

## BAB 6 EDDY CURRENT

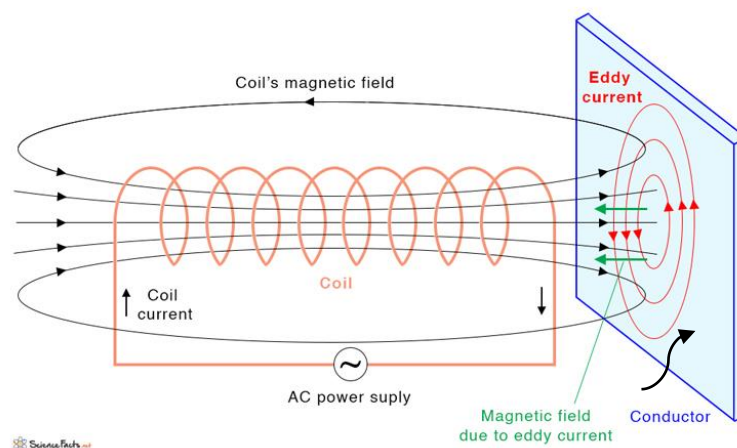
### 6.1 Pengertian Umum

Pemanfaatan phenomena eddy current untuk aplikasi uji tak merusak (non destructive test (NDT) seperti mendeteksi cacat/retak atau diskontinuitas di dalam objek/material.

### 6.2 Teori Pendukung

#### 6.2.1 Prinsip Eddy Current

Ada sebuah plat konduktor terpapar medan magnet. Perubahan medan magnet menyebabkan terbentuk arus listrik yang mengalir membentuk loop atau eddy pada konduktor tersebut. Arah arus listrik tegak lurus dengan arah medan magnet. Pada aplikasinya, medan magnet dihasilkan oleh coil yang dialiri arus listrik (Gambar 6.1). Hukum Faraday dan hukum Lenz sangat berkaitan dengan prinsip eddy current.



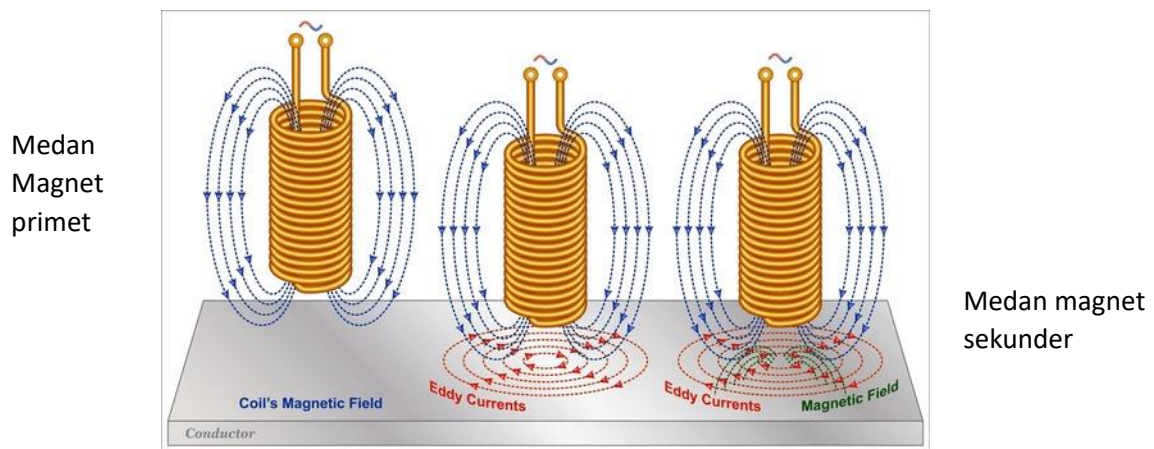
Gambar 6.2 eddy current terbentuk pada plat konduktor, sebagai akibat dari adanya medan magnet. Medan magnet dihasilkan oleh coil ketika coil dialiri arus listrik AC.

