* tersebut. Pada tabel dibawah, aluminium murni memiliki nilai konduktivitas sebesar 61% dan aluminium (99.99%) memiliki nilai konduktivitas 64.94 % (Sadek, 2006).

Tabel II.1 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

- Frekuensi

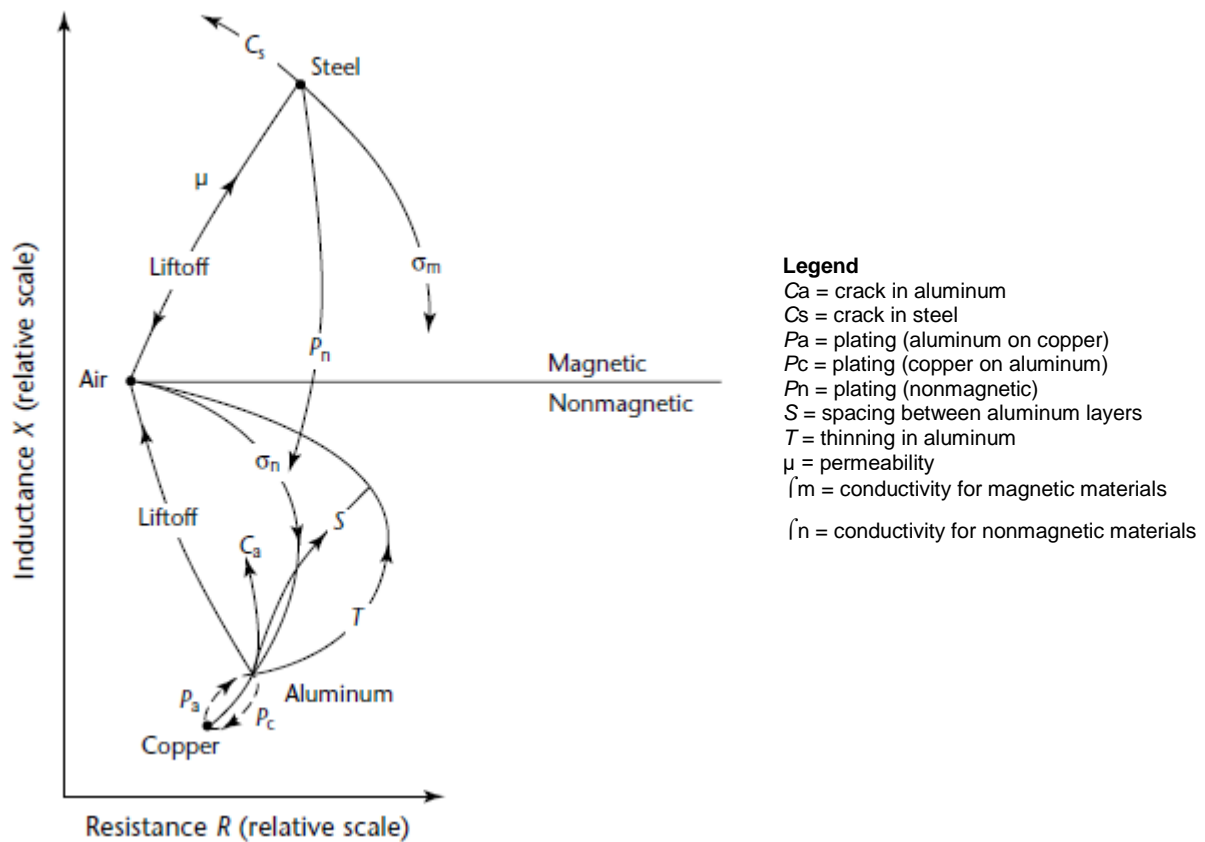
Pengujian *eddy current* seringkali menggunakan frekuensi dalam rentang kilohertz (dikalikan seribu siklus per detik [kHz]) atau kadangkala dalam rentang megahertz (dikalikan satu juta siklus per detik [MHz]). Frekuensi-frekuensi tersebut tidak dihasilkan oleh putaran kumparan didalam suatu medan magnet, melainkan melalui rangkaian elektronik khusus yang mengubah frekuensi 60 Hz menjadi frekuensi-frekuensi yang jauh lebih tinggi untuk dipakai dalam pengujian *eddy current*. (Cox, 1997)

Saat frekuensi pengujian meningkat, maka tingkat sensitivitas terhadap pendeteksian juga meningkat, tapi kemampuan penetrasi *eddy current* terhadap 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. (Hageimer, 2002)

- *Lift-off*

*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. Untuk pengujian dengan tujuan mencari ketebalan lapisan cat pada material uji, maka harus dibuat *standard lift-off*. *Standard lift-off* mudah dibuat dengan menempelkan material non-konduktif (tidak

menghantarkan listrik) yang telah diketahui ketebalannya di atas permukaan sampel material yang diuji. (Cox, 1997)



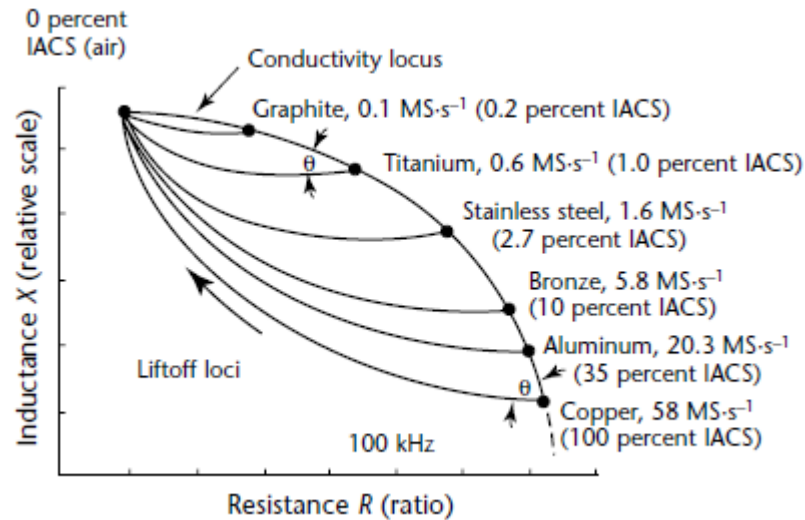
Gambar II.4 Hubungan antara impedansi satu dengan impedansi lainnya.

Sumber : Patrick O. Moore (2004)

Gambar II.4 menunjukkan hubungan antara impedansi satu dengan impedansi lainnya. Bisa dilihat pada gambar diatas, indikasi sinyal *lift-off* akan muncul di atas garis 0 jika material yang diuji bersifat magnetik sedangkan jika material yang diuji bersifat non-magnetik akan menghasilkan sinyal indikasi *lift-off* di bawah garis 0 (Moore, 2004).

Respon bidang impedansi terhadap konduktivitas yang berbeda dari berbagai paduan non magnetik akan membentuk *lift-off loci* dan *conductivity loci* seperti pada Gambar II.5. Titik yang ditunjukkan pada bagian bahan menghasilkan kurva berbentuk koma karakteristik dengan konduktivitas yang meningkat searah jarum jam. Lokasi lilitan koil ditunjukkan untuk logam yang berbeda. Perlu diperhatikan bahwa sudut pemisahan antara lokus konduktivitas dan lokus lepas landas jauh lebih kecil untuk titanium daripada untuk tembaga. Oleh karena itu, variabel lepas landas yang tidak diinginkan akan mempengaruhi hasil tes yang lebih sedikit ketika menguji paduan

tembaga atau aluminium pada 100 kHz daripada akan ketika menguji titanium atau grafit. Titik-titik material ditempatkan di sekitar lokus konduktivitas secara nonlinear. Sebagai contoh, jarak antara titanium dan stainless steel di bagian atas kurva jauh lebih besar daripada antara perunggu dan aluminium di bagian bawah kurva.



Gambar II.5 Conductivity dan lift-off loci pada impedance plane

- *Skin Effect*

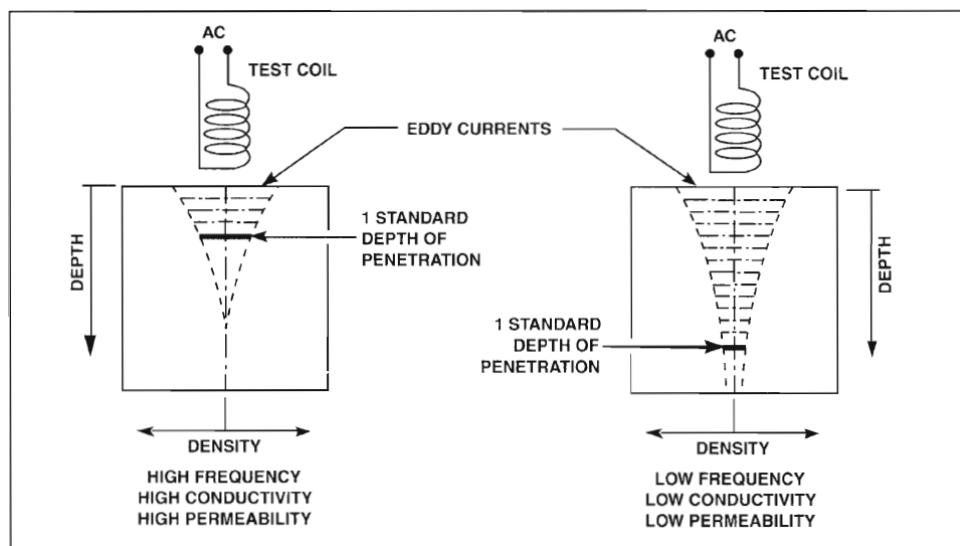
Pengujian *eddy current* paling sensitif terhadap variabel-variabel benda uji yang letaknya dekat dengan kumparan pengujian akibat adanya *skin effect*. *Skin effect* adalah hasil dari interaksi yang saling berhubungan antara *eddy current*, frekuensi pengujian, konduktivitas, dan permeabilitas benda 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. (Cox, 1997)

- *Depth of Penetration*

Kedalaman penembusan saat dilakukannya uji *eddy current* sangat dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan, konduktivitas listrik, dan permeabilitas magnetik dari spesimen tersebut. Kedalaman penembusan akan berkurang ketika ada peningkatan pada frekuensi, konduktivitas listrik, dan permeabilitas magnetiknya. Hal itu disebabkan karena efek kulit terhadap arus bolak-balik. Pada frekuensi tinggi lebih cenderung menjaga arus eddy untuk tetap menyebar didekat permukaan material, dengan mengurangi frekuensi yang digunakan akan memungkinkan arus eddy dapat menembus lebih dalam. Terdapat penyebab lain selain dari efek kulit terhadap arus

bolak-balik. Apabila digunakan frekuensi yang lebih tinggi, medan magnet berbalik lebih cepat. Laju pembalikan medan magnet yang lebih cepat akan mengakibatkan lebih tingginya nilai arus yang diinduksikan ke dalam material. Arus eddy yang lebih kuat mengakibatkan medan magnet sekunder yang melawan penembusan medan magnet kumparan menjadi lebih kuat. Pada frekuensi yang relatif rendah, medan magnet dan arus eddy menembus material lebih dalam. Pada frekuensi lebih tinggi, penembusan arus eddy terbatas pada lapisan tipis tepat di bawah permukaan sehingga bagian material yang lebih dalam tidak dapat diperiksa, namun sensitivitas arus eddy terhadap diskontinuitas permukaan menjadi bertambah besar. (Mix, 2005)

Selain frekuensi, menurut Mix (2005) kedalaman penembusan juga dipengaruhi oleh konduktivitas dan permeabilitas magnetik dalam kasus material ferromagnetik. Kedalaman penembusan terhadap material yang memiliki konduktivitas dan permeabilitas magnetik tinggi akan lebih kecil jika dibandingkan dengan material yang memiliki konduktivitas dan permeabilitas magnetik yang rendah. Keefektifan permeabilitas tidak berlaku untuk material-material nonferromagnetik. Saat menguji material-material ferromagnetik, faktor permeabilitas tidak akan berpengaruh pada kedalaman penembusan jika benda uji dimagnetisasi hingga jenuh memakai kumparan DC yang terpisah. Gambar II.6 menunjukkan ilustrasi pengaruh frekuensi, konduktivitas, dan permeabilitas pada pengujian *eddy current*.



Gambar II. 6 Pengaruh frekuensi, konduktivitas, dan permeabilitas terhadap kedalaman penembusan

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

#### II.1.4 Kelebihan dan Kekurangan *Eddy Current Testing*

Disamping uji *eddy current* yang memiliki sifat serbaguna dalam pengaplikasiannya, pengujian ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya. Berikut merupakan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh uji *eddy current*, yaitu :

1. Memiliki tingkat sensitivitas uji yang tinggi;
2. Dapat menganalisis geometri yang bersifat kompleks;
3. Biaya yang dibutuhkan untuk pengujian relatif rendah dan alat uji *eddy current* yang bersifat mudah dibawa/portabel; (Calvano, 2010)
4. Seperti metode NDT lainnya, *eddy current* memungkinkan pengukuran sifat/karakteristik material, dimensi material, dan mendeteksi adanya diskontinuitas;
5. Waktu yang dibutuhkan dan semakin modernnya analisis sinyalnya, memungkinkan dapat menganalisa pada saat itu juga. Karena itu, pengujian ini dapat digunakan di pabrik manufaktur untuk menguji material batangan, lembaran, pelat, komponen simetris yang bergerak dengan cepat; dan
6. Metode ini sangat sesuai pengujiannya terhadap automotive, komponen mesin, suku cadang mesin, dan produk konsumen yang telah lama dikenal. (Moore, 2004)

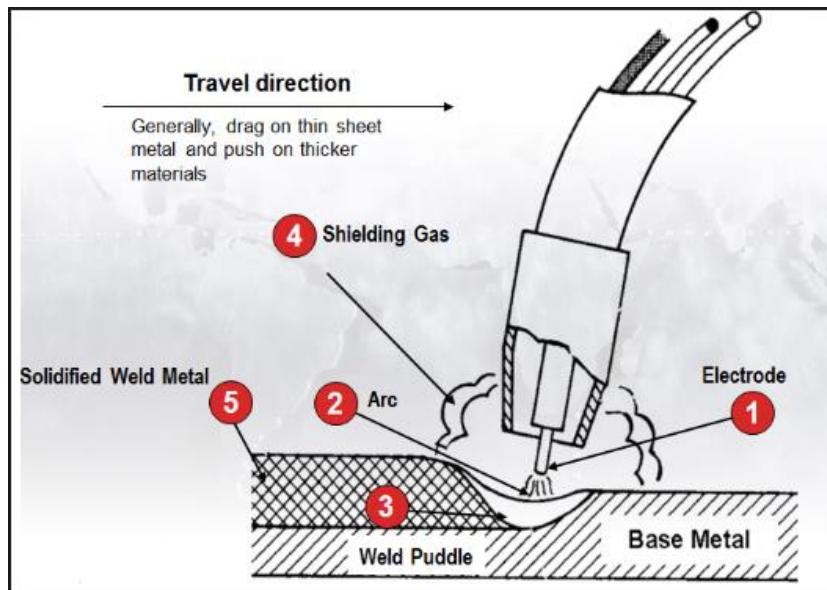
Selain kelebihan, uji *eddy current* memiliki kekurangan dalam penggunaannya, antara lain:

1. Uji *eddy current* hanya dapat diaplikasikan pada material yang memiliki konduktivitas listrik, misal logam dan paduan dan komposit yang dilapisi dengan lapisan bersifat konduktif;
2. Tingkat uji *eddy current* sangat besar ketika mendeteksi cacat yang ada dipermukaan atau dibawah permukaan, sehingga sangat sulit bahkan bisa tidak mungkin untuk mendeteksi cacat yang terletak di titik tengah material uji akibat adanya *skin effect*;
3. Uji *eddy current* cenderung tidak sensitif pada diskontinuitas yang terletak sejajar dengan arus *eddy* yang diinduksi. Namun, lebih cenderung merespon adanya diskontinuitas yang terletak tegak lurus dengan aliran arus *eddy* pada material uji tersebut; (Moore, 2004)
4. Uji *eddy current* hanya dapat diaplikasikan pada material yang memiliki cacat di bagian permukaan atau di bawah permukaan;
5. Dibutuhkan pengalaman yang tinggi untuk mengidentifikasi atau menganalisa hasil dari pengujian tersebut; (Calvano, 2010) dan

6. Kondisi permukaan material uji harus dalam kondisi bagus; (International Atomic Energy Agency, 2011)

## II.2 Gas Metal Arc Welding (GMAW)

*Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau sering disebut sebagai *Metal Inert Gas* (MIG) merupakan salah satu proses pengelasan busur logam dimana busur tersebut terletak antara *continuous filler metal* dan *weld pool* dan juga terdapat gas pelindung yang tersedia secara eksternal tanpa adanya aplikasi tekanan. Konsep pada pengelasan ini telah diperkenalkan pada tahun 1920-an, namun tidak sampai tahun 1948 GMAW ini sudah bisa digunakan secara komersial dengan melalui pertimbangan yang didasarkan pada kepadatan arus yang tinggi, diameter kecil, dan penggunaan *inert gas* sebagai pelindung busur. pada proses pengelasan ini, paling utama diaplikasikan pada pengelasan material aluminium. Logam-logam secara umum seperti baja karbon, *high strength low alloy steel*, *stainless steel*, tembaga, aluminium, titanium, dan *nickel alloys* dapat dilakukan las semua posisi menggunakan proses ini melalui *shielding gas* dan *electrode* yang cocok (American Welding Society, 1991).



Gambar II.7 Ilustrasi pengelasan jenis GMAW

Sumber : [www.zoombd24.com](http://www.zoombd24.com)

Pengelasan GMAW ini memiliki kelebihan dalam penggunaannya sebagai berikut (American Welding Society, 1991) :

1. Satu-satunya proses pemakaian *electrode* yang dapat digunakan untuk melakukan pengelasan pada material *metals* dan *alloy* pada umumnya;



2. Dapat diselesaikan dengan semua posisi;
3. Tingkat deposisi jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW);
4. Karena *electrode* bersifat kontinu sehingga tidak memerlukan berhenti; dan
5. Kecepatan saat pengelasan lebih tinggi karena *electrode* bersifat kontinu.

Proses pengelasan GMAW juga memiliki keterbatasan dalam penggunaannya sebagai berikut (American Welding Society, 1991) :

1. Perlengkapan GMAW sangat kompleks, biaya relatif lebih mahal, dan kurang *portable* jika dibandingkan dengan SMAW;
2. GMAW lebih susah dioperasikan karena *welding gun* lebih besar jika dibandingkan SMAW;
3. Busur las harus terlindungi dari udara karena dapat menyebabkan gas pelindungnya terurai; dan
4. Level radiasi panas sangat tinggi.

### **II.3 Aluminium**

Aluminium memiliki simbol kimia Al dengan nomor atom 13. Aluminium dapat terbagi menjadi 2 yaitu aluminium murni atau *pure aluminium* dan aluminium campuran. Aluminium murni memiliki sifat *nonmagnetic*, *ductile*, lunak, dan memiliki bentuk yang baik. Namun memiliki kekurangan yaitu kekuatan mekanik yang cenderung lemah. Untuk mengatasi kekuatan mekanik yang lemah tersebut dapat dilakukan dengan *cold working* atau dengan penambahan elemen paduan seperti *manganase, silicon, copper, magnesium*, atau *zinc*. Pada suhu temperatur rendah, aluminium lebih kuat dibandingkan dengan suhu ruang yang membuat aluminium lebih berguna (Cardarelli, 2000).

*Aluminium alloys* dibagi menjadi 2 kategori yaitu *wrought aluminium alloys* dan *cast aluminium alloys*. Yang membedakan dari 2 kategori tersebut yaitu proses perpaduannya. Pada *wrought aluminium alloys* didapatkan melalui proses *rolling*, tempa, dan ekstrusi sedangkan pada *cast aluminium alloys* didapatkan melalui proses tuangan. Terdapat perbedaan kode material juga pada 2 kategori tersebut, pada *wrought aluminium alloys* memiliki kode 1XXX, 2XXX, 3XXX, dan sebagainya. Sedangkan pada *cast aluminium alloys* memiliki kode 1XX.0, 2XX.0, 3XX.0, dan sebagainya. Berikut tabel yang menunjukkan penandaan material beserta keterangan pada *wrought aluminium alloys* dan *cast aluminium alloys* seperti pada Tabel II.2 dan Tabel II.3.

Tabel II.2 *Wrought aluminum alloys series*

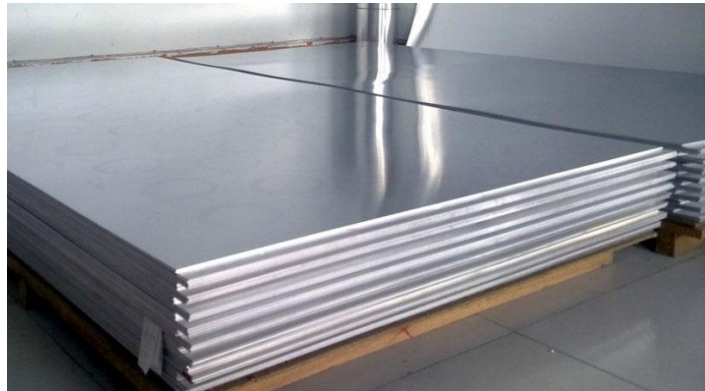
<i>Series</i>	<i>Designation</i>
1XXX	<i>Pure aluminium (99.00wt% or greater)</i>
2XXX	Al-Cu dan Al-Cu-Mg alloys
3XXX	Al-Mn alloys
4XXX	Al-Si alloys
5XXX	Al-Mg alloys
6XXX	Al-Mg-Si alloys
7XXX	Al-Zn-Mg dan Al-Zn-Mg-Cu alloys
8XXX	Elemen alloys lainnya
9XXX	<i>Unused Series</i>

Tabel II.3 *Cast aluminum alloys series*

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

Bentuk kedua kode tersebut memiliki arti sendiri ditiap digitnya. Digit pertama (Xxxx) menunjukkan jenis paduan aluminium berkaitan dengan kemurnian aluminium atau jenis unsur paduan utama. Digit kedua (xXxx) menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil. Digit 0 untuk paduan orosinil dan digit 1 sampai 9 untuk modifikasi. Digit ketiga dan keempat (xxXX) merupakan identitas campuran khusus paduan utama. Contoh: Pada paduan 5183, angka 5 menunjukkan jenis paduannya adalah magnesium, angka 1 merupakan modifikasi pertama dari 5083, dan angka 83 merupakan identifikasi pada seri 5xxx (Davis, 2001)

Aluminium seri 5083 memiliki kandungan sebanyak 94.7% (Al), 0.7% (Mn), 4.4% (Mg), dan 0.15% (Cr). Pada aluminium seri 5XXX, memiliki elemen paduan yang dominan yaitu magnesium sehingga aluminium seri 5XXX tersebut memiliki sifat baik dalam kemampuan pengelasan, menambah kekuatan material, dan lebih tahan korosi (Davis, 2001).



Gambar II. 8 Aluminium

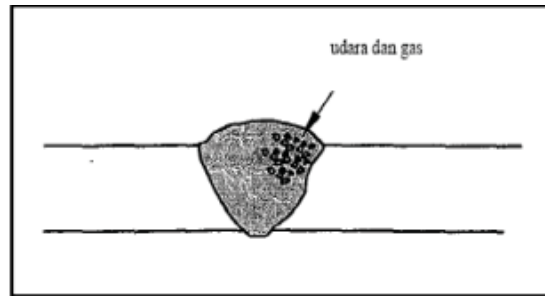
Sumber: tritonalloysync.com

#### II.4 Cacat Las pada Aluminium

Cacat las adalah hasil pengelasan yang tidak memenuhi syarat keberterimaan yang sudah dituliskan di standart (ASME IX, AWS, API, ASTM). Penyebab cacat las dapat dikarenakan adanya prosedur pengelasan yang salah, persiapan yang kurang dan juga dapat disebabkan oleh peralatan serta consumable yang tidak sesuai standart. Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang memiliki sifat rentan terhadap pengelasan sehingga sering terjadinya cacat las. Berikut jenis-jenis cacat las yang sering terjadi pada aluminium (Williams, 2016):

##### 1. Porositi

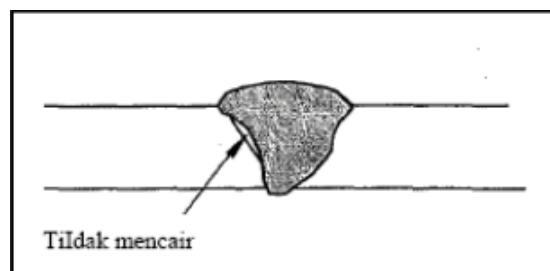
Porositi adalah lubang diakibatkan oleh gelembung gas yang ditemukan di dalam *weld bead* yang telah membeku. Penyebab utama dari porositi adalah kontaminasi atmosfer, oksidasi yang tinggi pada permukaan benda kerja, kurangnya paduan doksidasi pada elektroda. Kontaminasi atmosfer dapat diakibatkan oleh: Kurangnya aliran gas pelindung, aliran gas pelindung yang berlebihan, adanya kerusakan pada peralatan gas plindung, dan adanya angin pada tempat kerja. Gambar II.9 menunjukkan ilustrasi dari cacat las porositi.



