

**PENERAPAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA
NONDESTRUCTIVE TESTING PESAWAT TERBANG
DI MERPATI MAINTENANCE FACILITY**

Laporan Studi Ekskursi



Disusun oleh:

Kelompok Fisika XI MIPA 9

SMA Katolik St. Louis 1
Jalan M. Jasin Polisi Istimewa 7
Surabaya
2019

**PENERAPAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA
NONDESTRUCTIVE TESTING PESAWAT TERBANG
DI MERPATI MAINTENANCE FACILITY**

Laporan Studi Ekskursi



Disusun oleh:

Kelompok Fisika XI MIPA 9

SMA Katolik St. Louis 1
Jalan M. Jasin Polisi Istimewa 7
Surabaya
2019

**PENERAPAN GELOMBANG ULTRASONIK PADA
NONDESTRUCTIVE TESTING PESAWAT TERBANG
DI MERPATI MAINTENANCE FACILITY**

Laporan Studi Ekskursi ini disusun untuk memenuhi
Penilaian Kognitif dan Psikomotor Fisika dan Penilaian
Kognitif Bahasa Indonesia



Disusun oleh:

Kelompok Fisika XI MIPA 9

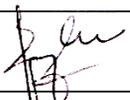
SMA Katolik St. Louis 1
Jalan M. Jasin Polisi Istimewa 7
Surabaya
2019

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Studi Ekskursi berjudul “Penerapan Gelombang Ultrasonik pada *Nondestructive Testing* Pesawat Terbang di Merpati Maintenance Facility” yang disusun oleh:

Cathy J.	/27485/ 4
Celline Williem	/27492/ 5
Edward L.	/27550/ 10
Jacqueline S.	/27617/ 16
Meissie Angela	/27743/ 25
Nikolaus Marvin	/27797/ 27
Patricia Audrey	/27805/ 28
Sawachelin	/27851/ 29
Yeremia Marcellius	/27932/ 36

telah disetujui dan disahkan oleh:

Nama	Tanda Tangan	Tanggal	Nilai
Irmina Indiyarti, S.Pd.			
MG. Ika Yuliasuti, S.Pd.		11/4-2019	
Monica Maria W. S., S.Pd., M.Hum.		9/4/2019	18

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, berkat dan penyertaan-Nya, sehingga kami boleh menyelesaikan Laporan Studi Ekskursi berjudul “Penerapan Gelombang Ultrasonik pada *Nondestructive Testing* Pesawat Terbang di Merpati Maintenance Facility”. Pembuatan laporan ini disusun dalam rangka mengetahui penerapan gelombang ultrasonik pada *Nondestructive Testing* pesawat terbang di Merpati Maintenance Facility serta memenuhi penilaian kognitif dan psikomotor fisika dan penilaian kognitif Bahasa Indonesia.

Kami dapat menyelesaikan laporan ini secara maksimal, berkat bantuan dari berbagai pihak, seperti teman-teman, guru dan lainnya. Dengan begitu, kami menyampaikan terima kasih, terutama kepada:

1. Ibu Dra. Indah Noor Aini, M.Pd. selaku kepala SMAK St. Louis 1,
2. Ibu MG. Ika Yuliasuti, S.Pd. selaku guru Bahasa Indonesia,
3. Ibu Irmina Indiyarti, S.Pd. selaku guru Fisika dan guru pendamping studi ekskursi fisika,
4. Bapak Indra Budi H., S. Kom selaku guru pendamping studi ekskursi fisika,
5. Merpati Maintenance Facility selaku perusahaan tempat diselenggarakannya studi ekskursi,

yang telah memberikan kontribusi berupa bantuan, masukan, serta teori dan pemikiran dalam kelangsungan pembuatan laporan ini.

Terlepas dari semua itu, kami sadar bahwa masih terdapat kekurangan pada laporan ini dari berbagai aspek, seperti tata bahasa, penulisan kalimat dan lainnya. Oleh karena itu, kami menerima dengan rendah hati segala saran maupun kritik

yang membangun dari para pembaca untuk memperbaiki dan menyempurnakan laporan ini. Akhir kata, kami berharap laporan yang telah kami buat dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 21 Maret 2019

Penulis

ABSTRAK

Studi ini mengkaji tentang penerapan gelombang ultrasonik pada *Nondestructive Testing* pesawat terbang di Merpati Maintenance Facility. Studi ini bertujuan untuk mengetahui penerapan dan prinsip kerja gelombang ultrasonik pada *Nondestructive Testing* pesawat terbang. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian deskriptif kualitatif. Pengumpulan data diperoleh dengan teknik observasi langsung dan wawancara. Berdasarkan data yang diperoleh, gelombang ultrasonik berperan besar dalam *Nondestructive Testing* untuk mendeteksi cacat pada komponen pesawat terbang. Salah satu alat uji *Nondestructive Testing* yang menerapkan gelombang ultrasonik adalah *Ultrasonic Flaw Detector*. Melalui studi ini dapat disimpulkan bahwa gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keretakan pada komponen pesawat terbang dan mengetahui letak keretakan dengan memantulkan gelombang ultrasonik dari *transducer*.

Kata kunci: Aviasi, Ultrasonik

ABSTRACT

As a part of St. Louis 1 Catholic High School's excursion program, our excursion was conducted in Merpati Maintenance Facility in order to determine the application of ultrasonic waves in aviation field. To obtain the information, the study used observation and interviews as the main methods. Based on the data collected, ultrasonic waves are used for Nondestructive testing to testing whether an airplane component has particular flaws. The flaws are determined by reflecting the ultrasonic waves between the medium of the component. In conclusion, the application of ultrasonic waves is important in aviation field because it is used to guarantee the safety of the flight passengers. In the future, Merpati Maintenance Facility is possible for Mathematics related studies to obtain additional knowledges about the calculation in the aviation field.

Keywords: Aviation, Ultrasonic

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulisan.....	2
D. Manfaat Penulisan.....	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
A. Tinjauan Pustaka	4
B. Landasan Teori	5
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Rancangan Penelitian	24
B. Populasi dan Sampel	24
C. Teknik Pengumpulan Data	24
D. Instrumen Pengumpulan Data.....	25
E. Prosedur Penelitian	25

BAB IV PEMBAHASAN.....	27
A. Pemeriksaan pada Pesawat Terbang	27
B. <i>Nondestructive Testing</i>	32
C. <i>Ultrasonic Flaw Detector</i>	39
BAB V PENUTUP	43
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45

DAFTAR TABEL

TABEL 1. TABEL PEMBAGIAN JENIS PERAWATAN	27
--	----

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1. Merpati Maintenance Facility.....	6
GAMBAR 2. Skema <i>Eddy Current Testing</i>	14
GAMBAR 3. Proses <i>Liquid Penetrant Testing</i>	16
GAMBAR 4. Skema <i>Thermography Test</i>	17
GAMBAR 5. Proses <i>Ultrasonic Testing</i>	18
GAMBAR 6. Macam-macam Bunyi	19
GAMBAR 7. <i>Ultrasonic Flaw Detector</i>	22
GAMBAR 8. Mesin Turbopan CFM56-7B.....	29
GAMBAR 9. Prinsip Kerja <i>Magnetic Particle Inspection (MPI)</i>	31
GAMBAR 10. Olympus EPOCH 1000i.....	32
GAMBAR 11. Prinsip <i>Eddy Current Testing</i>	33
GAMBAR 12. Langkah Melakukan <i>Penetrant Test</i>	34
GAMBAR 13. Cara Kerja <i>Thermography Test</i>	35
GAMBAR 14. <i>Radiography Test</i>	36
GAMBAR 15. <i>Transducer</i> pada <i>Ultrasonic Flaw Detector</i>	38
GAMBAR 16. Grafik <i>Ultrasonic Flaw Detector</i>	39

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

NDT atau *Nondestructive Testing* merupakan serangkaian kegiatan pengujian atau inspeksi dengan alat uji NDT yang mempunyai tujuan untuk mengetahui adanya keretakan dan cacat pada benda yang diuji tanpa merusak benda tersebut. Salah satu alat uji NDT adalah *Ultrasonic Flaw Detector*. *Ultrasonic Flaw Detector* merupakan alat uji untuk pengukuran mendeteksi cacat pada material yang menggunakan prinsip gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu di atas 20 kiloHertz.

Pada saat ini, *Ultrasonic Flaw Detector* merupakan alat uji yang tertua dan yang paling sering digunakan sejak tahun 1940-an. Hal tersebut disebabkan oleh keunggulan *Ultrasonic Flaw Detector* yang mampu mendeteksi cacat-cacat laminasi yang tidak mampu dideteksi oleh *Radiography test*, *Magnetic test* maupun *Penetrant test*. Selain itu, penerapan gelombang ultrasonik dalam *Ultrasonic Flaw Detector* membuat alat tersebut dapat mendeteksi kedalaman cacat, posisi dan dimensi cacat. *Ultrasonic Flaw Detector* telah digunakan diberbagai bidang, salah satunya dalam bidang aviasi. Dalam bidang aviasi, *Ultrasonic Flaw Detector* digunakan untuk mendeteksi cacat pada komponen pesawat terbang.

Oleh karena itu, diadakan penelitian ke Merpati Maintenance Facility. Penelitian ini bertujuan untuk melihat secara langsung dan melakukan penelitian terhadap penerapan gelombang ultrasonik pada *Nondestructive*

Testing pesawat terbang di Merpati Maintenance Facility. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menambah wawasan mengenai prinsip kerja dari *Ultrasonic Flaw Detector*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. apa macam-macam pemeriksaan pada pesawat terbang ?
2. apa yang dimaksud *Nondestructive Testing* ?
3. bagaimana prinsip kerja aplikasi gelombang ultrasonik dalam *Ultrasonic Flaw Detector* ?

C. Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. mendeskripsikan macam-macam pemeriksaan pada pesawat terbang,
2. mendeskripsikan prinsip kerja *Nondestructive Testing*,
3. mendeskripsikan prinsip kerja aplikasi gelombang ultrasonik dalam *Ultrasonic Flaw Detector*.