(sciencefacts.net, 2024)

Jika Arus bolak balik (AC) mengalir didalam coil (kumparan), maka medan magnet primer terbentuk disekitar coil. Perubahan arus bolak balik (AC) dalam kumparan menyebabkan perubahan juga medan magnet primer tersebut. Apabila sebuah logam konduktor didekatkan ke coil (kumpran) tadi, maka akan timbul arus eddy (eddy current) didalam logam konduktor itu. Arah arus eddy adalah tegak lurus terhadap medan magnet primer. Arus eddy (eddy current) akan menghasilkan medan magnet sendiri yang dikenal sebagai medan magnet sekunder). Arah medan magnet sekunder adalah berlawanan atau kebalikan dari medan magnet

primer (Gambar 6.3). Selanjutnya medan magnet sekunder berinteraksi dengan medan magnet primer dan kemudian mengganti medan magnet keseluruhan dan besar dari arus yang melewati koil/kumparan. Ini berarti impedansi dari kumparan berubah akibat dari pengaruh arus eddy. Arus eddy dalam perjalanannya juga mengalami resistensi, sebagaimana arus Listrik pada umumnya.

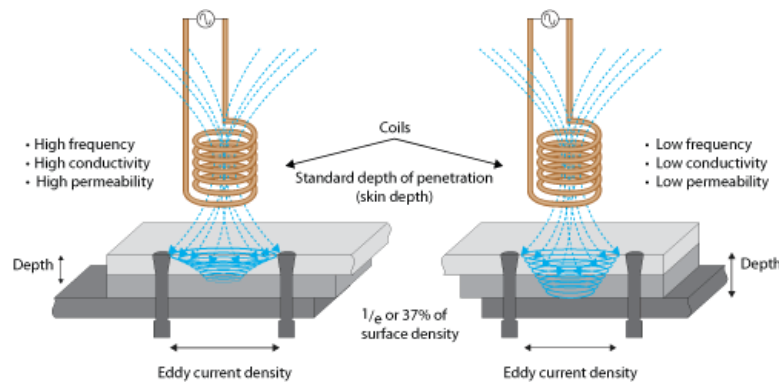
Impedansi adalah ukuran total dari resistansi dan reaktansi dalam suatu rangkaian Listrik. Impedansi diukur dalam ohm ( $\Omega$ ) dan biasanya dilambangkan dengan huruf Z. Impedansi ditampilkan dalam layar monitor atau alat ukur.



Gambar 6.3. Eddy Current Dan Medan Magnet Sekunder. (Global intan teknindo, 2024 :NDT Eddy Current Test: teknologi Canggih untuk deteksi Kerusakan Material”, 2024<https://giteknindo.id/ndt-eddy-current-test-teknologi-canggih-untuk-deteksi-kerusakan-material/> diunduh 7 Oktober 2024, jam 17.41 WIB)

## 6.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Arus Eddy.

**Konduktivitas.** Pada logam non magnetic , nilai konduktivitasnya sangat mempengaruhi arus eddy (eddy current). Bila sebuah material memiliki konduktivitas tinggi, maka arus eddy yang kuat akan dihasilkan di permukaan material. Pada permukaan akan terjadi medan magnet sekunder yang kuat. Kedalaman penetrasi arus eddy menjadi dangkal. Pada material dengan konduktivitas rendah , kedalaman penetrasi arus eddy lebih jauh. Gambar Dalam material dengan konduktivitas tinggi, arus eddy kuat dihasilkan di permukaan konduktor. Ini menyebabkan adanya medan magnet sekunder yang kuat. Ini membatasi penetrasi dari medan magnet primer ke dalam material. Artinya kedalaman penetrasi dari arus eddy dalam material konduktif terbatas. Namun dalam material yang kurang konduktif, kedalaman penetrasi arus eddy lebih besar seperti dalam Gambar 6.4

