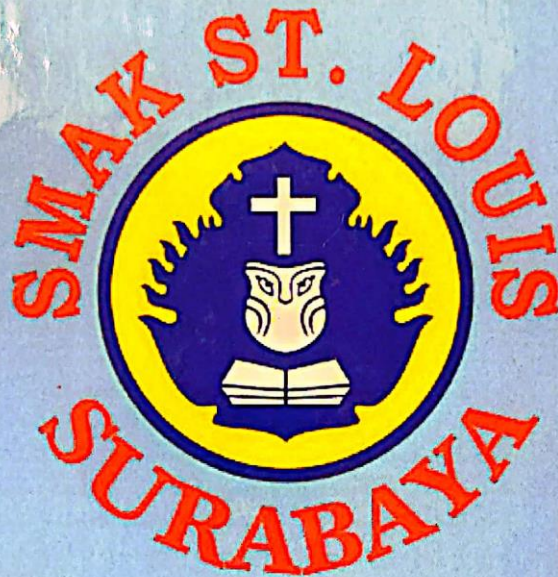


**APLIKASI FISIKA DALAM PERAWATAN PESAWAT
PT MERPATI *MAINTENANCE FACILITY***

Laporan Studi Ekskursi



Disusun oleh :

Kelompok Fisika XI MIPA 11

SMA Katolik St. Louis 1

Jalan M. Jasin Polisi Istimewa 7

Surabaya

2019

APLIKASI FISIKA DALAM PERAWATAN PESAWAT PT. MERPATI *MAINTENANCE FACILITY*

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



Disusun oleh :

Kelompok Fisika XI MIPA 11

SMA Katolik St. Louis 1

Jalan M. Jasin Polisi Istimewa 7

Surabaya

2019



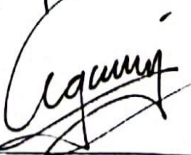
HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Sutdi Ekskursi berjudul “Aplikasi Fisika dalam Perawatan Pesawat PT

Merpati *Maintenance Facility*” yang disusun oleh :

1. Alina Florencia / 27402 / 01
2. Angelique Celine / 27423 / 02
3. Christin Lianto / 27504 / 05
4. Jessica Ellen / 27639 / 16
5. Josephine Tiara Monica / 27667 / 20
6. Michael Antonio / 27748 / 28
7. Monica Kezia / 27766 / 30
8. Steffan Alexander / 27868 / 35
9. Velicia Marveline / 27909 / 37

telah disetujui dan disahkan oleh :

Nama	Tanda Tangan	Tanggal	Nilai
Irmina Indiyarti, S.Pd.		9/4 / 2019	
MG. Ika Yuliasuti, S.Pd.		11/4-2019	20.
Antonius Agus Wijaya, S.Pd.		9/4 / 2019	19

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya kami mampu menyelesaikan laporan studi ekskursi yang berjudul “Aplikasi Fisika dalam Perawatan Pesawat PT. Merpati *Maintenance Facility*” tepat pada waktunya.

Laporan studi ekskursi ini berisi penerapan prinsip-prinsip fisika dalam perawatan pesawat terbang. Prinsip-prinsip fisika yang digunakan, seperti arus Eddy, gelombang ultrasonik, daya kapilaritas, dan medan magnet.

Tujuan dari penulisan laporan ini yaitu untuk mengaplikasikan prinsip-prinsip fisika dalam kehidupan nyata. Dalam pembuatan laporan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Indah Noor Aini, M.Pd, selaku Kepala SMAK St Louis 1 Surabaya
2. Ibu Irmina Indiyarti, S.Pd, selaku Guru Bidang Studi Fisika
3. Bapak Antonius Agus Wijaya, S.Pd, selaku Guru Bidang Studi Bahasa Inggris kelas XI tahun ajaran 2018/2019
4. Ibu MG. Ika Yulastuti, S.Pd, selaku Guru Bidang Studi Bahasa Indonesia kelas XI tahun ajaran 2018/2019.

Kami menyadari bahwa laporan studi ekskursi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran dan kritik dari pembaca untuk menyempurnakan laporan ini.

Surabaya, 23 Maret 2019

Penulis

ABSTRACT

Airplanes will always be the main choice for the community in choosing comfortable long distance transportation, relatively fast travel time, and affordable prices. Therefore, the condition of a good and comfortable aircraft is the main subject that must be considered to minimize the risk of accidents. The way to minimize the risk of accident is to inspect the aircraft. There are 2 kinds of testing, Destructive Testing and Non Destructive Testing. Non Destructive Testing is the most used method because it inspects without damaging the object. In Non Destructive Testing, there are several methods, one of which is Eddy Current Testing. The aim of this study is to find out how to detect aircraft damage using Eddy Current Testing. This research study was conducted through observing the object, seeing the staff demonstrating the tool, and interviewing the staffs in the MMF, an aircraft maintenance facility. The results of the study showed that Eddy Current could only detect cracks on the surface of the material. When the crack was detected, it would change the Eddy Current and raised a signal that exceeds the null point and lift off. This indicated that aircraft maintenance must be equipped with other methods to detect damage in the inside of the aircraft so it would not endanger the safety of passengers.

Keyword : aircraft, Non Destructive Testing, Eddy Current

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GRAFIK.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penulisan	3
D. Manfaat Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
A. Kajian Pustaka.....	5
B. Landasan Teori.....	5
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Rancangan Penelitian	18
B. Populasi dan Sampel	18
C. Teknik Pengumpulan Data.....	19
D. Instrumen Pengumpulan Data	19
E. Prosedur Penelitian.....	20

BAB IV PEMBAHASAN	21
A. Jenis Pesawat yang Dirawat MMF.....	21
B. Perbedaan Mesin Piston dan Mesin Turbin.....	21
C. Perbedaan Sayap Depan dan Sayap Belakang	22
D. Tahap-Tahap Perawatan Pesawat.....	23
E. Aplikasi Fisika dalam Perawatan Pesawat.....	29
BAB V PENUTUP	37
A. Kesimpulan.....	37
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Proses Perawatan Pesawat	28
--	----

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Grafik Waktu terhadap Intensitas	34
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Mesin Piston.....	6
Gambar 2 Mesin <i>Turbojet</i>	7
Gambar 3 Mesin <i>Turboprop</i>	7
Gambar 4 Mesin <i>Turbofan</i>	8
Gambar 5 <i>Aileron</i>	9
Gambar 6 <i>Rudder</i>	9
Gambar 7 <i>Visual Test</i>	13
Gambar 8 <i>Magnetic Particle</i>	13
Gambar 9 <i>Ultrasonic Testing</i>	14
Gambar 10 <i>Penetrant Test</i>	15
Gambar 11 <i>Thermography</i>	16
Gambar 12 <i>Radiography</i>	16
Gambar 13 Siklus Perawatan Pesawat.....	26
Gambar 14 Nortec N500	31
Gambar 15 Epoch 1000 <i>series</i>	33
Gambar 16 Layar Epoch 1000 <i>series</i>	33

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transportasi udara telah menjadi bagian dari kehidupan manusia. Survei Badan Pusat Statistik pada tahun 2018 menyatakan bahwa jumlah pengguna angkutan udara naik sebanyak 8,5 juta orang atau sekitar 16,25%. Kebutuhan terhadap transportasi udara digunakan untuk memajukan berbagai aspek kehidupan, seperti perdagangan, pendidikan, industri, dan sosial. Transportasi udara menjadi pilihan bagi sebagian orang yang ingin berkunjung ke suatu tempat yang berjarak jauh untuk memenuhi agenda bekerja maupun berwisata. Transportasi udara seperti pesawat terbang akan selalu menjadi pilihan utama masyarakat dalam memilih transportasi jarak jauh karena fasilitas yang nyaman, waktu tempuh yang relatif cepat, dan harga yang terjangkau. Oleh karena itu, kondisi pesawat yang baik dan nyaman merupakan hal utama yang harus diperhatikan untuk meminimalisir risiko kecelakaan.

