

**LAPORAN
KERJA PRAKTIK**



**ANALISIS PROSES *BALANCING ELEVATOR ASSEMBLY*
PESAWAT BOEING 737 – 800 DENGAN METODE *ON JIG* DI
PT. GARUDA MAINTENANCE FACILITY AERO ASIA TBK**

Disusun oleh :

Wisnu Murti

3331220080

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2025**



No : 032/UN.43.3.1/PK.03.08/2025

Kerja Praktik

ANALISIS PROSES *BALANCING ELEVATOR ASSEMBLY* PESAWAT BOEING 737 – 800 DENGAN METODE *ON JIG* DI PT. GARUDA MAINTENANCE FACILITY AERO ASIA TBK

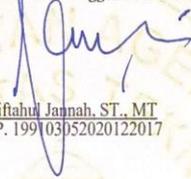
Dipersiapkan dan disusun oleh:

Wisnu Murti

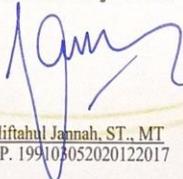
3331220080

telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan diseminarkan
pada tanggal, 11 Juni 2025

Pembimbing Utama & Anggota Dewan Penguji


Miftahul Jannah, ST., MT
NIP. 199103052020122017

Koordinator Kerja Praktik


Miftahul Jannah, ST., MT
NIP. 199103052020122017

Kerja Praktik ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk melanjutkan Tugas Akhir

Tanggal, 23 Juni 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin




Ir. Dhimas Satria, ST., M.Eng
NIP. 198305102012121006



GMFAeroAsia
GARUDA INDONESIA GROUP

Approval Letter

PT Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk.

Name : Wisnu Murti
School/Univ : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Student ID : 3331220080

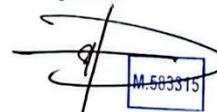
This Internship report has been approved by :

Approved by,

Learning Center Unit
Wide Body Base Maintenance


GMFAeroAsia
GARUDA INDONESIA GROUP
Nafisah Nurillah Alya B
583732

Cengkareng, 22 May 2025
Supervisor


M.583315
Anjar Setyanto
583315



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

PENILAIAN KERJA PRAKTIK LAPANGAN OLEH INSTANSI/PERUSAHAAN

Nama Pembimbing Lapangan : Anjar Setyanto
 Nama Mahasiswa : Wisnu Murti NPM : 3331220080
 Nama Instansi/Perusahaan : PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
 Alamat Instansi/Perusahaan : Soekarno Hatta International Airport, Tangerang - Indonesia
 Periode Waktu Pelaksanaan KP : 15 April 2025 s.d 23 Mei 2025
 Judul Laporan : Analisis Proses Balancing Elevator Assembly Pesawat Boeing 737-800 dengan Metode On Jig di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk

NO	ASPEK PENILAIAN	NILAI
Kemampuan Teknis/Materi		
1	Pengetahuan tentang pekerjaan	84
2	Kemampuan komunikasi secara ilmiah (cara berbicara dan mengemukakan pendapat)	85
3	Kemampuan Analisa	86
Kemampuan Non Teknis		
4	Disiplin/Tanggung Jawab	85
5	Kehadiran	85
6	Sikap	88
7	Kerjasama	87
8	Potensi Berkembang	85
9	Inisiatif	87
10	Adaptasi	86
Nilai Total		858
Nilai Rata-rata		85,8

Skala Penilaian :
 50,00-54,99 = D
 55,00-59,99 = C
 60,00-64,99 = C+
 65,00-69,99 = B-
 70,00-74,99 = B
 75,00-79,99 = B+
 80,00-84,99 = A-
 85,00-100,00 = A

Cengkareng, 22 Mei 2025
Pembimbing Lapangan



Anjar Setyanto
NIP. 583315



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kerja praktik yang berjudul *Analisis Proses Balancing Elevator Assembly Pesawat Boeing 737-800 dengan Metode On Jig* di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk. Laporan ini disusun sebagai bentuk tanggung jawab akademik dalam memenuhi salah satu syarat kelulusan mata kuliah kerja praktik, sekaligus pertanggungjawaban atas pelaksanaan kegiatan Kerja Praktik (KP) di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menghadapi berbagai tantangan. Namun, berkat dukungan dan doa dari berbagai pihak, hambatan tersebut dapat diatasi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, serta semangat selama proses ini berlangsung, antara lain kepada:

1. Bapak Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T, selaku koordinator kerja praktik dan dosen pembimbing kerja praktik Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Seluruh dosen di lingkungan Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Kedua orang tua, keluarga, sahabat, serta semua pihak yang senantiasa memberikan doa dan dukungan secara moril maupun materil.
5. PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk yang telah memberikan dukungan penuh dalam penyelenggaraan kegiatan kerja praktik.
6. Seluruh karyawan dan tim dari PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk, khususnya di unit Workshop 1 TBR 5 (Sheet Metal).
7. Bapak Anjar Setyanto yang berperan sebagai mentor pembimbing selama pelaksanaan kerja praktik di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk.