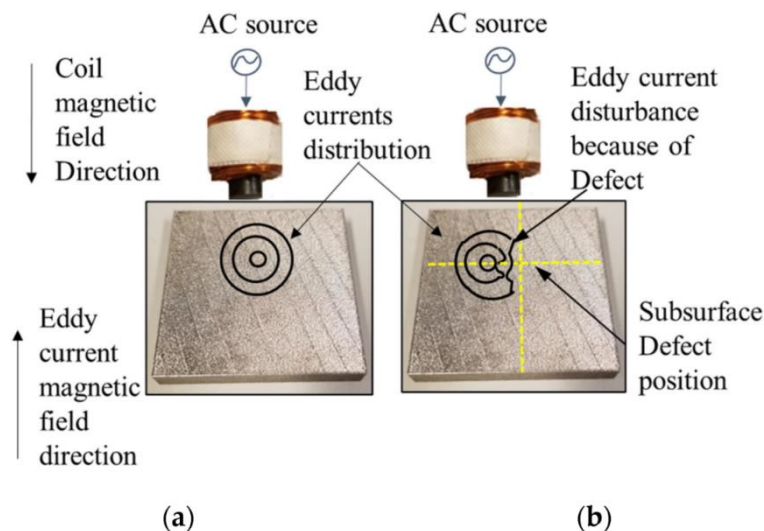


Gamba 6.4. Pengaruh Konduktivias, Frekwensi Dan Permeability Terhadap Kedalam Penetrasi Eddy Current. (Evident, 2024)

**Medan magnet primer.** Medan magnet primer menentukan kekuatan arus eddy dan juga kedalaman dari penetrasi arus eddy ke dalam material.

**Variasi geometri** seperti bentuk, ketebalan juga mempengaruhi distribusi arus eddy.

**Cacat/retak/diskontinuitas.** Keadaan cacat/retak dan diskontinuitas mempengaruhi distribusi arus eddy (eddy current) seperti terlihat pada Gambar 6.5. .



Gambar 6.5 Gangguan Arus Eddy Akibat Cacat. (Heba E. Farag Eet al, 2022)

### 6.2.3 Coupling

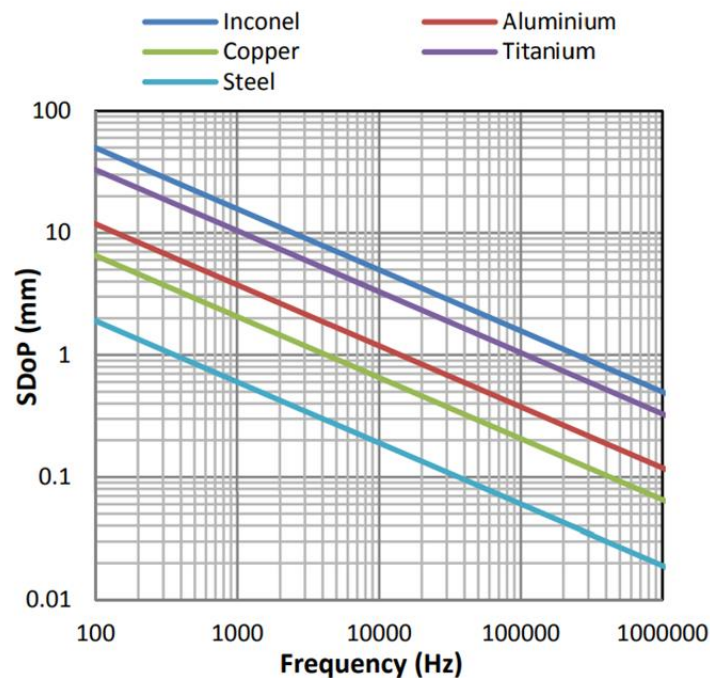
**Coupling** pada eddy current merujuk pada interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh koil/kumparan yang dialiri arus listrik dengan material konduktif. Coupling yang baik berarti bahwa sebagian besar energi dari medan magnet dapat diubah menjadi arus eddy yang mengalir dalam konduktor. Hal ini terjadi bila koil dekat dengan permukaan material.

**Lift-off** adalah dampak jarak antara ujung koil/kumparan dengan permukaan material. Jika lift-off meningkat, arus eddy dalam material biasanya akan turun Hal ini karena medan

magnet yang dihasilkan oleh koil/kumparan semakin jauh dari permukaan material, sehingga mengurangi efisiensi coupling

**Fill Factor** merujuk pada rasio antara area efektif dari arus eddy material dan area total dari koil/kumparan yang digunakan.