Kasus kecelakaan pesawat terbang yang terjadi akan selalu dikaitkan dengan beberapa faktor, seperti *human error*, *design*, *weather*, dan *maintenance*. Untuk mengurangi risiko kecelakaan, hal yang perlu dilakukan oleh perusahaan penerbangan adalah perawatan pesawat terbang secara berkala. Perawatan pesawat terbang adalah inspeksi periodik yang dilakukan pada seluruh pesawat terbang baik sipil maupun komersial setelah batas waktu penggunaan yang telah ditentukan. Perawatan pesawat

penting dilakukan untuk keamanan, keandalan, kenyamanan, dan keekonomisan harga tiket.

Perawatan pesawat terbang dilakukan melalui berbagai tahap, yaitu pemeriksaan, pembongkaran, pengecekan, perbaikan, dan pengoperasian kembali. Dalam tahap pengecekan, kerusakan atau cacat dapat dideteksi menggunakan *Non Destructive Testing (NDT)*. *NDT* adalah aktivitas pengujian atau inspeksi terhadap suatu material untuk mengetahui adanya cacat, retak, dan *discontinuity* tanpa merusak material yang diuji. Ada berbagai jenis pengecekan *NDT*, seperti *visual test*, *magnetic particle*, *ultrasonic testing*, *Eddy current testing*, *penetrant test*, *thermography*, dan *radiography*. Pada setiap jenis pengecekan *NDT* memiliki prinsip fisika yang berbeda, misalnya pada *ultrasonic testing* memanfaatkan gelombang ultrasonik dan pada *Eddy current testing* memanfaatkan arus Eddy untuk mengecek *crack* pada permukaan pesawat terbang.

Ada beberapa perusahaan yang bergerak di bidang perawatan pesawat terbang, salah satunya yaitu MMF (*Merpati Maintenance Facility*). MMF didirikan pada tahun 1989 oleh PT. Merpati Nusantara dengan tujuan menunjang kelancaran operasional penerbangan PT. Merpati Nusantara Airlines. Dalam perkembangannya, GMF mengajak MMF untuk bekerja sama dengan tujuan untuk meraih pasar perawatan pesawat terbang di Indonesia Timur. Kerja sama tersebut meliputi *general aviation*, yaitu *maintenance*, *repair*, dan *overhaul* untuk *air frame*, *engine*, dan berbagai komponen pesawat terbang. MMF memiliki kemampuan perawatan pesawat terbang bermesin turbo *propeller* dan mempunyai

fasilitas atau bengkel di Surabaya yang melayani perawatan pesawat terbang yang beroperasi di wilayah Timur Indonesia.

Berdasarkan data-data di atas, tema penelitian ini yaitu "Aplikasi Fisika dalam Perawatan Pesawat." Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penerapan fisika dalam perawatan pesawat terbang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa masalah, yaitu :

1. apa jenis pesawat terbang yang dirawat oleh MMF ?
2. apa perbedaan pesawat mesin piston dan pesawat mesin turbin ?
3. apa perbedaan sayap bagian depan dan sayap bagian belakang ?
4. bagaimana tahap-tahap perawatan pesawat terbang ?
5. bagaimana aplikasi fisika dalam perawatan pesawat terbang ?

C. Tujuan Penulisan

Penulisan ini bertujuan untuk :

1. mengetahui jenis pesawat terbang yang dirawat oleh MMF
2. mengetahui perbedaan pesawat mesin piston dan pesawat mesin turbin
3. mengetahui perbedaan sayap bagian depan dan sayap bagian belakang pesawat terbang
4. mengetahui tahap-tahap perawatan pesawat terbang
5. mengetahui aplikasi fisika dalam perawatan pesawat terbang.

D. Manfaat Penulisan

Penulisan ini bermanfaat agar :

1. siswa mampu mengenal jenis pesawat yang dirawat oleh MMF
2. siswa mampu membedakan pesawat mesin piston dan pesawat mesin turbin
3. siswa mampu membedakan fungsi sayap bagian belakang dan sayap bagian depan pesawat terbang
4. siswa mampu memahami tahap-tahap perawatan pesawat terbang
5. siswa mampu mengaplikasikan prinsip-prinsip fisika dalam perawatan pesawat terbang.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Beberapa hasil penelitian sebelumnya dapat dipaparkan sebagai berikut.

1. Dalam penelitian "*Critically Evaluate the Capabilities of Ultrasonic Techniques Used for Tracing Defects in Laminated Composite Materials*", teknik terbaik untuk mengecek adanya kerusakan pada semua material dan material komposit adalah menggunakan *Non Destructive Testing* (Senan Thabet, 2008). Jenis *NDT* yang dapat digunakan yaitu *ultrasonic testing*.
2. Dalam penelitian "*Advances and Researches on Non Destructive Testing*", *Non Destructive Testing* terdiri dari banyak cara dan dapat diaplikasikan di material yang berbeda, seperti plastik, komposit, besi, dan keramik untuk mengidentifikasi adanya cacat (Manish Vishwakarma, 2018). *NDT* terdiri dari *visual test*, *radiography*, *magnetic particle*, *penetrant test*, *ultrasonic testing*, dan *Eddy Current testing*.

B. Landasan Teori

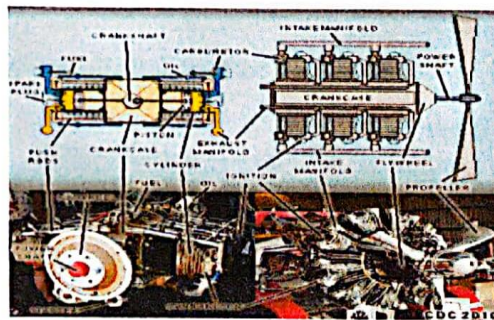
1. Jenis Mesin Pesawat

a. Mesin Piston (*Piston Engine*)

Mesin piston atau yang sering disebut mesin torak, merupakan mesin yang menggunakan piston sebagai tenaga penggerak. Piston yang bergerak naik turun dihubungkan dengan *crankshaft* melalui *connecting rod* untuk memutar *propeller* atau baling-baling. Piston dapat bergerak naik turun karena adanya pembakaran antara

campuran udara dengan bahan bakar di dalam ruang bakar. Pembakaran di dalam *combustion chamber* menghasilkan ekspansi gas panas yang dapat menggerakkan piston.

Pesawat yang menggunakan piston umumnya menggunakan *propeller* sebagai tenaga pendorong untuk menghasilkan *thrust*. Bentuk penampang dari *propeller* sama seperti sayap, yaitu berbentuk *airfoil*. *Propeller* akan menghasilkan gaya dorong atau *thrust*, sehingga pesawat dapat bergerak ke depan. Pesawat dengan mesin piston merupakan jenis pesawat ringan atau biasa disebut dengan *light aircraft*.



Gambar 1 Mesin Piston

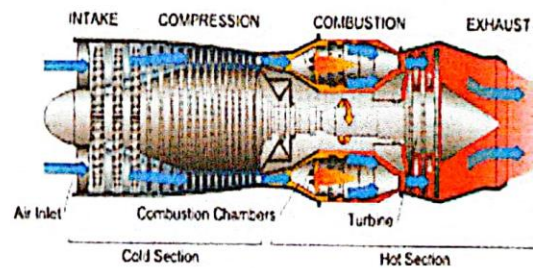
b. Mesin Turbin (*Turbin Engine*)

Turbin gas adalah mesin rotasi yang mengambil energi dari aliran *combustion gas*. Turbin tersebut memiliki *upstream compressor* yang dihubungkan dengan *downstream turbine* dan ruang pembakaran di antaranya. Dalam mesin pesawat, tiga komponen inti tersebut disebut generator gas. Ada banyak variasi dari turbin gas, namun semuanya memakai sistem generator yang sama.