Gambar II. 9 Porositi

## 2. *Incomplete Fusion (Lack of Fusion)*

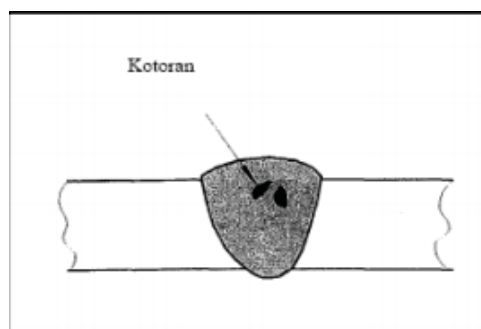
Cacat *Incomplete Fusion* adalah sebuah hasil pengelasan yang tidak dikehendaki karena ketidaksempurnaan proses penyambungan antara logam las dan logam induk. Cacat ini biasanya terjadi pada bagian samping lasan. Penyebab dari cacat tersebut adalah posisi sudut kawat las salah, ampere terlalu rendah, *travel speed* terlalu tinggi, dan permukaan kampuh terdapat kotoran. Gambar II.10 menunjukkan ilustrasi dari cacat las *incomplete fusion*.



Gambar II. 10 *Incomplete fusion*

## 3. *Slag Inclusion*

*Slag inclusion* adalah salah satu jenis cacat pada las. Slag inclusion merupakan oksida dan benda non logam lainnya yang terjebak pada logam las. Slag inclusion bisa disebabkan oleh kontaminasi dari udara luar atau slag yang kurang bersih ketika mengelas dengan banyak lapisan (*multi pass*).



Gambar II. 11 *Slag inclusion*

#### 4. *Crater Crack*

Retak kawah terjadi ketika kawah tidak terisi sebelum busur putus. Hal ini menyebabkan tepi luar kawah menjadi dingin lebih cepat daripada kawah, yang menciptakan tekanan yang cukup untuk membentuk celah. Bisa terjadi retakan radial longitudinal, transversal, dan / atau multipel.

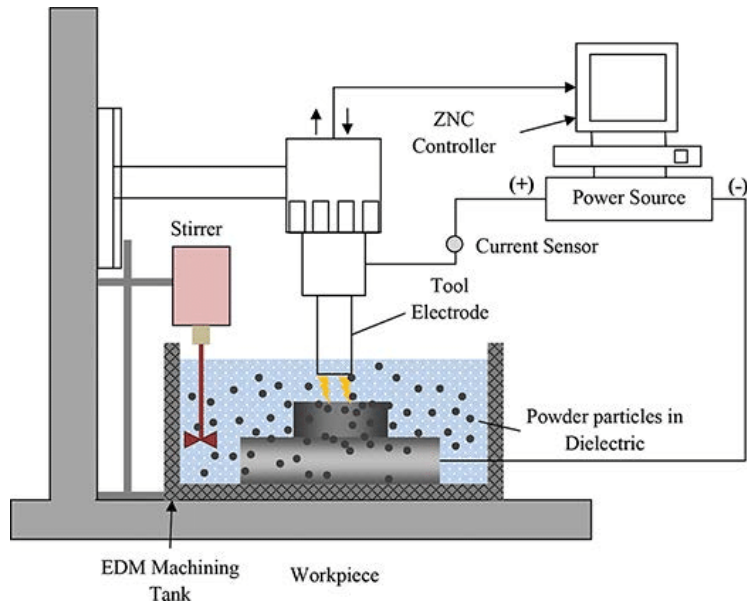


Gambar II. 12 *Crater crack*

#### II.5 *Electrical Discharge Machining (EDM)*

*Electrical Discharge Machining (EDM)* adalah salah satu proses permesinan non traditional yang paling umum dan paling sering digunakan. EDM merupakan proses elektro-termal yang didasarkan pada efek erosi percikan listrik pada elektroda dan benda kerja. Proses ini merupakan proses dimana pelepasan logam terjadi dengan serangkaian pelepasan listrik secara berulang antara alat pemotong yang bertindak sebagai elektroda dan benda kerja konduktif, dengan adanya cairan dielektrik. Teknologi EDM semakin banyak digunakan dalam industri pembuatan perkakas, cetakan dan cetakan untuk permesinan baja perkakas yang dipanaskan, dan bahan-bahan canggih yang membutuhkan presisi tinggi dan bentuk kompleks seperti *super alloys*, keramik, dan komposit matriks logam. (Mirsha, Bhatia, & Rana, 2014)

Cairan dielektrik merupakan variabel yang sangat penting dalam proses EDM. Ada tiga fungsi utama; sebagai insulator antara alat dan benda kerja, bekerja sebagai pendingin, dan sebagai media pembilas untuk membersihkan serpihan. Cairan dielektrik biasanya berbahan dasar hidrokarbon, namun cairan jenis lain seperti *triethylene glycol* dan *tetraethylene glycol* juga digunakan untuk meningkatkan kecepatan kerja. Elektroda yang digunakan terbuat dari grafit dan tembaga, namun material lainnya dapat digunakan. EDM memiliki akurasi sampai 0.005-0.02 mm dalam hal membuat lubang dan 0.001-0.1 mm saat membuat cekungan. (Grote & Antonsson, 2006)



Gambar II. 13 Ilustrasi *electric discharging machining* (EDM)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### III.1 Diagram Alir

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap ini merupakan tahap awal dari pengerjaan tugas akhir, yaitu dengan menetapkan tujuan penelitian serta melakukan perumusan dan pembatasan masalah dari apa yang akan dikerjakan pada tugas akhir.

2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan teori-teori maupun kajian pustaka yang berkaitan dengan *Eddy Current Testing* (ECT), meliputi Pengertian dari *Eddy Current Testing* (ECT) beserta prinsipnya, hal-hal yang berpengaruh pada kemampuan penembusan kedalaman, kelebihan dan kekurangannya, dan lain-lain.

3. Persiapan Material dan Alat

Material yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah material aluminium 5083. Untuk alat yang perlu disiapkan yaitu berupa *probe* dengan empat variasi frekuensi (15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz) dan *eddy current monitor*.

4. Proses Pengelasan

Material yang telah disiapkan akan dilas dengan metode pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) pada tengah-tengah permukaan material.

5. Pembuatan Retak

Pembuatan retak ini dilakukan menggunakan *Electrical Discharge Machine* (EDM) dengan variasi kedalaman 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm, dan 2.0 mm dan variasi lebar *crack* 0.15 mm, 0.20 mm, 0.25 mm, dan 0.35 mm.

6. Pengujian *Eddy Current*

Setelah *test piece* telah diberikan retak buatan, material siap diuji *eddy current* dengan menggunakan empat variasi frekuensi *probe* yaitu 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz.

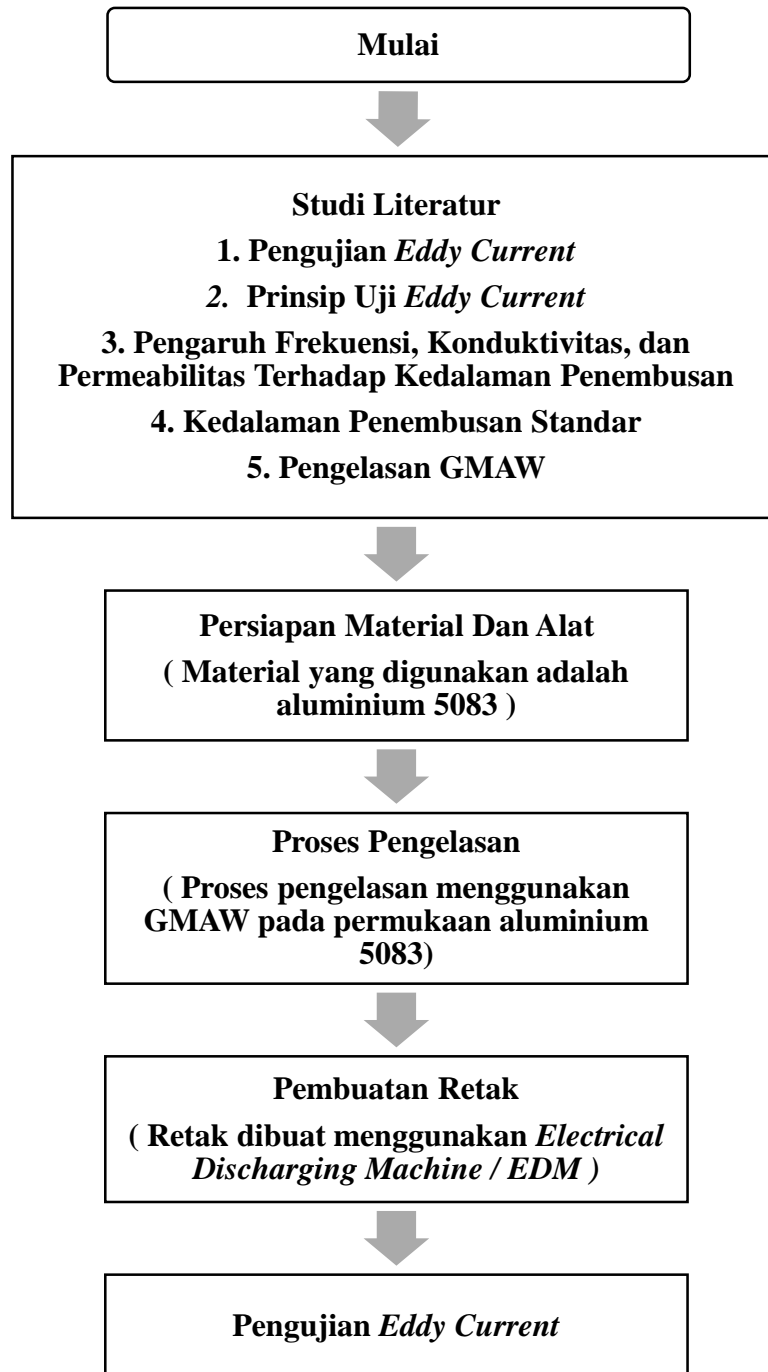
7. Pengolahan Hasil Uji dan Analisis Data

Dari hasil uji *Eddy Current*, dicatat hasil sensitivitas yang dibaca melalui monitor untuk semua *test piece* yang diuji. Setelah itu, hasil uji dianalisis dengan membandingkan sensitivitas di tiap-tiap variasi ukuran retak pada *test piece*.

8. Kesimpulan

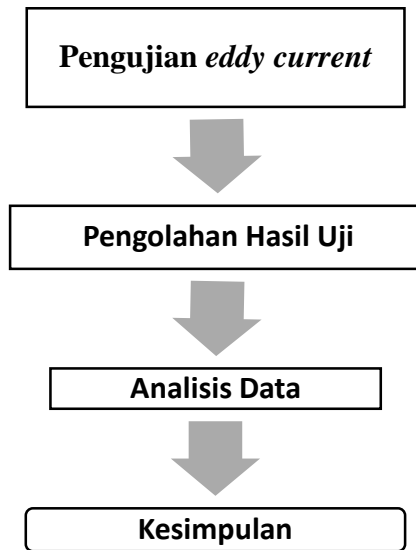
Setelah hasil uji *eddy current* dianalisis, dapat ditarik kesimpulan seperti apakah sesuai dengan hipotesis atau tidak.

Penjelasan diatas telah disajikan dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar Gambar III.1.



Gambar III.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

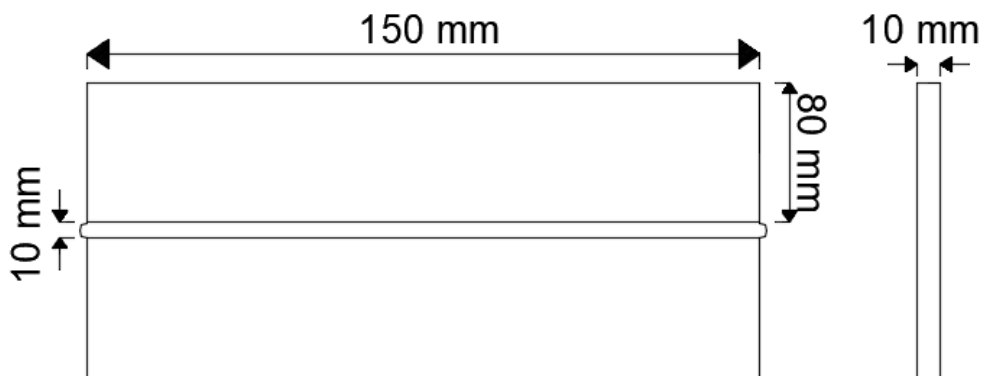




Gambar III.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan)

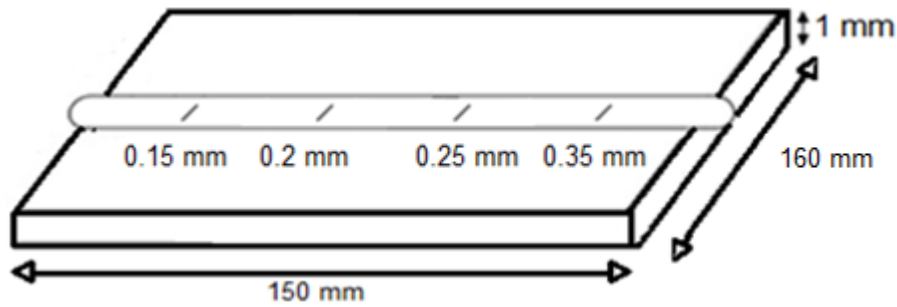
### III.2 Persiapan Material dan Alat

Pada tahap persiapan material dilakukan proses pengadaan material-material yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir. Spesimen yang harus dipersiapkan pada penelitian ini berjumlah 10 buah pelat aluminium 5083 berukuran panjang 150 mm x lebar 80 mm x tebal 10 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar III.2.



Gambar III.2 Dimensi spesimen uji

*crack* dengan menggunakan *electric discharge machining*, dimana *crack* tersebut yang nantinya akan dilakukan pengujian *eddy current* dan kemudian dianalisis. Salah satu gambaran mengenai *crack* buatan pada *test piece* dapat dilihat pada Gambar III.3.



Gambar III.3 *crack* buatan pada *test piece*

Adapun peralatan-peralatan lain yang digunakan dalam pembuatan *test piece* sebagai berikut :

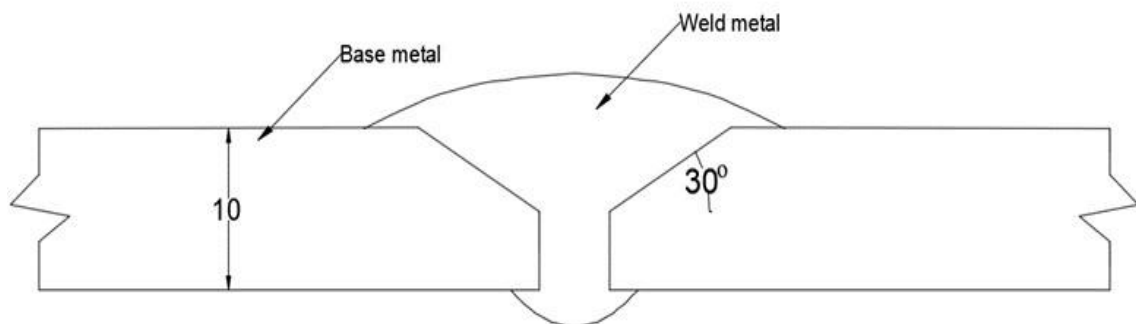
- ❖ *Universal Milling Machine*;
- ❖ Mesin las DC MIG
- ❖ *Hand Grinder*;
- ❖ Palu *chipping*;
- ❖ Sikat baja;
- ❖ Ragum;
- ❖ Sarung tangan las;
- ❖ Jangka sorong;
- ❖ Penggaris; dan
- ❖ Spidol.

Selain peralatan-peralatan diatas, peralatan pengujian *eddy current* juga merupakan hal utama dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Berikut beberapa peralatan yang digunakan untuk menunjang pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Blok Kalibrasi; dan
2. Peralatan dan perlengkapan uji *eddy current*.

### III.3 Proses Pengelasan

1. Pada Gambar III.4 menunjukkan ilustrasi desain bevel yang akan dibuat. Pembuatan bevel dilakukan menggunakan proses *milling* dengan sudut kemiringan  $30^\circ$  seperti pada ilustrasi tersebut. Gambar III.5 menunjukkan material pada saat diproses *milling*.



Gambar III.4 Ilustrasi desain bevel



Gambar III.5 Material sedang diproses *milling*

2. Pembuatan tanggem terdiri dari 2 jenis, tanggem untuk dudukan dan tanggem untuk awal/akhirnya pengelasan, bisa dilihat pada Gambar III.6. Tanggem untuk dudukan berfungsi agar saat proses pengelasan tidak terjadi deformasi pada *test piece*, sedangkan tanggem untuk awal/akhir pengelasan berfungsi agar bentuk *capping* di ujung *weld area* dapat terlihat cembung.



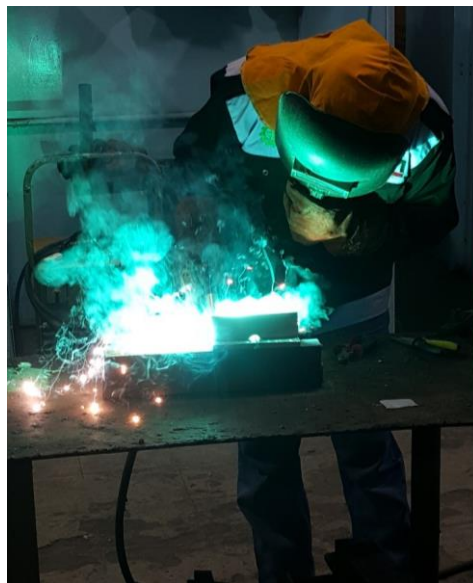
Gambar III.6 Contoh tanggem dudukan (atas) dan tanggem *start/stop*

3. Sebelum dilakukan pengelasan, tanggem akan dilas pada *test piece* sebagai dudukan dan dudukan untuk awal dan akhir pengelasan, bisa dilihat pada Gambar III.7



Gambar III.7 Material sudah disusun dan dipasang tanggem

4. Setelah *test piece* disiapkan, proses selanjutnya yaitu pengelasan *butt joint* menggunakan jenis las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), bisa dilihat pada Gambar III.8 yang menunjukkan proses pengelasan oleh *welder*. Kawat las yang digunakan yaitu kawat las ER 5183 ESAB, karena kawat las tersebut sangat cocok dengan pengelasan pada aluminium 5083.



Gambar III.8 Saat proses pengelasan GMAW oleh *welder*

- Selama proses pengelasan, suhu panas bagian *weld metal* yang dihasilkan dari pengelasan harus diperhatikan atau diukur menggunakan *infrared thermometer* yaitu tidak boleh lebih dari 150° C. Gambar III.9 menunjukkan suhu panas bagian *weld metal* didapat masih dalam suhu aman yaitu 61.7° C.



Gambar III.9 Suhu material saat diukur dengan *Infrared Thermometer*

- Hasil las-lasan belum bisa digunakan untuk bahan uji yang sebenarnya dikarenakan permukaan *capping* yang masih kotor, kasar, dan tingginya tidak rata sehingga perlu dibersihkan terlebih dahulu. Hasil *butt joint* saat sebelum dibersihkan bisa dilihat pada Gambar III.10.



Gambar III.10 Hasil pengelasan *butt joint* sebelum dibersihkan

- Proses *grinding* dilakukan ketika kondisi *base metal* dan *weld metal* kotor dan kasar. Pada *base metal*, diperlukan *flap disc* untuk menghaluskan permukaan-permukaan yang kotor dan kasar. Sedangkan untuk *weld metal*nya diperlukan *flexibel/flap disc* untuk

menghaluskan sekaligus meratakan ketinggian dari *capping* tersebut sebesar 1.5 mm yang diukur menggunakan *welding gauge*. Pada Gambar III.11 menunjukkan Material hasil pengelasan *butt joint* setelah dibersihkan.



Gambar III.11 Material hasil pengelasan *butt joint* setelah dibersihkan

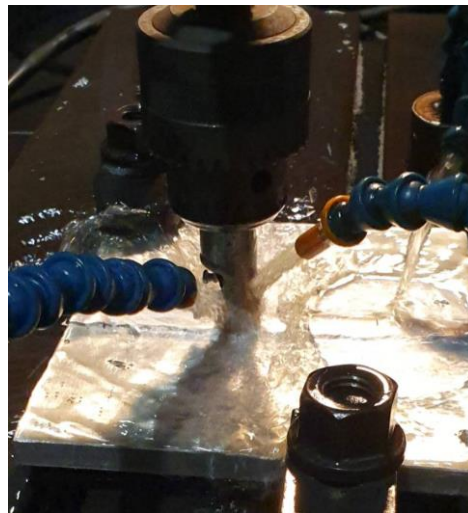
#### III.4 Pembuatan Retak Buatan

Setelah material uji dibuat dan dibersihkan menggunakan *flap disc* pada bagian *base metal* dan *weld metal*, proses selanjutnya yaitu pembuatan retak buatan pada bagian *weld metal* dengan menggunakan *Electric Discharge Machine* (EDM) seperti pada Gambar III.12.



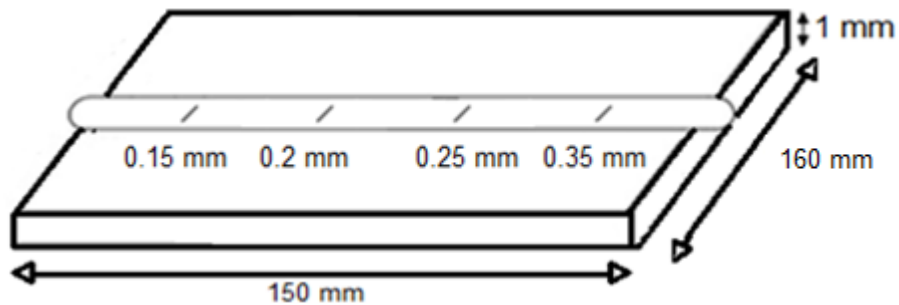
Gambar III.12 CNC EDM (*Electric Discharge Machining*)

Dalam proses kerjanya, mesin EDM memiliki *electrode* yang berguna untuk membentuk retak buatan yang sudah diatur melalui perintah kerja komputer. *Electrode* tersebut terbuat dari material tembaga dengan ukuran sesuai dengan dimensi retak yang akan dibuat. Pada Gambar III.13 menunjukkan saat proses pengerjaan pembuatan retak buatan.



Gambar III.13 Proses pengerjaan pembuatan retak buatan

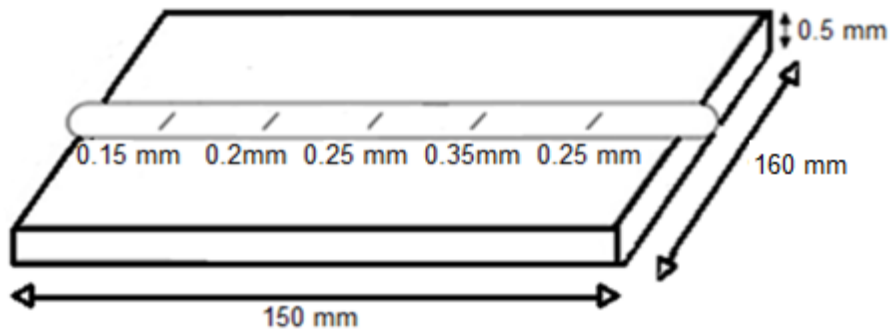
Posisi dan dimensi retak bisa diatur seperti yang direncanakan pada Gambar III.14 hingga pada Gambar III.18 dan diperinci pada Tabel III.1 hingga pada Tabel III.5.