Arus eddy dalam material meningkat dengan frekuensi medan magnet menginduksi. Namun, kedalaman penetrasi rendah bila material memiliki konduktivitas dan permeabilitasnya tinggi. Kedalaman di mana intensitas arus eddy berkurang menjadi 37% dari intensitasnya di permukaan disebut *Standart Dept of Penetration (SDoP)* atau kedalaman standar penetrasi. Hubungan SDoP dengan Frekwensi dan material diperlihatkan pada Gambar 6.6 Gambar 6.4 juga berkaitan.



Gambar 6.6 Standart *Dept Of Penetration Of Various Frequencies In Various Materials*  
(S.Majidnia , et al , 2016)

#### 6.2.4 Diagram impedansi

Diagram impedansi dapat memaparkan hubungan impedansi berubah seiring dengan frekuensi. Diagram impedansi digunakan untuk interpretasi data hasil pengujian eddy current. Selain itu diagram impedansi dipakai untuk mengoptimalkan pengujian.

Diagram impedansi merupakan penggambaran grafik dari pengaruh variabel arus eddy terhadap impedansi tes koil. Variabel tersebut antara lain konduktivitas Listrik; variasi dimensi

dan permeabilitas magnetik bagian; frekuensi, diskontinuitas (seperti cacat atau retak) dan terakhir adalah faktor kopling.

Diagram impedansi terdiri dari sumbu X dan Sumbu Y. Sumbu X merupakan komponen resistif (resistance) impedansi kumparan sementara sumbu Y merupakan komponen induktif (inductive resistance) impedansi kumparan.

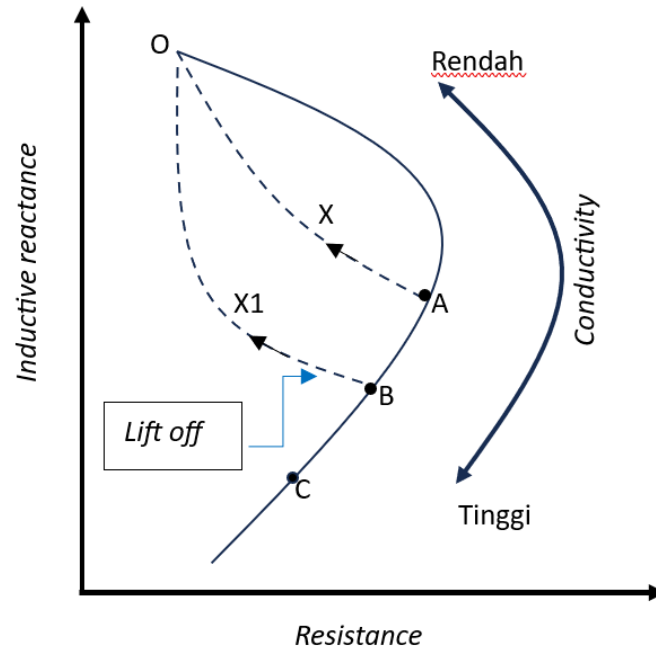
### **6.2.5 Lift Off Pada Diagram Impedansi (Impedansi Plane)**

Diingatkan kembali bahwa pemisahan antara kumparan/koil dan permukaan objek/benda uji adalah ukuran dari lift-off. Sebuah jarak pemisahan yang besar (besar lift-off) menyebabkan melemahnya induksi arus eddy. Ini mengakibatkan perubahan besar dalam impedansi kumparan. Sebuah pemisahan yang kecil (angkat kecil off) mengakibatkan produksi arus eddy yang kuat.

Perhatikan Gambar 6.8. Titik A adalah material A dengan konduktivitas bernilai A. Titik B adalah material B dengan konduktivitas bernilai B. titik C merupakan material C dengan konduktivitas C. Garis lurus yang melewati titik A, B, C dan D adalah garis konduktivitas objek/benda yang diinspeksi. Konduktivitas  $A < B < C$ .