D. Manfaat Penulisan

Penelitian ini bermanfaat agar :

1. Bagi Pembaca
 - a. wawasan pembaca tentang bidang aviasi, terutama mengenai pemeriksaan dan perawatan pesawat terbang semakin bertambah,
 - b. penerapan gelombang ultrasonik pada *Nondestructive Testing* pesawat terbang dapat dipahami secara konkret,
 - c. prinsip kerja *Ultrasonic Flaw Detector* dapat dipahami secara konkret,

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

- a. peneliti selanjutnya dapat menjadikan laporan ini sebagai referensi untuk dasar penelitian selanjutnya,
- b. peneliti selanjutnya dapat memajukan penelitian mengenai inovasi-inovasi terbaru di bidang aviasi, terutama dalam penerapan gelombang ultrasonik.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Nondestructive Testing (NDT) adalah aktivitas pengujian atau inspeksi terhadap suatu benda atau material untuk mengetahui adanya cacat, retak atau *discontinuity* lain tanpa merusak benda yang diuji. NDT secara permanen mengubah material yang sedang diperiksa. Teknik tersebut dapat menghemat uang dan waktu dalam evaluasi produk, pemecahan masalah, dan penelitian. NDT umumnya memiliki metode termasuk ultrasonik, magnetikpartikel, penetrasi cair, radiografi, dan pengujian eddy. Saat ini NDT adalah alat yang sering digunakan dalam rekayasa forensik, teknik mesin, teknik elektro, teknik sipil, teknik sistem, teknik aeronautika, obat-obatan, dan seni. Metode NDT dapat mengandalkan pada penggunaan radiasi elektromagnetik, suara, dan sifat bahan untuk memeriksa sampel. (Yoga Dwi Wijanarko, *Makalah Pengujian NonDestruktif*, Fakultas Teknik Universitas Negri Semarang, 2015)

Ultrasonic Testing merupakan salah satu metode NDT yang banyak digunakan untuk mendeteksi adanya diskontinuitas seperti cacat dalam, cacat permukaan dan cacat dekat permukaan (*Subsurface*) dari peralatan yang terbentuk dari logam ataupun paduan (*Alloy*). Diskontinuitas ataupun cacat tersebut bisa berupa *crack*, *incomplete penetration*, dan *slag inclusion*. Prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh *transducer* pada benda kerja dan kemudian gelombang baliknya ditangkap oleh *receiver*. Gelombang yang diterima ini dapat diukur intensitasnya, waktu perambatan atau resonansi yang ditimbulkan sehingga

pada umumnya pemeriksaan ultrasonik ini didasarkan pada perbedaan intensitas gelombang yang diterima serta waktu perambatannya.

Sifat-sifat gelombang ultrasonik adalah :

1. perambatan yang lurus,
2. kemungkinan rambatan suara pada arah tertentu,
3. dapat membias sebagaimana sinar,
4. memungkinkan penyesuaian gelombang suara pada material.

(Ahmad Hilm, *Laporan Praktikum Inspeksi*, ITS, 2009)

B. Landasan Teori

1. Sejarah Merpati Maintenance Facility

Untuk menunjang kelancaran operasional penerbangan PT. Merpati Nusantara Airlines, pada tahun 1989 dibangun sebuah fasilitas perawatan bagi pesawat-pesawat milik PT. Merpati Nusantara Airlines yaitu Merpati Maintenance Facility. Pembangunan Merpati Maintenance Facility (MMF) diselesaikan dalam waktu 720 hari, ada keterlambatan 74 hari dari waktu yang direncanakan. Hangar dan *apronnya* dirancang khusus untuk menampung pesawat berbadan lebar seperti DC-10 dan Airbus. Konstruksi lantai terdiri dari tiang-tiang pancang sebagai penyangga dengan lantai bertulang sebesar 40 cm. Sedangkan untuk *apron* dan *taxi way* digunakan fondasi cakar ayam.

Pada akhir tahun 1990 pembangunan gedung-gedung perkantoran, perbengkelan, dan fasilitas tambahan telah selesai dibangun. Untuk itu, semua fasilitas perawatan dari Workshop Ujung Pandang Hangar Kemayoran dipindahkan ke Surabaya. Mulai awal Juni 1991 telah dipindahkan pula 150 pegawai dari Ujung Pandang dan 102 pegawai dari

Jakarta ke Surabaya, sehingga MMF mulai beroperasi pada tanggal 1 Agustus 1991. Bertepatan dengan ulang tahun PT. Merpati Nusantara Airlines, Merpati Maintenance Facility (MMF) diresmikan oleh Menteri Perhubungan Indonesia pada saat itu yaitu Ir. Azwar Anas.

GAMBAR 1. Merpati Maintenance Facility



Pada 12 November 2016, PT Garuda Maintenance Facility AeroAsia (GMF) secara resmi telah menyepakati Kerjasama Operasi (*Joint Operation*) dengan PT Merpati Maintenance Facility (MMF). Kerjasama Operasi ini dilakukan dalam upaya pengembangan bisnis GMF untuk meraih pasar perawatan pesawat di Indonesia Timur dengan menggandeng PT MMF sebagai *strategic partner* nya. Kerjasama ini meliputi pekerjaan *general aviation* yaitu *maintenance, repair, and overhaul* untuk *airframe, engine*, dan komponen pesawat berjenis Cessna 172/152, Twin Otter, Casa 212, Cessna Caravan 208/206, dan tidak menutup kemungkinan jenis kapabilitas pesawat lainnya sesuai dengan perkembangan bisnis kedepannya. Dalam proyek Kerjasama Operasi yang berjangka waktu 5 tahun ini masing-masing pihak baik GMF maupun

MMF memberikan kontribusi sesuai dengan kesepakatan dan akan dikelola secara terpadu oleh kedua belah pihak. Diawali dari lokasi hangar MMF di Surabaya, operasionalisasi Kerjasama Operasi yang dimulai di awal Januari 2017 ini juga dikembangkan di beberapa lokasi lain di wilayah timur Indonesia salah satunya Biak.

2. Pemeriksaan Pesawat Terbang (*Aircraft Maintenance*)

Pemeriksaan perawatan pesawat adalah inspeksi periodik yang harus dilakukan pada seluruh pesawat terbang sipil atau komersial setelah batas waktu atau penggunaan yang telah ditentukan sebelumnya. Maskapai penerbangan dan operator komersial lainnya yang memiliki pesawat besar atau bertenaga turbin mengikuti program inspeksi berkelanjutan yang disetujui oleh *Federal Aviation Administration* (FAA) di Amerika Serikat, atau oleh otoritas penerbangan sipil lainnya seperti Direktorat Jenderal Perhubungan Udara di Indonesia atau *European Aviation Safety Agency* (EASA). Di bawah pengawasan setiap otoritas penerbangan sipil, setiap operator harus menyiapkan Dokumen Perencanaan Perawatan dan disetujui menjadi *Continuous Airworthiness Maintenance Program* (CAMP) sebagai acuan perawatan pesawat oleh operator. CAMP meliputi inspeksi rutin dan detail. Maskapai dan otoritas penerbangan sipil umumnya menjelaskan inspeksi detail sebagai "*check*", yaitu *A Check*, *B Check*, *C Check*, atau *D Check*. *A* dan *B Check* merupakan pemeriksaan yang lebih ringan, sedangkan *C* dan *D* dianggap sebagai pemeriksaan yang lebih berat.

a. *A Check*

Pemeriksaan ini dilakukan setiap 400-600 jam terbang atau 200-300 pergerakan (lepas landas dan mendarat dianggap sebagai satu pergerakan pesawat), tergantung jenis pesawatnya. Pemeriksaan ini membutuhkan sekitar 150-180 jam kerja dan umumnya dilakukan di hangar sedikitnya selama 10 jam. Pelaksanaan sebenarnya bergantung dengan jenis pesawat, jumlah pergerakan, atau jumlah jam terbang setelah pemeriksaan terakhir. Pemeriksaan dapat ditunda oleh maskapai apabila beberapa kondisi yang ditentukan sebelumnya terpenuhi.

b. *B Check*

Pemeriksaan ini dilakukan setiap 6-8 bulan. Pemeriksaan membutuhkan 160 - 180 jam kerja, bergantung pada jenis pesawat, dan umumnya selesai dalam waktu 1-3 hari di hangar. Pemberlakuan jadwal yang sama bisa dilakukan kepada *A* dan *B Check*. Selain itu, *B Check* juga bisa digabungkan dalam *A check* yang berkelanjutan.

c. *C Check*

Pemeriksaan ini dilakukan kira-kira setiap 20-24 bulan atau pada jumlah jam terbang tertentu seperti yang ditetapkan oleh pembuat pesawat. pemeriksaan perawatan ini jauh lebih luas dibandingkan *B Check*, mengharuskan sebagian besar komponen pesawat untuk diperiksa. Pemeriksaan ini membuat pesawat tidak bisa terbang hingga penyelesaiannya karena pesawat dilarang meninggalkan tempat pemeriksaan sebelum selesai. Pemeriksaan ini juga

membutuhkan tempat yang lebih luas dibandingkan A dan B *Check*. Pemeriksaan ini umumnya dilakukan di hangar tempat basis perawatan berada. Waktu yang dibutuhkan untuk pemeriksaan ini antara 1-2 minggu dan membutuhkan tenaga hingga 6000 jam kerja. Jadwal pemeriksaan tergantung pada banyaknya faktor dan komponen yang diperiksa, dan bergantung pada jenis pesawat.

d. *D Check*

Pemeriksaan ini merupakan yang paling luas dan paling berat bagi sebuah pesawat. Pemeriksaan ini dilakukan kira-kira setiap enam tahun. Pemeriksaan ini membuat hampir semua bagian pesawat dibongkar untuk inspeksi dan diteliti. Bahkan cat harus benar-benar dikelupas untuk inspeksi lebih lanjut pada bagian dinding lambung. Pemeriksaan ini membutuhkan hingga 50.000 jam kerja dan dua bulan untuk selesai, tergantung jenis pesawat dan jumlah personil yang terlibat. Pemeriksaan ini juga membutuhkan tempat yang paling luas sehingga harus dilakukan di basis perawatan yang tepat. Sulitnya persyaratan dan besarnya usaha yang dibutuhkan membuat pemeriksaan ini menjadi yang paling mahal, dengan biaya penyelenggaraan sekali *D Check* menghabiskan dana hingga puluhan milyar rupiah. Pemeriksaan *D Check* juga dimanfaatkan sebagai kesempatan untuk memodifikasi pesawat terbang dengan menambahkan fitur-fitur baru pada pesawat.

Secara garis besar, perawatan mesin pesawat dan komponen penunjangnya dikerjakan berdasar interval waktu yang sudah ditentukan.