1) Turbojet

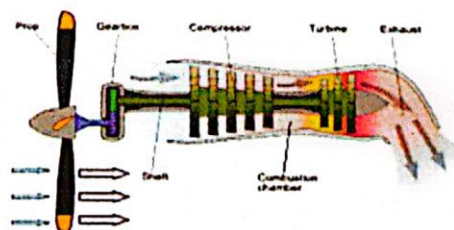
Turbojet adalah mesin jet yang paling sederhana, biasanya dipakai untuk pesawat-pesawat jet berkecepatan tinggi. Contoh dari mesin ini adalah mesin Rolls-Royce Olympus 593 yang digunakan untuk pesawat *Concorde*.

Turbojet terdiri dari saluran masuk udara, kompresor udara, ruang pembakaran, turbin gas (yang menggerakkan kompresor udara), dan *nozzle*. Udara dikompresi ke dalam ruang bakar, dipanaskan dan dimuaikan sangat cepat. Kemudian, udara panas tersebut dibiarkan mengalir menuju turbin dengan kecepatan tinggi untuk memberikan propulsi yang digunakan untuk memutar kompresor.



Gambar 2 Mesin Turbojet

2) Turboprop



Gambar 3 Mesin Turboprop

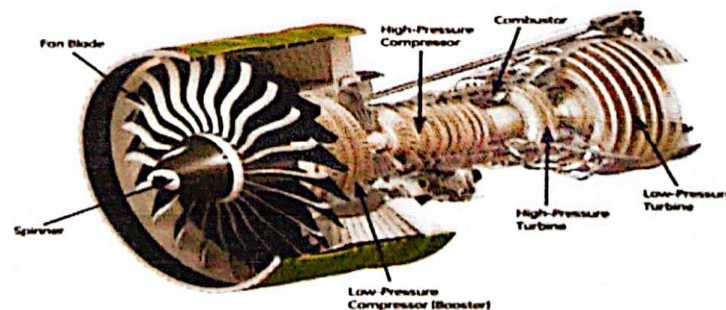
Turboprop adalah jenis pesawat pembangkit yang menggunakan turbin gas untuk menggerakkan baling-baling.

Mesin gas buang mengandung energi sedikit dibandingkan dengan mesin jet dan memiliki peran kecil dalam menggerakkan pesawat. Baling-baling digabungkan ke turbin melalui gigi reduksi yang mengubah RPM tinggi, torsi *output* yang rendah untuk RPM rendah, dan torsi tinggi.

3) *Turbofan*

Turbofan adalah mesin jet pesawat terbang yang mirip dengan mesin *turbojet*. Mesin ini umumnya terdiri dari sebuah kipas internal dengan sebuah *turbojet* kecil yang terpasang di bagian belakang untuk menggerakkan kipas tersebut. Aliran udara yang masuk melalui kipas ini melewati *turbojet*, yang sebagian kecil udara tersebut dibakar untuk menghidupkan kipas, dan sisa udara digunakan untuk menghasilkan dorongan.

Semua mesin jet yang digunakan untuk pesawat jet komersial masa kini adalah mesin *turbofan*. Mesin ini lebih banyak digunakan karena efisien dan relatif menghasilkan suara yang lebih kecil.

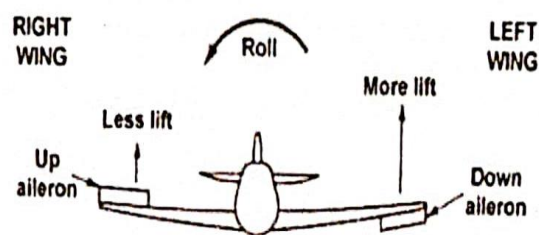


Gambar 4 Mesin *Turbofan*

2. Komponen Sayap Pesawat

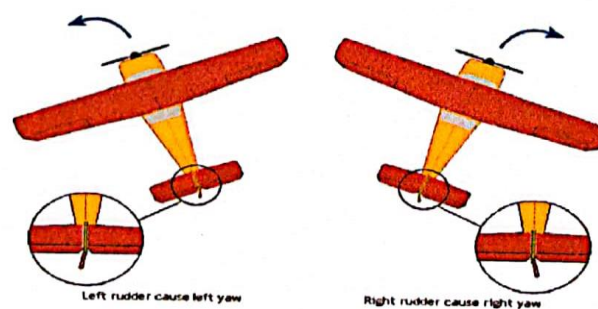
a. Aileron

Aileron adalah *control surface* yang terletak di bagian belakang sayap pada ujung sayap kanan dan kiri. Gerakan dari *aileron* berkebalikan, ketika salah satu *aileron* ke bawah, *aileron* yang lain akan bergerak ke atas, sehingga menghasilkan gaya yang berlawanan dan menghasilkan gerakan *roll* pada pesawat.



Gambar 5 Aileron

b. Rudder



Gambar 6 Rudder

Rudder terletak pada *trailing edge vertical stabilizer*. Ketika *rudder* terdefleksi ke kanan, ekor akan tertarik ke kiri, sehingga akan menghasilkan hidung pesawat bergerak ke kanan dan pesawat akan berbelok ke kanan. Begitu juga sebaliknya untuk defleksi ke kiri.

Rudder adalah *control surface* untuk mengontrol gerakan *yaw*, tetapi memiliki efek samping gerakan *roll*. Kontrol *rudder* biasanya terhubung dengan sistem pembelok *landing gear*, sehingga biasanya digunakan untuk kontrol saat di darat.

3. Perawatan Pesawat

Perawatan pesawat adalah inspeksi periodik yang dilakukan pada seluruh pesawat terbang setelah batas waktu atau penggunaan yang telah ditentukan. Perawatan pesawat dilakukan karena setiap komponen mempunyai batas usia tertentu, sehingga komponen tersebut harus diganti.

Secara umum, perawatan pesawat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu perawatan preventif dan perawatan korektif. Perawatan preventif adalah perawatan yang mencegah terjadinya kegagalan komponen sebelum komponen tersebut rusak. Perawatan korektif adalah perawatan yang memperbaiki komponen yang rusak agar dapat digunakan kembali.

4. Perawatan Preventif

Perawatan preventif dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

- a. perawatan periodik atau *hard time*, merupakan perawatan yang dilakukan berdasarkan batas waktu dari umur maksimum suatu komponen pesawat
- b. perawatan *on-condition*, merupakan perawatan yang memerlukan inspeksi untuk menentukan kondisi suatu komponen pesawat.

5. Perawatan Korektif

Perawatan korektif atau yang sering disebut *condition monitoring* yaitu perawatan yang dilakukan setelah ditemukan kerusakan pada suatu komponen dengan cara memperbaiki komponen tersebut.

6. *Minor Maintenance*

a. *Transit Check*

Transit check dilakukan setiap kali setelah melakukan penerbangan atau saat transit di bandar udara. Operator biasanya memeriksa pesawat untuk memastikan tidak ada kerusakan struktur dan semua sistem berfungsi dengan baik.

b. *Before Departure Check*

Before departure check dilakukan sebelum pesawat beroperasi, maksimal dua jam sebelumnya.

c. *Daily Check*

Pemeriksaan ini dilakukan satu kali 24 jam setelah *daily check* sebelumnya dilakukan. Setiap hari pesawat telah diprediksi akan *ground stop* minimal selama empat jam. *Daily check* mencakup pemeriksaan komponen, pemeriksaan keliling pesawat secara visual, dan pemeriksaan sistem operasional.

d. *Weekly Check*

Pemeriksaan ini dilakukan dalam tujuh hari penanggalan.