Perhatikan lagi gambar 6.8. Titik 0 merupakan nilai impedansi koil/kumparan saat berada di udara. Titik O adalah jarak terjauh dari koil/kumparan terhadap permukaan objek/benda yang sedang di inspeksi. Ketika koil/kumparan mendekati permukaan objek/benda dengan konduktivitas bernilai A, maka nilai impedansi (garis putus-putus) menurun hingga menyentuh titik A (yang merupakan nilai konduktivitas material A). Mulai dari titik A ini, bila koil/kumparan bergerak menjauh dari permukaan objek/benda uji maka akan terbentuk garis panah putus-putus AX0. Inilah yang dikenal sebagai lift off objek dengan konduktivitas A.

Penjelasan lift off bagi B. Ketika koil/kumparan dari titik 0 mendekati permukaan objek/benda dengan konduktivitas bernilai B, maka nilai impedansinya (garis putus-putus) menurun hingga menyentuh titik B yang merupakan konduktivitas objek/benda B. Mulai dari titik B ini, bila koil/kumparan bergerak menjauh dari permukaan objek/benda uji maka akan terbentuk garis panah putus-putus BX10. Inilah yang dikenal sebagai lift off objek dengan konduktivitas B.



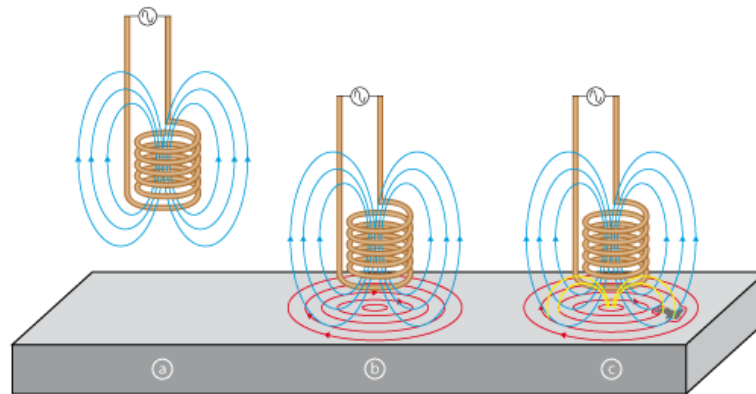
Gambar 6.8 Lift off pada beberapa material dengan beda konduktifitas.

### 6.2.6 Efek Retak Pada Diagram Impedansi

Perhatikan gambar 6.9. Gambar 6.9 a memperlihatkan lokasi koil/kumparan di udara dengan jarak yang jauh dari permukaan objek. Arus listrik bolak balik (AC) dialirkan kedalam koil/kumparan sehingga membangkitkan medan magnet (garis biru). Gambar 6.9 b memperlihatkan lokasi koil/kumparan berada diatas permukaan objek yang tidak memiliki retak. Ketika koil/kumparan berlokasi diatas permukaan objek yang memiliki konduktifitas, maka akan terjadi eddy current akibat induksi pada objek. (garis merah). Gambar 6.9 c. memperlihatkan lokasi kumparan/koil berada diatas permukaan objek yang memiliki retak. Ketika koil/kumparan berada diatas permukaan objek yang memiliki retak. Cacat/retak pada permukaan objek akan menggantu distribusi eddy current. Gangguan ini dapat diukur dengan instrument tertentu

Gambar 6.10 memperlihatkan perubahan yang terjadi pada diagram impedansi dalam kaitanya dengan lokasi kumparan terhadap permukaan objek yang tidak memiliki retak dan objek yang memiliki retak. Gambar 6.10 a. Ketika kumparan bergerak dari lokasi di udara bergerak turun mendekati objek dan akhirnya berada diatas permukaan objek yang tidak memiliki cacat/retak maka pada diagram impedansi akan terlihat nilai impedansi (garis putus putus) yang merupakan garis lift off. Gambar 6.10b. Ketika koil/kumparan berada diatas permukaan objek yang memiliki cacat/retak/diskontinuitas, maka pada diagram impedansi