Gambar III.14 Posisi retak buatan pada *test piece* 1

Tabel III.1 Dimensi retak buatan pada *test piece* 1

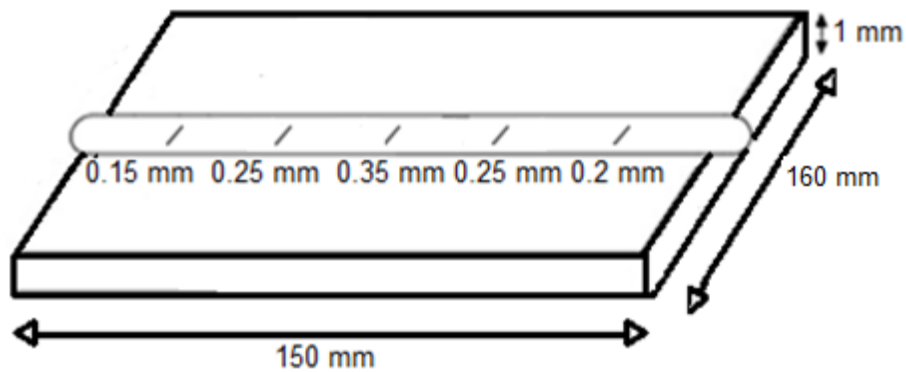
No.	Kode Retak	Length (mm)	Depth (mm)	Width (mm)
1	1 A	8	1	0.15
2	1 B	8	1	0.20
3	1 C	8	1	0.25
4	1 D	8	1	0.35



Gambar III.15 Posisi retak buatan pada *test piece 2*

Tabel III.2 Dimensi retak buatan pada *test piece 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

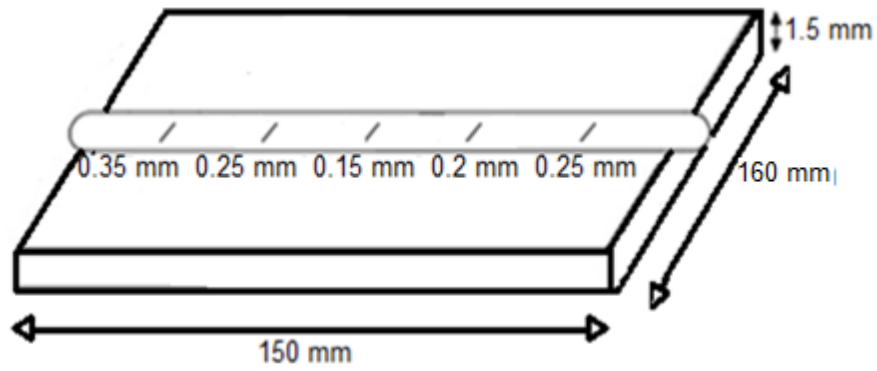


Gambar III.16 Posisi retak buatan pada *test piece 3*

Tabel III. 3 Dimensi retak buatan pada *test piece 3*

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

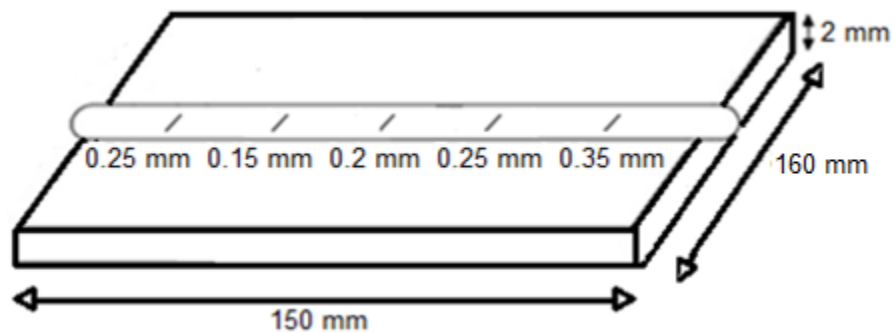




Gambar III. 17 Posisi retak buatan pada *test piece 4*

Tabel III. 4 Dimensi retak buatan pada *test piece 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. 18 Posisi retak buatan pada *test piece 5*

Tabel III. 5 Dimensi retak buatan pada *test piece 5*

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

Setelah proses pembuatan retak buatan dikerjakan sesuai permintaan, material siap di uji menggunakan metode *Eddy Current*. Hasil material yang sudah dilakukan pembuatan retak buatan bisa dilihat pada Gambar III.19



Gambar III.19 Contoh material uji yang sudah diberi retak buatan

### III.5 Pengujian *Eddy Current*

Pengujian eddy current dilakukan setelah material uji selesai diberi retak buatan. Terdapat 5 material uji dengan berbagai variasi kedalaman, lebar, dan panjang retak dan variasi frekuensi. Dengan melakukan pengujian *eddy current* akan diketahui seberapa besar pengaruh pendeteksian adanya retak pada sambungan las aluminium 5083. 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 meja kerja. Meja kerja yang digunakan sebaiknya terbuat dari bahan yang tidak dapat menghantarkan listrik maupun magnet (non-konduktif) karena dapat memengaruhi arus eddy pada pengujian.
2. Kalibrasi alat dilakukan menggunakan blok kalibrasi yang telah ada. Hal yang harus diperhatikan untuk tahapan ini adalah pengaturan frekuensi, *gain*, dan sudut fase pada alat..
3. Kalibrasi dilakukan setiap akan memulai pengujian sesuai dengan kondisi spesimen uji. Apabila akan menguji spesimen dengan menggunakan probe yang berbeda maka pengaturan frekuensi dan *gain* pada alat *eddy current* juga harus disesuaikan dengan frekuensi pada *probe* tersebut.

4. Dilakukan pengujian terhadap spesimen uji. Pengujian dilakukan hanya pada daerah *weld metal*.
5. *Balancing/nulling* harus dilakukan sebelum *scanning* yaitu proses penyamaan impedansi antara *probe* dan impedansi internal dari alat *Eddy Current Testing* dengan posisi probe menempel pada spesimen uji.
6. Setelah semua indikasi diskontinuitas ditemukan serta didokumentasikan, maka pengujian dengan metode *Eddy Current Testing* telah selesai.
7. Langkah selanjutnya adalah menganalisis data yang didapatkan dari hasil *Eddy Current Testing*.

(halaman sengaja dikosongkan)

## BAB IV

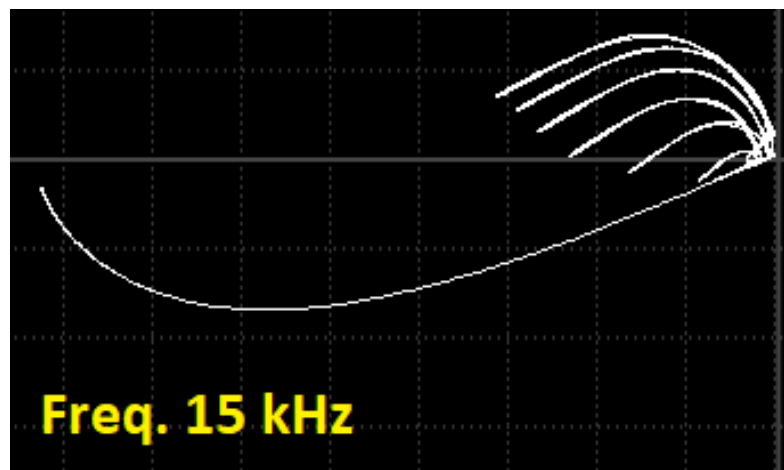
### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisis dan pembahasan dari hasil *scanning* retak pada *test piece* dengan metode *eddy current testing*. Seluruh rangkaian pengujian dilakukan dengan mengacu pada metodologi penelitian yang dijelaskan pada bab sebelumnya.

#### IV.1 Pendahuluan

Sebelum pengujian *eddy current* terhadap *test piece* dilakukan, harus melakukan pengujian pada blok kalibrasi terlebih dahulu. Pengujian pada blok kalibrasi berfungsi untuk mengetahui arah dan bentuk sinyal ketika terindikasi adanya retak pada *test piece* sehingga bentuk dan arah sinyal saat pengujian pada *test piece* harus sama dengan bentuk dan arah sinyal yang dihasilkan pada pengujian blok kalibrasi. Untuk membentuk sinyal yang bagus maka diperlukan konfigurasi yang tepat juga. Konfigurasi tersebut tidak boleh diganti atau nilai paten selama pengujian berlangsung. Berikut konfigurasi alat *eddy current* ditiap frekuensi yang akan digunakan beserta hasil pengujiannya:

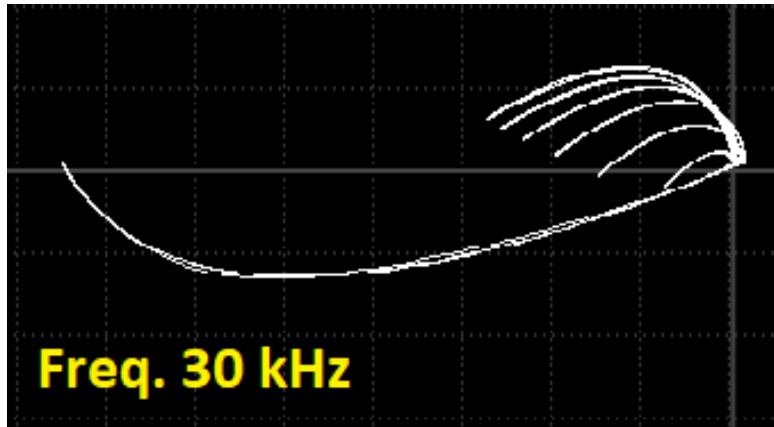
- *Probe freq* 15 kHz
  - *Gain* (H/V) : 51.5dB/60.1dB
  - *Angle* : 342.0 deg
  - *Frequency* : 15 kHz
  - *Probe Type* : *Single Absolute*
  - *Probe Connector* : LEMO-16
  - *Display* : EMP



Gambar IV.1 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 15 kHz

- *Probe freq.* 30 kHz

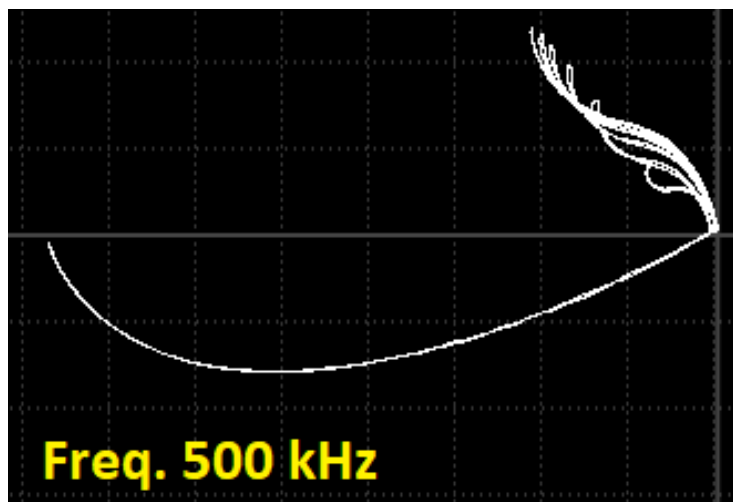
- *Gain (H/V)* : 52.0dB/62.0dB
- *Angle* : 343.0 deg
- *Frequency* : 30 kHz
- *Probe Type* : *Single Absolute*
- *Probe Connector* : BNC
- *Display* : EMP



Gambar IV.2 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 30 kHz

- *Probe freq.* 500 kHz

- *Gain (H/V)* : 40.5dB/56.3dB
- *Angle* : 297.0 deg
- *Frequency* : 500 kHz
- *Probe Type* : *Single Absolute*
- *Probe Connector* : BNC
- *Display* : EMP



Gambar IV.3 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 500 kHz

- *Probe freq.* 650 kHz
  - *Gain (H/V)* : 47.2dB/63.9dB
  - *Angle* : 26.0 deg
  - *Frequency* : 650 kHz
  - *Probe Type* : *Single Absolute*
  - *Probe Connector* : BNC
  - *Display* : EMP



Gambar IV.4 Hasil pengujian pada blok kalibrasi menggunakan frekuensi 650 kHz

Setelah didapatkan data konfigurasi untuk blok kalibrasi tiap *probe*, pengujian terhadap *test piece* bisa dilakukan. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil jumlah retak yang terdeteksi pada tiap *test piece* seperti pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Rekapitulasi jumlah retak tiap *test piece*

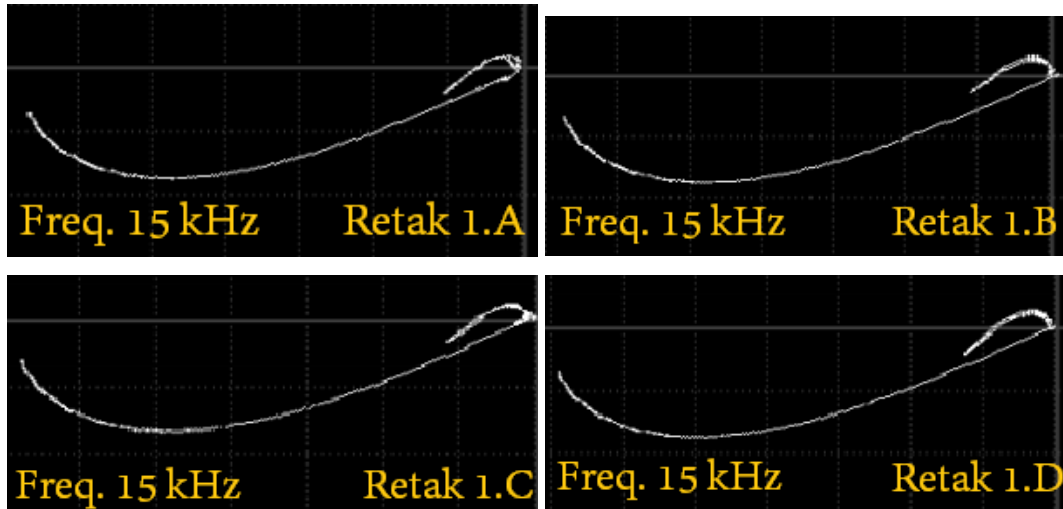
TEST PIECE	JUMLAH RETAK
1	4
2	5
3	5
4	5
5	5

#### IV.2 Hasil Pengujian pada *Test Piece #1*

Pada sub bab ini akan disajikan hasil pengujian pada *test piece #1* yang ditunjukkan pada Gambar IV.5 sampai Gambar IV.8 . Pada Gambar IV.5 sampai Gambar IV.8 ditunjukkan adanya perubahan ketinggian sinyal akibat perbedaan dimensi retak pada permukaan *weld metal*.

- **Probe Freq. 15 kHz**

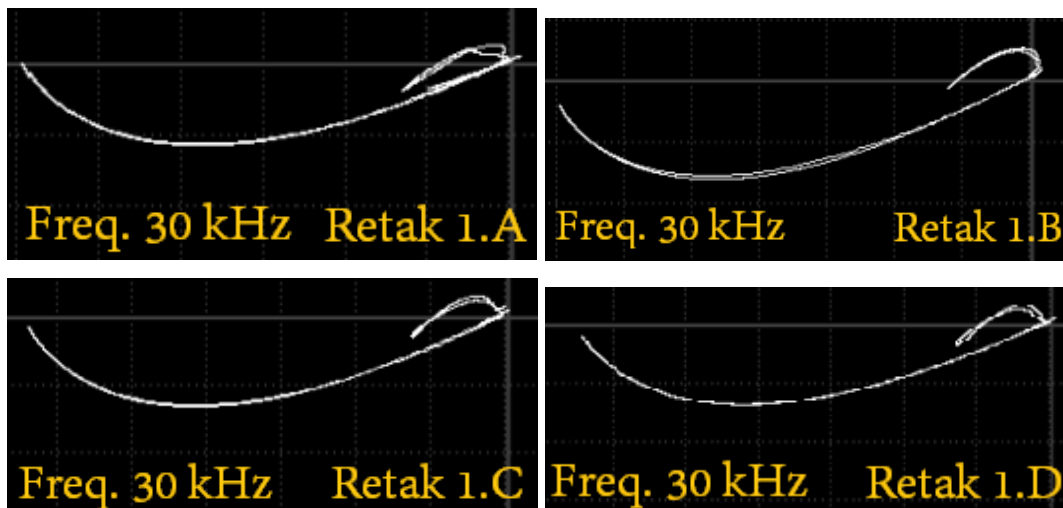
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 15 kHz seperti pada Gambar IV.5:



Gambar IV.5 Hasil pengujian *eddy current* pada *test piece* 1 menggunakan *probe* 15 kHz

- **Probe Freq. 30 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 30 kHz seperti pada Gambar IV.6:

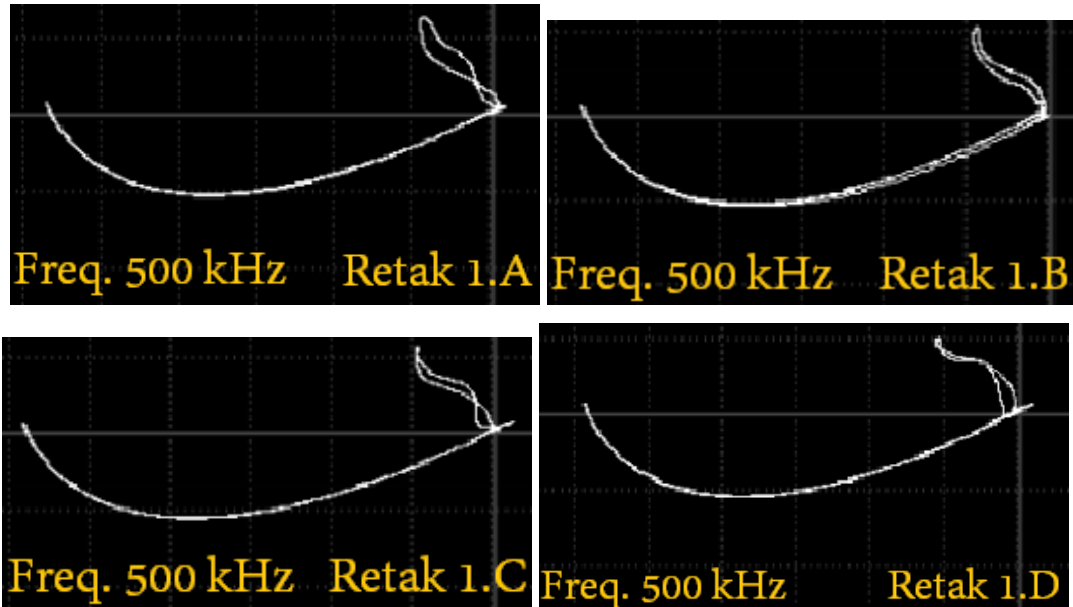


Gambar IV.6 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 1 menggunakan *probe* 30 kHz



- **Probe Freq. 500 kHz**

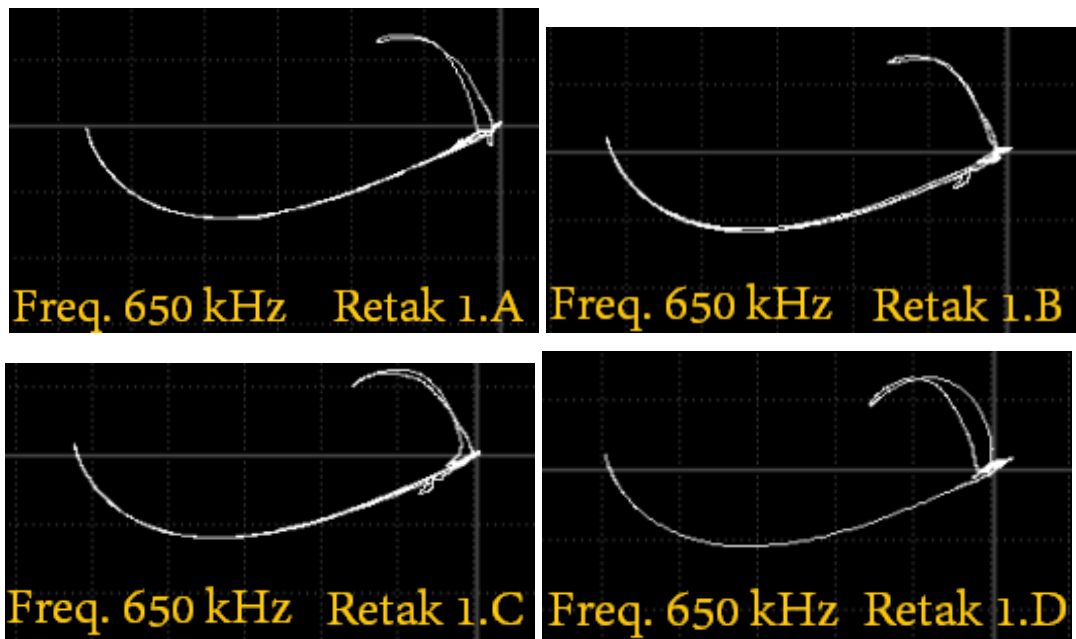
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 500 kHz seperti pada Gambar IV.7:



Gambar IV.7 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 1 menggunakan *probe* 500 kHz

- **Probe Freq. 650 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 650 kHz seperti pada Gambar IV.8:



Gambar IV.8 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 1 menggunakan *probe* 650 kHz

- **Rekapitulasi Hasil Pengukuran Ketinggian Sinyal**

Berdasarkan pada Gambar IV.5 – Gambar IV.8, telah didapatkan hasil pengukuran ketinggian sinyal tiap kode retak dan tiap frekuensi yang disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada *test piece* 1

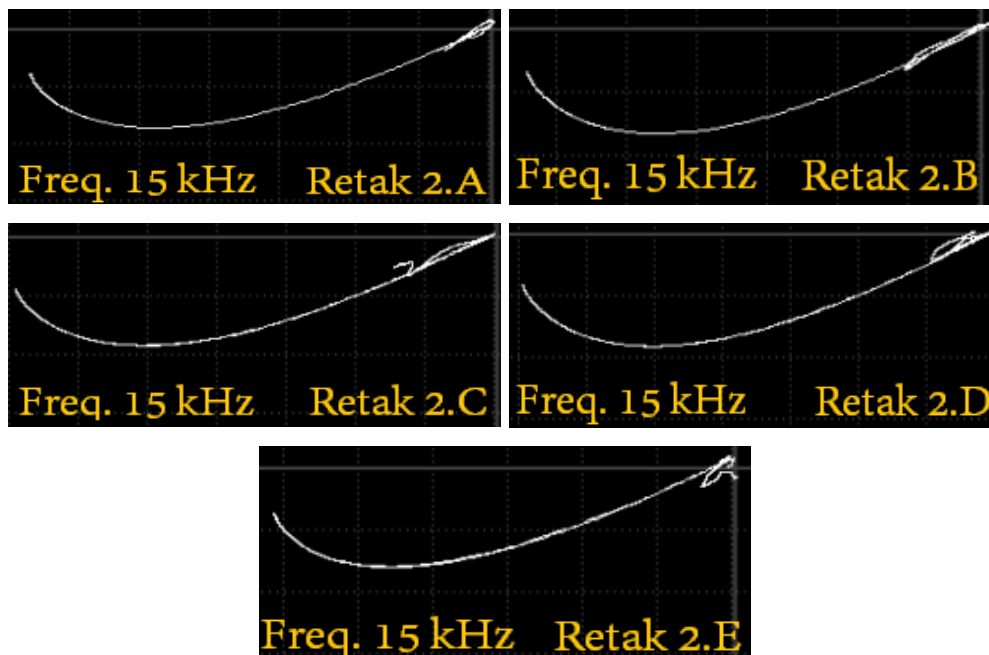
	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 1	1A	8	0.15	1	2.5	3.0	12.0	16.0
	1B	8	0.20	1	3.5	5.0	10.5	14.5
	1C	8	0.25	1	3.5	4.0	11.0	13.0
	1D	8	0.35	1	4.0	4.5	10.5	13.0

### IV.3 Hasil Pengujian pada *Test Piece* #2

Pada sub bab ini akan disajikan hasil pengujian pada *test piece* #1 yang ditunjukkan pada Gambar IV.9 sampai Gambar IV.12 . Pada gambar IV.9 sampai Gambar IV.12 menunjukkan adanya perubahan ketinggian sinyal akibat perbedaan dimensi retak pada permukaan *weld metal*.