Tindakan bongkar-pasang dalam merawat pesawat dikelompokkan menjadi perawatan rutin (*scheduled maintenance*) dan nonrutin (*nonscheduled maintenance*). Untuk perawatan rutin, interval yang sudah ditetapkan harus diulang dalam interval waktu tersebut. Sementara itu, perawatan nonrutin akan dilakukan berdasarkan temuan yang didapat saat pengoperasian pesawat. Faktor-faktor atau parameter yang menentukan interval pemeriksaan pesawat ada tiga, yaitu *cycle* yang dilihat berdasarkan jumlah *take-off* pesawat, jumlah jam terbang, dan jumlah hari.

Rata-rata, perawatan rutin terhadap pesawat kelas Boeing 737 dibagi menjadi empat, yaitu perawatan harian yang dilakukan pada fase sebelum terbang atau *Before Departure Check (BDC)*, pemeriksaan saat singgah di suatu bandara atau *transit check*, pemeriksaan harian atau *daily inspection* atau *24 hours check*, dan pemeriksaan mingguan atau *weekly check*. Adapun perawatan berkala dilakukan dalam interval waktu tertentu sesuai dengan *maintenance schedule inspection*.

Berdasarkan tingkat kepentingan pemeriksaan, pemeriksaan pesawat dapat dibagi menjadi dua yaitu *minor maintenance* dan *major maintenance*. *Minor maintenance* meliputi pemeriksaan yang tergolong ringan seperti *daily check*, *weekly check*, *before departure check*, *transit check*, *A check*, dan *B check*. Untuk melakukan *minor maintenance*, pesawat dapat langsung diperiksa di terminal atau hangar. *Major maintenance* meliputi pemeriksaan yang lebih berat dan mendetil seperti *C check* dan *D check*. Pemeriksaan *major maintenance* dilakukan di fasilitas yang lebih lengkap, yaitu di *workshop*.

Berdasarkan metodenya, pemeriksaan pesawat dapat dibagi menjadi dua, yaitu *Destructive Testing* dan *Nondestructive Testing*. *Destructive Testing* merupakan jenis inspeksi pada suatu benda untuk mengetahui kualitasnya dengan merusak benda tersebut, sedangkan *Nondestructive Testing* adalah inspeksi terhadap suatu benda untuk mengetahui adanya cacat, retak, atau diskontinuitas lain tanpa merusak benda yang diuji.

Berdasarkan tempat dilakukannya perawatan pesawat, perawatan pesawat dibagi menjadi dua, yaitu *Line Maintenance* dan *Base Maintenance*. *Line maintenance* dilakukan pada *line stations* atau di jalur penerbangan dari pangkalan stasiun penerbangan. *Line maintenance* biasanya terdiri dari pekerjaan-pekerjaan rutin dengan interval yang rendah seperti *servicing*, pembersihan, pengisian bahan bakar, dan beberapa pemeriksaan. *Line maintenance* berorientasi pada keberangkatan pesawat berikutnya. Sedangkan, *Base maintenance* dilakukan pada basis perawatan dari suatu maskapai penerbangan. *Base maintenance* berorientasi untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi pada suatu pesawat. *Base maintenance* memiliki tenaga kerja dan fasilitas untuk melakukan semua jenis pekerjaan perawatan pesawat.

Sedangkan, proses perawatan pesawat juga dibagi menjadi tiga metode bagian, yaitu *Hard Time*, *On-Condition* dan *Condition Monitoring*. *Hard Time* adalah proses perawatan utama pesawat dengan cara melepas komponen dari pesawat. *On-Condition* adalah proses perawatan pesawat tanpa melepas komponen dari pesawat. *Condition*

Monitoring adalah proses perawatan pesawat dengan cara memantau parameter kondisi mesin.

Dalam bidang aviasi, tentunya segala macam perawatan pada pesawat bertujuan untuk menunjukkan layanan dan performa yang maksimal bagi penumpang. Empat poin utama yang menjadi objektif dari perawatan pesawat atau *Aircraft Maintenance* adalah *safety*, *comfortability*, *reliability* dan *economic*. *Safety* atau keamanan berarti bahwa perawatan dilakukan agar keamanan penumpang terjaga sampai tiba di tempat tujuan. *Comfortability* atau kenyamanan berarti kenyamanan penumpang selama berada dalam pesawat juga dipikirkan dengan menambah fitur-fitur dalam pesawat yang akan menghibur penumpang selama penerbangan. *Reliability* atau tingkat kepercayaan bermaksud agar pemeriksaan dan perawatan pesawat yang dilakukan dapat meningkatkan kualitas penerbangan sehingga dapat dipercaya dan diandalkan oleh penumpang. Sedangkan *economic* berarti perawatan pesawat dapat menguntungkan berbagai pihak secara ekonomi, baik bagi penumpang, maskapai, maupun para pekerja.

3. *Nondestructive Testing (NDT)*

Nondestructive Testing adalah metode pengujian suatu material untuk menilai karakteristik komponen tanpa mengubah atau menghancurkan struktur material yang diuji. NDT penting dalam pengujian material industri terutama pada bidang aviasi karena dapat memberikan informasi mengenai karakteristik dan juga kondisi material pada saat sebelum dan sesudah melewati proses produksi, sehingga bisa

langsung terdeteksi jika terjadi kegagalan ataupun cacat. Pengujian NDT tentunya sangat bertolak belakang dengan pengujian *destructive* karena sifatnya yang merusak sehingga material yang diuji tidak dapat digunakan kembali. Selain itu, pengujian *destructive* tentu saja memerlukan biaya yang lebih mahal dibandingkan pengujian *Nondestructive*.

Metode NDT digunakan untuk berbagai bidang industri seperti otomotif, konstruksi, penerbangan, dan manufaktur lainnya. Contoh aplikasi NDT yang paling sering adalah untuk menguji cacat pada sambungan lasan material di pabrik secara berkala. Selain itu, NDT juga sering digunakan untuk mendeteksi retak pada lapisan pesawat, cacat pada bagian permukaan pipa, dan lainnya.

Pada bidang aviasi, terutama pada pemeriksaan dan perawatan pesawat, NDT dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, antara lain :

a. *Visual Test*

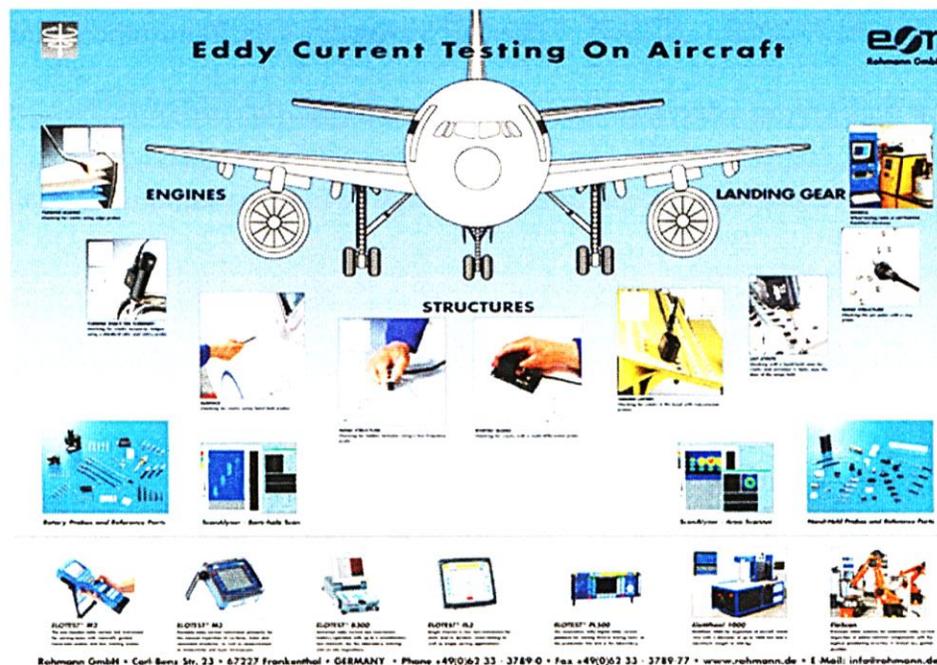
Visual Test merupakan pemeriksaan yang mengandalkan mata sebenarnya untuk mengamati adanya kerusakan yang tampak dari luar. Pada umumnya *Visual Test* dilakukan untuk mendeteksi cacat, retak, dan korosi. Selain menggunakan mata sebenarnya, *Visual Test* juga ditunjang oleh peralatan seperti boroskop dan lensa pembesar.

b. *Eddy Current Testing*

Metode *Eddy Current Testing* menggunakan prinsip "elektromagnetisme" sebagai dasar untuk melakukan pemeriksaan. Arus listrik akan diubah menjadi arus eddy untuk

melakukan pemeriksaan. Dalam pengujian arus eddy, material yang akan diuji dimasukan arus listrik. Perubahan arus berdasarkan materi memberikan informasi mengenai kerusakan pada material seperti cacat dan retak permukaan. *Eddy current testing* juga dapat digunakan untuk menentukan kekerasan material serta menentukan ketebalan material. Metode ini biasa digunakan pada mesin dan roda mendarat pada pesawat terbang.

GAMBAR 2. Skema *Eddy Current Testing*



c. *Magnetic Particle Test*

Inspeksi partikel magnetik (MPI) adalah pengujian *Nondestructive Testing* (NDT) untuk mendeteksi diskontinuitas permukaan dan bawah permukaan pada material besi. Proses ini menempatkan sebuah medan magnet ke bagian. Bagian ini terdapat magnet dengan magnetisasi langsung atau tidak langsung. Magnetisasi langsung terjadi ketika arus listrik dilewatkan pada benda uji dan medan magnet terbentuk dalam

material. Magnetisasi tidak langsung terjadi bila tidak ada arus listrik melewati benda uji, tetapi medan magnet diterapkan dari sumber luar. Garis-garis gaya magnet tegak lurus terhadap arah arus listrik yang mungkin baik *alternating current* (AC) atau beberapa bentuk arus searah (DC).