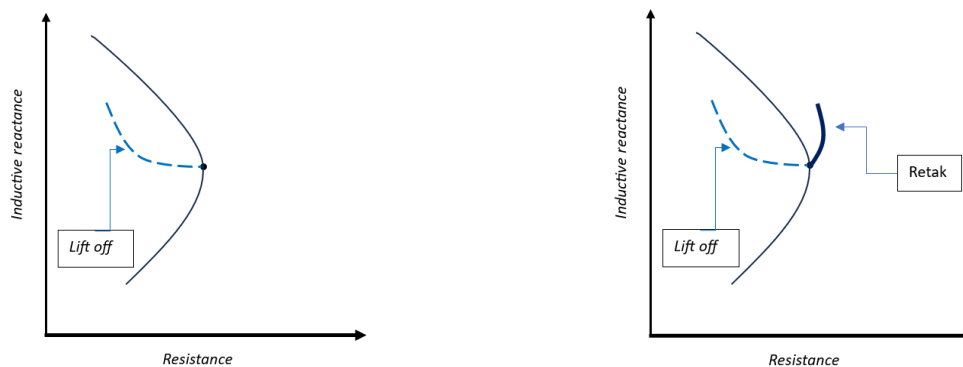
akan terlihat garis impedansi yang bukan garis lift off. Garis inilah yang menunjukkan adanya cacat. Garis tersebut muncul karena retak mengganggu eddy current yang ada di didalam objek.



(sumber; Betsy Kenaston - 7 December, 2021)

(a) (b) (c)

Gambar 6.9 Lokasi koil/kumparan kaitannya dengan eddy current



(a) Objek tidak memiliki retak

(b) Objek memiliki retak

Gambar 6.10. ilustrasi diagram impedansi dalam kaitannya dengan adanya retak pada objek yang memiliki retak

### 6.3 Prinsip Kerja

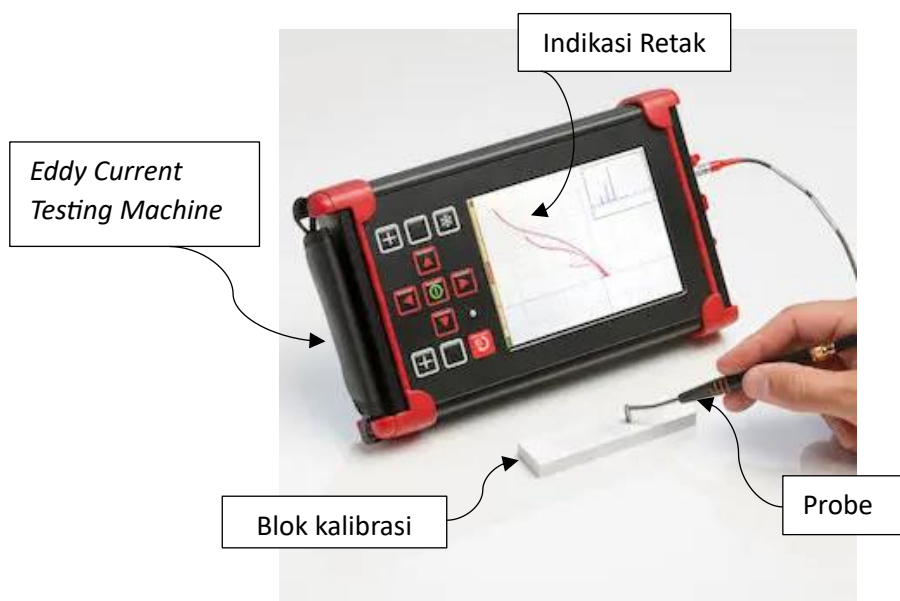
Pengujian arus eddy memakai koil/kumparan yang dikenal sebagai probe. Bila arus listrik bolak-balik diberikan kepada probe maka akan tercipta perubahan medan magnet primer didalam probe. Ketika probe berada di atas permukaan objek yang mau diuji, medan magnet primer menembus bahan konduktif dan menginduksi arus listrik lokal dalam objek uji. Arus local ini dikenal sebagai arus eddy. Arus eddy kemudian menciptakan medan magnet sekunder sendiri. Arah medan magnet sekunder berlawanan dengan arah medan magnet primer. Keberadaan medan magnet sekunder akan mempengaruhi medan magnet primer pada probe atau impedansi. Adanya cacat/retak/diskontinuitas pada objek akan menyebabkan lebih

terlihatnya perubahan impedansi pada alat ukur/layer monitor. uji. (The welding institute.com, 2024,)