- **Probe Freq. 15 kHz**

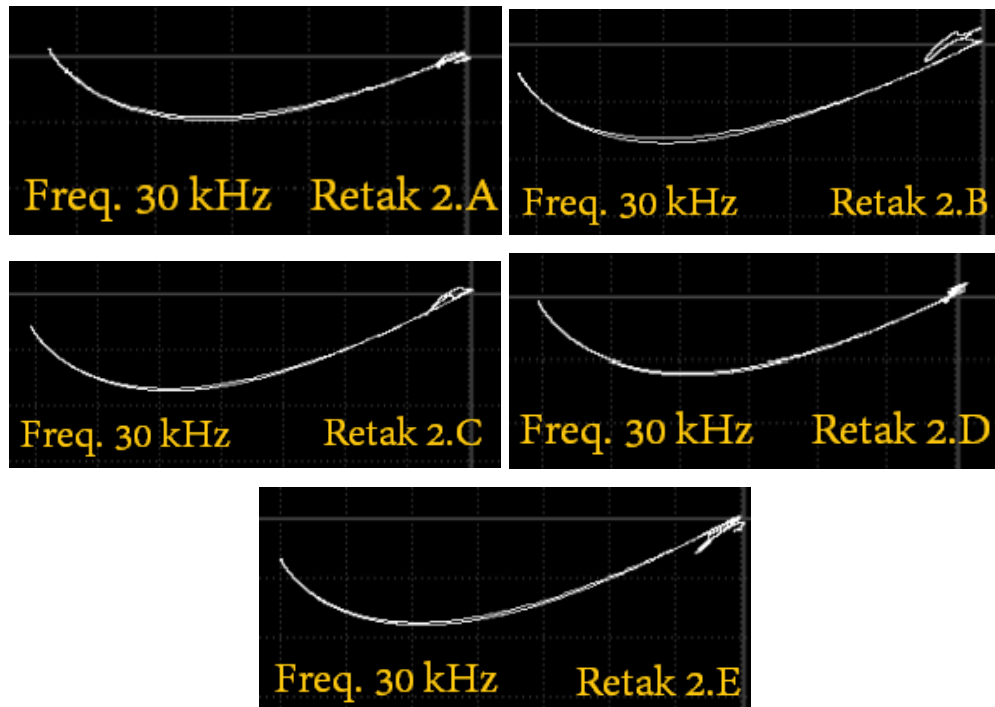
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 15 kHz seperti pada Gambar IV.9:



Gambar IV.9 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece 2* menggunakan *probe* 15 kHz

- **Probe Freq. 30 kHz**

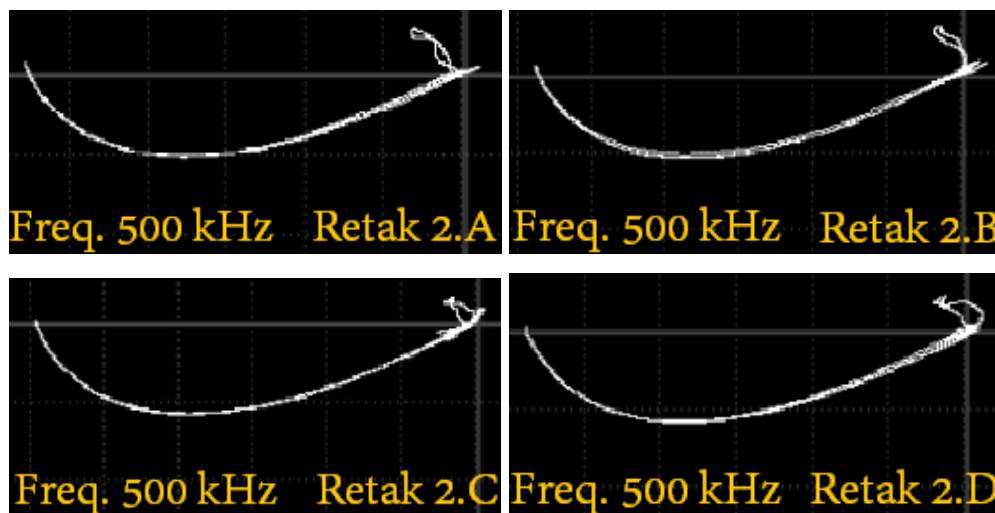
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 30 kHz seperti pada Gambar IV.10:

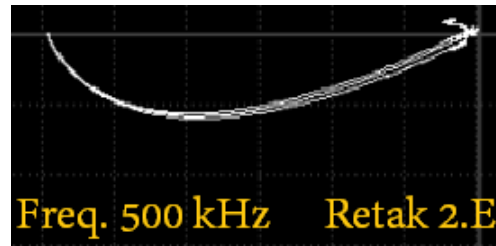


Gambar IV.10 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece 2* menggunakan *probe* 30 kHz

- **Probe Freq. 500 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 500 kHz seperti pada Gambar IV.11:

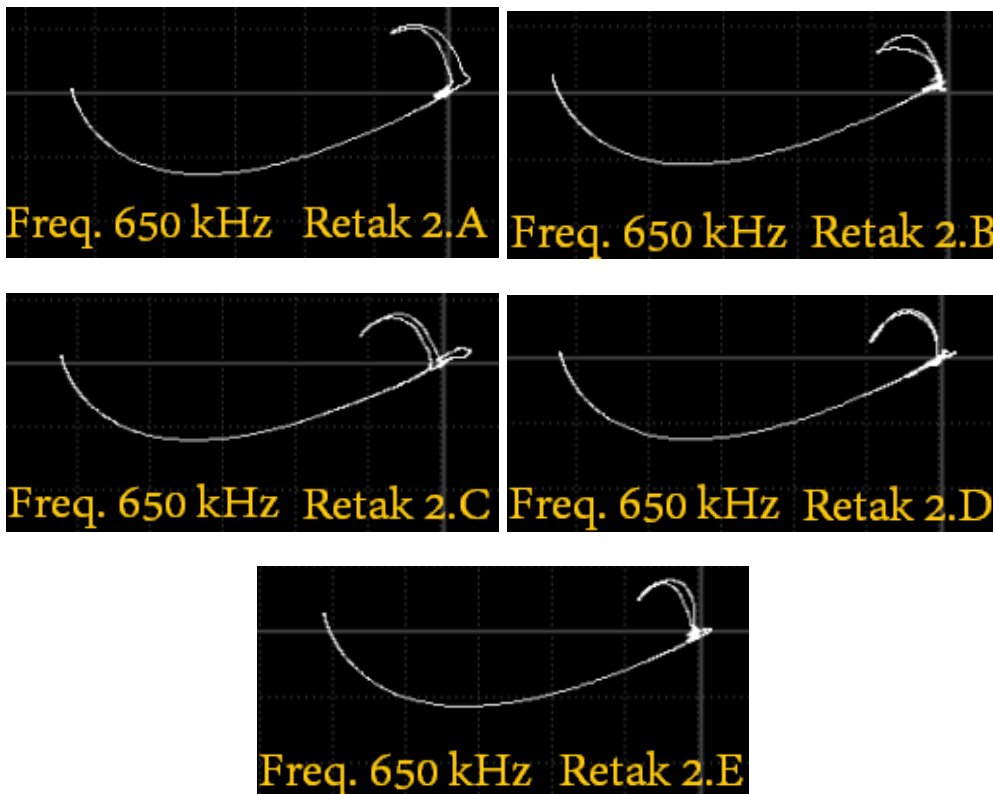




Gambar IV.11 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece 2* menggunakan *probe* 500 kHz

- **Probe Freq. 650 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 650 kHz seperti pada Gambar IV.12:



Gambar IV.12 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece 2* menggunakan *probe* 650 kHz

- **Rekapitulasi Hasil Pengukuran Ketinggian Sinyal**

Berdasarkan pada Gambar IV.9 – Gambar IV.12, telah didapatkan hasil pengukuran ketinggian sinyal tiap kode retak dan tiap frekuensi yang disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel IV.3.

Tabel IV.3 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada *test piece 2*

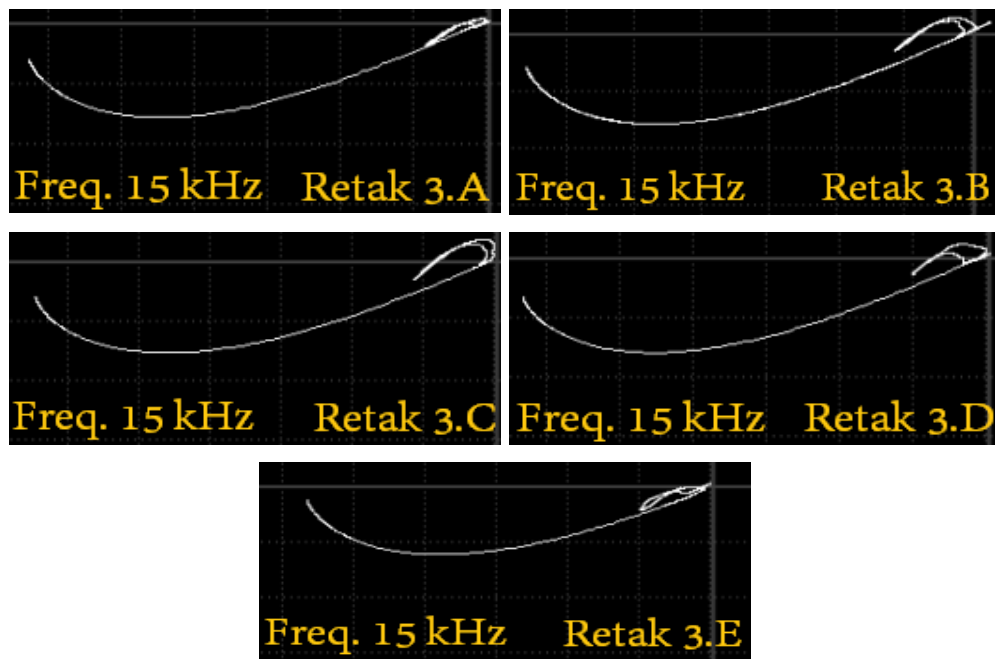
	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
<b>Test Piece 2</b>	2A	8	0.15	0.5	1.0	1.5	6.0	10.0
	2B	8	0.20	0.5	0.5	3.0	5.5	7.5
	2C	8	0.25	0.5	1.0	1.5	3.5	7.5
	2D	8	0.35	0.5	1.5	2.0	4.5	6.5
	2E	8	0.25	0.5	0.5	2.0	3.0	8.0

#### IV.4 Hasil Pengujian pada *Test Piece #3*

Pada sub bab ini akan disajikan hasil pengujian pada *test piece #3* yang ditunjukkan pada Gambar IV.13 sampai Gambar IV.16 . Pada gambar IV.13 sampai Gambar IV.16 menunjukkan adanya perubahan ketinggian sinyal akibat perbedaan dimensi retak pada permukaan *weld metal*.

- **Probe Freq. 15 kHz**

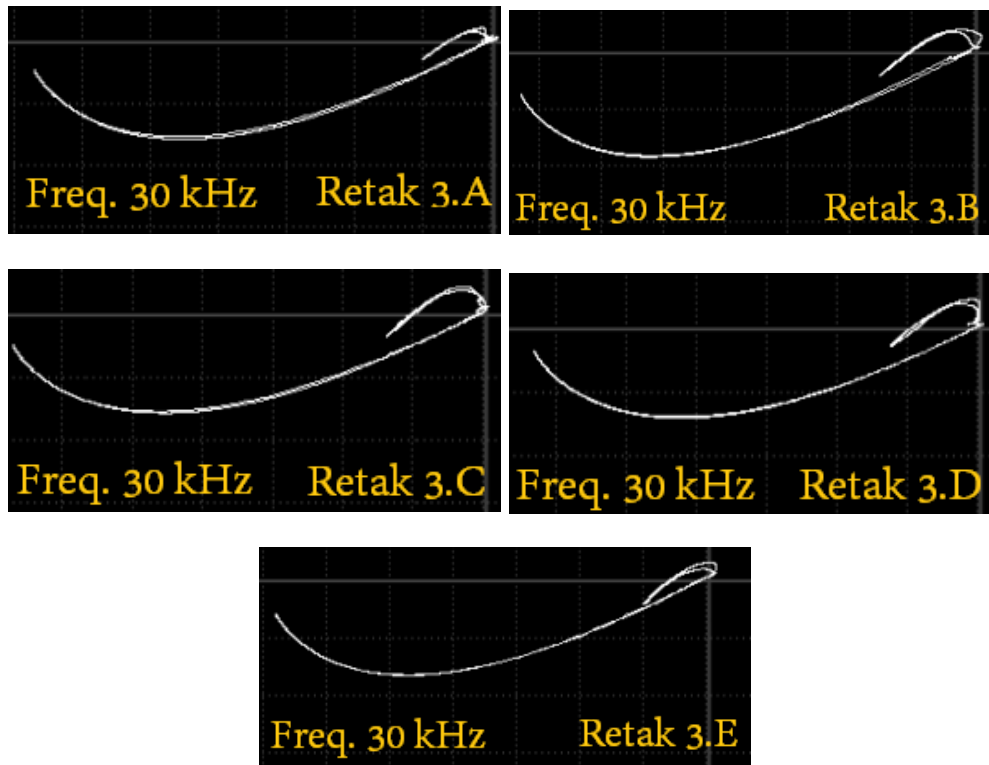
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 15 kHz seperti pada Gambar IV.13:



Gambar IV.13 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 3 menggunakan *probe* 15 kHz

- **Probe Freq. 30 kHz**

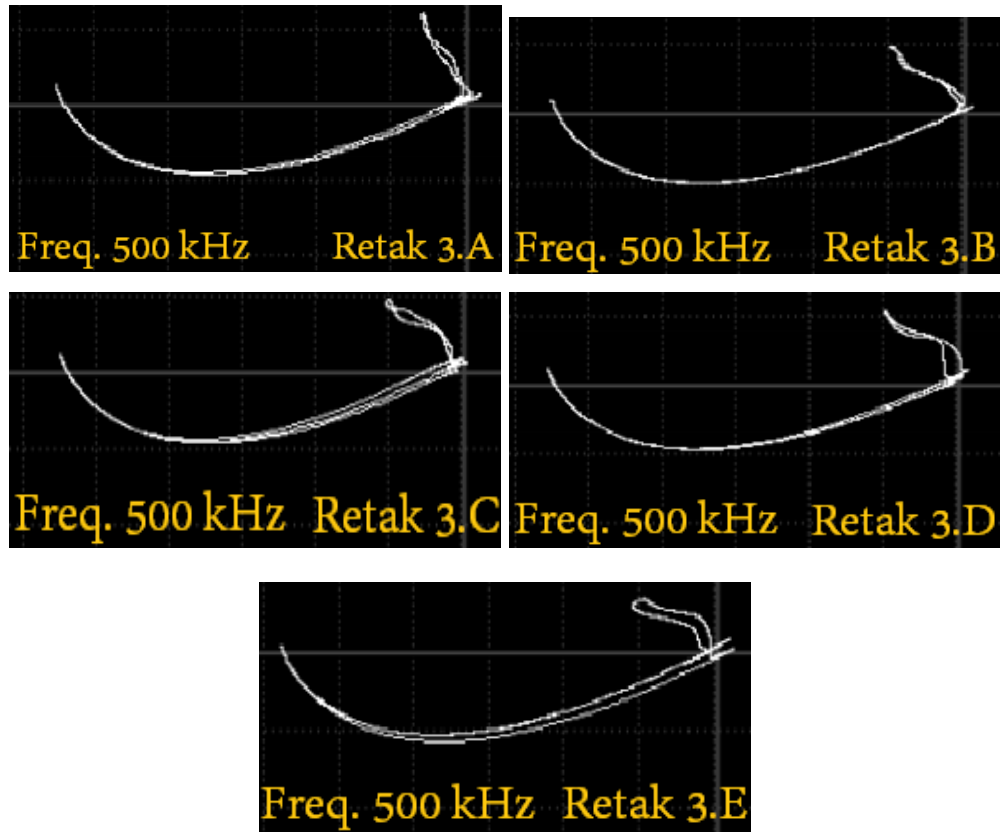
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 30 kHz seperti pada Gambar IV.14:



Gambar IV.14 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 3 menggunakan *probe* 30 kHz

- **Probe Freq. 500 kHz**

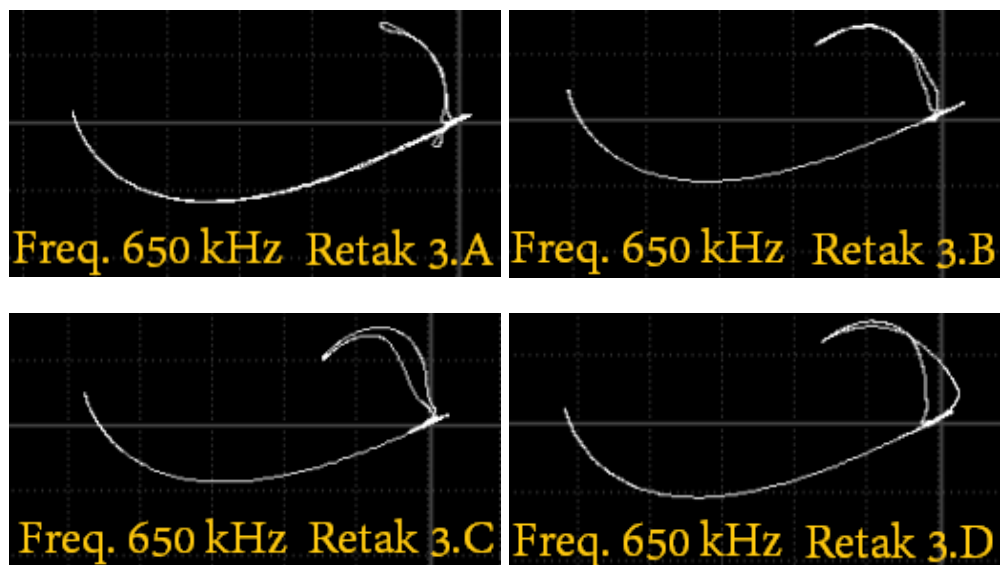
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 500 kHz seperti pada Gambar IV.15:



Gambar IV.15 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 3 menggunakan *probe* 500 kHz

- **Probe Freq. 650 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 650 kHz seperti pada Gambar IV.16:





Gambar IV.16 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 3 menggunakan *probe* 650 kHz

- **Rekapitulasi Hasil Pengukuran Ketinggian Sinyal**

Berdasarkan pada Gambar IV.13 – Gambar IV.16, telah didapatkan hasil pengukuran ketinggian sinyal tiap kode retak dan tiap frekuensi yang disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel IV.4.

Tabel IV.4 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada *test piece* 3

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 3	3A	8	0.15	1	2	2.5	10.0	14.0
	3B	8	0.25	1	3	4.5	10.0	14.5
	3C	8	0.35	1	4	4.5	10.0	13.5
	3D	8	0.25	1	3	4.0	10.5	14.0
	3E	8	0.20	1	2.5	3.0	8.0	11.0

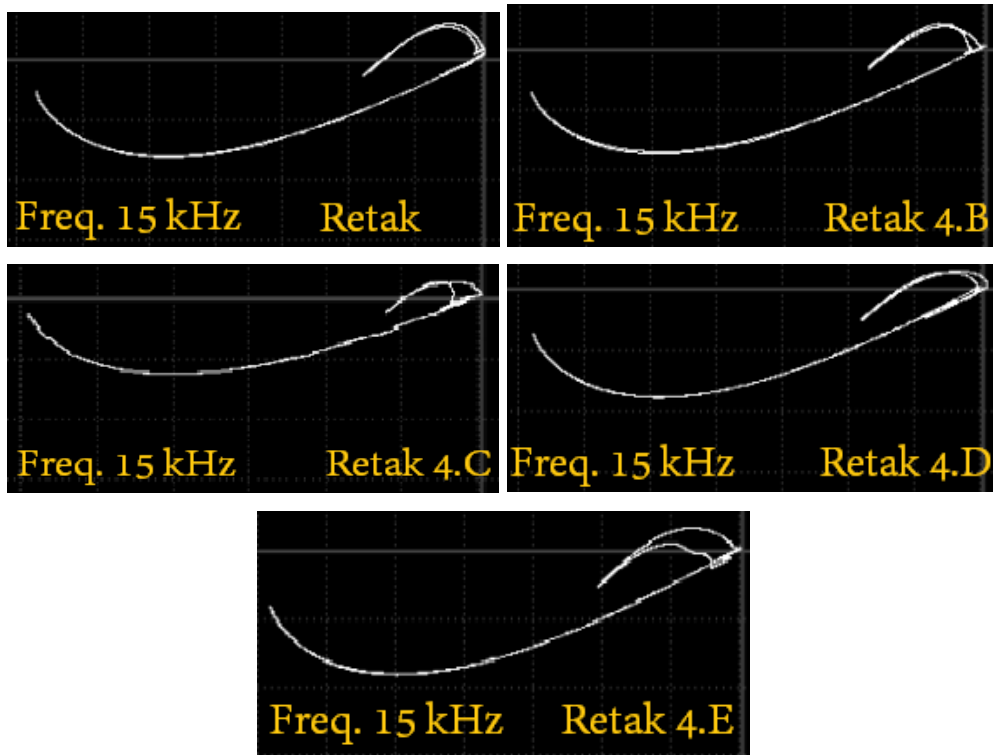
#### IV.5 Hasil Pengujian pada *Test Piece* #4

Pada sub bab ini akan disajikan hasil pengujian pada *test piece* #4 yang ditunjukkan pada Gambar IV.17 sampai Gambar IV.20 . Pada gambar IV.17 sampai Gambar IV.20 menunjukkan adanya perubahan ketinggian sinyal akibat perbedaan dimensi retak pada permukaan *weld metal*.



- **Probe Freq. 15 kHz**

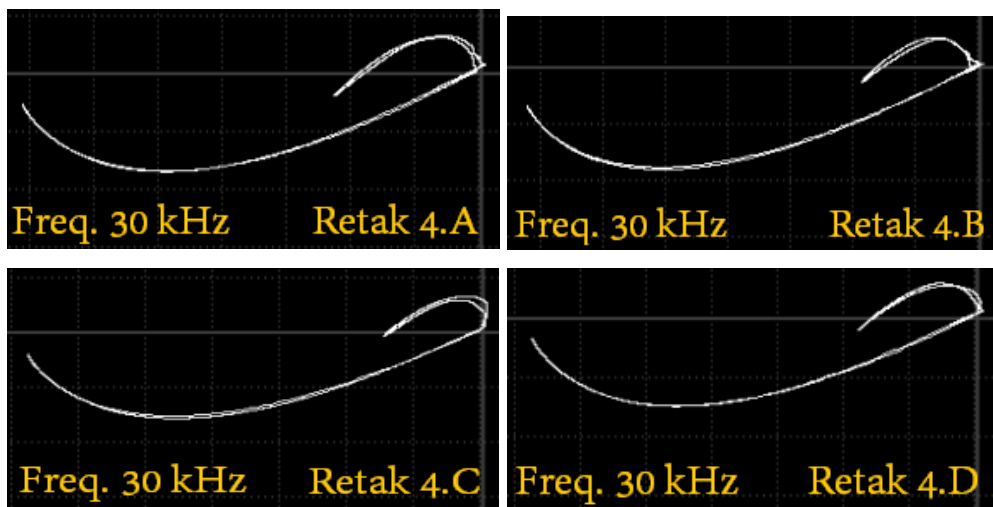
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 15 kHz seperti pada Gambar IV.17:

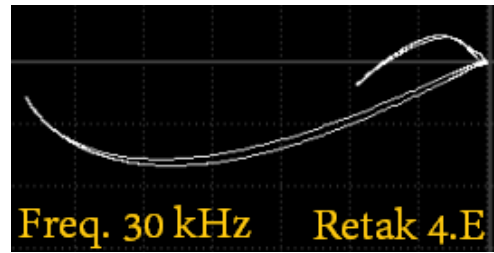


Gambar IV.17 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 4 menggunakan *probe* 15 kHz

- **Probe Freq. 30 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 30 kHz seperti pada Gambar IV.18:

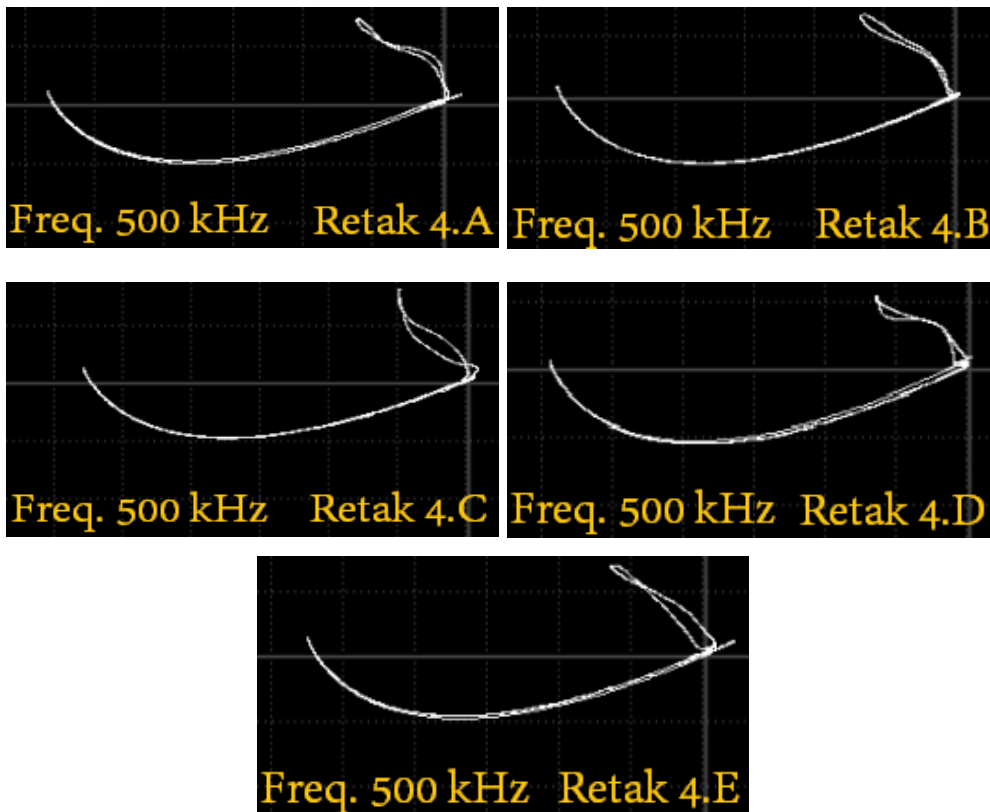




Gambar IV.18 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 4 menggunakan *probe* 30 kHz

- **Probe Freq. 500 kHz**

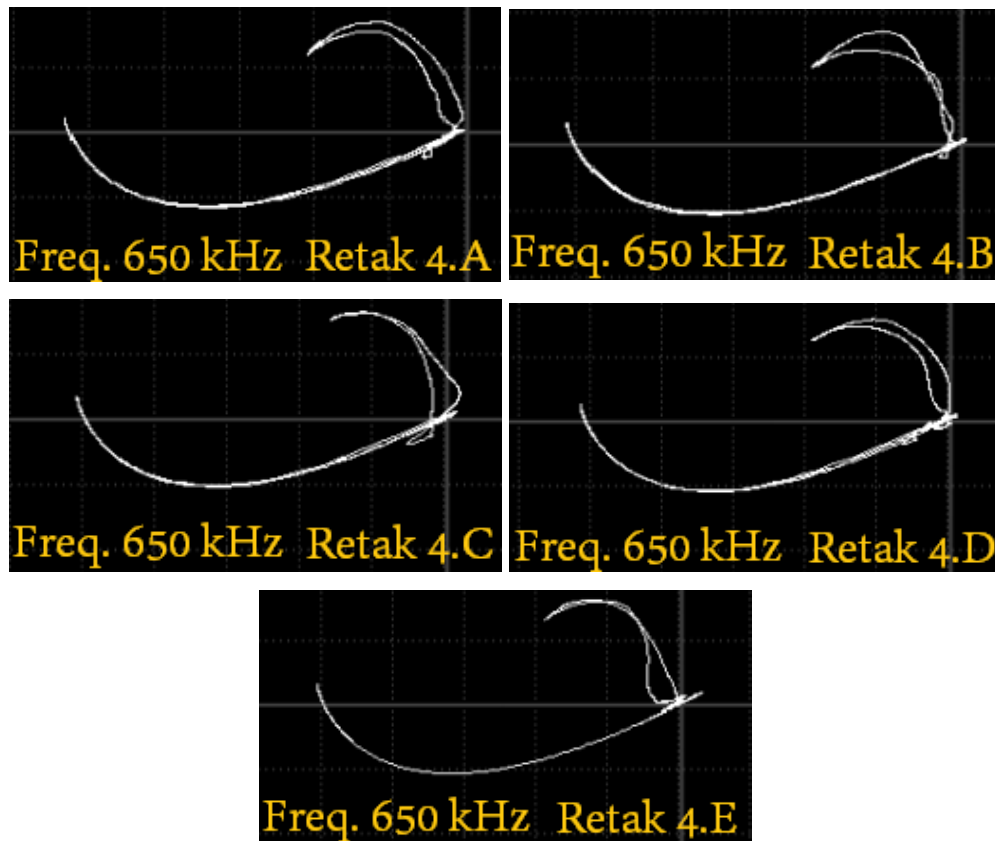
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 500 kHz seperti pada Gambar IV.19:



Gambar IV.19 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 4 menggunakan *probe* 500 kHz

- **Probe Freq. 650 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 650 kHz seperti pada Gambar IV.20:



Gambar IV.20 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 4 menggunakan *probe* 650 kHz

- **Rekapitulasi Hasil Pengukuran Ketinggian Sinyal**

Berdasarkan pada Gambar IV.17 – Gambar IV.20, telah didapatkan hasil pengukuran ketinggian sinyal tiap kode retak dan tiap frekuensi yang disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel IV.5.