8. Rekan-rekan peserta internship batch 5.2 di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk yang telah memberikan kontribusi serta menjalin kerja sama yang baik selama pelaksanaan kerja praktik.
9. Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung saya selama kerja praktik, meskipun tidak semua dapat saya sebutkan satu per satu.

Dalam proses penyusunan laporan ini, saya menyadari masih terdapat banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Meski demikian, saya berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Saya sangat terbuka terhadap masukan dan kritik yang membangun demi penyempurnaan laporan ini, serta sebagai bekal untuk menghasilkan laporan yang lebih baik di masa mendatang.

Cengkareng, 22 Mei 2025

Wisnu Murti
3331220080



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN	iii
LEMBAR PENILAIAN DARI PERUSAHAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Kerja Praktik.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN	4
2.1 Sejarah PT. GMF Aero Asia Tbk.....	4
2.2 Profil PT. GMF Aero Asia Tbk.....	5
2.3 Visi, Misi, dan Kompetensi Inti Perusahaan.....	6
2.4 Struktur Organisasi PT. GMF Aero Asia Tbk.....	8
2.5 Makna Bentuk dan Warna Logo PT. GMF Aero Asia Tbk.....	10
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	13
3.1 Diagram Alir.....	13
3.2 Pesawat Terbang.....	14
3.3 Pesawat Boeing 737-800.....	16
3.4 Komponen Utama Pesawat Terbang.....	18
3.5 <i>Elevator Assembly</i> Pesawat.....	20
3.6 Proses <i>Balancing</i> Komponen Kendali Pesawat.....	22
3.7 Metode <i>On Jig</i> dalam Proses <i>Balancing</i>	24
3.8 Standar dan Regulasi dalam Proses <i>Balancing</i>	25



BAB IV ANALISA PERMASALAHAN DAN PEMECAHAN MASALAH.	28
4.1 Gambaran Umum Permasalahan.....	28
4.2 Data Pengukuran dan Perhitungan <i>Balancing</i>	29
4.3 Analisis Permasalahan.....	31
4.4 Pemecahan Masalah.....	32
4.5 Evaluasi Hasil.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 <i>Data Balancing Elevator Assembly</i>	30



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Organisasi.....	8
Gambar 2.2 Logo Perusahaan.....	10
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	13
Gambar 3.2 Gaya-gaya yang Berkerja pada Pesawat.....	15
Gambar 3.3 Pesawat Boeing 737-800.....	17
Gambar 3.4 Komponen Utama Pesawat Terbang.....	20
Gambar 3.5 <i>Elevator Assembly</i> Boeing 737-800.....	21
Gambar 3.6 Proses <i>Balancing Elevator Assembly</i>	23
Gambar 3.7 Metode <i>On Jig</i>	24
Gambar 3.8 Toleransi Nilai Pengukuran <i>On Jig</i>	26
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan New SBHM dan Old SBHM.....	35



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri penerbangan merupakan salah satu sektor transportasi yang paling kompleks dan vital dalam mendukung konektivitas global, baik dari sisi mobilitas manusia, distribusi barang, hingga penguatan sektor ekonomi antarnegara. Dalam dunia yang semakin saling terhubung, pesawat terbang bukan lagi sekadar alat transportasi, melainkan simbol efisiensi, kecepatan, dan kemajuan teknologi. Namun, di balik keandalan sebuah pesawat terbang, terdapat sistem pemeliharaan yang sangat terstruktur dan berstandar tinggi demi menjamin keselamatan dan performa maksimal. Salah satu aspek penting dari sistem ini adalah perawatan dan perakitan komponen kendali penerbangan, termasuk *elevator assembly* yang merupakan bagian krusial dalam mekanisme kontrol arah pesawat.