#### 6.4 Peralatan dan Prosedur Kerja Pengujian (Henry, 2021)

Peralatan pengujian eddy current testing diperlihatkan pada (gambar 6.11) sebagai berikut :

1. Blok Kalibrasi
2. Probe NDE
3. Eddy Current Testing Machine



Gambar 6.11 Peralatan Eddy Current Testing. (<https://www.directindustry.com/>, 2021)

Pengujian ada tidaknya retak pada sebuah objek (seperti plat logam) dengan metode eddy current dilakukan dengan cermat. Diingatkan bahwa peralatan eddy current sebelum digunakan pada objek harus terlebih dahulu di kalibrasi. Tahapan pengujian eddy current pada blok standart adalah sama dengan apa yang dilakukan pada objek yang akan diinspeksi sebagai berikut (onestopndt, 2023):

- **Plat baja** sebagai objek uji diletakkan pada meja inspeksi.
- **Probe.** Instruktur melakukan persiapan probe dalam kondisi prima. Probe merupakan kawat yang dililit sedemikian rupa sehingga membentuk koil/kumpran.
- **Production of a Magnetic Field.** Instruktur menyalakan listrik AC sehingga probe akan menghasilkan medan magnet primer.



- **Generating Eddy Currents:** Instruktur mendekati dan menempelkan probe keatas permukaan objek. Medan magnet primer dari probe akan melalui material dan menghasilkan arus eddy dalam objek.
- **Data Collection.** Inspektur akan mengeser-geser probe. Bila ditemukan cacat/retak pada objek, arus eddynya akan berubah dan perubahan tersebut terlihat monitor (gambar 6.11). Inspektur lalu mengumpulkan data ini.
- **Analyze the Data.** Data data yang diperoleh selama pengujian dikumpulan dan dianalisa untuk menemukan kekurangan pada objek.

### 6.5. **Eddy Current Calibration Standards**

Standar kalibrasi arus eddy sangat penting untuk memastikan keakuratan dan keandalan peralatan pengujian arus eddy.

**Calibration Blocks** diaplikasikan untuk mengkalibrasi probe. Calibration block dapat memiliki geometri dan cacat yang berbeda-beda untuk memastikan respons probe akurat dalam berbagai kondisi. Calibration block yang umum dipakai adalah “3-Notch Surface Defect Calibration Standard: Calibration blok ini memiliki tiga (3) takik permukaan pada kedalaman 0,008”, 0,020”, dan 0,040”. Beberapa contoh calibration block diperlihatkan pada gambar 6.12.

### 6.6 **Kelebihan Dan Kekurangan**

pengujian Eddy Current digunakan untuk menginspeksi cacat/retak pada permukaan (surface) dan dekat permukaan (sub surface) objek. Pengujian ini tidak dapat diaplikasikan pada objek non konduktor. Pengujian eddy current sulit untuk diterapkan dalam hal mengukur ketebalan lapisan logam. Pendeteksian cacat, bagaimanapun, dipengaruhi jauh oleh kondisi permukaan, sifat material, uji kemampuan peralatan, frekuensi yang digunakan dan lingkungan pengujian



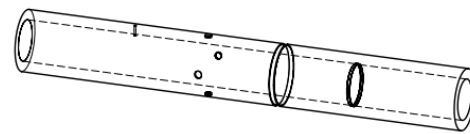
(a) 3-Notch Surface Defect Calibration Standard



(b) Air Force General Purpose Eddy Current Standard



(c) Bolthole Calibration Blocks



(d) ASME Sec. V Article 8 Mandatory Appendix VIII Eddy Current Tubing Calibration Standard