Tabel IV.5 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada *test piece* 4

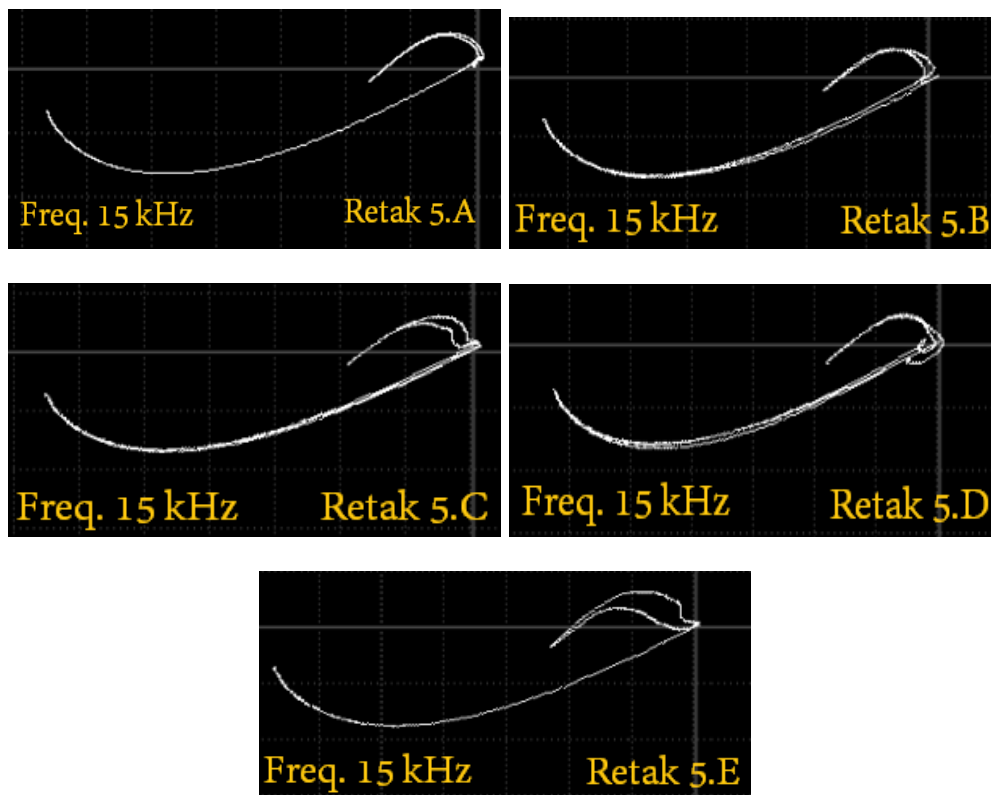
	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 4	4A	8	0.35	1.5	6.5	8.0	14.0	17.5
	4B	8	0.25	1.5	5.5	7.0	13.5	16.0
	4C	8	0.15	1.5	4	6.0	14.5	16.0
	4D	8	0.20	1.5	4.5	6.5	11.5	15.0
	4E	8	0.25	1.5	6.5	7.0	13.5	16.5

#### IV.6 Hasil Pengujian pada *Test Piece* #5

Pada sub bab ini akan disajikan hasil pengujian pada *test piece* 1 yang ditunjukkan pada Gambar IV.21 sampai Gambar IV.24 . Pada gambar IV.21 sampai Gambar IV.24 menunjukkan adanya perubahan ketinggian sinyal akibat perbedaan dimensi retak pada permukaan *weld metal*.

- **Probe Freq. 15 kHz**

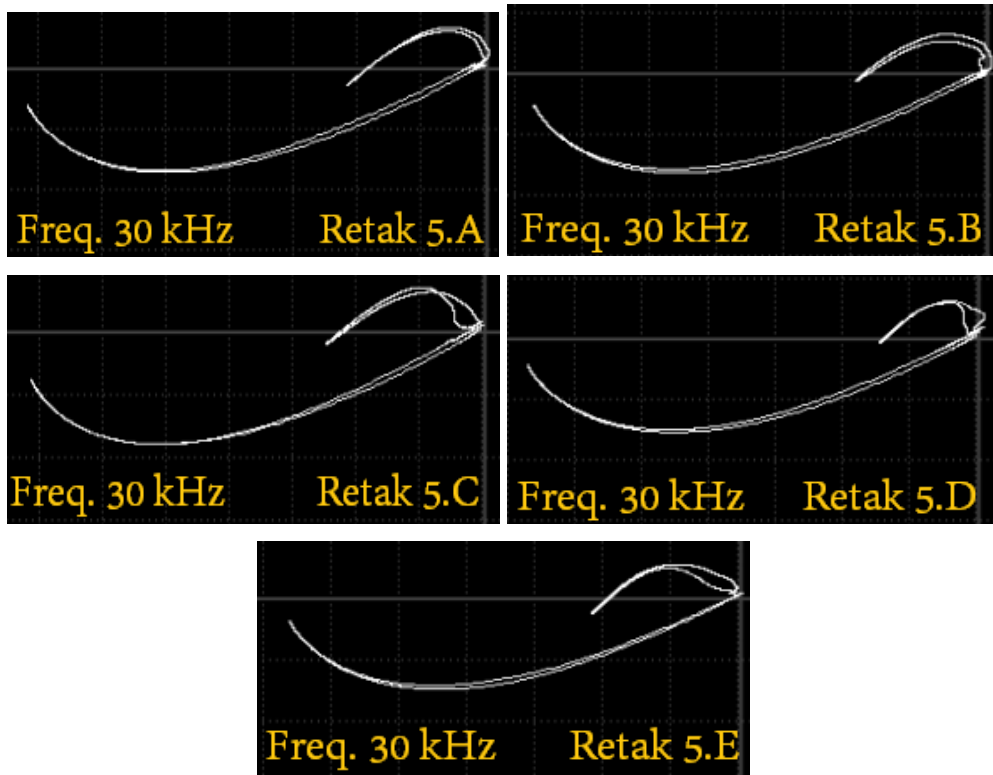
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 15 kHz seperti pada Gambar IV.21:



Gambar IV.21 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 5 menggunakan *probe* 15 kHz

- **Probe Freq. 30 kHz**

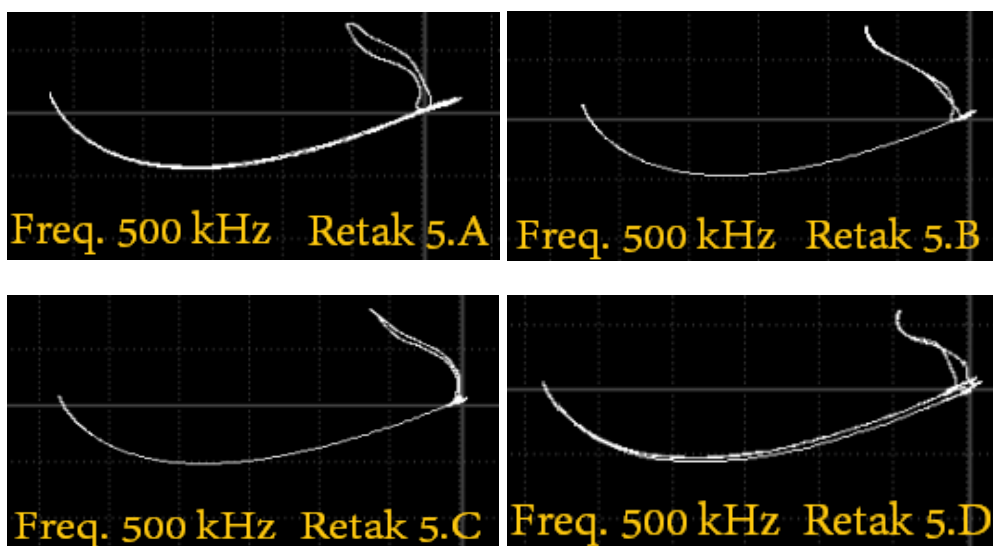
Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 30 kHz seperti pada Gambar IV.22:

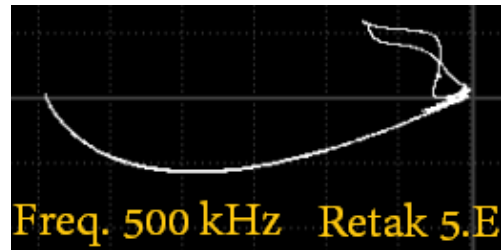


Gambar IV.22 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 5 menggunakan *probe* 30 kHz

- **Probe Freq. 500 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 500 kHz seperti pada Gambar IV.23:

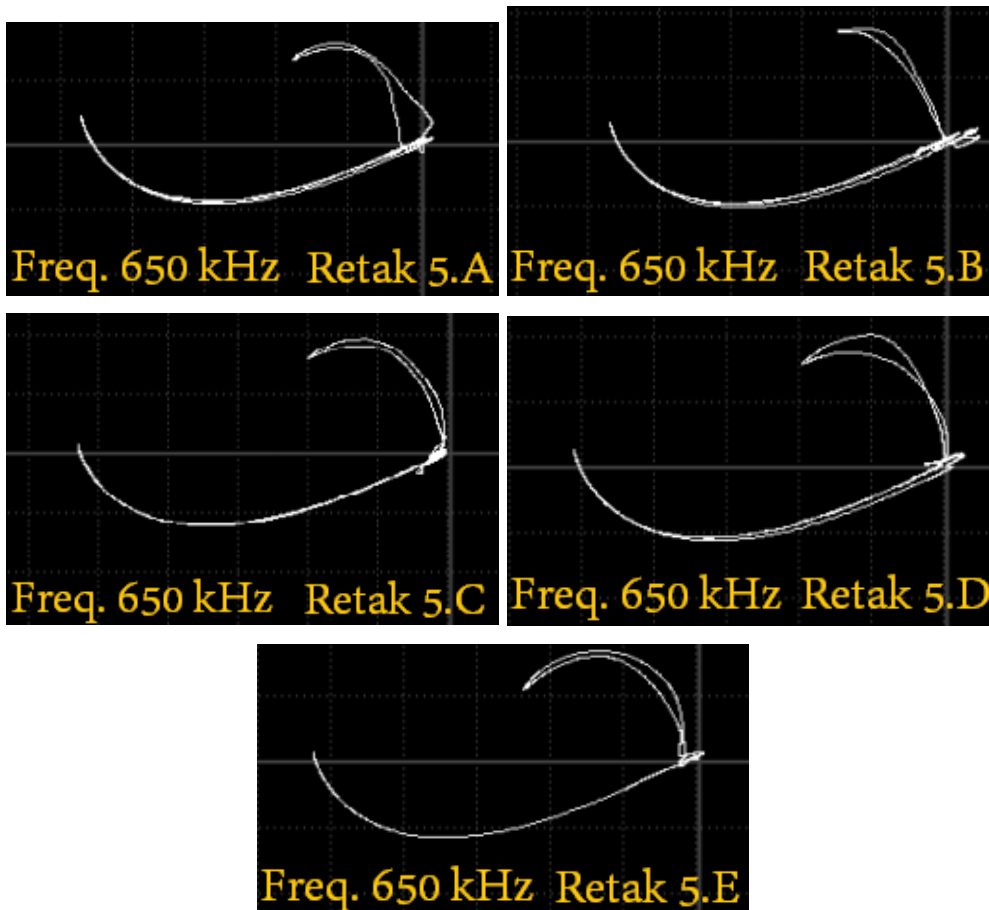




Gambar IV.23 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 5 menggunakan *probe* 500 kHz

- **Probe Freq. 650 kHz**

Berikut merupakan hasil dari pengujian *eddy current* menggunakan *probe* 650 kHz seperti pada Gambar IV.24:



Gambar IV.24 Hasil Pengujian *eddy current* pada *test piece* 5 menggunakan *probe* 650 kHz

- **Rekapitulasi Hasil Pengukuran Ketinggian Sinyal**

Berdasarkan pada Gambar IV.21 – Gambar IV.24, telah didapatkan hasil pengukuran ketinggian sinyal tiap kode retak dan tiap frekuensi yang disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel IV.6.

Tabel IV.6 Hasil pengukuran ketinggian sinyal pada *test piece* 5

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 5	5A	8	0.25	2	6.0	7.5	13.5	13.5
	5B	8	0.15	2	6.0	7.5	15.5	17.5
	5C	8	0.20	2	7.0	8.5	16.0	18.5
	5D	8	0.25	2	6.0	7.0	11.5	18.5
	5E	8	0.35	2	8.5	9.0	13.0	17.0

#### IV.7 Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak Berdasarkan Variasi Frekuensi Probe

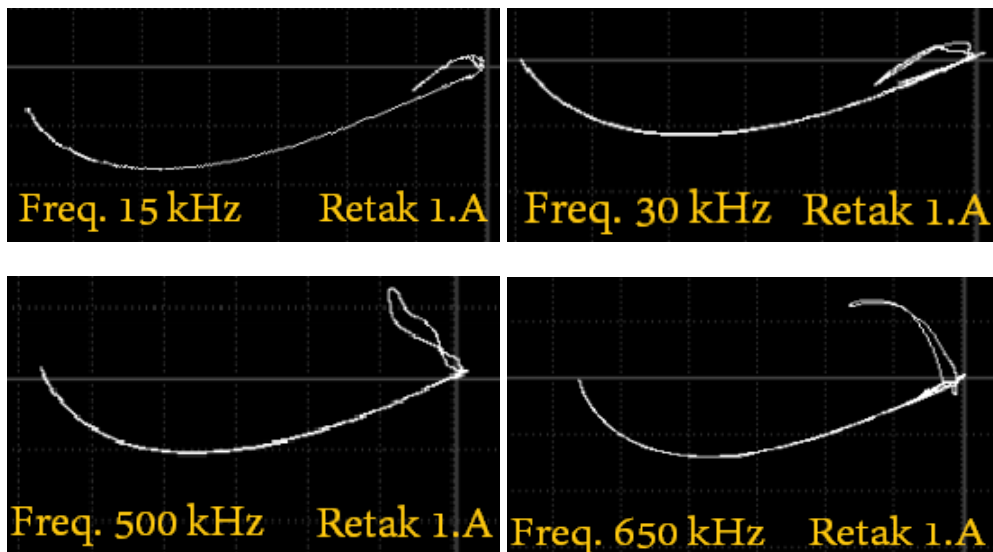
Hasil pengujian sebelumnya disajikan berdasarkan perubahan frekuensi pada *probe* yang digunakan untuk mendeteksi adanya retak di permukaan *weld metal* benda uji untuk masing-masing *test piece*. Pada sub-bab di bawah ini hasil pengujian akan disajikan berdasarkan variasi frekuensi pada *probe* pada kelima *test piece* terhadap retak dengan dimensi yang berbeda-beda di tiap *test piecenya*.

##### IV.7.1 Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada Test Piece #1

Pada sub-bab ini akan dilakukan perbandingan hasil pengujian pada *test piece* #1 di tiap kode retaknya (1A, 1B, 1C, dan 1D) yang memiliki kedalaman retak yang sama yaitu 1 mm berdasarkan variasi/perubahan frekuensi pada *probe* yang digunakan dan akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik.

- **Kode Retak 1A**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 1A yang memiliki ukuran kedalaman retak 1 mm, lebar retak 0.15 mm, dan panjang retak 8 mm.

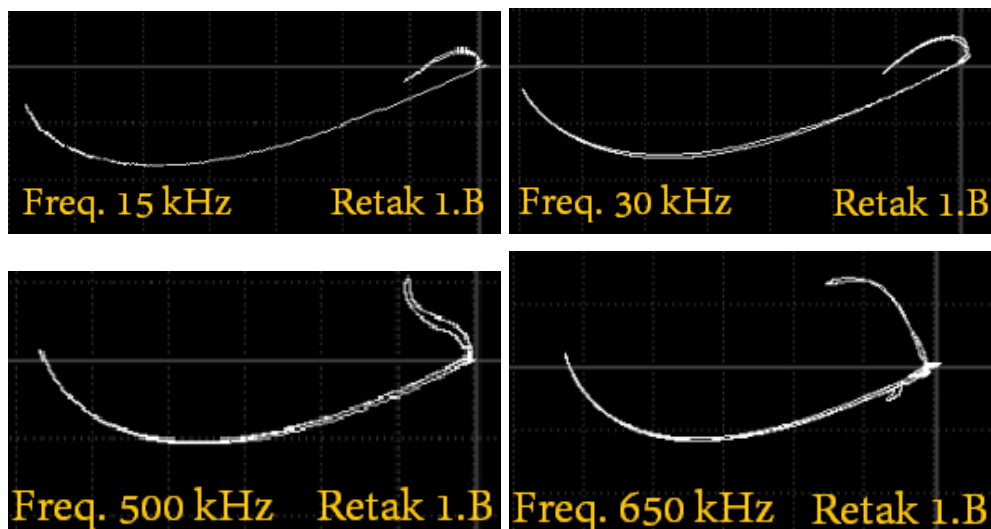


Gambar IV.25 Perbandingan sinyal pada kode retak 1A

Pada Gambar IV.25 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 1A pada *test piece* 1. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 1A yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 1B**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 1B yang memiliki ukuran kedalaman retak 1 mm, lebar retak 0.20 mm, dan panjang retak 8 mm.

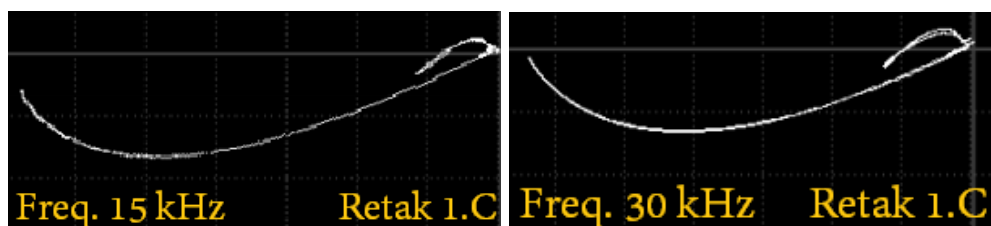


Gambar IV.26 Perbandingan ketinggian sinyal ada kode retak 1B

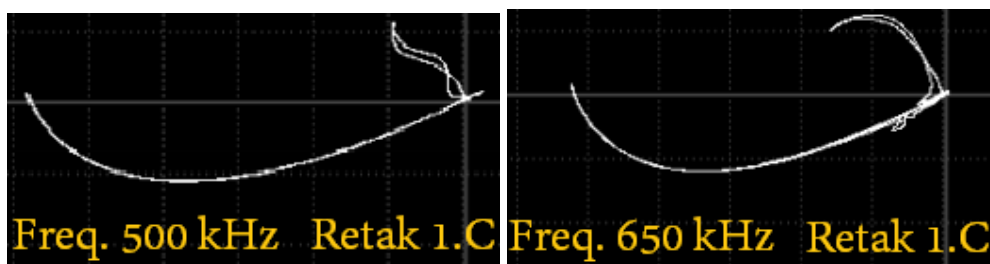
Pada Gambar IV.26 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 1B pada *test piece* 1. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 1B yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 1C**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 1C yang memiliki ukuran kedalaman retak 1 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.





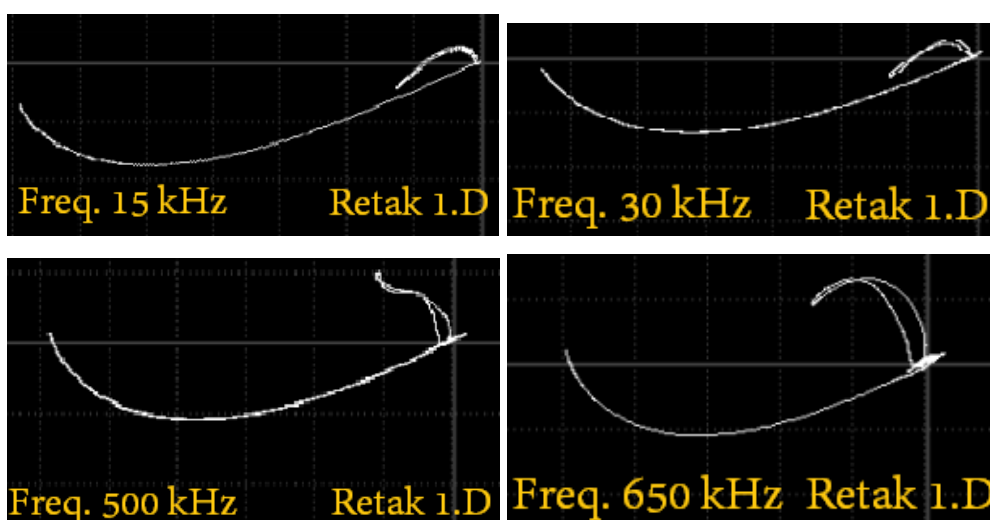


Gambar IV.27 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 1C

Pada Gambar IV.27 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 1C pada *test piece* 1. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 1C yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 1D**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 1D yang memiliki ukuran kedalaman retak 1 mm, lebar retak 0.35 mm, dan panjang retak 8 mm.



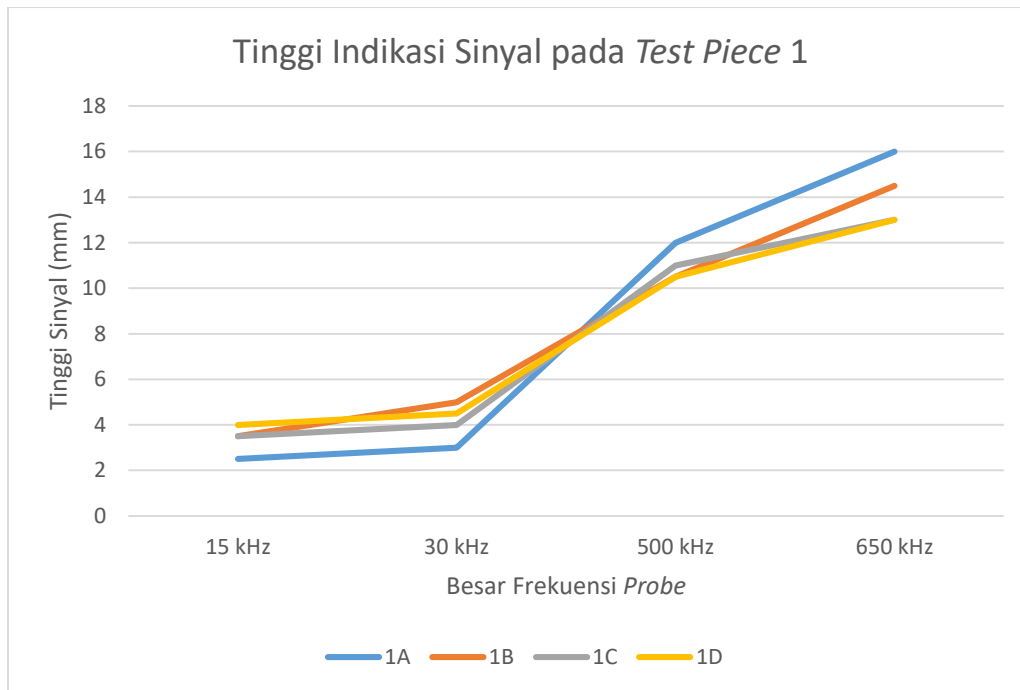
Gambar IV.28 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 1D

Pada Gambar IV.28 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 1D pada *test piece* 1. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 1D yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

Tabel IV.7 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 1

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 1	1A	8	0.15	1	2.5	3.0	12.0	16.0
	1B	8	0.20	1	3.5	5.0	10.5	14.5
	1C	8	0.25	1	3.5	4.0	11.0	13.0
	1D	8	0.35	1	4.0	4.5	10.5	13.0

Pada Tabel IV.7 menunjukkan rekapitulasi besar tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 1. Bisa dilihat pada tabel diatas, tinggi indikasi sinyal ditiap kode retak membesar seiring bertambah besarnya frekuensi *probe* yang digunakan. Pada sub-bab ini disajikan pula rekapitulasi tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 1 dalam bentuk grafik seperti pada Gambar IV.29.