Elevator merupakan bagian dari sistem *empennage* atau ekor pesawat, yang berfungsi mengendalikan gerakan *pitch* atau naik turunnya hidung pesawat. Dalam setiap pergerakan pesawat, baik saat lepas landas, terbang jelajah, maupun pendaratan, *elevator* memegang peran penting dalam menjaga stabilitas dan keseimbangan pesawat. Kesalahan sedikit saja dalam performa *elevator* dapat berdampak serius terhadap kendali pesawat secara keseluruhan. Oleh karena itu, setiap proses perawatan, penggantian, atau perakitan kembali *elevator* harus dilakukan dengan presisi tinggi dan mengikuti prosedur yang sangat ketat, termasuk proses *balancing*.

Proses *balancing elevator assembly* adalah tahapan penting dalam memastikan bahwa komponen *elevator* memiliki distribusi massa yang tepat sehingga tidak menimbulkan gaya tidak seimbang ketika beroperasi dalam kecepatan tinggi. Ketidakseimbangan pada *elevator* dapat memicu getaran berlebih, beban berlebih pada aktuator, dan yang paling serius yaitu degradasi performa terbang yang berujung pada potensi insiden penerbangan. Oleh karena itu, proses *balancing* bukan sekadar prosedur mekanis, tetapi merupakan bagian integral dari upaya mitigasi risiko dalam dunia aviasi.



Proses *balancing elevator* dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah metode *on jig*, yaitu metode di mana komponen *elevator* dirakit dan diukur keseimbangannya langsung pada *jig* atau alat bantu yang dirancang khusus untuk memegang struktur *elevator* secara presisi. Metode ini memberikan keuntungan dalam hal akurasi penyesuaian serta efisiensi waktu, karena seluruh proses dapat dilakukan tanpa harus melepas komponen dari dudukannya. Namun, pelaksanaannya tetap memerlukan ketelitian tinggi, karena faktor seperti posisi *jig*, distribusi massa, toleransi beban, dan dinamika massa perlu diperhitungkan secara rinci.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam laporan kerja praktik di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk:

1. Bagaimana efektivitas metode *on jig* yang dilakukan dalam mencegah kerusakan atau kegagalan fungsi *elevator* Boeing 737-800?
2. Berapakah nilai yang didapat dari hasil pengujian *Check Balance Moment* (CBM) pada R/H *Elevator* dan L/H *Elevator* Boeing 737-800?

1.3 Tujuan Kerja Praktik

Berikut merupakan tujuan dari dilakukannya kerja praktik di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk:

1. Menganalisis efektivitas metode *balancing* secara *on jig* dalam mencegah potensi kerusakan atau kegagalan fungsi *elevator*.
2. Menilai hasil *new Static Balance Hinge Moment* (SBHM) dari data pengujian *Check Balance Moment* (CBM) pada kedua *elevator* pesawat Boeing 737-800.

1.4 Batasan Masalah

Dalam laporan kerja praktik ini, pembahasan difokuskan secara khusus pada topik utama. Untuk menjaga ruang lingkup tetap terarah, penulis menetapkan sejumlah batasan permasalahan sebagai berikut:



1. Objek yang di observasi hanya pada komponen *elevator* pesawat Boeing 737-800, tidak mencakup komponen *flight control* lainnya.
2. Metode yang di observasi adalah *balancing elevator* dengan sistem *on jig*, tanpa membandingkan secara eksperimental dengan metode lainnya.
3. Observasi hanya berfokus pada prosedur pelaksanaan *balancing elevator* dan evaluasi hasilnya, tidak membahas modifikasi desain pada *elevator*.



BAB II

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah PT. GMF Aero Asia Tbk

PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk merupakan salah satu perusahaan penyedia layanan perawatan pesawat terbesar di Asia Tenggara. Sejarah GMF AeroAsia tidak dapat dipisahkan dari perjalanan panjang maskapai nasional Indonesia, Garuda Indonesia. Awalnya, aktivitas perawatan pesawat dilakukan secara internal sejak tahun 1949, ketika Garuda Indonesian Airways mulai beroperasi dengan armada sederhana.

Pada tahun 1960-an hingga 1970-an, seiring bertambahnya armada dan kompleksitas operasional, Garuda Indonesia membentuk Divisi *Engineering and Maintenance* untuk memperkuat pengelolaan perawatan pesawat. Divisi ini bertugas untuk melakukan inspeksi, perbaikan, dan *overhaul* dengan standar keselamatan internasional.