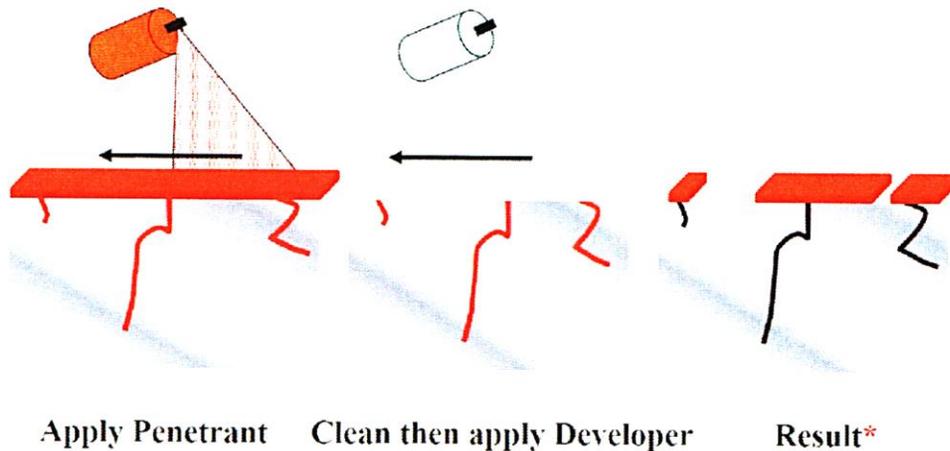
d. *Liquid Penetrant Test*

Liquid Penetrant Testing (LPT) merupakan salah satu metode NDT yang bertujuan untuk menemukan cacat di permukaan tidak berpori (logam, plastik, atau keramik) berdasarkan prinsip kapilaritas. Penetran mungkin diterapkan ke semua bahan-bahan *nonferrous*, tetapi untuk pemeriksaan komponen besi, inspeksi partikel magnetik lebih disukai untuk kemampuan deteksi bawah permukaannya. LPT digunakan untuk mendeteksi *casting* dan tempat cacat, retak, dan kebocoran dalam produk baru, dan retakan komponen.

Cairan *penetrant* akan masuk ke dalam *defect* di permukaan berdasarkan aksi kapilaritas. Cairan yang tertinggal di dalam *defect* akan ditarik oleh *developer*. Penetran dapat diterapkan untuk komponen uji dengan mencelupkan, penyemprotan, atau menyikat. Setelah waktu penetrasi yang cukup, penetran dihilangkan, dan *developer* digunakan. *Developer* membantu untuk menarik *penetrant* dari cacat sehingga indikasi yang ada menjadi terlihat oleh inspektor. Pemeriksaan dilakukan di bawah sinar ultraviolet atau cahaya

putih, tergantung pada jenis pewarna yang digunakan, yaitu *fluorescent* (terlihat) atau *nonfluorescent* (tidak terlihat).

GAMBAR 3. Proses *Liquid Penetrant Testing*



e. *Radiography Test*

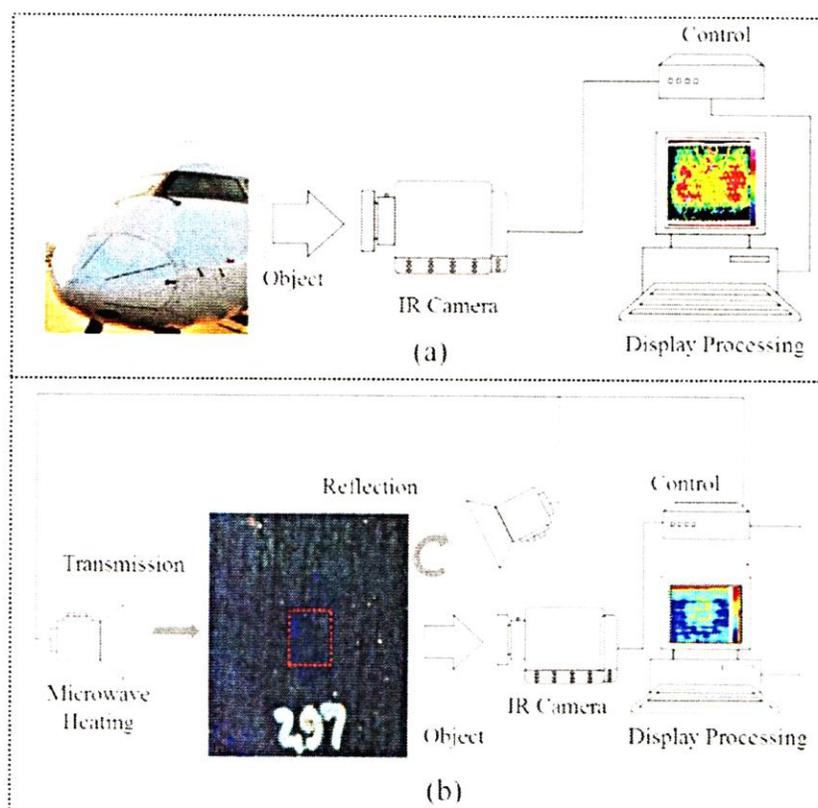
Radiografi merupakan metode yang efektif tanpa merusak mendeteksi kelemahan internal dalam material dan struktur. Sumber memancarkan energi radiasi yang bergerak dalam garis lurus dan menembus tes sepotong. Sebagai energi radiasi melewati benda uji, foto, diterima di media rekaman sebaliknya sumber *x-ray*. Gambar ini digunakan untuk mengevaluasi kondisi bagian yang diuji. Film yang paling sering digunakan sebagai media untuk merekam gambar, tetapi ada teknik lain yang dapat digunakan seperti layar *fluoroscopic*, dan sistem digital digabungkan dengan monitor video.

f. *Thermography Test*

Thermography Test adalah suatu sistem pemeriksaan NDT yang menggunakan kamera infra merah untuk memeriksa peralatan listrik dan mekanik pada pabrik, industri pertambangan, rumah

sakit, bandara, pelabuhan, dan fasilitas umum lainnya. Dengan memanfaatkan perbedaan temperatur badan mesin kemudian dibandingkan dengan temperatur operasi normalnya, dapat dideteksi dan dianalisis adanya penyimpangan (*overheating*) yang umumnya menjadi gejala awal kerusakan mesin.

GAMBAR 4. Skema *Thermography Test*



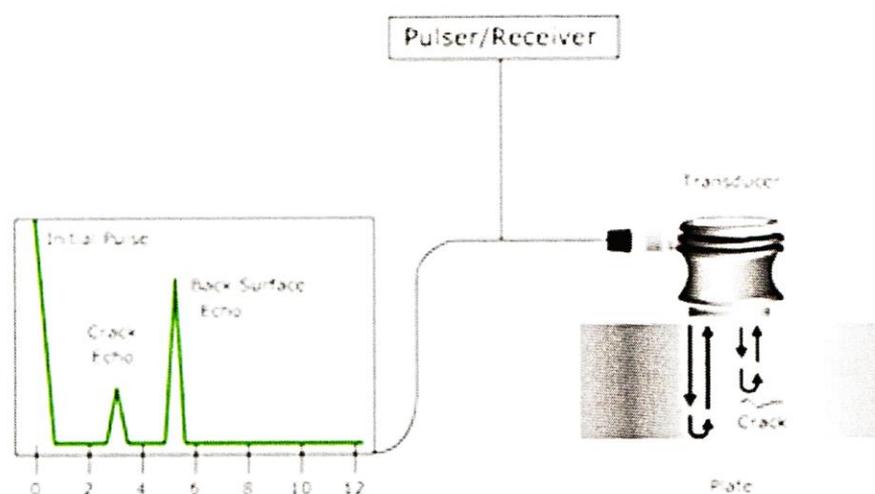
g. Ultrasonic Testing

Ultrasonic Testing menggunakan energi suara frekuensi tinggi untuk mengevaluasi berbagai jenis material untuk memberikan informasi penting seputar material yang diuji. Pengujian ini biasanya digunakan untuk mendeteksi cacat, pengukuran dimensi, dan ketebalan permukaan. Sistem tipikal akan mencakup *pulser* atau *receiver*, *transducer*, dan perangkat

display. *Pulser* menghasilkan pulsa listrik bertegangan tinggi ke *transducer* kemudian menghasilkan energi ultrasonik.

Energi mengalir melalui benda uji dalam bentuk gelombang. Nantinya gelombang ultrasonik akan merambat ke setiap struktur material. Bila terjadi perbedaan gelombang, akan terdeteksi adanya cacat pada material yang diuji. *Ultrasonic Testing* biasanya digunakan untuk menguji material berupa baja, beton, kayu, dan komposit. Salah satu alat yang paling sering digunakan dalam pengujian ini adalah *Ultrasonic Flaw Detector*.

GAMBAR 5. Proses *Ultrasonic Testing*



4. Gelombang Ultrasonik

Gelombang merupakan getaran yang merambat. Gelombang terdapat dua macam, yaitu gelombang longitudinal dan gelombang transversal. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang memiliki arah getaran yang sama dengan arah rambatannya. Bunyi dapat digolongkan sebagai gelombang longitudinal sebab bunyi mempunyai gelombang mekanik yang perambatannya sejajar dengan arah getarannya.

Dalam proses terjadinya bunyi, harus ada benda sebagai perantara, baik berupa gas padat maupun cair. Ada berbagai macam bunyi berdasarkan frekuensinya, yaitu gelombang infrasonik, gelombang audiosonik, dan gelombang ultrasonik.

GAMBAR 6. Macam-macam Bunyi



Gelombang Infrasonik adalah suara dengan frekuensi terlalu rendah untuk dapat didengar oleh telinga manusia. Gelombang infrasonik berada dalam rentang 17 Hertz sampai 0,001 Hertz. Rentang frekuensi ini sama dengan yang digunakan oleh seismometer untuk mendeteksi gempa bumi.

Gelombang audiosonik adalah gelombang yang mampu didengar oleh pendengaran manusia dan sebagian besar binatang. Gelombang ini mempunyai frekuensi antara 20-20.000 Hz.

Gelombang ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz. Hanya beberapa hewan yang menggunakan konsep ultrasonik, seperti lumba-lumba menggunakannya untuk

komunikasi, sedangkan kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik untuk navigasi. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara (sonik).

Gelombang ultrasonik dapat merambat pada medium padat, cair, dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tetapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap.

Frekuensi yang diasosiasikan dengan gelombang ultrasonik pada aplikasi elektronik dihasilkan oleh getaran elastis dari sebuah kristal kuarsa yang diinduksikan oleh resonans dengan suatu medan listrik bolak-balik yang dipakaikan (efek piezoelektrik). Kadang gelombang ultrasonik menjadi tidak periodik yang disebut derau (noise). Derau dapat dinyatakan sebagai superposisi gelombang-gelombang periodik, tetapi banyaknya komponen adalah sangat besar. Kelebihan gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar, bersifat langsung dan mudah difokuskan. Jarak suatu benda yang memanfaatkan *delay* gelombang pantul dan gelombang datang seperti pada sistem radar dan deteksi gerakan oleh sensor pada robot atau hewan.