7. *Major Maintenance*

a. *A Check*

Pemeriksaan ini dilakukan setiap 400 - 600 jam terbang atau 200 - 300 pergerakan, tergantung jenis pesawatnya. Pemeriksaan ini

membutuhkan waktu sekitar 150-180 jam kerja dan umumnya dilakukan di hangar sedikitnya selama 10 jam.

b. *B Check*

Pemeriksaan ini dilakukan setiap 6-8 bulan. Pemeriksaan ini membutuhkan waktu sekitar 160-180 jam kerja, bergantung pada jenis pesawat.

c. *C Check*

Pemeriksaan ini dilakukan kira-kira setiap 20-24 bulan atau pada jumlah jam terbang tertentu seperti yang ditetapkan oleh pembuat pesawat. Waktu yang dibutuhkan untuk pemeriksaan ini antara satu hingga dua minggu dan membutuhkan tenaga hingga 6000 jam kerja.

d. *D Check*

Pemeriksaan yang paling luas dan berat bagi pesawat terbang. Pemeriksaan ini dilakukan setiap enam tahun. Dalam pemeriksaan ini, seluruh bagian pesawat dibongkar untuk diinspeksi dan diteliti.

8. *Interval Inspection*

a. *Flight Hours*

Interval inspeksi yang didasarkan pada jumlah jam operasional.

b. *Flight Cycle*

Interval inspeksi yang didasarkan pada jumlah *take off-landing* pesawat terbang.

c. *Calendar Time*

Interval inspeksi yang dilakukan sesuai dengan jadwal tertentu.

9. Tipe Pengecekan

a. *Destructive Testing*

Destructive testing adalah pengecekan kerusakan pada suatu material dengan merusak material tersebut.

b. *Non Destructive Testing*

Non Destructive Testing adalah pengecekan kerusakan pada suatu material tanpa merusak material tersebut.

10. Jenis-Jenis *Non Destructive Testing*

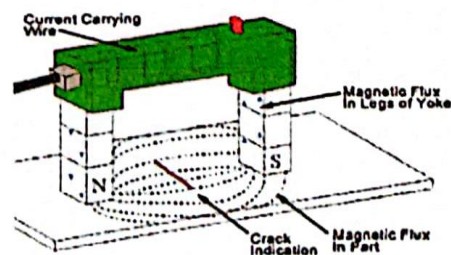
a. *Visual Test*



Gambar 7 *Visual Test*

Metode ini biasanya menjadi langkah pertama dalam *Non Destructive Testing*. Metode ini memiliki tujuan untuk menemukan kesalahan atau cacat pada permukaan objek. Dengan bantuan *visual optical*, *crack* yang berada pada permukaan objek atau material dapat diketahui.

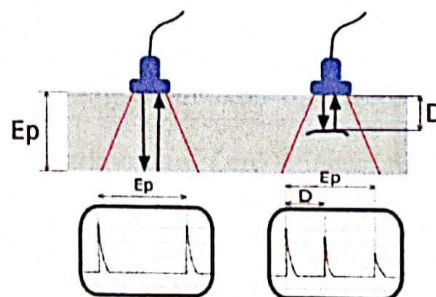
b. *Magnetic Particle*



Gambar 8 *Magnetic Particle*

Metode pengujian ini dilakukan dengan menyebarkan serbuk magnetik pada permukaan benda yang ingin diuji. Pada saat kerusakan atau keretakan terdapat di permukaan benda uji, akan ada kebocoran medan magnet di sekitar posisi kerusakan tersebut, sehingga dengan mudah bisa dideteksi dengan mata. Setelah diuji dengan metode ini, benda uji akan bersifat magnetik karena pengaruh serbuk-serbuk magnet tersebut. Untuk menghilangkan efek magnet tersebut, metode yang dapat digunakan yaitu metode *demagnetization*.

c. *Ultrasonic Testing*



Gambar 9 *Ultrasonic Testing*

Ultrasonic Testing menggunakan energi suara frekuensi tinggi untuk memeriksa berbagai jenis material. Frekuensi yang digunakan sekitar 1 MHz - 10 MHz. Pengujian ini biasanya digunakan untuk mendeteksi cacat, pengukuran dimensi, dan ketebalan permukaan. Sistem tipikal mencakup *pulser* atau *receiver*, *transduser*, dan perangkat *display*. *Pulser* menghasilkan pulsa listrik tegangan tinggi ke *whisper transduser* kemudian menghasilkan energi ultrasonik.

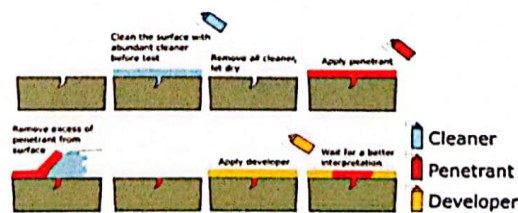
Energi mengalir melalui benda uji dalam bentuk gelombang. Kemudian, gelombang *ultrasonic* akan merambat ke setiap struktur material, ketika terjadi perbedaan gelombang maka akan terdeteksi adanya cacat pada material yang diuji.

d. *Eddy Current Testing*

Metode pengujian tanpa merusak yang memanfaatkan arus Eddy yang mengalir pada material konduktor untuk menemukan cacat pada suatu material. Pengujian ini dilakukan untuk mendeteksi terjadinya korosi, retakan, erosi, dan perubahan lainnya pada bagian permukaan sebuah material. Jika ditemui *crack* (retak), arus Eddy akan berubah.

Arus Eddy yang digunakan dalam pengecekan ini berasal dari penemuan Faraday dan *Lenz's Law* mengenai gaya gerak listrik. Arus Eddy adalah sebuah arus listrik melingkar yang terinduksi dalam sebuah material konduktif oleh sebuah medan magnet. Arus Eddy dihasilkan oleh induksi arus listrik bolak-balik dalam material konduktor.

e. *Penetrant Test*



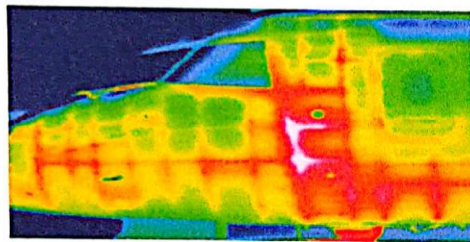
Gambar 10 *Penetrant Test*

Penetrant Test digunakan untuk mengetahui diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak, berlubang, atau kebocoran. Pada

prinsipnya *penetrant test* menggunakan prinsip daya kapilaritas. *Liquid penetrant* dapat meresap ke dalam celah diskontinuitas yang sangat kecil. Proses ini digunakan untuk menyelidiki keretakan permukaan dan kekeroposan. Uji *liquid penetrant* tidak hanya pada logam *ferrous* dan *non ferrous*, tetapi juga pada plastik, gelas, dan benda-benda hasil *powder metalurgi*.

f. *Thermography*

Thermography adalah pemeriksaan *Non Destructive Test* yang menggunakan kamera infra merah untuk memeriksa kerusakan pada suatu material. Pengecekan ini biasanya dilakukan setelah pesawat *landing* dan sebelum penumpang turun.



Gambar 11 *Thermography*

g. *Radiography*



Gambar 12 *Radiography*

Radiography adalah bagian dari *Non Destructive Testing (NDT)* yang menggunakan sinar x atau sinar gamma. *Radiography* dapat

menembus hampir semua logam, kecuali timbal dan beberapa material padat sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi cacat atau ketidaksesuaian di balik dinding metal atau di dalam bahan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada :

hari / tanggal : Kamis / 14 Maret 2019

lokasi : Merpati Maintenance Facility, Bandar Udara
Internasional Juanda, Jl. Raya Bandara Juanda,
Sudimoro, Betrou, Sedati, Bali, Jawa Timur 61253.

2. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu :

- a. penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang dideskripsikan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai aplikasi fisika dalam perawatan pesawat terbang
- b. penelitian lapangan, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data dan informasi yang diperoleh langsung dari pemandu dan pengamatan siswa.

B. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi adalah jumlah keseluruhan populasi yang merupakan hasil pengukuran atau perhitungan secara kualitatif maupun kuantitatif mengenai karakteristik tertentu dari semua anggota. Dalam penelitian ini, populasinya adalah pesawat *boeing* bermesin *turboprop* yang dirawat oleh MMF.

2. Sampel

Sampel merupakan sebagian dari populasi yang dianggap mewakili populasi karena memiliki ciri atau karakteristik yang sama. Sampel dalam penelitian ini adalah komponen-komponen pesawat mesin *turboprop*.

C. Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi

Observasi adalah cara pengumpulan data dengan pengamatan langsung dan pencatatan secara sistematis terhadap objek yang diteliti.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan karyawan MMF yang terlibat dalam proses perawatan pesawat terbang. Wawancara dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui aplikasi fisika dalam perawatan pesawat terbang.

3. Demonstrasi

Demonstrasi dilakukan oleh karyawan MMF yang terlibat dalam proses perawatan pesawat dengan metode *Non Destructive Testing*. Demonstrasi ini dilakukan dengan praktik penggunaan alat Epoch 1000 *series* dalam *ultrasonic testing*.

D. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data penelitian. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. pedoman observasi

Alat bantu yang digunakan peneliti ketika mengumpulkan data melalui pengamatan dan pencatatan terhadap masalah yang diselidiki.

2. pedoman wawancara

Alat bantu berupa pernyataan yang telah disusun sebelum penelitian untuk mengetahui aplikasi fisika dalam perawatan pesawat.

E. Prosedur Penelitian

1. Tahap Penelitian

a. Perencanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan yaitu :

- 1) pembuatan proposal penelitian
- 2) komponen yang dijadikan sampel ditentukan oleh peneliti
- 3) instrumen-instrumen penelitian yang akan digunakan untuk penelitian dibuat oleh peneliti.

b. Pelaksanaan

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan yaitu :

- 1) komponen-komponen pesawat mesin *turboprop* yang dijadikan sampel penelitian diamati oleh peneliti
- 2) instrumen penelitian dianalisis dan ditetapkan oleh peneliti.

2. Evaluasi

Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan diolah dan dianalisis dengan metode yang telah ditentukan.

3. Penyusunan Laporan

Pada tahap ini, hasil-hasil penelitian disusun dan dilaporkan.

BAB IV

PEMBAHASAN

A. Jenis Pesawat yang Dirawat MMF

MMF merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang perawatan pesawat terbang. Banyak pesawat terbang yang dirawat oleh MMF baik dari dalam maupun luar negeri. Pesawat yang dirawat oleh MMF adalah pesawat *boeing* dengan mesin *turboprop* yang meliputi :

1. Sriwijaya Air
2. NAM Air
3. *Philippines Airlines*

B. Perbedaan Pesawat Mesin Piston dan Mesin Turbin

1. Pesawat Mesin Piston

Mesin piston merupakan mesin yang digunakan untuk menggerakkan *propeller* atau baling-baling. Mesin ini menghasilkan gerakan yang berlawanan. Pesawat terbang dengan mesin piston mempunyai ketinggian terbang yang tidak terlalu tinggi dan daya jelajah yang kecil, sehingga lebih efektif untuk perjalanan jarak dekat.

2. Pesawat Mesin Turbin

Pesawat dengan mesin turbin digunakan untuk pesawat berkecepatan tinggi. Mesin turbin terdiri dari tiga jenis, yaitu *turboprop*, *turbofan*, dan *turbojet*. Pesawat dengan mesin turbin lebih efektif untuk perjalanan jarak jauh. Hal tersebut dilihat dari aspek gaya dorong (*thrust*) dan bahan bakar yang digunakan.

C. Perbedaan Sayap Bagian Depan dan Sayap Bagian Belakang Pesawat

1. Sayap Bagian Depan

Aileron terletak di ujung sayap bagian depan. *Aileron* merupakan bagian dari komponen sayap pesawat terbang yang penting karena *aileron* mengendalikan pergerakan pesawat, menjaga kestabilan, dan mengendalikan pesawat berdasarkan sumbu rotasinya. Kerusakan pada *aileron* dapat diidentifikasi menggunakan metode *NDT*, seperti *ultrasonic testing*. *Aileron* dikatakan rusak, jika saat dilakukan *ultrasonic testing* ada gelombang yang dipantulkan kembali ke *transmitter*. Gelombang yang dipantulkan tersebut dapat terlihat melalui grafik *crack echo* yang muncul di layar alat *ultrasonic testing* (Epoch 1000 series).

Aileron menghasilkan gerakan naik turun pada pesawat. Gerakan yang dihasilkan oleh *aileron* saling berlawanan. Jika salah satu *aileron* bergerak ke atas, *aileron* yang lain akan bergerak ke bawah, begitu juga sebaliknya. Pada saat pilot akan berguling ke kanan, pilot menggerakkan *stick control* ke arah kanan, sehingga secara mekanik akan terjadi pergerakan. *Aileron* sebelah kanan akan bergerak naik dan *aileron* sebelah kiri bergerak turun. Pada saat *aileron* sayap kanan naik akan terjadi pengurangan gaya angkat karena *aileron* yang naik menyebabkan kecepatan aliran udara di permukaan sayap atas berkurang, sehingga sayap sebelah kanan turun. Sedangkan pada sayap bagian kiri, *aileron* yang turun menyebabkan tekanan udara terakumulasi dan membuat sayap kiri naik. Begitu juga sebaliknya jika pilot menginginkan pesawat melakukan *roll* ke sebelah kiri.

2. Sayap Bagian Belakang

Sayap bagian belakang berfungsi untuk membelokkan pesawat terbang. Kerusakan pada sayap bagian belakang dapat diidentifikasi menggunakan *NDT thermography*. *Thermography* menggunakan bantuan sinar *infrared* untuk mengidentifikasi titik panas yang disebabkan oleh cacat atau kerusakan. Jika sayap bagian belakang mengalami kerusakan, akan ditemukan titik yang panasnya berbeda dengan titik yang lain. Perawatan sayap bagian belakang penting dilakukan untuk mencegah kegagalan fungsi sayap untuk membelokkan pesawat ke kanan atau ke kiri.

Pada bagian sayap belakang terdapat komponen berupa *rudder* yang menjadi bidang kendali saat pesawat melakukan *yaw*. *Rudder* bergerak pada sumbu vertikal dan dikendalikan dari *cockpit* dengan menggunakan *rudder pedal*. Pergerakan dari *rudder* yang berdefleksi ke kiri atau kanan membuat pesawat dapat belok.

Ada dua jenis *rudder pedal*, yaitu pedal kiri dan kanan. Pilot akan menekan atau menginjak *rudder pedal* sebelah kiri jika menginginkan pesawat belok ke kiri. Gaya yang timbul dari peristiwa tersebut adalah gaya aerodinamik yang menekan permukaan *rudder* yang berdefleksi, sehingga tali akan bergerak ke kanan dan *nose* akan bergerak ke kiri. Oleh karena itu, pesawat akan belok ke kiri.