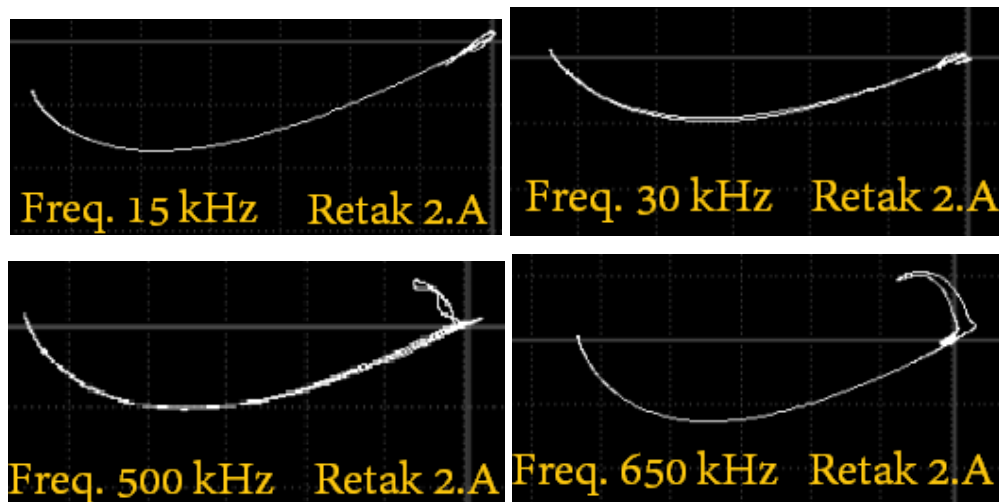
Gambar IV.29 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada *test piece* 1

#### IV.7.2 Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada *Test Piece #2*

Pada sub-bab ini akan dilakukan perbandingan hasil pengujian pada *test piece #2* di tiap kode retaknya (2A, 2B, 2C, 2D, dan 2E) yang memiliki kedalaman retak yang sama yaitu 0.5 mm berdasarkan variasi/perubahan frekuensi pada *probe* yang digunakan dan akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik.

- **Kode Retak 2A**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 2A yang memiliki ukuran kedalaman retak 0.5 mm, lebar retak 0.15 mm, dan panjang retak 8 mm.

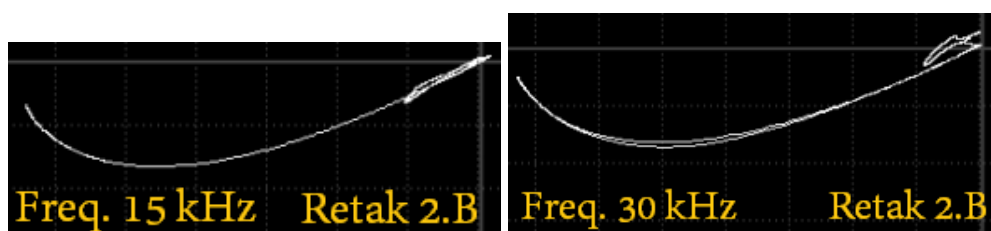


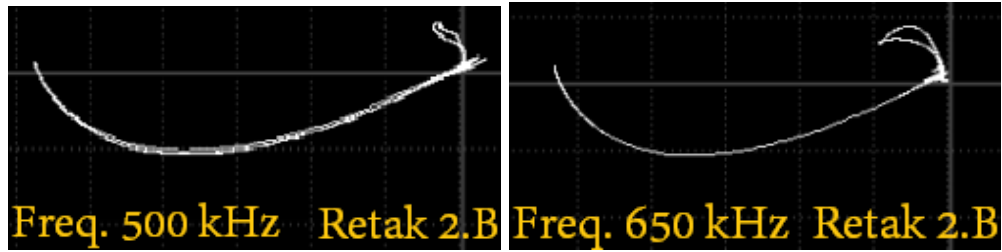
Gambar IV.30 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2A

Pada Gambar IV.30 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 2A pada *test piece 2*. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 2A yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 2B**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 2B yang memiliki ukuran kedalaman retak 0.5 mm, lebar retak 0.20 mm, dan panjang retak 8 mm.



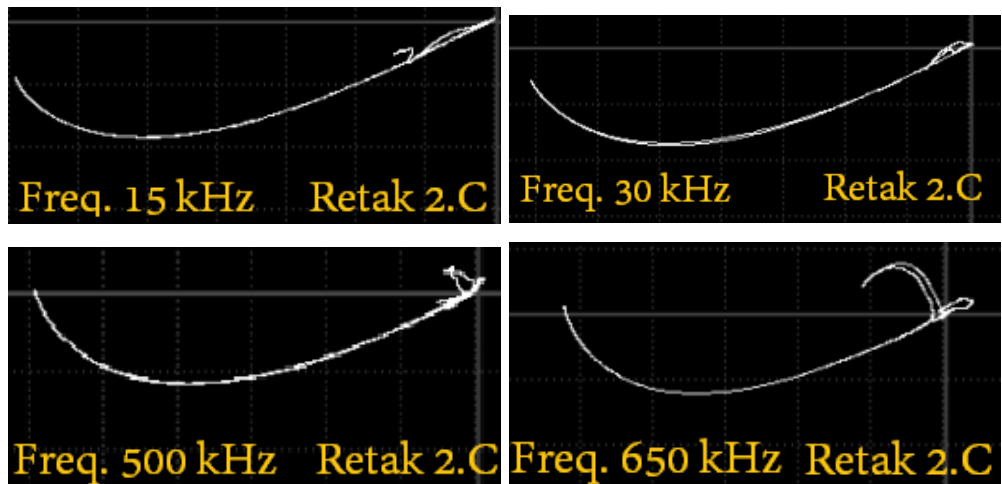


Gambar IV.31 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2B

Pada Gambar IV.31 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 2B pada *test piece 2*. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 2B yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 2C**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 2C yang memiliki ukuran kedalaman retak 0.5 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.

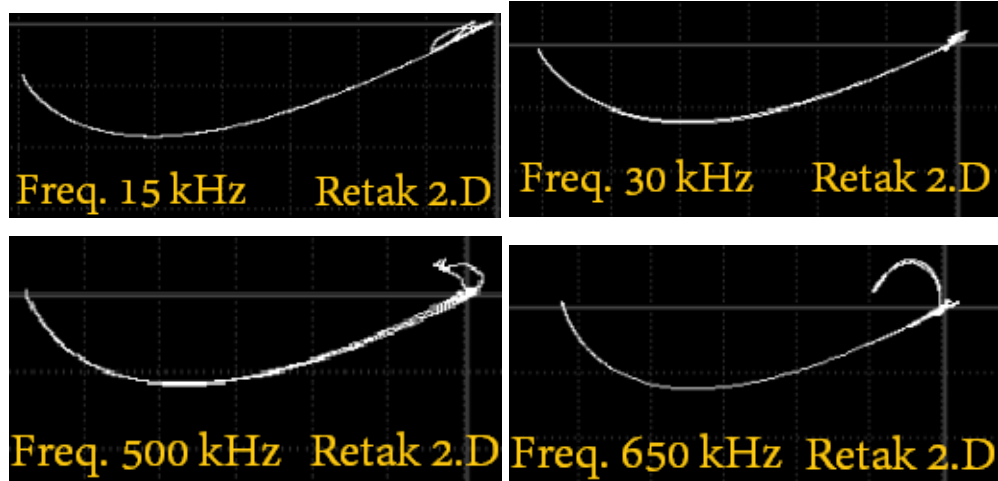


Gambar IV.32 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2C

Pada Gambar IV.32 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 2C pada *test piece 2*. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 2C yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 2D**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 2D yang memiliki ukuran kedalaman retak 0.5 mm, lebar retak 0.35 mm, dan panjang retak 8 mm.

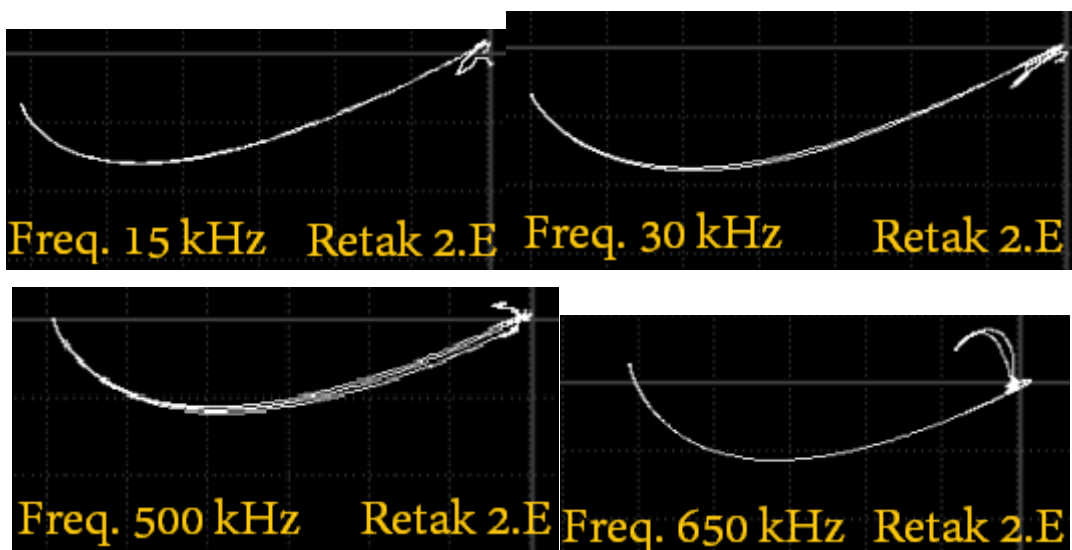


Gambar IV.33 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2D

Pada Gambar IV.33 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 2D pada *test piece 2*. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 2D yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 2E**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 2D yang memiliki ukuran kedalaman retak 0.5 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.



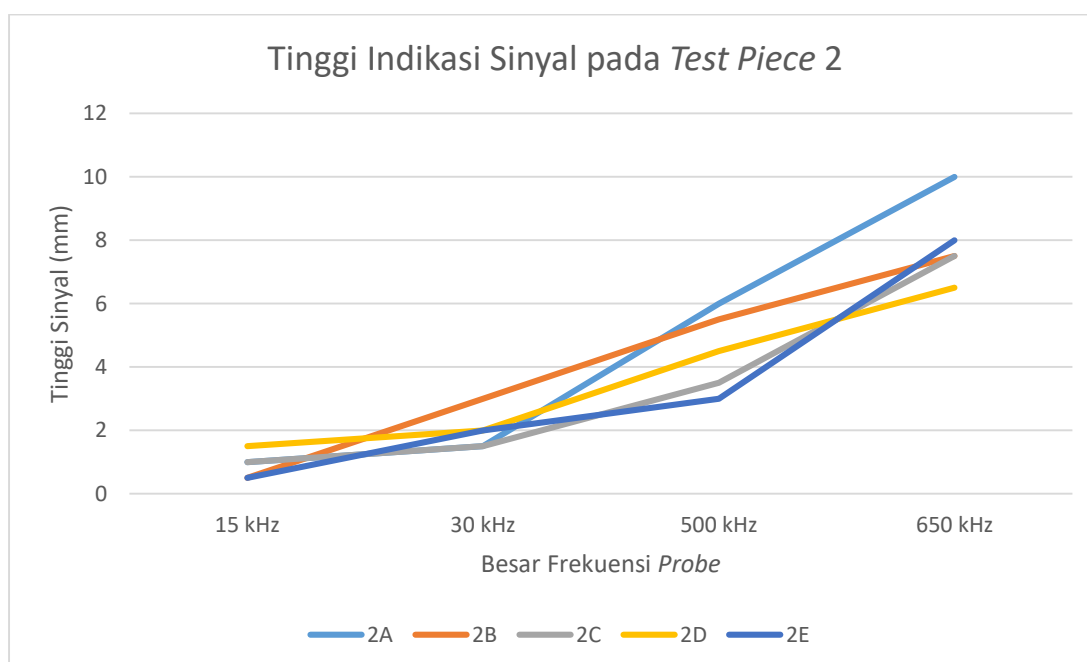
Gambar IV.34 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 2E

Pada Gambar IV.34 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 2E pada *test piece 2*. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 2E yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

Tabel IV. 8 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece 2*

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 2	2A	8	0.15	0.5	1.0	1.5	6.0	10.0
	2B	8	0.20	0.5	0.5	3.0	5.5	7.5
	2C	8	0.25	0.5	1.0	1.5	3.5	7.5
	2D	8	0.35	0.5	1.5	2.0	4.5	6.5
	2E	8	0.25	0.5	0.5	2.0	3.0	8.0

Pada Tabel IV.8 menunjukkan rekapitulasi besar tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece 2*. Bisa dilihat pada tabel diatas, tinggi indikasi sinyal di tiap kode retak membesar seiring bertambah besarnya frekuensi *probe* yang digunakan. Pada sub-bab ini disajikan pula rekapitulasi tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece 2* dalam bentuk grafik seperti pada Gambar IV.35.



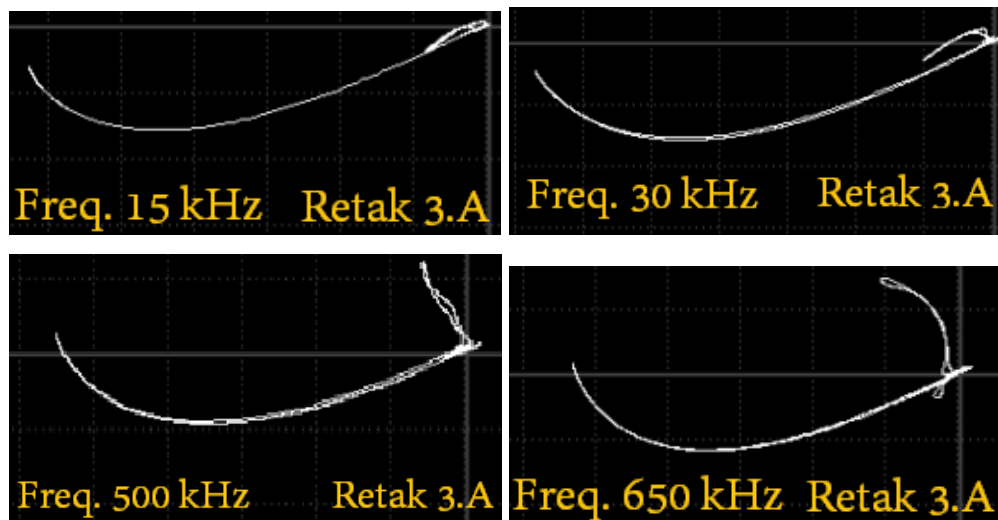
Gambar IV. 35 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada *test piece 2*

### IV.7.3 Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada *Test Piece #3*

Pada sub-bab ini akan dilakukan perbandingan hasil pengujian pada *test piece #3* di tiap kode retaknya (3A, 3B, 3C, 3D, dan 3E) yang memiliki kedalaman retak yang sama yaitu 1 mm berdasarkan variasi/perubahan frekuensi pada *probe* yang digunakan dan akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik.

- **Kode Retak 3A**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 3A yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.0 mm, lebar retak 0.15 mm, dan panjang retak 8 mm.

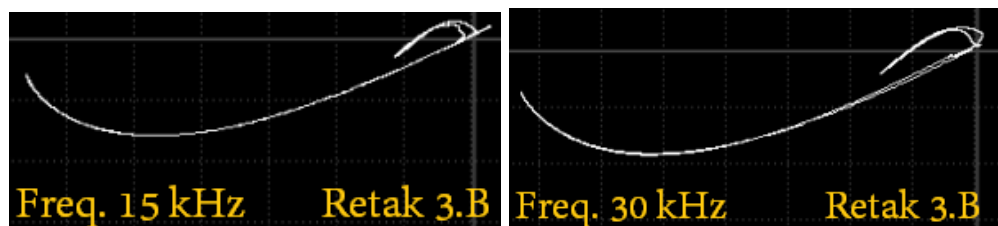


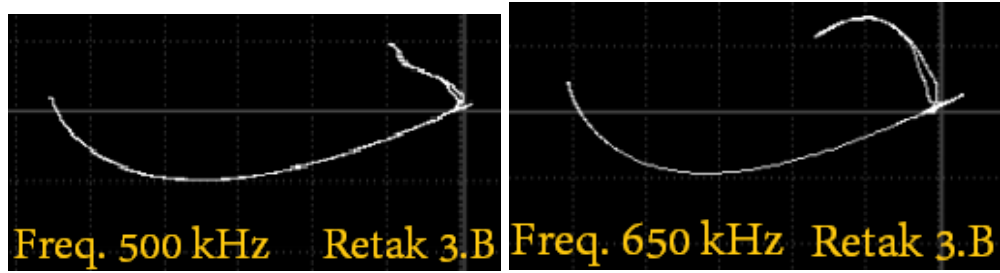
Gambar IV.36 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 3A

Pada Gambar IV.36 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 3A pada *test piece 3*. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 3A yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 3B**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 3B yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.0 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.



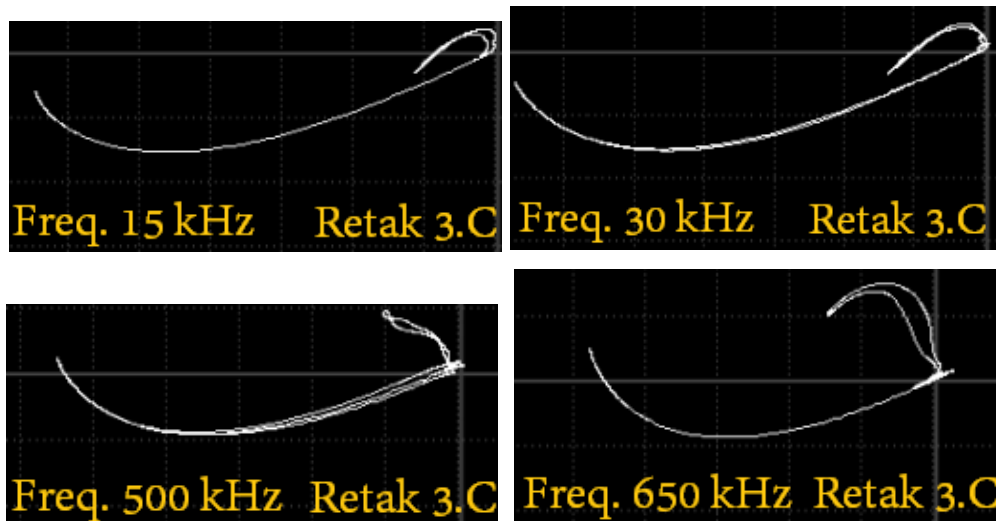


Gambar IV.37 Perbandingan ketinggian sinyal terhadap kode retak 3B

Pada Gambar IV.37 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 3B pada *test piece* 3. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 3B yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 3C**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 3C yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.0 mm, lebar retak 0.35 mm, dan panjang retak 8 mm.



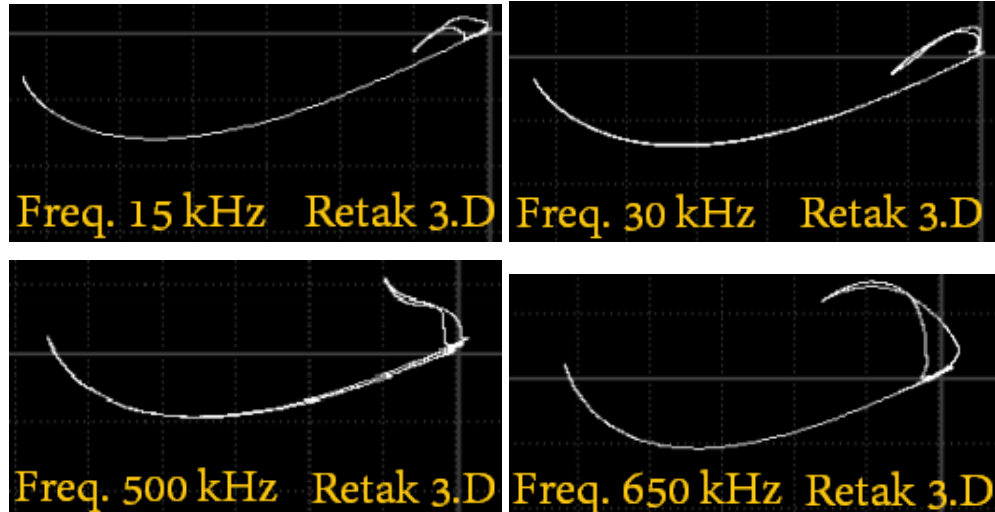
Gambar IV.38 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 3C

Pada Gambar IV.38 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 3C pada *test piece* 3. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 3C yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.



- **Kode Retak 3D**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 3D yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.0 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.

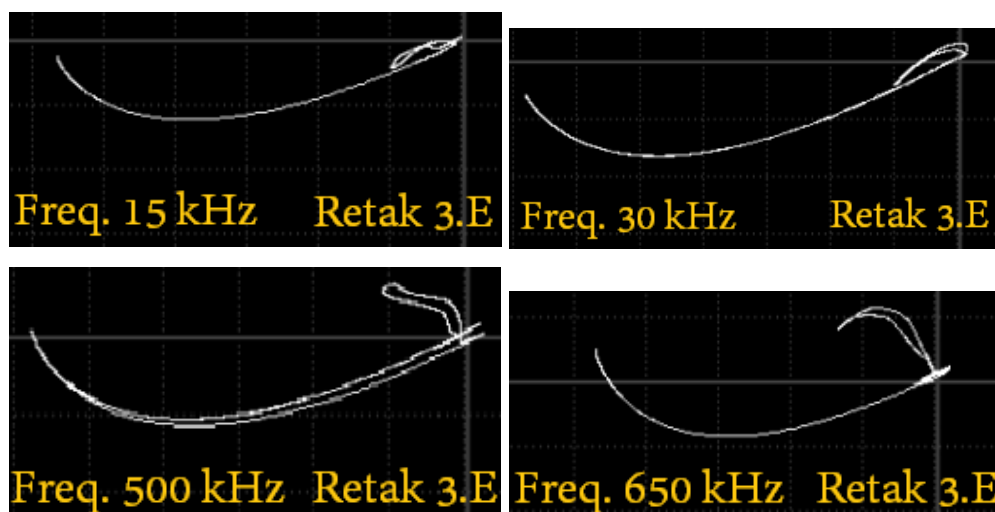


Gambar IV.39 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 3D

Pada Gambar IV.39 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 3D pada *test piece* 3. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 3D yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 3E**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 3D yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.0 mm, lebar retak 0.20 mm, dan panjang retak 8 mm.