Tahun 1984 menjadi tonggak penting dengan diresmikannya fasilitas perawatan pesawat di Bandara Soekarno-Hatta. Fasilitas ini mendukung kebutuhan Garuda sekaligus membuka peluang untuk melayani pihak ketiga. Sebagai langkah strategis, pada tahun 1998, Garuda Indonesia melakukan pengembangan divisi tersebut menjadi entitas terpisah dengan nama PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia, sehingga GMF mulai beroperasi sebagai perusahaan independen.

Sejak itu, GMF AeroAsia memperluas layanan MRO (*Maintenance, Repair, dan Overhaul*) untuk berbagai maskapai domestik dan internasional. GMF mendapatkan sertifikasi bergengsi dari lembaga internasional seperti *Federal Aviation Administration* (FAA) Amerika Serikat, *European Union Aviation Safety Agency* (EASA), serta Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (DGCA) Indonesia. Sertifikasi ini membuktikan bahwa standar layanan GMF memenuhi kualifikasi global.

Pada tahun 2017, GMF AeroAsia memasuki di Bursa Efek Indonesia dengan kode saham GMFI, sebagai bagian dari upaya memperkuat struktur permodalan dan memperluas ekspansi pasar. IPO ini menandai babak baru



transformasi GMF sebagai perusahaan MRO global yang kompetitif. GMF kemudian membangun sejumlah aliansi strategis dengan perusahaan global, seperti AFI KLM E&M, untuk memperkaya keahlian teknis dan memperluas portofolio layanan. Ekspansi bisnisnya meliputi Asia Pasifik, Timur Tengah, dan Afrika, dengan fokus pada layanan berbasis kualitas dan efisiensi biaya.

Saat ini, GMF AeroAsia mengoperasikan salah satu fasilitas MRO terbesar di dunia, mencakup area lebih dari 90 hektare, dengan kemampuan menangani lebih dari 1.000 aktivitas perawatan setiap tahunnya. Dengan komitmen terhadap keselamatan, kualitas, dan inovasi teknologi, GMF AeroAsia terus menjadi bagian penting dalam mendukung pertumbuhan industri penerbangan nasional dan global.

2.2 Profil PT. GMF Aero Asia Tbk

PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk mengoperasikan kompleks MRO terbesar di Indonesia, berlokasi di area seluas lebih dari 90 hektare di dalam kawasan Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Fasilitas utama GMF meliputi beberapa hanggar besar dan unit penunjang lainnya:

1. Hanggar 1 memiliki luas 22.000 m² dan mampu menangani perawatan hingga dua pesawat *wide body* (seperti Boeing 777 atau Boeing 747) secara bersamaan. Hanggar ini terutama digunakan untuk *heavy maintenance*.
2. Hanggar 2 dirancang untuk perawatan pesawat *narrow body* (berbadan sempit) seperti Boeing 737 dan Airbus 320. Dengan luas sekitar 23.000 m², hanggar ini memiliki total 8 line. 2 line di antaranya untuk pesawat *wide body*, dan 6 line untuk pesawat berbadan sempit. Hanggar ini khusus digunakan untuk pemeriksaan dan perawatan kecil hingga A Check.
3. Hanggar 3 dibangun untuk mendukung kebutuhan *line maintenance* dan *light maintenance*. Luasnya mencapai sekitar 23.000 m², dengan fleksibilitas menangani berbagai tipe pesawat kecil hingga menengah. Hanggar ini dibangun khusus untuk menangani pesawat Airbus 330, lengkap dengan *platform docking* khusus yang mendukung proses perawatan berat.
4. Hanggar 4 khusus dirancang untuk pesawat *narrow body* modern dengan luas 66.940 m². Dengan kapasitas hingga 16 pesawat *narrow body* ditambah satu



jalur khusus yang disediakan untuk proses pengecatan, hangar 4 menggunakan teknologi ramah lingkungan dan konsep *green building* untuk efisiensi energi.

Selain hangar, GMF AeroAsia memiliki fasilitas-fasilitas penunjang lain, yaitu:

A. *Workshop Component Services*

Melayani perawatan, perbaikan, dan *overhaul* untuk berbagai komponen pesawat.

B. *Engine Maintenance Center*

Menangani inspeksi, *overhaul*, dan modifikasi mesin pesawat jet.

C. *Material Services*

Menyediakan pergudangan, manajemen logistik, dan distribusi suku cadang.

D. *Training Center*

Menyelenggarakan pelatihan teknisi penerbangan bersertifikat nasional dan internasional.