Gambar 12. Eddy Current Calibration Standards (PH tool eddy current, 2024)

### Daftar Pustaka

- sciencefacts.net, 2024, "eddy current", <https://www.sciencefacts.net/wp-content/uploads/2022/11/Eddy-Current.jpg>. Diunduh 3 oktober 2024 jam 14.30 WIB
- toppr.com ,2024, electromagnetic induction: eddy current “, <https://www.toppr.com/guides/physics/electromagnetic-induction/eddy-currents/> diunduh 3 oktober 2024 jam 17.21 WIB.
- Evident, 2024 Eddy Current Array Tutorial; Depth of Penetration, <https://www.olympus-ims.com/en/ndt-tutorials/eca-tutorial/what-is-eca/depth/> diunduh 3 oktober 2024, jam 20.36 WIB
- Heba E. Farag,Ehsan Toyserkani Mir Behrad Khamesee ,” Non-Destructive Testing Using Eddy Current Sensors for Defect Detection in Additively Manufactured Titanium and Stainless-Steel Parts” Journals Sensors 2022, 22(14), 5440;

<https://doi.org/10.3390/s22145440> [https://www.mdpi.com/sensors/sensors-22-05440/article\\_deploy/html/images/sensors-22-05440-g001.png](https://www.mdpi.com/sensors/sensors-22-05440/article_deploy/html/images/sensors-22-05440-g001.png) diunduh 3 oktober 2024 jam 21.00 WIB

S.Majidnia , R.Nilavalan , J. Rudlin , , 2016, A Numerical Study of Depth of Penetration of Eddy Currents”. TWI Ltd, Cambridge ,United Kingdom, Brunel University, London ,United Kingdom, <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/12315/1/Fulltext.pdf> diunduh 4 oktober 2024 jam 03.37 WIB.

Achmad Suseno Tony Prayuda dan Wing Hendropasetyo Akbar Putra , 2021, ” Analisis Kemampuan Pendeteksian Pengujian Eddy Current terhadap Crack Toe pada Sambungan Tee Material Aluminium 5083 yang Dilapisi Non-Conductive Coating dengan Variasi Kedalaman dan Panjang Crack, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 10, No. 2, (2021) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)

Betsy Kenaston - 7 December, 2021, Spark of Collaboration: High-Speed, Automated Conductivity Measurement Using Eddy Current—A Customer Story. “How Eddy Current Testing Devices Work”, Evident, <https://www.olympus-ims.com/en/insight/spark-of-collaboration-high-speed-automated-conductivity-measurement-using-eddy-current-a-customer-story/> diunduh 7 Oktober 2024, jam 17,46 WIB

Henry Haidar Jati Andrian dan Wing Hendropasetyo Akbar Putra, Analisis Kemampuan Pendeteksian Pengujian Eddy Current terhadap Retak Memanjang Logam Las pada Sambungan Tee Joint Material Aluminium 5083 Dilapisi Non-Conductive Coating dengan Variasi Panjang dan Kedalaman Cacat”, JURNAL TEKNIK ITS Vol. 10, No. 1, (2021) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print), G29 – G36

<https://www.directindustry.com/prod/ether-nde/product-222676-2277477.html> diunduh 10 oktober 2024 jam 13.55 WIB.

one stop ndt, Published on 09-Oct-2023, Eddy Current Testing - A Complete Guide, <https://www.onestopndt.com/ndt-articles/eddy-current-testing#eddy-current-testing-procedure>) diunduh 10 oktober 2024 jam 14.25 WIB

The welding institute.com , 2024, Eddy Current Testing Process– A Definitive Guide:, <https://theweldinginstitute.com/Eddy-Current-Testing-Process-A-Definitive-Guide> diunduh 10 oktober 2024 jam 14 19 wib.

PH tool eddy current, 2024,” Eddy Current Calibration Standards”, <https://www.ndt.com.au/wordpress/wp-content/uploads/2020/11/PH-Tools-Eddy-Current.pdf> diunduh 11 oktober 2024, jam 10.03 WIB