D. Tahap-Tahap Perawatan Pesawat

1. Macam-Macam *Maintenance*

a. *Line Maintenance*

- 1) Pemeriksaan cepat pada saat pesawat mendarat.

- 2) *Line maintenance* dilakukan sebelum pesawat lepas landas dan pada masa transit.
 - 3) *Line maintenance* dilakukan setiap hari dan setiap minggu.
- b. *Base Maintenance*
- 1) *A check* adalah inspeksi pertama untuk mengungkapkan kondisi kerusakan secara umum.
 - 2) *B check* adalah inspeksi menengah untuk menentukan kondisi pesawat secara umum.
 - 3) *C check* adalah inspeksi sistem, komponen pesawat, dan kelayakan pesawat terbang.
 - 4) *D check* inspeksi struktural dan menentukan kelayakan pesawat terbang. Pada *D check* pesawat dibongkar secara total untuk diperiksa lebih lanjut.
 - 5) Pemeriksaan struktur pesawat.
 - 6) Modifikasi badan pesawat.
- c. *Cabin Maintenance*
- Pemeriksaan kabin dan interior pesawat untuk kenyamanan dan keamanan penumpang.
- d. *Engine Maintenance*
- 1) Pemeriksaan terhadap mesin-mesin pesawat
Proses pemeliharaan pada bagian mesin pesawat.
 - 2) Perawatan mesin yang terjadwal
Perawatan yang dilakukan secara berkala dan berurutan tanpa melihat pesawat tersebut sedang mengalami kerusakan atau masih dalam kondisi yang baik. Dalam perawatan ini, banyak

komponen yang dicek, seperti roda, kulit pesawat, sayap, tiang, dan rantai pesawat.

3) Perawatan mesin yang tidak terjadwal

Proses pemeliharaan pada bagian pesawat terbang yang tidak mengacu pada jadwal perawatan yang telah ditentukan oleh produsen pesawat. Contohnya, ban pesawat tiba-tiba rusak karena robek, sehingga harus diganti dan diperbaiki tanpa melihat jadwal yang telah ditentukan.

2. Jenis-Jenis *Services*

1) *Engineering Services*

Layanan pemeriksaan pesawat terbang.

2) *Material and Logistic Services*

Layanan pemeriksaan material-material komponen pesawat.

3) *Learning Services*

Pemberian pembelajaran pada teknisi untuk memperluas pengetahuan mengenai perbaikan pesawat.

4) *GMF Power Services*

Pemberian tenaga kerja untuk melakukan perawatan pesawat.

5) *Component Services*

Layanan pemeriksaan terhadap komponen-komponen pesawat terbang.

6) *Aircraft Support Services*

Layanan pemantauan badan pesawat di lapangan terbang.

3. Parameter Perawatan Pesawat Terbang

a. *Cycle Maintenance* (Siklus)

Parameter yang dihitung berdasarkan jumlah perjalanan pesawat.

Satu siklus dihitung dengan satu *take off* dan satu *landing*.



b. *Hours Maintenance* (Jam Terbang)

Parameter yang dihitung berdasarkan jumlah jam terbang pesawat.

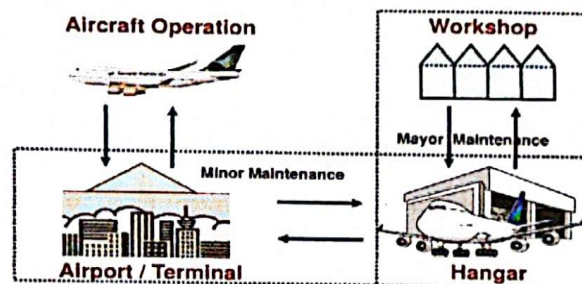
Rata-rata jam terbang pesawat adalah 3000 jam terbang sebelum dilakukan perawatan.

c. *Calendar Maintenance* (Kalender)

Parameter yang dihitung berdasarkan kalender atau penanggalan.

Setiap komponen memiliki batas waktu penggunaan yang berbeda-beda.

4. Siklus Perawatan Pesawat Terbang



Gambar 13 Siklus Perawatan Pesawat

- Pesawat akan beroperasi hingga satu atau lebih parameter mencapai batas yang telah ditentukan.
- Pesawat dibawa ke hangar untuk pemeriksaan ringan (*minor maintenance*).
- Apabila pesawat telah melalui beberapa pemeriksaan ringan atau pada saat pemeriksaan ringan ditemukan kerusakan berat, pesawat akan dibawa ke *workshop* untuk melakukan pemeriksaan berat (*major maintenance*).

- d. Setelah melalui pemeriksaan berat, pesawat dibawa ke hangar untuk dilakukan pemeriksaan ringan sebelum dikirim ke bandara untuk kembali beroperasi.
5. *Major Maintenance* dan *Minor Maintenance*
- a. *Major maintenance* adalah perawatan berat atau detail yang dilakukan pada pesawat. *Major maintenance* meliputi :
 - 1) *a check*
 - 2) *b check*
 - 3) *c check*
 - 4) *d check*
 - b. *Minor Maintenance*

Minor maintenance adalah perawatan ringan atau kilat yang dilakukan pada pesawat. *Minor maintenance* meliputi :

 - 1) *daily check*

Daily check dilakukan setiap hari selama kurang lebih empat jam. Kegiatannya antara lain, pemeriksaan visual terhadap susunan *landing gear*, *brake system*, *hydraulic system*, *cabin pressure*, *flight control*, *auxiliary power unit*, penambahan oli mesin, penambahan minyak hidrolik, dan pemeriksaan terhadap *foreign object damage* pada struktur dan mesin pesawat
 - 2) *weekly check*

Pemeriksaan ini dilakukan setiap tujuh hari kalender. Pemeriksaan ini pada dasarnya adalah *daily check* yang ditambah dengan operasional cek terhadap beberapa sistem dan tugas perawatan kabin.

6. Proses Perawatan Pesawat

No	Proses	Sifat	Presentase
1	<i>Hard Time</i>	Mencegah	2% - 3%
2	<i>On-Condition</i>	Tergantung Kondisi	9% - 10%
3	<i>Condition Monitoring</i>	Memperbaiki	87% - 89%

Tabel 1 Proses Perawatan Pesawat

a. *Hard Time*

Proses perawatan yang menerapkan prinsip setiap komponen memiliki umur maksimum yang didasarkan pada jam terbang, siklus penerbangan, jarak penerbangan, dan *overhaul*. Bila umur komponen telah sampai batas maksimum, komponen tersebut akan dilepas dan diganti. *Hard time* berfungsi untuk mencegah kegagalan fungsi dari suatu komponen.

b. *On-Condition*

On-condition adalah proses perawatan untuk mencegah *functional failure*. Dalam perawatan ini, komponen diinspeksi secara periodik, sehingga dapat memenuhi *standard safety* dan layak terbang. Metode yang digunakan dalam proses perawatan *on-condition* adalah *visual test*.

c. *Condition Monitoring*

Proses perawatan pesawat yang menganalisa alat-alat atau komponen pada sistem pesawat untuk mengidentifikasi suatu kerusakan. Proses *condition monitoring* dilakukan pada sistem

yang tidak memerlukan *preventive maintenance*. Bila diketahui penurunan *performance* dari hasil monitoring, akan dilakukan pekerjaan tertentu. Kemudian, hasil monitoring ini dianalisis untuk menentukan langkah-langkah tetap, seperti perbaikan.

E. Aplikasi Fisika dalam Perawatan Pesawat Terbang

1. *Visual Test*

Metode ini merupakan langkah yang pertama kali diambil dalam *NDT*. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi. Retak yang dimaksud adalah retak yang dapat terlihat oleh mata atau dengan bantuan lensa pembesar dan boroskop. Boroskop adalah perangkat optik yang terdiri dari tabung kaku atau fleksibel dengan lensa mata pada salah satu ujungnya dan lensa objektif di sisi lain. Dalam perawatan pesawat, boroskop digunakan untuk memeriksa bagian mesin turbin gas pesawat.