E. *Painting Hangar*

Fasilitas khusus untuk pengecatan ulang pesawat dengan sistem modern berstandar lingkungan.

F. *Line Maintenance Station*

Ditempatkan di berbagai bandara di dalam dan luar negeri untuk mendukung kebutuhan operasional maskapai.

2.3 Visi, Misi, dan Kompetensi Inti Perusahaan

PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk merupakan perusahaan penyedia jasa *Maintenance, Repair, dan Overhaul* (MRO) pesawat terkemuka di kawasan Asia. Visi GMF AeroAsia adalah menjadi perusahaan MRO terbaik di dunia yang memberikan layanan berkualitas tinggi dan berdaya saing global. Visi ini mencerminkan ambisi GMF untuk tidak hanya unggul di tingkat regional, tetapi juga mampu berkompetisi dalam industri penerbangan global yang dinamis dan penuh tantangan.



Misi GMF AeroAsia dibuat untuk mendukung tercapainya visi tersebut. Misi perusahaan adalah menyediakan solusi perawatan pesawat yang terintegrasi, aman, dan andal, dengan berfokus pada kepuasan pelanggan, peningkatan kompetensi sumber daya manusia, dan penciptaan nilai tambah berkelanjutan. Berikut adalah Visi, Misi, serta Kompetensi Inti yang dimiliki oleh PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk:

A. Visi

“Most Valuable MRO Company.”

B. Misi

“Integrated and Reliable Maintenance Solution as a Contribution to the Nation.”

C. Kompetensi Inti

Berikut adalah sejumlah kompetensi utama yang diperlukan untuk menjalankan tugas sesuai *Core Values* lingkungan BUMN di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk:

1. Amanah

Memegang teguh kepercayaan yang diberikan.

2. Kompeten

Terus belajar dan mengembangkan kapabilitas.

3. Harmonis

Saling peduli dan menghargai perbedaan.

4. Loyal

Berdedikasi dan mengutamakan kepentingan bangsa dan negara.

5. Adaptif

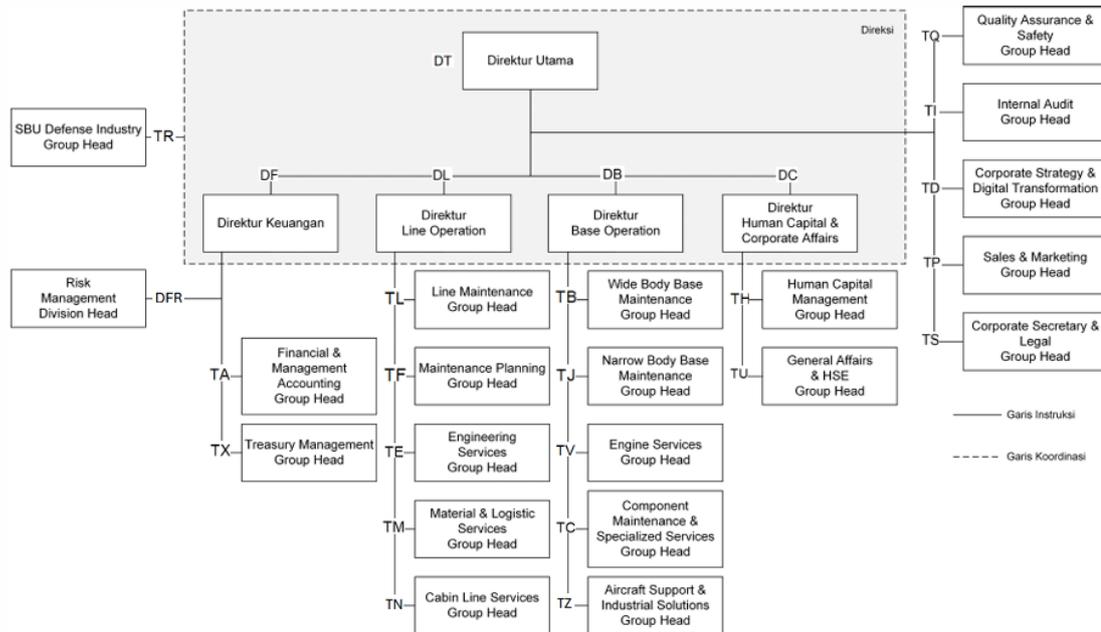
Terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan.

6. Kolaboratif

Membangun kerja sama yang sinergis.