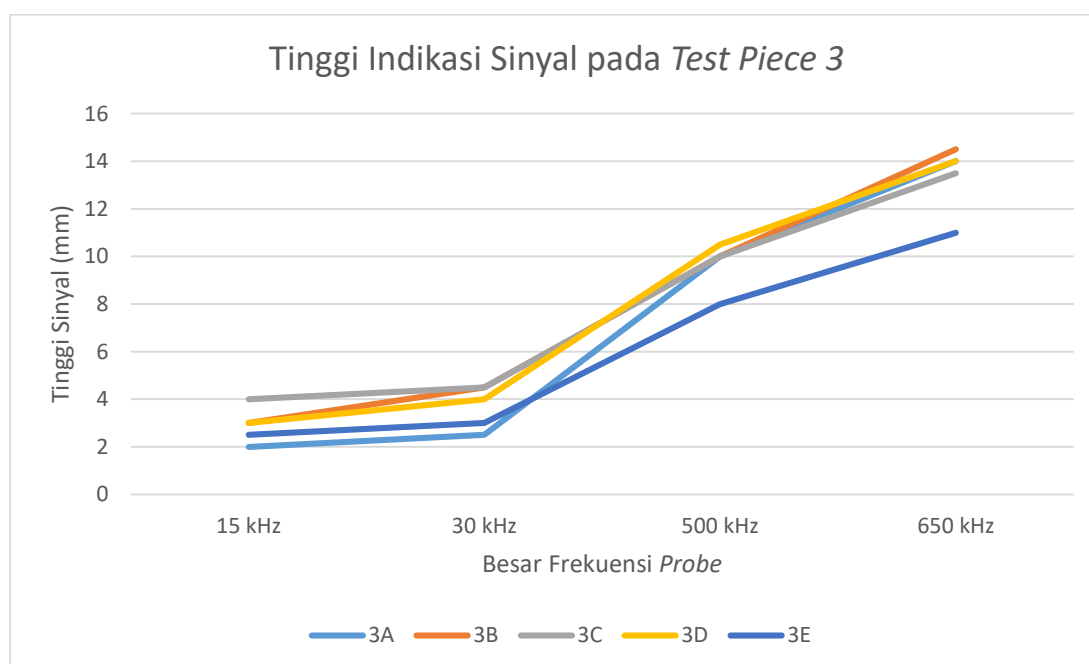
Gambar IV.40 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 3E

Pada Gambar IV.40 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 3E pada *test piece* 3. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 3E yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

Tabel IV.9 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 3

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 3	3A	8	0.15	1	2.0	2.5	10.0	14.0
	3B	8	0.25	1	3.0	4.5	10.0	14.5
	3C	8	0.35	1	4.0	4.5	10.0	13.5
	3D	8	0.25	1	3.0	4.0	10.5	14.0
	3E	8	0.20	1	2.5	3.0	8.0	11.0

Pada Tabel IV.9 menunjukkan rekapitulasi besar tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 2. Bisa dilihat pada tabel diatas, tinggi indikasi sinyal di tiap kode retak membesar seiring bertambah besarnya frekuensi *probe* yang digunakan. Pada sub-bab ini disajikan pula rekapitulasi tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 3 dalam bentuk grafik seperti pada Gambar IV.41.



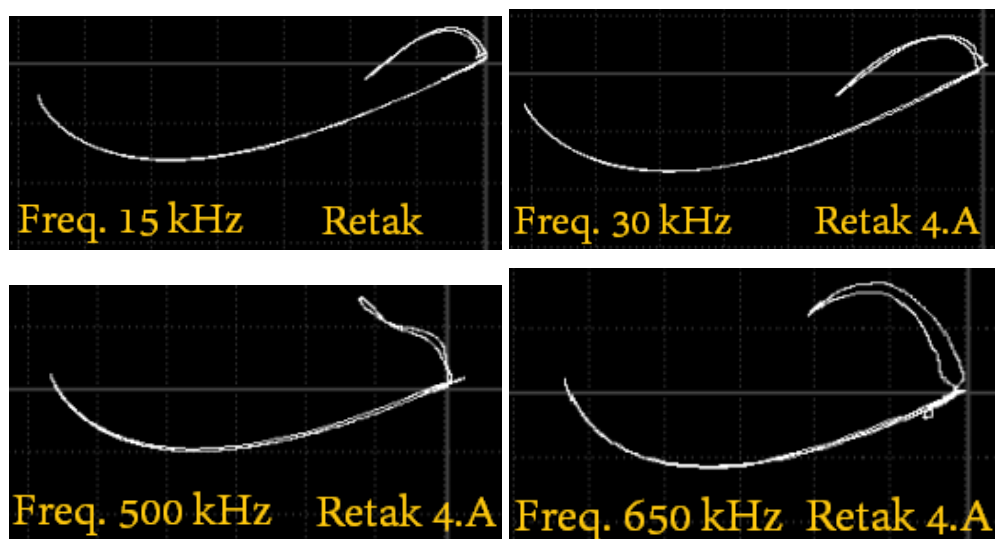
Gambar IV.41 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada *test piece* 3

#### IV.7.4 Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada *Test Piece* #4

Pada sub-bab ini akan dilakukan perbandingan hasil pengujian pada *test piece* #4 ditiap kode retaknya (4A, 4B, 4C, 4D, dan 4E) yang memiliki kedalaman retak sama yaitu 1.5 mm berdasarkan variasi/perubahan frekuensi pada *probe* yang digunakan dan akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik.

- **Kode Retak 4A**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 4A yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.5 mm, lebar retak 0.35 mm, dan panjang retak 8 mm.

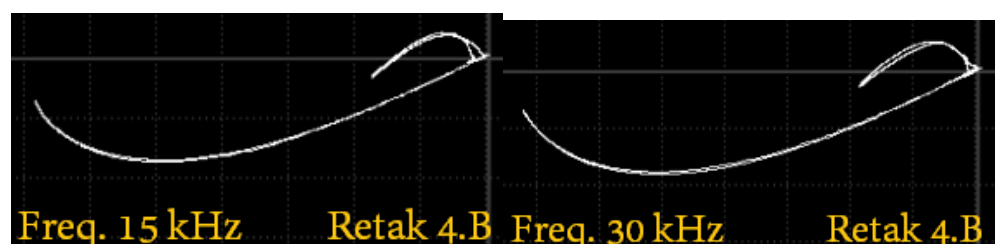


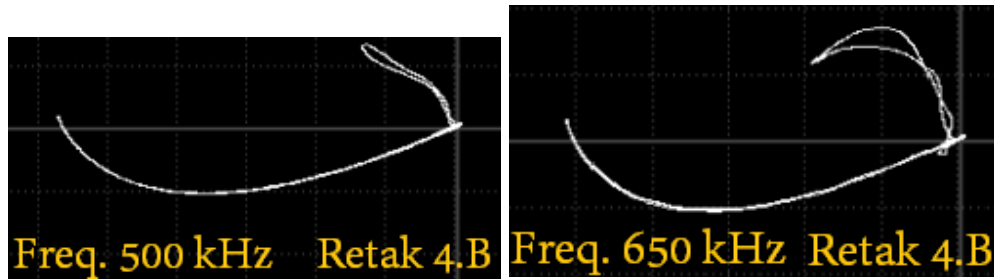
Gambar IV.42 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4A

Pada Gambar IV.42 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 4A pada *test piece* 4. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 4A yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 4B**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 4B yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.5 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.



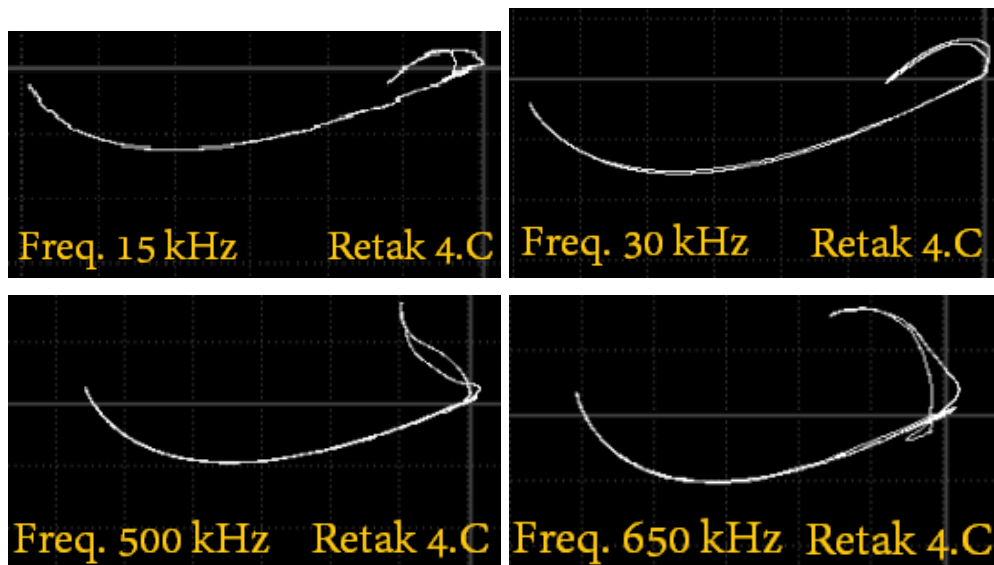


Gambar IV.43 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4B

Pada Gambar IV.43 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 4B pada *test piece* 4. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 4B yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 4C**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 4C yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.5 mm, lebar retak 0.15 mm, dan panjang retak 8 mm.

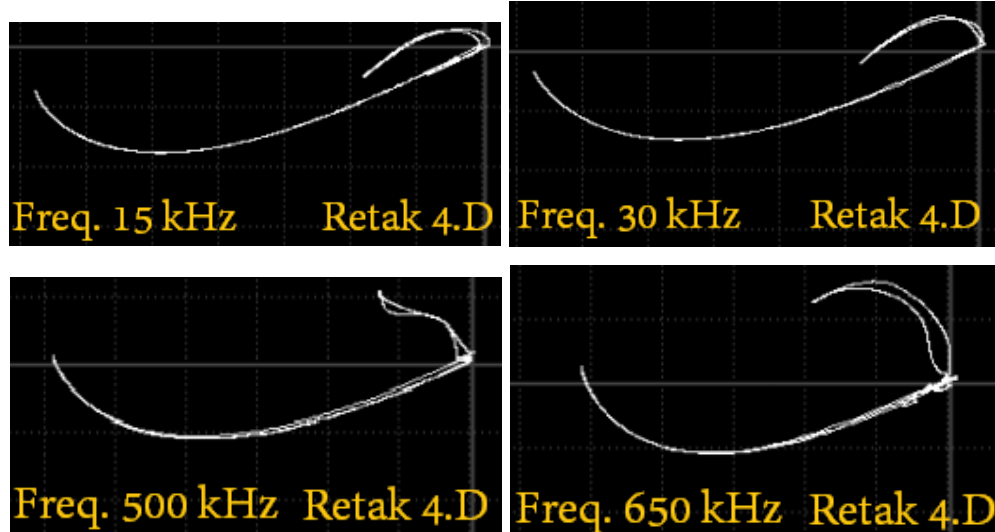


Gambar IV.44 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4C

Pada Gambar IV.44 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 4C pada *test piece* 4. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 4C yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 4D**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 4D yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.5 mm, lebar retak 0.20 mm, dan panjang retak 8 mm.

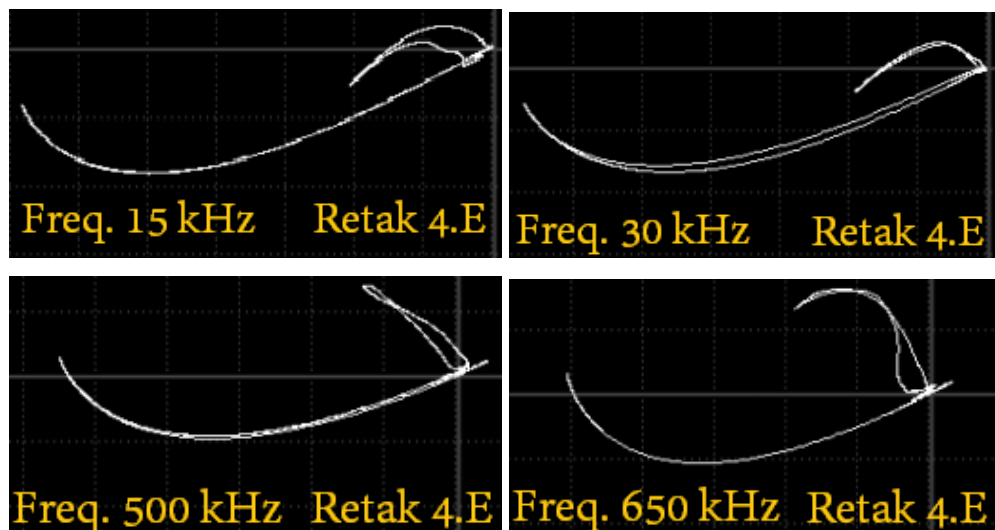


Gambar IV.45 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4D

Pada Gambar IV.45 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 4D pada *test piece* 4. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 4D yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 4E**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 4E yang memiliki ukuran kedalaman retak 1.5 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.



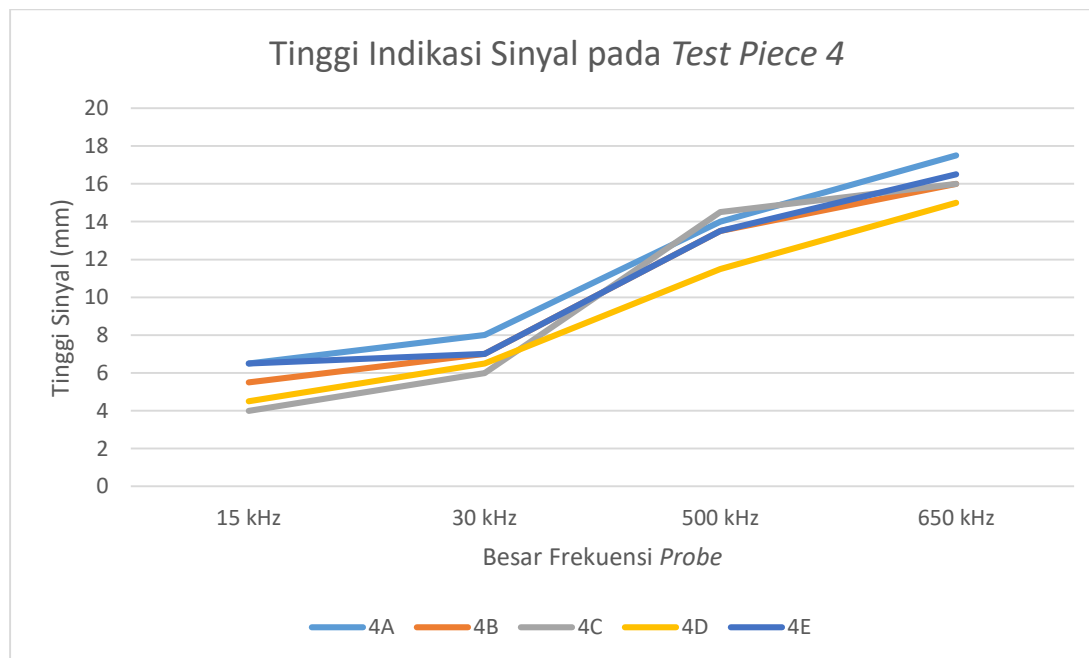
Gambar IV. 46 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 4E

Pada Gambar IV.46 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 4E pada *test piece* 4. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 4E yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

Tabel IV. 10 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 4

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 4	4A	8	0.35	1.5	6.5	8.0	14.0	17.5
	4B	8	0.25	1.5	5.5	7.0	13.5	16.0
	4C	8	0.15	1.5	4.0	6.0	14.5	16.0
	4D	8	0.20	1.5	4.5	6.5	11.5	15.0
	4E	8	0.25	1.5	6.5	7.0	13.5	16.5

Pada Tabel IV.10 menunjukkan rekapitulasi besar tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 4. Bisa dilihat pada tabel diatas, tinggi indikasi sinyal di tiap kode retak membesar seiring bertambah besarnya frekuensi *probe* yang digunakan. Pada sub-bab ini disajikan pula rekapitulasi tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 4 dalam bentuk grafik seperti pada Gambar IV.47.



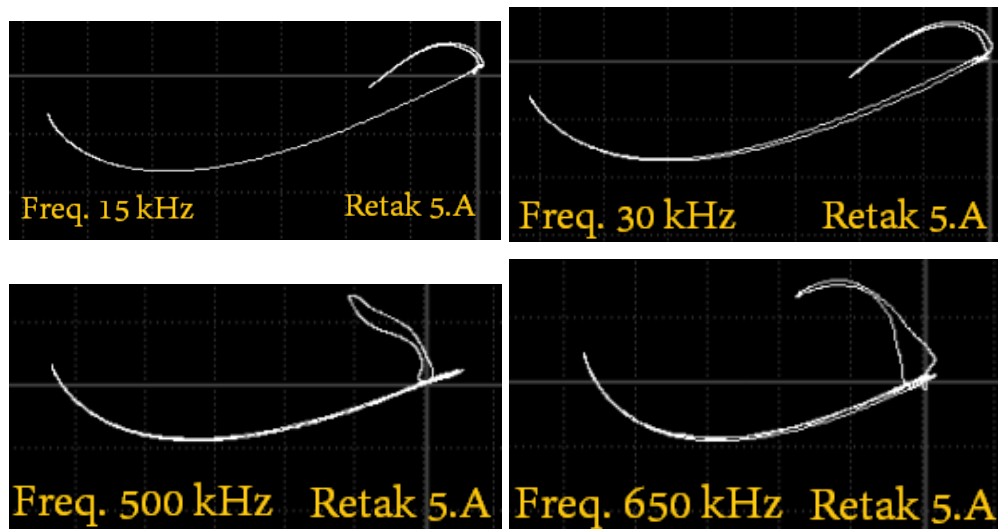
Gambar IV. 47 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada *test piece* 4

#### IV.7.5 Perbandingan Ketinggian Sinyal Retak pada *Test Piece* #5

Pada sub-bab ini akan dilakukan perbandingan hasil pengujian pada *test piece* #5 ditiap kode retaknya (5A, 5B, 5C, 5D, dan 5E) yang memiliki kedalaman retak sama yaitu 2.0 mm berdasarkan variasi/perubahan frekuensi pada *probe* yang digunakan dan akan disajikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik.

- **Kode Retak 5A**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 5A yang memiliki ukuran kedalaman retak 2.0 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.

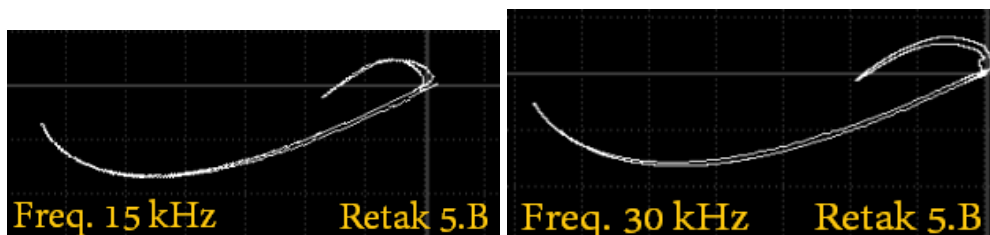


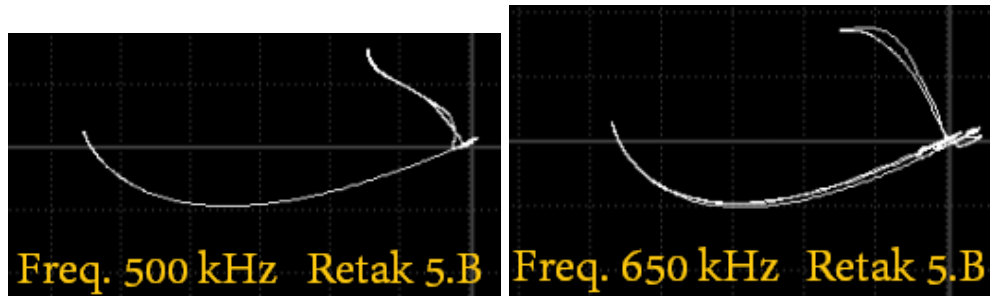
Gambar IV. 48 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5A

Pada Gambar IV.48 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 5A pada *test piece* 5. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 5A yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 5B**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 5B yang memiliki ukuran kedalaman retak 2.0 mm, lebar retak 0.15 mm, dan panjang retak 8 mm.

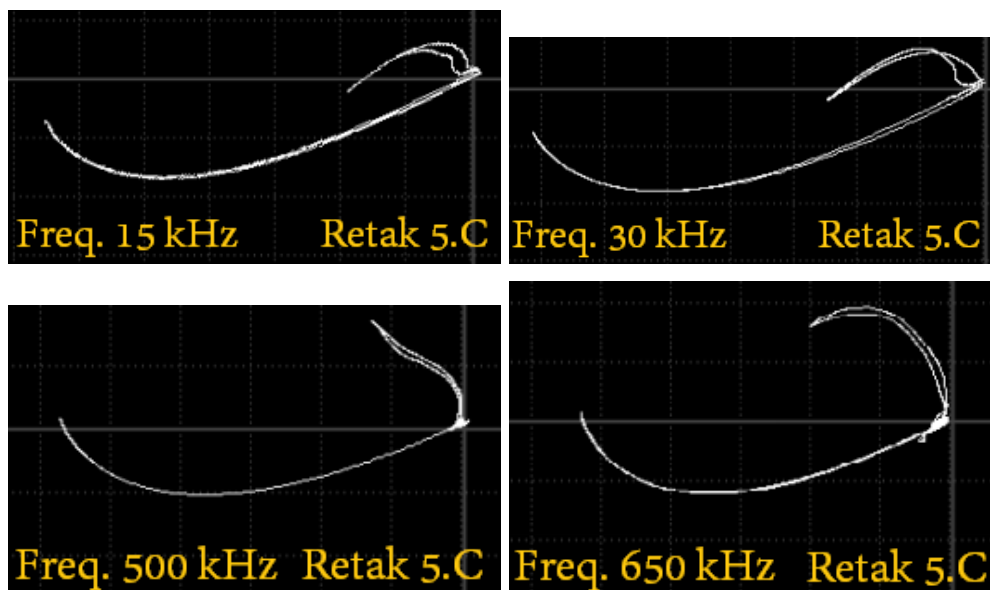




Gambar IV. 49 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5B  
 Pada Gambar IV.49 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 5B pada *test piece* 5. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 5B yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 5C**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 5C yang memiliki ukuran kedalaman retak 2.0 mm, lebar retak 0.20 mm, dan panjang retak 8 mm.

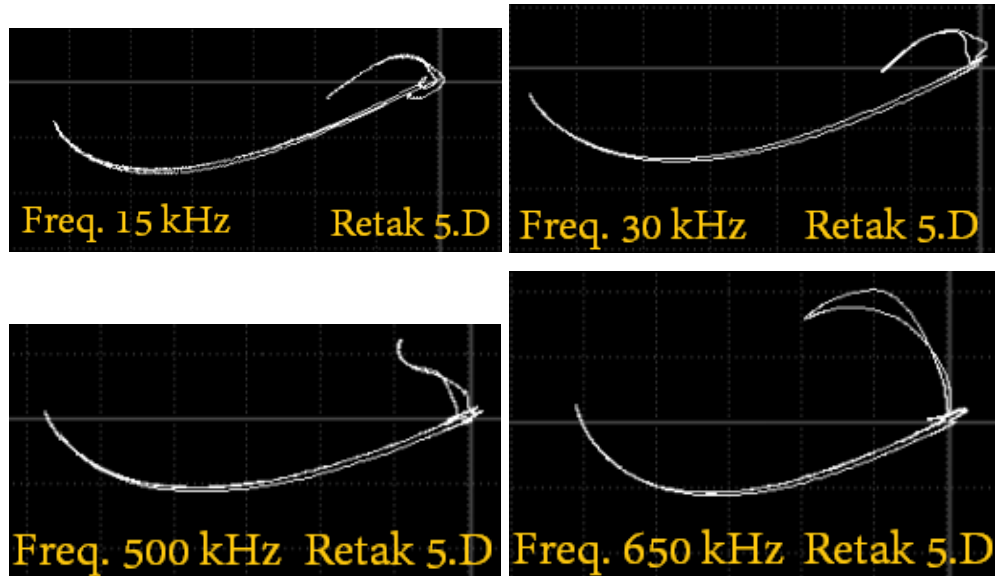


Gambar IV. 50 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5C  
 Pada Gambar IV.50 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 5C pada *test piece* 5. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 5C yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.



- **Kode Retak 5D**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 5D yang memiliki ukuran kedalaman retak 2.0 mm, lebar retak 0.25 mm, dan panjang retak 8 mm.

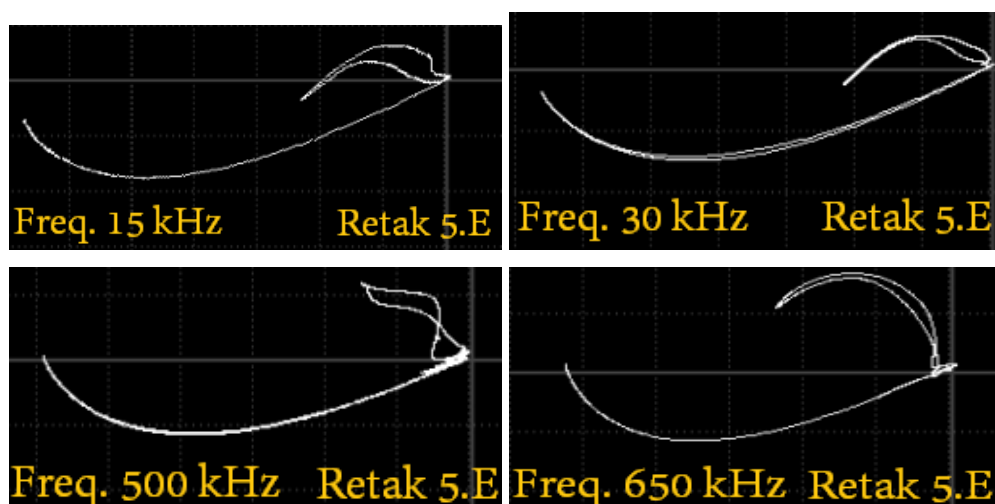


Gambar IV. 51 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5D

Pada Gambar IV.51 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 5D pada *test piece* 5. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 5D yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

- **Kode Retak 5E**

Berikut akan disajikan hasil pengujian pada kode retak 5E yang memiliki ukuran kedalaman retak 2.0 mm, lebar retak 0.35 mm, dan panjang retak 8 mm.