Seiring berkembangnya zaman, gelombang ultrasonik memainkan peran yang besar dalam kehidupan manusia. Penerapan gelombang ultrasonik kini meliputi berbagai bidang, seperti contohnya bidang kelautan, pertanian, kesehatan, dan aviasi. Pada bidang pertanian ultrasonik berenergi rendah digunakan untuk meningkatkan hasil pertanian, misalnya penyinaran biji atau benih dengan menggunakan

ultrasonik. Hal ini dapat menghasilkan pertumbuhan yang lebih cepat dari biasanya dan tanaman kentang yang dirawat dengan radiasi ultrasonik dapat meningkatkan produksi panennya. Pada bidang kelautan, gelombang ultrasonik dapat dimanfaatkan untuk mengukur kedalaman laut dengan memantulkan gelombang ultrasonik ke dasar laut. Pada bidang kesehatan, gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk menghancurkan batu ginjal, memeriksa kondisi janin pada ibu hamil (ultrasonografi atau USG), mendeteksi penyakit pada tubuh, dan lain-lain. Sedangkan pada bidang aviasi, gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada komponen pesawat. Salah satu contoh komponen pesawat yang diperiksa menggunakan gelombang ultrasonik adalah komponen sayap sehingga dapat mengetahui kerusakan atau kecacatan pada komponen sayap pesawat terbang.

5. *Ultrasonic Flaw Detector*

Ultrasonic Flaw Detector adalah alat untuk mendeteksi retakan tersembunyi, void, porositas, dan diskontinuitas internal lainnya dalam logam, komposit, plastik, dan keramik. Sesuai dengan namanya, pengujian ini memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik menggunakan instrument khusus. Prinsip dasar pengujian ini sebenarnya sangat sederhana yaitu gelombang suara dirambatkan menuju objek yang diuji kemudian akan dipantulkan kembali oleh objek yang diuji.

Gambar 7. Ultrasonic Flaw Detector



Ultrasonic Flaw Detector bekerja dengan memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh transducer pada benda kerja dan kemudian gelombang baliknya ditangkap oleh receiver. Gelombang yang diterima ini dapat diukur intensitasnya, waktu perambatan atau resonansi yang ditimbulkan sehingga pada umumnya pemeriksaan ultrasonik ini didasarkan pada perbedaan intensitas gelombang yang diterima serta waktu perambatannya. Hasil pantulan kemudian akan dianalisis untuk mendeteksi adanya kerusakan atau tidak pada objek tersebut. Jika objek yang diuji mengalami kerusakan, gelombang ultrasonik yang dipantulkan tentunya akan terpengaruh sehingga gelombang yang dipantulkan berbeda dengan gelombang yang diterima. Metode ini merupakan salah satu metode NDT yang paling tua diantara metode NDT lainnya.

Penggunaan alat ini cukup dengan meletakkan transducer ke permukaan benda yang akan diuji. Saat alat dinyalakan, transducer akan merambatkan gelombang ultrasonik ke dalam benda yang diuji. Jika benda

yang diuji tidak memiliki retakan, layar akan menunjukkan suatu grafik yang memiliki dua gelombang (Gelombang awal yang ditembakkan dan gelombang kembali hasil pemantulan). Sedangkan jika benda yang diuji memiliki retakan, terdapat gelombang ketiga yang terletak diantara interval dua gelombang.

Kelebihan *Ultrasonic Flaw Detector*:

1. Pengerjaan relatif lebih mudah,
2. Cukup satu sisi objek saja yang diuji untuk menentukan kerusakan secara keseluruhan,
3. Tingkat kedalaman penetrasi sangat baik dibandingkan metode NDT yang lain,
4. Selain untuk pengujian, NDT juga bisa digunakan untuk mengukur ketebalan objek atau material.

Kekurangan *Ultrasonic Flaw Detector*:

1. Tidak cocok untuk material yang permukaannya tipis,
2. Kekasaran permukaan sangat mempengaruhi hasil pengujian,
3. Dibutuhkan pengalaman dan keahlian untuk membaca data CRT.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif yang bersifat menggambarkan, memaparkan, dan menguraikan objek yang diteliti (Arikunto, 2006:11). Penelitian kualitatif antara lain bersifat deskriptif, data yang dikumpulkan lebih banyak berupa kata-kata atau gambar daripada angka-angka. Dengan demikian, penelitian deskriptif kualitatif merupakan penelitian yang bermaksud untuk membuat deskripsi atau gambaran untuk memahami fenomena yang dialami oleh subjek penelitian. Metode ini digunakan sesuai dengan tujuan yaitu mengamati penerapan gelombang ultrasonik pada *Non Destructive Testing* pesawat terbang di Merpati Maintenance Facility.

B. Populasi dan Sampel

Populasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah alat uji *Non Destructive Testing* di Merpati Maintenance Facility. Sedangkan, sampel dalam penelitian ini diambil dari salah satu alat uji *Non Destructive Testing* yang menggunakan prinsip gelombang Ultrasonik yang sering disebut dengan *Ultrasonic Flaw Detector*.

C. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dengan cara:

1. Observasi langsung

Observasi langsung adalah cara pengambilan data dengan menggunakan mata tanpa ada pertolongan alat standar lain untuk keperluan tersebut.



2. Wawancara

Wawancara adalah proses memperoleh keterangan untuk tujuan penelitian dengan cara tanya jawab, sambil bertatap muka antara si penanya dengan si penjawab dengan menggunakan alat yang dinamakan *interview guide* (panduan wawancara). Jenis wawancara yang akan digunakan adalah wawancara terstruktur. Daftar pertanyaan yang akan ditanyakan adalah sebagai berikut:

1. Apa yang dimaksud dengan *Non Destructive Testing* ?
2. Apa teori fisika yang digunakan dalam *Non Destructive Testing* ?
3. Bagaimana penerapan gelombang ultrasonik dalam *Non Destructive Testing* ?
4. Bagaimana prinsip dan cara kerja *Ultrasonic Flaw Detector* ?
5. Bagaimana cara membaca grafik *Ultrasonic Flaw Detector* ?
6. Mengapa *Ultrasonic Flaw Detector* paling sering digunakan dalam *Non Destructive Testing* ?
7. Apa keunggulan dari *Ultrasonic Flaw Detector* ?

D. Instrumen Pengumpulan Data

Penelitian ini akan menggunakan instrumen berupa daftar pertanyaan yang akan ditujukan kepada Merpati Maintenance Facility. Daftar pertanyaan tersebut berisi pertanyaan-pertanyaan yang bertujuan untuk mendapat informasi lebih lengkap mengenai variabel yang diteliti.

E. Prosedur Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini terbagi dalam dua kelompok yaitu: tahap prapenelitian dan penelitian. Tahap prapenelitian bertujuan untuk mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

Sedangkan tahap penelitian bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang penerapan gelombang ultrasonik dalam *Non Destructive Testing* di Merpati Maintenance Facility.

BAB IV

PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan pada Pesawat Terbang

Merpati Maintenance Facility (MMF) dan Garuda Maintenance Facility (GMF) memberi layanan dalam pemeriksaan badan dan mesin pesawat terbang.

1. Proses Perawatan Pesawat

Proses perawatan pesawat ini dibagi menjadi tiga metode bagian, yaitu *Hard Time*, *On-Condition* dan *Condition Monitoring*. *Hard Time* adalah proses perawatan utama pesawat dengan cara melepas komponen dari pesawat. *On-Condition* adalah proses perawatan pesawat tanpa melepas komponen dari pesawat. *Condition Monitoring* adalah proses perawatan pesawat dengan cara memantau parameter kondisi mesin. Berikut ini tabel pembagian jenis perawatan dan presentase penggunaan metode perawatan pesawat:

TABEL 1. TABEL PEMBAGIAN JENIS PROSES PERAWATAN

Proses	Jenis	Persentase
<i>Hard Time</i>	Pencegahan	2%-3%
<i>On Condition</i>	Persyaratan	9%-10%
<i>Condition Monitoring</i>	Pemulihan	87%-89%

2. *Maintenance Planning*

Pada MMF dan GMF, *Minor maintenance* dilakukan setiap kali pesawat mendarat. *Minor maintenance* meliputi pemeriksaan yang tergolong ringan seperti *daily check*, *weekly check*, *before departure check*, *transit*

check, A check, dan B check. Untuk melakukan *Minor maintenance*, pesawat dapat langsung diperiksa di terminal atau *airport* setelah mendarat saat penumpang keluar dari pesawat maupun masuk ke dalam pesawat. Sedangkan, *Major maintenance* dilakukan jika pesawat telah mencapai 3.000 jam terbang dan harus melakukan pemeriksaan di hangar. *Major maintenance* meliputi pemeriksaan yang lebih berat dan mendetil seperti *C check* dan *D check*. *Minor maintenance* dan *major maintenance* menggunakan prinsip pemeriksaan dengan *Nondestructive Testing (NDT)*.

3. *Line Maintenance Service*

Line maintenance service dilakukan pada *line stations* atau di jalur penerbangan dari pangkalan stasiun penerbangan. *Line maintenance service* pada GMF dapat memeriksa tipe pesawat B737s, B747s, B777s, A310s, A320s, A330s, DC10s, MD80s, MD11s, CRJ1000s, dan ATR72s. *Line maintenance service* memiliki tiga macam pemeriksaan, yaitu *Pre-flight/Transit Check*, *Daily/Overnight Check*, dan *Weekly Check Service*. *Pre-flight/Transit Check* adalah servis yang dilakukan sebelum pesawat digunakan untuk penerbangan atau saat dalam transit antara destinasi. *Daily/Overnight Check* adalah servis yang dilakukan setiap hari, bisa dilaksanakan antara pagi atau malam saat pesawat menginap di hangar. *Weekly Check Service* adalah servis yang dilakukan setiap minggu.

4. *Base Maintenance Service*

Base maintenance berorientasi untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi pada suatu pesawat. Pada MMF dan GMF dapat melakukan pemeriksaan berat secara rutin, perbaikan cacat utama, pengecatan ulang bagian luar pesawat, modifikasi, perbaikan dan konfigurasi ulang kabin, *in-flight entertainment*, perbaikan struktural yang berat, dan konversi kargo. Tipe pesawatnya berupa B737s, B747s, B777s, A320s, A330s, CRJ1000s, MD80s, dan ATR72s. Pada base maintenance terdapat empat macam pemeriksaan yang akan diberikan pada pesawat berdasarkan interval waktu terbang pesawat, yaitu *A Check*, *B Check*, *C Check*, dan *D Check*.