2.4 Struktur Organisasi PT. GMF Aero Asia Tbk

Struktur organisasi PT. GMF AeroAsia Tbk dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Struktur Organisasi

(Sumber : PT. GMF AeroAsia Tbk, 2025)

Struktur organisasi PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk (GMF AeroAsia) dirancang dengan prinsip tata kelola korporasi yang baik dan mengutamakan efisiensi operasional, refleksi dari kompleksitas bisnis industri perawatan pesawat terbang berskala global. Struktur ini mengedepankan keseimbangan antara pengelolaan strategis dan operasional melalui pembagian peran yang terstruktur dan terintegrasi.

Di tingkat tertinggi, terdapat Direktur Utama yang memegang tanggung jawab penuh atas arah strategis perusahaan. Direktur Utama didukung langsung oleh jajaran Direksi yang masing-masing mengomandoi empat direktorat utama: Direktur Keuangan, Direktur *Line Operation*, Direktur *Base Operation*, dan Direktur *Human Capital & Corporate Affairs*.

Direktur Keuangan menaungi unit-unit penting seperti *Financial & Management Accounting Group* dan *Treasury Management Group*. Unit ini



berperan vital dalam menjaga kesehatan finansial perusahaan serta memastikan akuntabilitas dan transparansi keuangan.

Direktur *Line Operation* bertugas memastikan kelancaran operasional perawatan pesawat yang dilakukan secara langsung di bandara (*line maintenance*). Di bawah direktorat ini, terdapat *Line Maintenance Group*, *Maintenance Planning Group*, *Engineering Services Group*, *Material & Logistic Services Group*, dan *Cabin Line Services Group*. Masing-masing unit ini menjalankan fungsi-fungsi spesifik yang mendukung kesiapan pesawat dalam operasional harian.

Sementara itu, Direktur *Base Operation* fokus pada perawatan mendalam (*base maintenance*) terhadap pesawat. Direktur ini membawahi *Wide Body Base Maintenance Group*, *Narrow Body Base Maintenance Group*, *Engine Services Group*, *Component Maintenance & Specialized Services Group*, dan *Aircraft Support & Industrial Solutions Group*. Unit-unit ini bertanggung jawab atas perawatan besar yang memerlukan pembongkaran struktur pesawat dan inspeksi mendalam.

Direktur *Human Capital & Corporate Affairs* memiliki tugas untuk mengelola sumber daya manusia serta urusan korporasi. Di bawahnya terdapat *Human Capital Management Group* dan *General Affairs & HSE (Health, Safety, and Environment) Group*. Fungsi ini krusial untuk menjamin pengembangan kapabilitas organisasi, menciptakan lingkungan kerja yang aman, serta memastikan kelangsungan bisnis dengan manajemen risiko yang efektif.

Selain keempat direktur utama, organisasi ini juga memiliki fungsi pendukung strategis yang langsung berada di bawah Direktur Utama. Fungsi-fungsi ini meliputi *Quality Assurance & Safety*, *Internal Audit*, *Corporate Strategy & Digital Transformation*, *Sales & Marketing*, serta *Corporate Secretary & Legal*. Unit-unit ini memberikan pengawasan, inovasi, pemasaran, serta dukungan hukum dan administrasi kepada seluruh elemen perusahaan. Lebih lanjut, struktur ini juga menunjukkan adanya unit bisnis khusus yaitu *SBU Defense Industry Group*, serta divisi *Risk Management* yang berfokus pada pengelolaan risiko secara terintegrasi, keduanya berkoordinasi langsung dengan Direktur Utama.

Melalui struktur yang sistematis ini, GMF AeroAsia membuktikan komitmennya untuk menjadi perusahaan perawatan pesawat terkemuka dunia, dengan pengelolaan organisasi yang responsif terhadap dinamika industri, inovatif, dan berorientasi pada keunggulan operasional.

2.5 Makna Bentuk dan Warna Logo PT. GMF Aero Asia Tbk

Sebagai perusahaan MRO terbesar di Asia, PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk menjadikan logonya sebagai simbol utama yang merepresentasikan identitas dan citra perusahaan. Berikut ini adalah tampilan logo PT. GMF AeroAsia Tbk:



Gambar 2.2 Logo Perusahaan

(Sumber : PT. GMF AeroAsia Tbk, 2025)

Logo merupakan elemen visual yang mencerminkan identitas, nilai, dan citra suatu perusahaan. PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk, sebagai salah satu perusahaan penyedia layanan perawatan pesawat terbang terkemuka di Asia, mengusung identitas visual yang tidak hanya berfungsi sebagai pembeda, tetapi juga menyampaikan filosofi perusahaan yang mendalam. Logo GMF AeroAsia mengintegrasikan elemen bentuk dan warna secara simbolis untuk membentuk citra profesional, modern, dan dinamis yang sesuai dengan industri aviasi global.