2. *Magnetic Particle*

Metode ini dilakukan untuk mendeteksi adanya cacat atau kerusakan pada permukaan atau sedikit di atas permukaan pada material yang memiliki sifat *ferromagnetic*. *Magnetic particle* menggunakan prinsip garis gaya magnet (*flux*) yang akan berubah jika ada cacat atau retakan. *Magnetic particle* dapat digunakan untuk memperbaiki kerusakan pada *landing gear*, *gear box*, *shock struts*.

Cara kerjanya, bagian material yang akan diuji diberikan magnetasi dengan cara mengalirkan arus listrik pada bagian dalam material tersebut. Jika terdapat cacat atau retakan, arah dari medan magnet tersebut akan dibelokkan dan membentuk medan magnet yang baru,

sehingga terjadi kebocoran *flux magnetic*. Kebocoran tersebut menyebabkan tertariknya *ferromagnetic* yang ada di permukaan sehingga letak cacat atau retak pada material tersebut dapat ditemukan. Namun, jika tidak ada retakan, tidak akan terbentuk medan magnet yang baru.

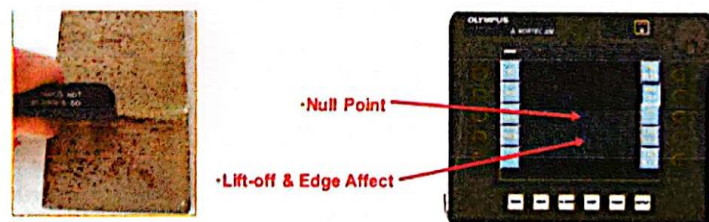
3. *Eddy Current Testing*

Eddy current testing adalah pemeriksaan dengan memanfaatkan arus Eddy yang mengalir pada material konduktor. Metode ini dilakukan untuk mengecek keretakan pada permukaan material. Jika ada keretakan yang terdeteksi, arus Eddy akan berubah. Arus Eddy mengalir membentuk lingkaran yang terpusat dan tegak lurus terhadap medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan *probe*. *Eddy current testing* secara luas digunakan untuk memeriksa struktur pesawat, seperti *under carriage*, hubungan roda, komponen tubular dari pesawat dan mesin, lubang pengikat, piringan kompresor mesin turbin, *skin* pesawat, dan *landing gear* utama.

Prinsip kerja dari arus Eddy yang pertama yaitu saat koil didekatkan ke sebuah material konduktif, medan magnet yang berasal dari koil akan menghasilkan sebuah *alternating current* di dalam material. Arus ini dalam bentuk *loop* melingkar atau yang disebut *Eddy Current*. Kemudian, arus Eddy mengalir di dalam material menghasilkan sebuah medan magnet yang berlawanan dan dideteksi oleh koil tersebut. Cacat material menyebabkan gangguan di dalam jalur melingkar dari arus Eddy, sehingga terjadi perubahan *magnetic field* dan perubahan impedansi pada koil.

Alat yang digunakan untuk mendeteksi keretakan pada permukaan pesawat adalah Nortec N500. Berikut langkah-langkah penggunaan alat tersebut :

- a. nyalakan Nortec N500
- b. pasang kabel ke alat dan *probe weld*
- c. atur frekuensi menggunakan *hot key* dan knob
- d. *setup lift-off probe* pada material
- e. atur *gain*, *angle*, dan *erase display* menggunakan *hot key* and knob
- f. lakukan *scanning* pada *weld* dan perhatikan pada layar. Sinyal yang melebihi *null point* dan *lift-off* adalah sinyal cacat
- g. Jika *scanning* pada *weld* dan *head affected zone* menemukan *defect*, sinyal pada bidang impedansi akan bergerak naik melebihi *null point* dan *lift-off*.



Gambar 14 Nortec N500

4. Ultrasonic Testing

Metode ini memanfaatkan gelombang suara dengan frekuensi lebih dari 5 MHz untuk menganalisa ketebalan permukaan, mengukur dimensi, dan mendeteksi adanya *crack*. *Ultrasonic testing* digunakan untuk mengecek kerusakan pada bagian *flaps*, ekor pesawat vertikal dan horizontal, *boks* sayap tengah, sekat tekanan belakang, *ribs*, dan *stringer*. Prinsip kerjanya, gelombang ultrasonik disorotkan ke

permukaan bidang yang sedang diuji dengan garis lurus pada kecepatan konstan. Kemudian, gelombang tersebut dipantulkan dari permukaan atau bagian cacat benda uji tersebut. Dalam pengecekan tersebut, hasil yang diperoleh gelombang suara akan ditampilkan pada layar monitor berupa tampilan pulsa untuk mendeteksi tebal serta cacat pada benda uji tersebut.

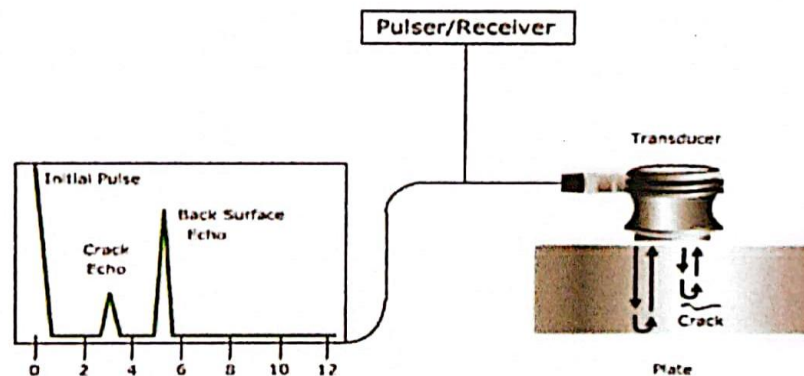
Dalam perawatan pesawat, *ultrasonic testing* dilakukan dengan bantuan alat yang disebut Epoch 1000 *series*. Berikut langkah-langkah kerja dari alat tersebut dalam memeriksa *crack* suatu material :

- a. lapisi benda yang ingin diuji menggunakan *couplant* agar kedap udara
- b. nyalakan mesin Epoch 1000 *series*
- c. putar *adjustment* knob untuk mengatur panjang gelombang yang diinginkan
- d. letakkan permukaan *probe* di atas benda
- e. *probe* akan mengubah energi listrik menjadi gelombang bunyi
- f. gelombang bunyi tersebut akan dipancarkan di dalam benda
- g. gelombang bunyi akan menggerakkan atom dan partikel yang terdapat di dalam benda
- h. jika gelombang bunyi mengenai rongga udara (rongga udara dapat berupa permukaan benda atau retakan), gelombang akan memantul
- i. gelombang yang memantul akan ditangkap oleh *probe*
- j. *probe* akan menangkap gelombang tersebut dan memunculkan grafik di layar *display*

- k. pada benda yang tidak mempunyai retakan, grafik hanya akan memunculkan garis yang disebut *back surface echo*
- l. jika di dalam benda terdapat retakan, grafik akan memunculkan garis *crack echo* sebelum *back surface echo*.