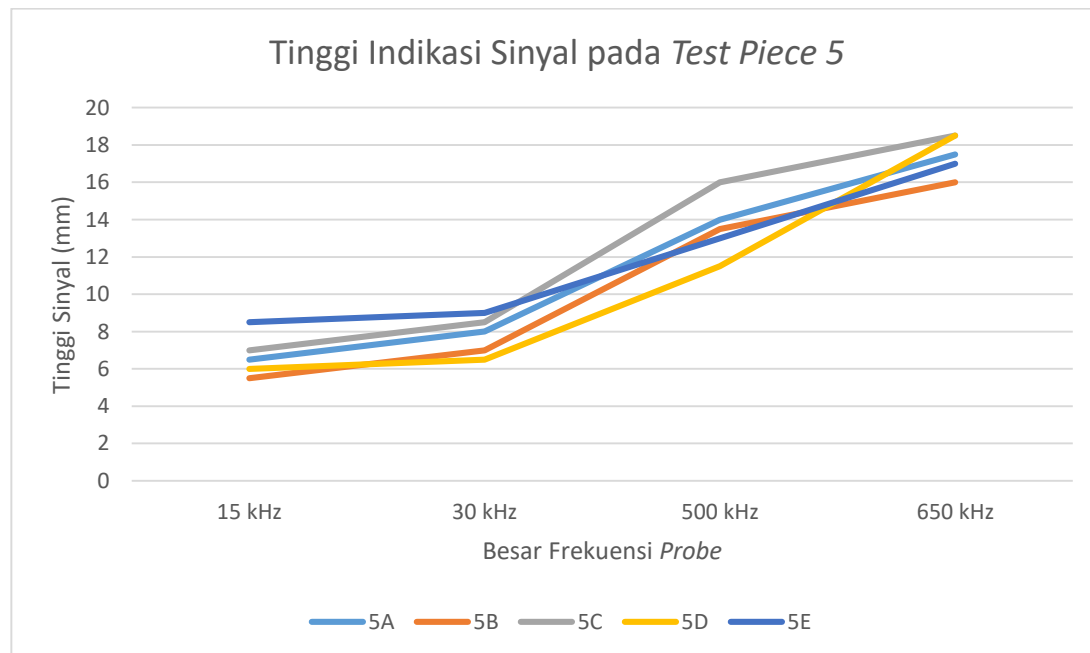
Gambar IV. 52 Perbandingan ketinggian sinyal pada kode retak 5E

Pada Gambar IV.52 menunjukkan hasil pengujian yang didapat melalui pengujian terhadap kode retak 5E pada *test piece* 5. Adanya perubahan ketinggian sinyal pada kode retak 5E yang disebabkan oleh pengaruh penggunaan variasi frekuensi pada *probe* seperti yang disajikan pada gambar diatas.

Tabel IV. 11 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 5

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 5	5A	8	0.25	2	6.0	7.5	13.5	13.5
	5B	8	0.15	2	6.0	7.5	15.5	17.5
	5C	8	0.20	2	7.0	8.5	16.0	18.5
	5D	8	0.25	2	6.0	7.0	11.5	18.5
	5E	8	0.35	2	8.5	9.0	13.0	17.0

Pada Tabel IV.11 menunjukkan rekapitulasi besar tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 5. Bisa dilihat pada tabel diatas, tinggi indikasi sinyal ditiap kode retak membesar seiring bertambah besarnya frekuensi *probe* yang digunakan. Pada sub-bab ini disajikan pula rekapitulasi tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece* 5 dalam bentuk grafik seperti pada Gambar IV.53.



Gambar IV. 53 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada *test piece* 5

## IV.8 Pembahasan

### IV.8.1 Pengaruh Variasi Frekuensi terhadap Ketinggian Sinyal Indikasi Retak

Sub-bab IV.2 sampai dengan IV.6 menunjukkan hasil pengujian *eddy current* dari kelima *test piece* berdasarkan variasi frekuensi *probe* yang digunakan dengan kedalaman retak yang berbeda-beda juga ditiap *test piece*nya. Gambar IV.5 sampai dengan Gambar IV.8 menunjukkan hasil *screenshot* sinyal retak tiap kode retak pada *test piece* #1. Gambar IV.9 sampai dengan Gambar IV.12 menunjukkan hasil *screenshot* sinyal retak tiap kode retak pada *test piece* #2. Gambar IV.13 sampai dengan Gambar IV.16 menunjukkan hasil *screenshot* sinyal retak tiap kode retak pada *test piece* #3. Gambar IV.17 sampai dengan Gambar IV.20 menunjukkan hasil *screenshot* sinyal retak tiap kode retak pada *test piece* #4. Gambar IV.21 sampai dengan Gambar IV.24 menunjukkan hasil *screenshot* sinyal retak tiap kode retak pada *test piece* #5. Sedangkan Tabel IV.2 sampai dengan Tabel IV.6 menunjukkan rekapitulasi tinggi sinyal retak dari kelima *test piece* yang diukur tiap kali sinyal retak muncul dilayar alat *eddy current*. Dengan adanya bukti *screenshot* sinyal retak yang ditunjukkan pada Gambar IV.5 hingga Gambar IV.24 dan tinggi sinyal retak pada Tabel IV.2 hingga Tabel IV.6, menunjukkan bahwa *eddy current testing* mampu mendeteksi seluruh retak buatan yang ada di *test piece* #1 hingga *test piece* #5 sejumlah 24 retak buatan.

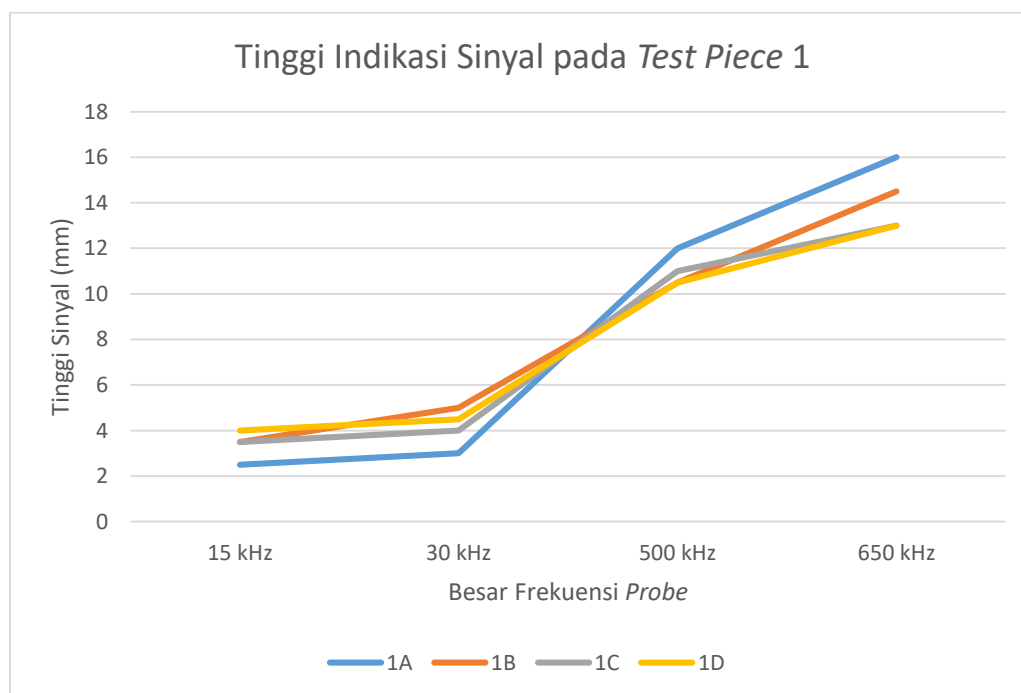
Sub-bab IV.7 membahas mengenai perbandingan ketinggian sinyal retak tiap kode retak dengan kedalaman retak yang sama berdasarkan variasi/perubahan frekuensi *probe* yang digunakan. Gambar IV.25 hingga Gambar IV.28 menampilkan hasil *screenshot* perbandingan tinggi sinyal retak pada kode retak 1A, 1B, 1C, dan 1D menggunakan 4 variasi frekuensi yang berbeda (15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz). Gambar IV.30 hingga Gambar IV.34 menampilkan hasil *screenshot* perbandingan tinggi sinyal retak pada kode retak 2A, 2B, 2C, 2D, dan 2E menggunakan 4 variasi frekuensi yang berbeda. Gambar IV.36 hingga Gambar IV.40 menampilkan hasil *screenshot* perbandingan tinggi sinyal retak pada kode retak 3A, 3B, 3C, 3D, dan 3E menggunakan 4 variasi frekuensi yang berbeda. Gambar IV.42 hingga Gambar IV.46 menampilkan hasil *screenshot* perbandingan tinggi sinyal retak pada kode retak 4A, 4B, 4C, 4D, dan 4E menggunakan 4 variasi frekuensi yang berbeda. Sedangkan Gambar IV.48 hingga Gambar IV.52 menampilkan hasil *screenshot* perbandingan tinggi sinyal retak pada kode retak 5A, 5B, 5C, 5D, dan 5E menggunakan 4 variasi frekuensi yang berbeda. Setelah didapatkan hasil tinggi sinyal retak melalui perbandingan ketinggian sinyal tiap kode retak per

*test piece*, maka grafik dapat dilihat pada Gambar IV.29, Gambar IV.35, Gambar IV.41, Gambar IV.47, dan Gambar IV.53.

Pada grafik tersebut, memperlihatkan terjadinya kenaikan tinggi sinyal indikasi retak yang muncul di monitor alat *eddy current testing* seiring bertambahnya frekuensi *probe* yang digunakan untuk menguji retak buatan pada tiap *test piece*. Sebagai contoh dapat dilihat grafik perbandingan sinyal indikasi retak pada *test peace #1* seperti pada Gambar IV.54 dan rekapitulasi tinggi sinyal pada Tabel IV.12

Tabel IV. 12 Tinggi indikasi sinyal tiap kode retak pada *test piece 1*

	Kode Retak	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Kedalaman Retak (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
					15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
Test Piece 1	1A	8.00	0.15	1.00	2.50	3.00	12.00	16.00
	1B	8.00	0.20	1.00	3.50	5.00	10.50	14.50
	1C	8.00	0.25	1.00	3.50	4.00	11.00	13.00
	1D	8.00	0.35	1.00	4.00	4.50	10.50	13.00



Gambar IV.54 Grafik perbandingan tinggi indikasi tiap kode retak pada *test piece 1*

Jika melihat Tabel dan Grafik diatas pada kode retak 1A, tinggi sinyal saat frekuensi yang digunakan sebesar 15 kHz yaitu 2.5 mm. Saat frekuensi yang digunakan sebesar 30 kHz, tinggi sinyal indikasi retak yaitu 3 mm. Saat frekuensi yang digunakan sebesar 500 kHz, tinggi

indikasi sinyal retak sebesar 12 mm. Sedangkan saat frekuensi yang digunakan sebesar 650 kHz, tinggi indikasi sinyal sebesar 16 mm. Hal tersebut menunjukkan adanya perubahan tinggi sinyal saat frekuensi yang digunakan juga berubah, semakin besar frekuensi pada *probe* semakin tinggi pula sinyal indikasi retak yang muncul pada monitor alat *eddy current testing*.

Frekuensi memiliki pengaruh pada diagram *impedance plane*. Ketika frekuensi pada *probe* yang digunakan berubah, maka bentuk kurva lokus konduktivitas juga akan berubah. Pada frekuensi rendah, posisi titik angka konduktivitas aluminium tidak berdekatan dengan angka konduktivitas tembaga yang notabene angka konduktivitas tembaga dijadikan standar yaitu 100% IACS. Pada frekuensi tinggi, posisi titik angka konduktivitas aluminium akan semakin mendekati titik angka konduktivitas tembaga. Hal tersebut menyebabkan kurva lokus *lift-off* semakin panjang atau bertambah seiring bertambahnya frekuensi yang digunakan untuk melakukan uji *eddy current*. Dapat disimpulkan menurut hasil analisis dan perbandingan diatas, semakin tinggi frekuensi *probe* yang digunakan semakin bertambah pula tinggi sinyal indikasi retak yang muncul di monitor alat *eddy current testing*.

#### **IV.8.2 Pengaruh Variasi Frekuensi Terhadap Kemampuan Kedalaman Penembusan Sinyal (*Depth of Penetration*)**

Selain mempengaruhi ketinggian sinyal indikasi retak, perubahan frekuensi juga akan berpengaruh terhadap standar kedalaman penembusan standar/*Standard Depth of Penetration* atau 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 yang diambil dari ASNT *Handbook for electromagnetic testing* :

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

Dimana,  $\delta$  adalah Kedalaman penembusan standar, K adalah konstan (50 jika satuan pakai mm),  $\rho$  adalah Resistivitas (dalam micro.ohm.centimeter),  $f$  adalah Frekuensi (Hz), dan  $\mu_{rel}$  adalah 1 (untuk *nonferromagnetic material*). Resistivitas Aluminium 5083 menurut ASM *Handbook* sebesar 5.95 micro.ohm.cm. Berikut akan disajikan hasil perhitungan kedalaman penembusan standar / SDP tiap frekuensi yang digunakan dalam pengujian pada Tabel IV.13

Tabel IV.13 Hasil perhitungan SDP (*Standard Depth of Penetration*)

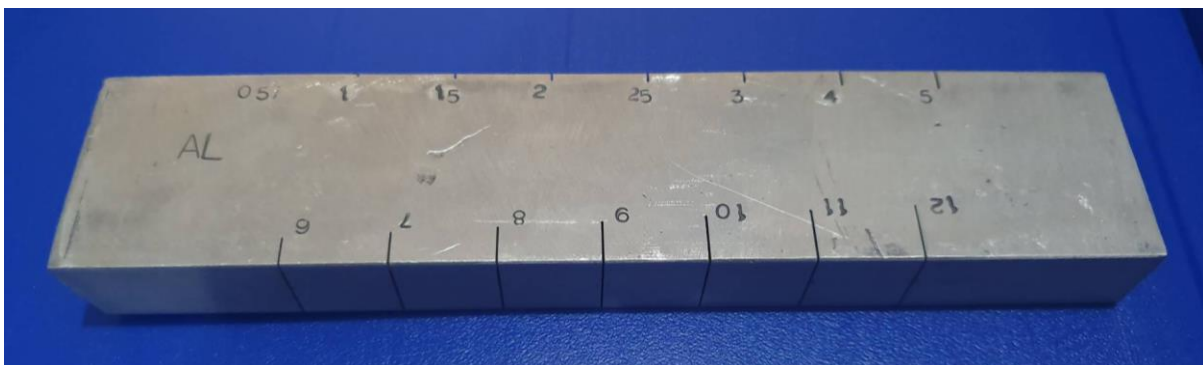
<i>Standart Depth of Penetration (mm)</i>			
15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
0.996	0.704	0.172	0.151

Dari kelima *test piece* yang diuji, dimensi kedalaman retak paling besar yaitu 2.0 mm yang terdapat pada *test piece* #5. Jika dilihat pada Tabel IV.13, SDP pada frekuensi diatas hanya mampu menembus kedalaman standar maksimum sebesar 0.996 mm (15 kHz). Namun sinyal *eddy current* tidak langsung menghilang begitu saja. Sinyal *eddy current* memiliki EDP (*Efective Depth of Penetration*) yaitu batasan efektif suatu sinyal mampu menembus kedalaman 3 kali SDP, setelah itu sinyal akan berangsur-rangsur hilang. Berikut akan disajikan hasil perhitungan EDP tiap frekuensi pada Tabel IV.14.

Tabel IV. 14 Hasil perhitungan EDP (*Efective Depth of Penetration*)

<i>Efective Depth of Penetration (mm)</i>			
15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
2.987	2.112	0.517	0.454

Hasil perhitungan EDP (*Efective Depth of Penetration*) pada Tabel IV.14 akan dibandingkan dengan hasil pengujian pada blok kalibrasi . Blok kalibrasi yang digunakan dalam pembahasan sub-bab ini bisa dilihat pada gambar IV.55. Berdasarkan pada tabel di atas, EDP pada frekuensi diatas hanya mampu menembus kedalaman maksimum sebesar 2.987 mm dan minimum sebesar 0.454 mm. Berdasarkan hasil uji pada blok kalibrasi, didapatkan tinggi sinyal indikasi retak buatan yang akan disajikan pada Tabel IV.15.



Gambar IV. 55 Blok Kalibrasi

Tabel IV.15 Dimensi kedalaman retak dan tinggi sinyal indikasi pada blok kalibrasi

Dimensi Kedalaman Retak Blok Kalibrasi (mm)	Tinggi Sinyal masing-masing frekuensi (mm)			
	15 kHz	30 kHz	500 kHz	650 kHz
0.50	2.00	3.00	9.00	11.50
1.00	5.50	7.50	16.50	18.00
1.50	8.00	10.00	19.50	21.50
2.00	10.50	13.50	23.00	23.50
2.50	13.00	15.00	24.00	24.50
3.00	15.50	18.00	24.50	25.00
4.00	17.00	20.00	24.50	25.00
5.00	19.50	22.50	24.50	25.50
6.00	19.50	23.00	25.00	25.50
7.00	20.00	23.00	25.00	26.00
8.00	20.00	23.00	25.00	26.00

Berdasarkan Tabel IV.13 dan Tabel IV.14, Nilai SDP (*Standard Depth of Penetration*) frekuensi 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz secara urut sebesar 0.996 mm, 0.704 mm, 0.172 mm, dan 0,151 dan nilai EDP (*Efective Iepth of Penetration*) secara urut sebesar 2.987 mm, 2.112 mm, 0.517 mm, dan 0.454 mm. Tiap frekuensi memiliki batasan kemampuan pendeteksian adanya retak. Pada tabel IV.15, telah dilakukan pengujian pada blok kalibrasi untuk mengetahui kemampuan maksimal ke-empat frekuensi dalam mendeteksi adanya indikasi retak. Kemampuan maksimal kemampuan pendeteksian adanya indikasi retak ditandai dengan adanya selisih ketinggian sinyal yang relatif kecil atau tinggi sinyal sama saat mendeteksi kedalaman yang berbeda. Pada frekuensi 15 kHz dan 30 kHz, selisih tinggi sinyal yang relatif kecil terdapat pada saat mendeteksi kedalaman retak 5.00 mm. Hal tersebut dapat dikatakan kemampuan maksimal frekuensi 15 kHz dan 30 kHz dalam mendeteksi adanya retak hanya mampu hingga kedalaman retak 5.00 mm. Pada frekuensi 500 kHz, selisih tinggi sinyal yang relatif kecil terdapat pada saat mendeteksi kedalaman retak 2.00 mm. Hal tersebut dapat dikatakan kemampuan maksimal frekuensi 500 kHz dalam mendeteksi adanya retak hanya mampu hingga kedalaman retak 2.00 mm. Pada frekuensi 650 kHz, selisih tinggi sinyal yang relatif kecil terdapat pada saat mendeteksi kedalaman retak 1.50 mm. Hal tersebut dapat

dikatakan kemampuan maksimal frekuensi 650 kHz dalam mendeteksi adanya retak hanya mampu hingga kedalaman retak 1.50 mm

Dapat disimpulkan, perhitungan EDP berguna untuk mengetahui kemampuan frekuensi terhadap keefektifan kedalaman penetrasi sehingga dapat menghasilkan keakuratan yang tinggi. Namun ketika akan mendeteksi kedalaman retak yang melebihi kemampuan EDPnya, arus *eddy* masih dapat mengindikasikan adanya retak hanya saja keakuratannya menurun hingga mencapai batasan arus *eddy* tidak bisa menembus lebih dalam lagi yang ditandai dengan tidak adanya selisih ketinggian sinyal indikasi retak.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar frekuensi pada *probe* yang digunakan untuk pengujian *eddy current* akan semakin meningkatkan sinyal indikasi retak yang muncul di alat *eddy current testing* yang ditunjukkan bertambah tingginya sinyal indikasi seiring bertambah besarnya frekuensi.
2. Nilai SDP (*Standard Depth of Penetration*) frekuensi 15 kHz, 30 kHz, 500 kHz, dan 650 kHz secara urut sebesar 0.996 mm, 0.704 mm, 0.172 mm, dan 0,151. Sedangkan nilai EDP (*Efective Iepth of Penetration*) secara urut sebesar 2.987 mm, 2.112 mm, 0.517 mm, dan 0.454 mm. Semakin besar frekuensi pada *probe* yang digunakan untuk pengujian *eddy current* akan semakin menurunkan kemampuan kedalaman penembusan yang dibuktikan semakin menurunnya nilai SDP (*Standard Depth of Penetration*) dan EDP (*Efective Depth of Penetration*) seiring bertambahnya frekuensi.
3. Arus *eddy* masih bisa menembus melebihi kedalaman penembusan efektifnya namun keakuratannya akan berkurang hingga arus *eddy* tidak dapat menembus lebih dalam lagi. Batasan kemampuan frekuensi 15 kHz dan 30 kHz dalam mendeteksi adanya indiaksi retak yaitu hingga kedalaman retak 5.00 mm. Sedangkan batasan kemampuan frekuensi 500 kHz dan 650 kHz dalam mendeteksi adanya indiaksi retak secara urut yaitu hingga kedalaman retak 2.00 mm dan 1.50 mm.
4. Permukaan *weld metal* yang tidak rata akan mengurangi sensitivitas pendeteksian retak.

#### **V.2 Saran**

Penelitian ini menggunakan jenis sambungan las *butt joint*. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan menggunakan jenis sambungan las *T-joint* dikarenakan membutuhkan sensitivitas yang lebih tinggi ketika ada retak dibagian *weld meldnya*.

(halaman sengaja dikosongkan)

## DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society. (1991). *Welding Handbook*. In A. W. Society, *Welding Process* (p. 110). Miami: American Welding Society.
- ASM International. (1989). *Non Destructive Evaluation and Quality Control*. USA: ASM International.
- Calvano, F. (2010). *Electromagnetic Non Destructive Evaluation and Inverse Problems*. Napoli: Universita Di Napoli Federico II.
- Cardarelli, F. (2000). *Materials Handbook*. London: Springer-Verlag London Berlin Heidelberg.
- Cox, J. (1997). *Classroom Training Book, Nondestructive Testing, Eddy Current*. South Harrisburg: PH Diversified, Inc.
- Davis, J. R. (2001). *Alloying: Understanding the Basics*. U.S.: ASM International.
- Grote, K.-H., & Antonsson, E. K. (2006). *Springer Handbook of Mechanical Engineering*. Chicago: Springer.
- Hageimer, D. J. (2002). *Fundamentals of Eddy Current Testing*. USA: The American Society for Nondestructive Testing Inc.
- Hendroprasetyo, W. (2015). *Training Hand Out Eddy Current Testing*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- International Atomic Energy Agency. (2011). *Training Guidelines for Non Destructive Testing Techniques*. Vienna: Vienna International Centre.
- Marshal, G. C. (1967). *Nondestructive Testing Eddy Current Basic Principles*. U.S.: Space Aeronautics and Space Administration.
- Martin, J. G., Gil, J. G., & Sanchez, E. V. (2011). *Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing*. Valladolid: sensors.
- Mester, M. L., McIntire, P., & McMaster, R. C. (2001). NONDESTRUCTIVE TESTING HANDBOOK. Dalam M. L. Mester, P. McIntire, & R. C. McMaster, *ELECTROMAGNETIC TESTING* (hal. 16). USA: American Society for Nondestructive Testing.

- Mirsha, D. N., Bhatia, A., & Rana, V. (2014). *Study on Electro Discharge Machining (EDM)*. Dehradun: The International Journal of Engineering and Science (IJES).
- Mix, P. E. (2005). *Introduction To Nondestructive Testing*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Moore, P. O. (2004). *NON DESTRUCTIVE TESTING "Electromagnetic Testing" Vol.5*. Columbus: American Society for Nondestructive Testing.
- Sadek, H. (2006). *Electromagnetic Testing-Classroom Training Book*. Columbus: ASNT.
- Williams, K. (2016). *Aluminum Weld Discontinuities: Causes & Cures*. Pittsburgh: ALCOA.

## BIOGRAFI PENULIS



Raka Navy Aditya Pratama, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Surabaya pada 24 April 1997 silam. Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Darul Arqom, kemudian melanjutkan ke SD Muhammadiyah 15 Surabaya, SMPN 16 Surabaya dan SMAN 15 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur Undangan.

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 10 ITS pada tahun 2016 dan Kepala Departemen Dalam Negeri HIMATEKPAL ITS 2017/2018. Selain itu, Penulis juga pernah menjadi LO (*Liaison Officer*) pada SENTA 2016 dan berbagai kepanitiaan *event* di ITS lainnya seperti ITS EXPO dan GERIGI ITS. Pada Juli 2018, untuk menyelesaikan syarat studinya penulis melaksanakan Kerja Praktik pertama di PT. Samudra Marine Indonesia yang berlokasi di Cilegon dan pada Januari 2019 penulis melaksanakan Kerja Praktik kedua di PT. Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Cabang Utama Surabaya yang berlokasi di Surabaya.

E-mail: rakanavy03@gmail.com