A Check adalah inspeksi utama melihat kondisi umum suatu pesawat. *A Check* dilakukan setiap 300-700 jam terbang atau 200-300 pergerakan (lepas landas dan mendarat dianggap sebagai satu pergerakan pesawat) tergantung tipe pesawatnya. Pemeriksaan ini membutuhkan sekitar 150-180 jam kerja dan umumnya dilakukan di hangar sedikitnya selama 10 jam. Perawatan pesawat jenis ini hanya melakukan pemeriksaan pada pesawat terbang untuk memastikan kelaikan mesin, sistem-sistem, komponen-komponen, dan struktur pesawat untuk beroperasi. Untuk Boeing 737 Classic *A Check* dilakukan setelah 300 jam terbang, Airbus A340 setelah 450 jam terbang, Boeing 747-200 setelah 650 jam.

B Check adalah pemeriksaan menengah untuk menentukan kondisi umum. Pemeriksaan ini dilakukan setiap 6-8 bulan dan

membutuhkan 160-180 jam kerja, bergantung pada jenis pesawat, dan umumnya selesai dalam waktu 1-3 hari di hangar. Perawatan pesawat ini hanya meliputi proses pembersihan, pelumasan, penggantian ban apabila sudah aus, penggantian baterai, dan inspeksi struktur bagian dalam.

C Check adalah pemeriksaan sistem dan komponen dan evaluasi kelayakan terbang suatu pesawat. Pemeriksaan ini dilakukan kira-kira setiap 20-24 bulan atau pada jumlah jam terbang tertentu. Pemeriksaan perawatan ini jauh lebih luas dibandingkan *B Check*, mengharuskan sebagian besar komponen pesawat untuk diperiksa. Perawatan pesawat ini merupakan inspeksi komprehensif termasuk bagian-bagian yang tersembunyi, sehingga kerusakan dan keretakan di bagian dalam dapat ditemukan. Waktu yang dibutuhkan untuk pemeriksaan ini antara 1-2 minggu dan membutuhkan tenaga hingga 6.000 jam kerja. Untuk Boeing 737-300 dan 737-500, inspeksi ini dilakukan setiap 4.000 FH. Untuk Boeing 737-400 dilakukan setiap 4.500 FH. Sedangkan untuk Boeing 747-400 dilakukan setiap 6.400 FH dan Airbus A-330-341 dilakukan setiap 21 bulan.

D Check adalah inspeksi struktural dan menentukan apabila pesawat layak terbang. *D Check* merupakan pemeriksaan yang paling luas dan berat bagi sebuah pesawat. Pemeriksaan jenis ini juga adalah perawatan yang paling detail. Pemeriksaan ini dilakukan kira-kira setiap enam tahun. Untuk pesawat Boeing 737-300, 737-400 dan 737-500, inspeksi ini dilakukan setiap 24.000 FH. Sedangkan untuk Boeing 747-

400 dilakukan setiap 28.000 FH dan Airbus A-330-341 dilakukan setiap enam tahun. Pemeriksaan ini membutuhkan hingga 50.000 jam kerja atau dua bulan untuk selesai.

Selain itu base maintenance dapat melakukan *Structural Inspection* dan *Additional Job*. *Structural Inspection* adalah pemeriksaan pada integritas struktur pada suatu pesawat jika pesawat kuat dan layak untuk terbang. Sedangkan, *Additional Job* pada pesawat biasanya berupa modifikasi, perubahan perlengkapan, pengecatan ulang, dan pembersihan.

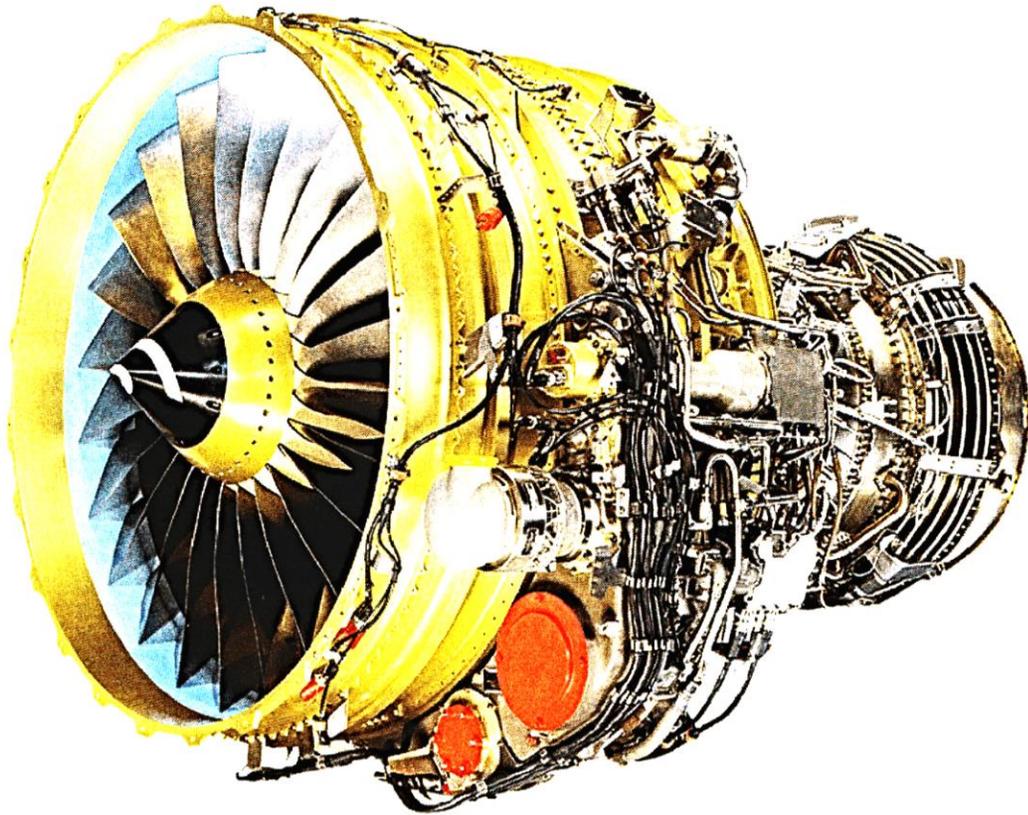
5. *Component Maintenance Service*

Component Maintenance Service dilakukan untuk memperbaiki komponen pesawat yang rusak. MMF dan GMF menyediakan servis komponen pesawat B737s, B.747s, B777s, A320s, A330s, CRJ1000s. dan ATR 725. Komponen pesawat yang diperbaiki meliputi sayap dan *empennage*.

6. *Engine/APU Maintenance Service*

Engine/APU Maintenance Service dilakukan untuk memperbaiki mesin pesawat terbang yang mengalami kerusakan. GMF memiliki bengkel mesin yang terdiri dari alat-alat yang lengkap. Mesin yang biasa diperbaiki oleh GMF adalah mesin turbofan. Mesin turbofan yang dapat diperiksa oleh GMF adalah CFM56-3, CFM56-7B, GTCP-85, GTCP131-9A, GTCP131-9B, GATCP331-350.

GAMBAR 8. Mesin Turbofan CFM56-7B



B. Nondestructive Testing

Nondestructive Testing (NDT) adalah teknik analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi suatu material tanpa merusak benda uji tersebut. NDT penting dalam pengujian material industri terutama pada bidang aviasi karena dapat memberikan informasi mengenai karakteristik dan juga kondisi material pada saat sebelum dan sesudah melewati proses produksi, sehingga bisa langsung terdeteksi jika terjadi kegagalan ataupun cacat. Teknik NDT yang digunakan dalam inspeksi pesawat oleh MMF adalah *Visual Testing*, *Magnetic Particle Inspection*, *Ultrasonic Testing*, *Eddy Current Testing*, *Penetrant Test*, *Thermography*, dan *Radiography*.

1. *Visual Testing*

Visual testing adalah salah satu metode pengujian NDT dari jenis optik. *Visual testing* dapat diuji dengan melihat suatu barang dengan pengamatan visual dan alat pengukur seperti kaca pembesar. Dari observasi tersebut, kita dapat ketahui jika barang uji terdapat sebuah kecacatan.

Pada MMF, alat yang digunakan adalah *borescope*. *Borescope* merupakan suatu alat yang bekerja seperti teleskop, mikroskop atau kamera. Hal ini memungkinkan orang untuk melihat daerah yang terlalu kecil, terlalu jauh atau di luar jangkauan, misalnya sebuah celah. *Borescopes* digunakan dalam inspeksi visual dari mesin pesawat, yaitu turbofan.

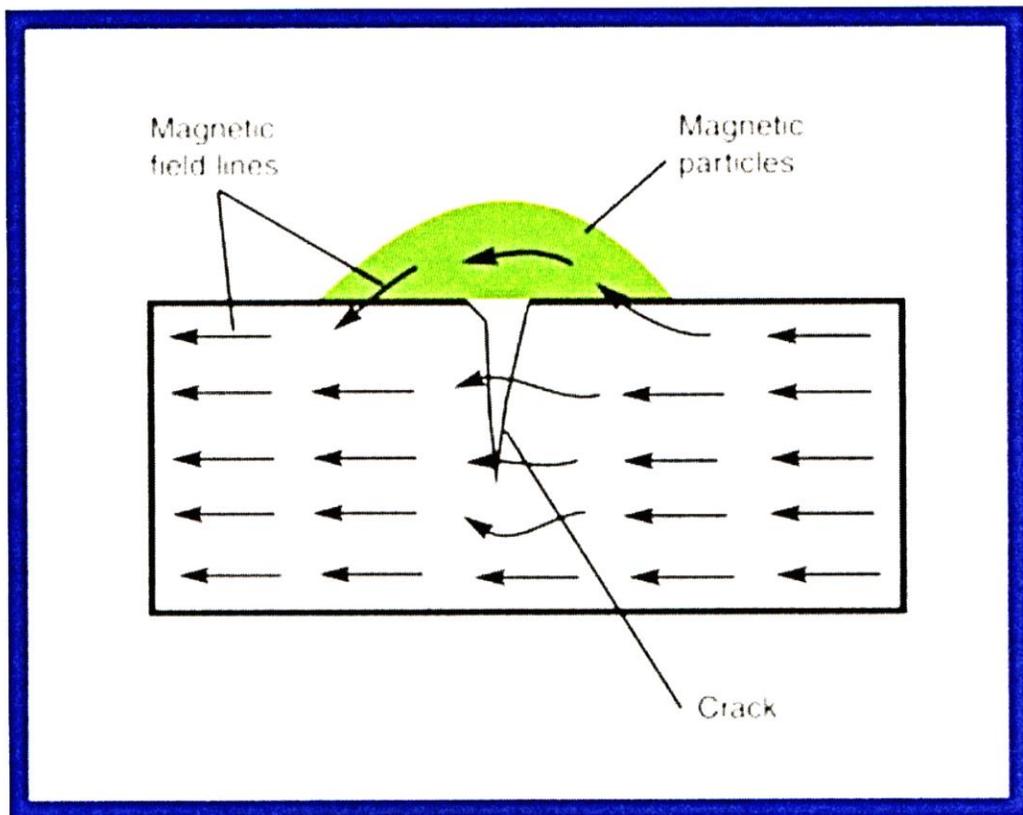
GAMBAR 7. *Borescope*



2. *Magnetic Particle Inspection (MPI)*

Magnetic Particle Inspection (MPI) digunakan untuk mendeteksi kecacatan pada permukaan dan bagian dalam suatu bahan ferromagnetik seperti besi, nikel dan kobalt. Prinsip kerja dari MPI adalah memagnetisasi benda yang diinspeksi dengan cara mengaliri arus listrik dalam bahan yang di uji. Ketika benda terdapat cacat, arah medan magnet akan berbelok keluar dan menarik butir-butir *ferromagnetic* di permukaan sehingga lokasi cacat dapat terlihat jelas.