Secara visual, bentuk utama dalam logo GMF AeroAsia adalah stilisasi dari burung Garuda, yang secara historis dan budaya merupakan lambang kekuatan, ketangguhan, dan kepercayaan dalam mitologi Indonesia. Burung Garuda dalam logo ditampilkan dalam gaya modern dan dinamis, menandakan bahwa GMF AeroAsia memiliki orientasi ke masa depan serta adaptif terhadap perkembangan teknologi dan tuntutan global di bidang penerbangan.



Sayap burung Garuda dalam logo digambarkan terbuka lebar, mengarah ke atas dan ke depan. Ini melambangkan semangat pertumbuhan, keterbukaan terhadap inovasi, dan komitmen terhadap kemajuan berkelanjutan. Elemen ini juga mengindikasikan jangkauan layanan GMF AeroAsia yang luas secara geografis dan spektrum teknis mulai dari perawatan ringan hingga perawatan berat pesawat.

Dari sisi warna, logo GMF AeroAsia didominasi oleh gradasi biru dan abu-abu. Warna biru melambangkan profesionalisme, kepercayaan, dan kestabilan atribut yang sangat penting dalam industri pemeliharaan pesawat yang menuntut standar keselamatan tinggi. Sementara warna abu-abu mencerminkan keteknikan, kecanggihan, dan netralitas, yang menegaskan posisi GMF AeroAsia sebagai entitas yang mengedepankan presisi, efisiensi, dan ketepatan dalam setiap layanannya.

Penulisan huruf "GMF" dalam *font modern sans serif* menunjukkan kesan kontemporer dan keterbukaan terhadap teknologi baru. Selain itu, pemilihan huruf kapital mencerminkan kekuatan dan otoritas perusahaan sebagai pemimpin dalam industri MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul*) di kawasan Asia Pasifik. Sementara itu, tulisan "AeroAsia" yang mengikuti menunjukkan perluasan visi GMF untuk menjadi perusahaan aviasi regional yang kompetitif, sekaligus menjembatani identitas nasional dan regional dalam satu entitas visual.

Dengan demikian, logo GMF AeroAsia tidak hanya berfungsi sebagai identitas perusahaan secara visual, tetapi juga menyampaikan pesan strategis dan filosofis yang mencerminkan nilai-nilai inti perusahaan. Setiap elemen desain baik bentuk maupun warna mengandung makna simbolik yang saling melengkapi dan mendukung citra GMF sebagai perusahaan yang berorientasi pada keunggulan, inovasi, dan integritas.

Penempatan kerja praktik di Dinas TB (*Wide Body Base Maintenance*) Unit TBR 5 Sheet Metal GMF AeroAsia merupakan sebuah pengalaman yang memberikan banyak pembelajaran dan pemahaman langsung mengenai dunia pemeliharaan struktur pesawat. Unit ini merupakan bagian dari divisi *Base Maintenance* yang bertanggung jawab terhadap perbaikan struktur logam pada



badan pesawat, khususnya menangani kerusakan pada *skin panel*, *frame*, *stringer*, hingga *balancing* bagian krusial seperti *elevator*, *rudder*, dan *aileron*. Penempatan ini menjadi sangat relevan bagi mahasiswa teknik, terutama teknik mesin dan teknik penerbangan, karena secara langsung terlibat dalam praktik nyata pemeliharaan struktur pesawat udara.

Selama pelaksanaan kerja praktik, mahasiswa diberi kesempatan untuk mengamati sekaligus turut serta dalam berbagai aktivitas yang dilakukan teknisi dan *engineer* sheet metal. Kegiatan harian yang dijalankan sangat bervariasi, mulai dari inspeksi kerusakan struktural, proses pengukuran ulang dimensi komponen yang terdampak, hingga tindakan perbaikan seperti penggantian *skin*, perakitan *rivet*, serta penggunaan alat-alat seperti *drill*, *rivet gun*, dan *caliper*. Proses pembelajaran juga dilengkapi dengan pemahaman mendalam terhadap penggunaan dokumen teknis seperti *Structural Repair Manual* (SRM) dan *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), yang menjadi dasar utama dalam pengambilan keputusan teknis di lapangan.