Gambar 15 Epoch 1000 series



Gambar 16 Layar Epoch 1000 series

Jumlah waktu yang diperlukan untuk membentuk satu gelombang *back surface echo* dapat dihitung melalui rumus :

$$t = \frac{\lambda}{range} \times l$$

keterangan :

t = waktu (second)

λ = panjang gelombang (meter)

I = intensitas (W/m^2)

misal :

$$\lambda = 25 \text{ m}$$

$$I = 5 \text{ W}/\text{m}^2$$

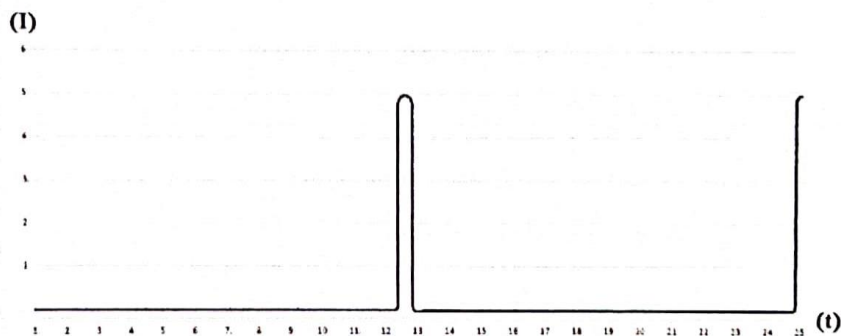
$$\text{range} = 10$$

maka,

$$t = \frac{25}{10} \times 5$$

$$t = 12,5 \text{ s}$$

Dari data perhitungan tersebut dapat digambarkan grafik sebagai berikut.



Grafik 1 Grafik Waktu terhadap Intensitas

5. Penetrant Test

Uji *liquid penetrant* digunakan untuk mengetahui diskontinuitas halus pada permukaan, seperti retak, berlubang, atau kebocoran. Bagian pesawat yang dicek menggunakan *penetrant test* adalah baling-baling pesawat. Prinsipnya metode pengujian dengan *liquid penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas. Kapilaritas adalah peristiwa naik turunnya permukaan zat cair pada diskontinuitas. Diskontinuitas

adalah ketidaksempurnaan material akibat lubang, retakan, kotoran, dan sebagainya.

Liquid penetrant dengan warna tertentu (merah) meresap masuk ke dalam diskontinuitas. Kemudian, *liquid penetrant* tersebut dikeluarkan dari dalam diskontinuitas dengan menggunakan cairan pengembang yang warnanya kontras dengan *liquid penetrant* (putih). Diskontinuitas terdeteksi dengan timbulnya bercak-bercak merah yang keluar dari dalam diskontinuitas. Jika tidak timbul bercak-bercak merah dalam pengecekan ini, material tersebut dinyatakan dalam kondisi baik atau tidak mengalami kerusakan dan cacat.

6. *Thermography*

Pemeriksaan ini dilakukan dengan bantuan *thermal camera*. *Thermography* dilakukan setelah pesawat *landing* dan sebelum penumpang turun. Pemeriksaan kerusakan metode ini dilakukan menggunakan panas untuk mencari letak cacat dalam bentuk energi sinar *infrared*. Sama seperti *ultrasonic testing*, *thermography* digunakan untuk mengecek kerusakan pada bagian *flaps*, ekor pesawat vertikal dan horizontal, *boks* sayap tengah, sekat tekanan belakang, *ribs*, dan *stringer*. Pesawat dikatakan layak terbang, jika dalam pengecekan menggunakan *thermography* tidak ditemukan titik dengan panas yang berbeda dengan titik lain.

7. *Radiography*

Radiography merupakan pengecekan tanpa merusak dengan menggunakan sinar gamma dan sinar *x-ray* dalam mendeteksi *crack*. Biasanya *radiography* digunakan untuk mengecek bagian *skin*

pesawat. Metode ini tidak akan menimbulkan masalah pada pesawat walaupun dilakukan berkali-kali. Cara kerja dari radiografi yaitu :

- a. alat radiografi dipasang untuk pengujian dan pemancaran sinar *x-ray* ke benda yang ingin diuji
- b. sinar *x-ray* menembus benda yang diperiksa untuk mengetahui jenis material atau reaksi kimia yang terdapat pada benda tersebut
- c. setelah sinar *x-ray* menembus benda tersebut, data dan bayangan dari benda tersebut akan terlihat
- d. jika pada benda tersebut terdapat *crack*, *crack* tersebut akan terlihat.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu :

1. jenis pesawat yang dirawat oleh MMF adalah pesawat *boeing* dengan mesin *turboprop*, seperti *Sriwijaya Air*, *NAM Air*, dan *Philippines Airlines*
2. pesawat dengan mesin piston lebih efisien untuk penerbangan jarak dekat, sedangkan pesawat dengan mesin turbin lebih efisien untuk penerbangan jarak jauh. Hal tersebut dilihat dari aspek bahan bakar yang digunakan dan gaya dorong yang dihasilkan
3. sayap bagian depan pesawat berfungsi untuk naik turun dan sayap bagian belakang pesawat berfungsi untuk membelokkan arah pesawat. Sayap bagian depan dapat digunakan untuk naik turun karena terdapat komponen yang disebut *aileron*, sedangkan pada sayap bagian belakang dapat digunakan untuk membelokkan pesawat karena terdapat *rudder*. Jika kedua komponen sayap tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik, kestabilan pesawat menjadi tidak terkendali dan pesawat tidak bisa belok ke kanan maupun ke kiri. Oleh karena itu, perawatan pada bagian sayap pesawat penting dilakukan untuk tetap menjaga keamanan. Perawatan tersebut dapat dilakukan dengan metode *NDT ultrasonic testing* dan *thermography*

4. tahap-tahap dalam perawatan pesawat, meliputi *minor maintenance* dan *major maintenance*. *Minor maintenance* merupakan perawatan ringan pesawat dan *major maintenance* merupakan perawatan berat pesawat. *Minor maintenance* meliputi *weekly check* dan *daily check*. *Major maintenance* meliputi *A check*, *B check*, *C check*, dan *D check*
5. aplikasi fisika yang digunakan dalam perawatan pesawat dengan metode *Non Destructive Testing*, meliputi arus Eddy (*Eddy Current Testing*), gelombang ultrasonik (*Ultrasonic Testing*), daya kapilaritas (*Penetrant Test*), sinar *infrared* (*Thermography*), medan magnet (*Magnetic Particle*), sinar gamma dan sinar x (*Radiography*).

B. Saran

Perawatan pesawat sangat penting untuk keselamatan dan kenyamanan penumpang. Oleh karena itu, perusahaan perawatan pesawat seperti MMF perlu meningkatkan kualitas perawatan dan menggunakan teknisi yang ahli untuk meminimalisir risiko kecelakaan transportasi udara. Teknisi harus selalu mengeksplorasi pengetahuan tentang perawatan pesawat, sehingga dapat mengurangi kemungkinan kesalahan dalam perbaikan pesawat.

Selain itu, pihak-pihak lain yang harus mendukung perawatan pesawat yaitu penumpang. Ketika jam keberangkatan suatu pesawat ditunda (*delay*), sebaiknya penumpang tidak mengeluh karena pada saat itu pesawat sedang dicek dan diperbaiki untuk keselamatan dan kenyamanan penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwi, Rizky. 2019. *Introduction of Aviation NDT*. Presentasi Pengantar *NDT*, Maret 14, Surabaya.
- Handoyo, Singgih dan Dudi Sudibyo. 2011. *Aviopedia*. Jakarta : PT Kompas Media Nusantara.
- Thabet, Senan. 2008. "Critically Evaluate the Capabilities of Ultrasonic Techniques Used for Tracing Defects in Laminated Composite Materials." *International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS)*. 10(3) : 237 – 251.
- Vishwakarma, Manish. 2018. "Advances and Researches on Non Destructive Testing." *Jurnal of Materials Proceedings*. 5(2) : 3690-3698.
- Wensveen, John. 2007. *Air Transportation A Management Perspective*. Amerika Serikat : *Ashgate Publishing Company*.