GAMBAR 9. Prinsip Kerja *Magnetic Particle Inspection (MPI)*



Terdapat tiga jenis arus listrik yang digunakan yaitu, *Alternating Current (AC)*, *Full Wave DC (FWDC)*, dan *Half Wave DC (HWDC)*. AC sering digunakan untuk mendeteksi kecacatan pada bagian permukaan pesawat, misalnya badan pesawat. AC tidak bisa mendeteksi kecacatan di

bawah permukaan karena arus listrik berganti-ganti pada polaritas 50-60 siklus per sekon. Sedangkan FWDC dan HWDC digunakan untuk mendeteksi kecacatan di bawah permukaan benda uji, misalnya sayap yang memiliki ketebalan tertentu.

3. *Ultrasonic Testing*

Ultrasonic Testing adalah pemeriksaan yang menggunakan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi kecacatan pada suatu benda. Gelombang ultrasonik dari frekuensi 0.25-10 MHz dan kadang kala hingga 50 MHz, diteruskan terhadap benda untuk mendeteksi kecacatan. Benda yang sering diuji adalah benda besi dan logam campuran, tetapi juga bisa digunakan pada beton, kayu dan komposit. Salah satu bagian pesawat yang menggunakan metode ini adalah bagian terluar dari turbofan yang terbuat dari besi.

MMF dan GMF menggunakan alat *Ultrasonic Flaw Detector* untuk mendeteksi suatu kecacatan pada bagian benda yang diuji. *Ultrasonic Flaw Detector* yang digunakan di MMF adalah Olympus EPOCH 1000i.

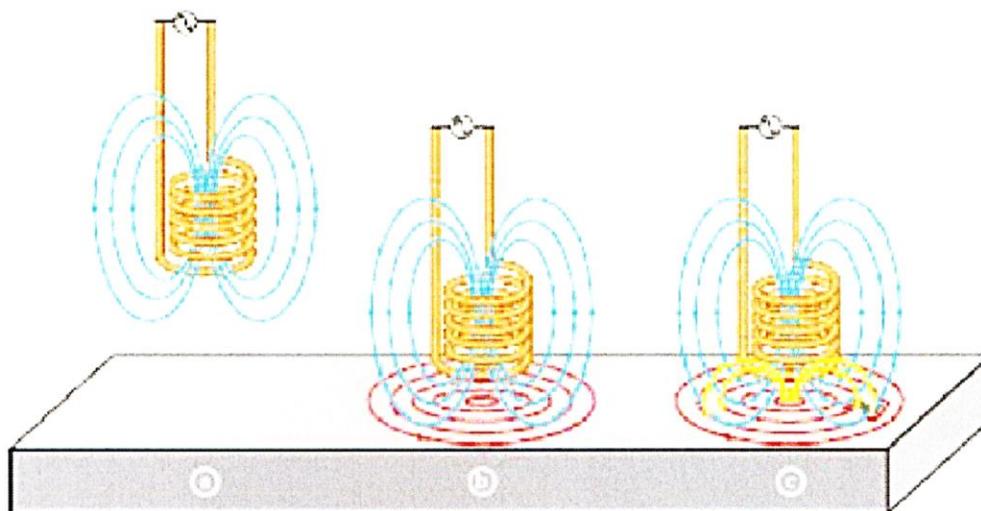
GAMBAR 10. Olympus EPOCH 1000i



4. *Eddy Current Testing*

Eddy Current Testing menggunakan induksi elektromagnetik untuk mendeteksi kecacatan pada permukaan dan bagian bawah permukaan bahan konduktif. Metode ini pada prinsipnya hampir sama dengan teknik *Magnetic Particles*, akan tetapi medan listrik yang dipancarkan adalah arus listrik bolak-balik. Ketika ada crack, medan listrik akan berubah dan perubahannya itu akan terbaca pada alat pengukur. Metode ini digunakan pada komponen pesawat terbang yang terbuat dari bahan konduktif, seperti *velg* ban pesawat.

GAMBAR 11. Prinsip *Eddy Current Testing*

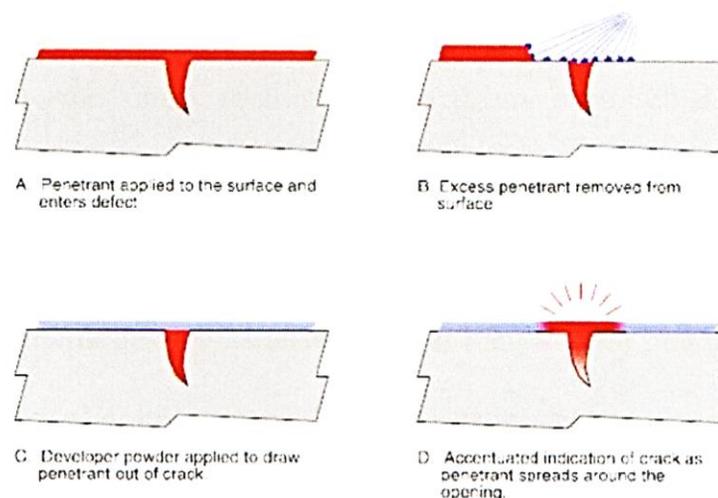


- a—The alternating current flowing through the coil at a chosen frequency generates a magnetic field around the coil.
- b—When the coil is placed close to an electrically conductive material, eddy current is induced in the material.
- c—If a flaw in the conductive material disturbs the eddy current circulation, the magnetic coupling with the probe is changed and a defect signal can be read by measuring the coil impedance variation.

5. Penetrant Test

Metode *Liquid Penetrant Test* merupakan metode NDT yang paling sederhana. Metode ini digunakan untuk menemukan cacat di permukaan terbuka dari komponen solid, baik logam maupun non logam, seperti keramik dan plastik fiber. Melalui metode ini, cacat pada material akan terlihat lebih jelas. Caranya adalah dengan memberikan cairan berwarna terang pada permukaan yang diinspeksi. Cairan ini harus memiliki daya penetrasi yang baik dan viskousitas yang rendah agar dapat masuk pada cacat dipermukaan material. Selanjutnya, *penetrant* yang tersisa di permukaan material disingkirkan. Cacat akan nampak jelas jika perbedaan warna *penetrant* dengan latar belakang cukup kontras. Seusai inspeksi, *penetrant* yang tertinggal dibersihkan dengan penerapan *developer*. Metode ini tidak dapat diterapkan pada komponen dengan permukaan kasar, berpelapis, atau berpori. Bagian pesawat yang menggunakan metode ini adalah kerangka jendela pilot.

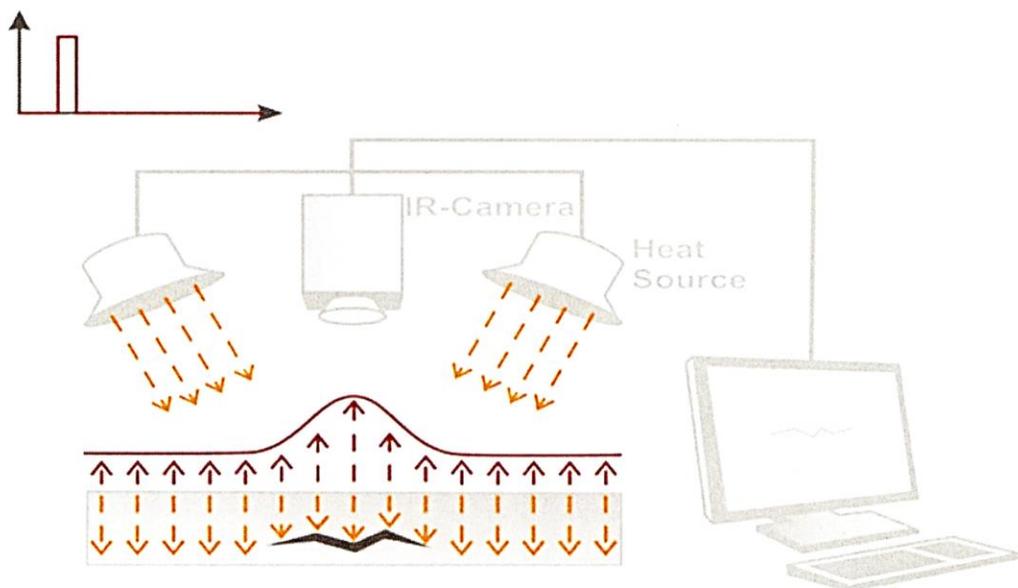
GAMBAR 12. Langkah Melakukan *Penetrant Test*



6. *Thermography Test*

Thermography Test adalah suatu pemeriksaan yang menggunakan kamera inframerah untuk mendeteksi *crack/ flaw* berdasarkan pola panas suatu benda atau material. Jika salah satu bagian dari pesawat mengalami *crack/ flaw*, layar akan menunjukkannya dengan warna biru saat kita melihatnya dengan kamera tersebut.

GAMBAR 13. Cara Kerja *Thermography Test*

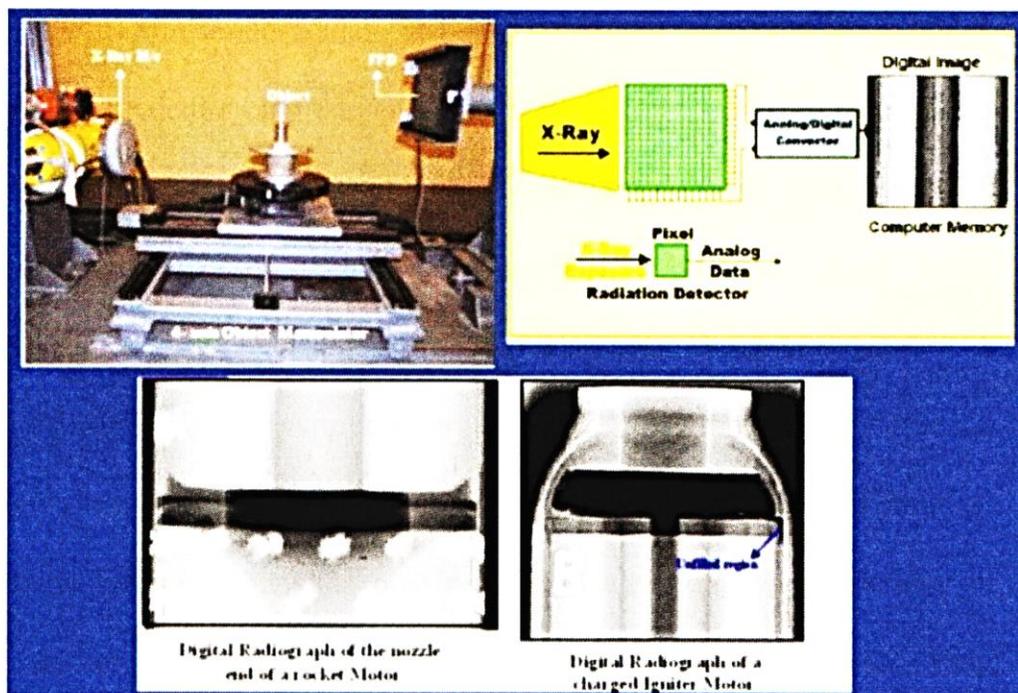


7. *Radiography Test*

Radiography Test adalah cara pemeriksaan yang menggunakan *x-rays* atau *gamma rays* untuk melihat bagian dalam suatu objek. Alat ini digunakan untuk mendeteksi bagian dalam pesawat yang tidak dapat kita amati. Alat ini mampu menembus baja karbon yang melapisi bagian luar tubuh pesawat. Mesin pesawat hanya dapat diamati dengan menggunakan alat ini, karena letaknya yang dalam selain itu juga strukturnya yang sangat rinci dan padat. Prinsip dari metode ini adalah sinar X dipancarkan menembus material yang diperiksa. Saat

menembus objek, sebagian sinar akan diserap sehingga intensitasnya berkurang. Intensitas akhir kemudian direkam pada film yang sensitif. Jika ada cacat pada material, intensitas yang terekam pada film tentu akan bervariasi. Hasil rekaman pada film inilah yang akan memperlihatkan bagian material yang mengalami cacat.

GAMBAR 14. Radiography Test



C. Ultrasonic Flaw Detector

Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz. Terdapat banyak bidang dalam penerapan ultrasonik seperti, sonar, medis, industri, mengetahui keadaan bagian dalam bumi, dan mencari kecacatan dalam suatu komponen. Sonar menggunakan gelombang ultrasonik untuk menentukan kedalaman air di bawah kapal dengan cara memantulkan gelombang bunyi. Gelombang ultrasonik diterapkan pada NDT yaitu *Ultrasonic Testing* dimana gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk

mendeteksi kecacatan pada suatu benda. Alat yang digunakan adalah *Ultrasonic Flaw Detector* (UFD). Olympus EPOCH 1000i adalah contoh *Ultrasonic Flaw Detector* yang digunakan di MMF dan GMF.

Ultrasonic Flaw Detector adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi retakan tersembunyi, void, porositas, dan diskontinuitas internal lainnya dalam logam, komposit, plastik, dan keramik. Keunggulan utama deteksi cacat ultrasonik adalah prosesnya sangat cepat. Pengguna tidak memerlukan prosedur yang panjang untuk mendeteksi permukaan. Pengguna dapat dengan mudah mendeteksi berbagai kekurangan materi dengan perangkat sederhana. Alat ini biasa digunakan di bidang aviasi untuk mendeteksi keretakan pada bagian pesawat, salah satunya bagian sayap.

Prinsip kerjanya yaitu dengan memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh *transducer* pada benda kerja dan kemudian gelombang baliknya ditangkap oleh *receiver*. Gelombang yang diterima ini dapat diukur intensitasnya, waktu perambatan atau resonansi yang ditimbulkan sehingga pada umumnya pemeriksaan ultrasonik ini didasarkan pada perbedaan intensitas gelombang yang diterima serta waktu perambatannya.

Terdapat dua komponen pada UFD, yaitu *transducer* dan peralatan instrumentasi. *Transducer* adalah alat yang dapat mengubah suatu energi menjadi energi lainnya. Bentuk-bentuk energi tersebut diantaranya seperti energi listrik, energi mekanikal, energi elektromagnetik, energi cahaya, energi kimia, energi akustik (bunyi) dan energi panas. Pada umumnya semua alat yang dapat mengubah atau mengkonversi suatu energi ke energi lainnya dapat

disebut sebagai *transducer*. Terdapat dua tipe *transducer*, yaitu *transducer* aktif dan *transducer* pasif. *Transducer* aktif tidak membutuhkan daya dari luar sedangkan *transducer* pasif memerlukan daya dari luar. Peralatan instrumentasi ada D-meter dan *detector* cacat. D-meter atau *density meter* adalah alat yang digunakan untuk menentukan massa jenis suatu benda. Aplikasi pada alat tersebut adalah inspeksi korosi. *Detector* cacat adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi kecacatan pada suatu benda.

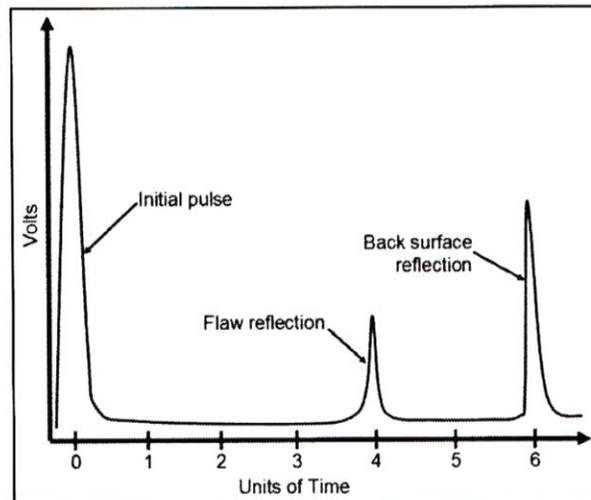
GAMBAR 15. *Transducer pada Ultrasonic Flaw Detector*



Sebelum *transducer* dilekatkan pada benda uji, benda uji harus dilapisi dengan *couplant gel* supaya tidak ada udara pada *transducer*. Salah satu kelemahan UFD adalah harus berada pada ruang hampa atau tidak ada udara. Hal ini disebabkan oleh hasil UFD akan kacau jika terdapat udara. UFD lalu mengeluarkan gelombang dari transmitter dengan frekuensi 0.25–10 MHz. Gelombang akan bergerak melalui benda hingga ujung benda, lalu terpantul menuju UFD kembali. UFD membaca dua gelombang ini sebagai interval dalam grafik (Gelombang awal yang ditembakkan dan gelombang kembali hasil pantulan). Bila di dalam grafik tidak ada gelombang tambahan

diantara interval, benda bebas *crack*. Benda yang memiliki *crack/ flaw* akan memunculkan gelombang diantara kedua interval.

GAMBAR 16. Grafik *Ultrasonic Flaw Detector*



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas, sesuai dengan tujuan penulisan maka dapat ditulis kesimpulan sebagai berikut:

1. Teknik NDT yang digunakan dalam inspeksi pesawat oleh MMF adalah *Visual Testing, Magnetic Particle Inspection, Ultrasonic Testing, Eddy Current Testing, Penetrant Test, Thermography, dan Radiography.*
2. Gelombang ultrasonik diterapkan pada NDT yaitu *Ultrasonic Testing* dimana gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk mendeteksi kecacatan pada suatu benda dengan alat yang bernama *Ultrasonic Flaw Detector (UFD).*
3. Prinsip kerja *Ultrasonic Flaw Detector* yaitu dengan memanfaatkan rambatan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan oleh *transducer* pada benda kerja dan kemudian gelombang baliknya ditangkap oleh *receiver.*
4. *Ultrasonic Flaw Detector* dapat mendeteksi adanya keretakan dan juga dapat mengetahui letak keretakan serta ketebalan suatu benda.

B. Saran

Penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Penggunaan *Ultrasonic Flaw Detector* diharapkan dapat dimaksimalkan di bidang lain karena kemampuan dan keunggulannya dalam mendeteksi kecacatan suatu benda.

2. Diharapkan pemberian waktu yang lebih lama untuk melakukan observasi dan akses yang lebih dalam untuk mendapatkan informasi lebih maksimal di Merpati Maintenance Facility.
3. Penumpang pesawat terbang dianjurkan untuk bersabar bila terjadi *delay* dalam penerbangan yang disebabkan oleh adanya kerusakan pada komponen pesawat karena pemeriksaan dan perawatan pesawat terbang memiliki beberapa tahapan sehingga terjadi keterlambatan penerbangan. Hal ini dilakukan demi keselamatan penumpang pesawat terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Hilm, *Laporan Praktikum Inspeksi*, ITS, 2009
- Diar Kurniawan, 2013, *Non Destructive Test*, PLN Corporate University : Jakarta
- Richard Budihadianto, 2016, *Bisnis MRO*, GMF Aero Asia, Jakarta
- Samal, S.K., 2009, *Study of Parameters of Ultrasonic Machining*, National Institute of Technology Mechanical Engineering Department : Rourkela
- Sukarno, 2010, *Generator Ultrasonik dengan Frekuensi Maksimum 100kHz dan Daya 100 Watt Berbasis Mikrokontroler AVR ATTINY2313*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Magister Fisika, Universitas Indonesia : Jakarta
- Trisnobudi A., 2000, *Teori Ultrasonik*, Penerbit ITB, Bandung
- Yoga Dwi Wijanarko, *Makalah Pengujian NonDestruktif*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2015