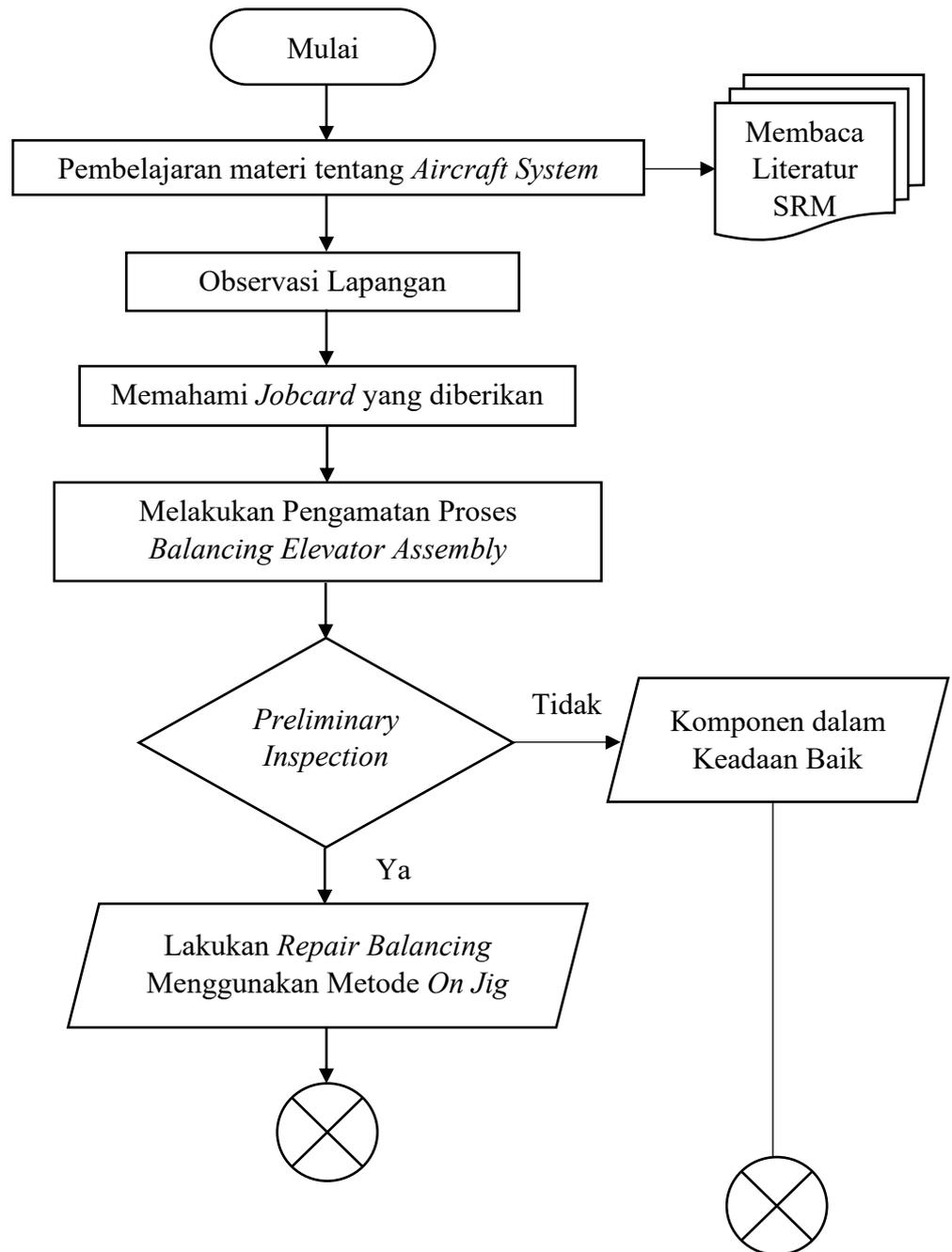
Mahasiswa mendapatkan bimbingan langsung dari teknisi senior serta *engineer* berpengalaman yang membimbing secara sistematis, baik dari sisi teknis maupun kedisiplinan kerja. Dalam pelaksanaannya, mahasiswa tidak hanya dijadikan sebagai pengamat, tetapi juga dilibatkan dalam tugas-tugas aktual, terutama pada pekerjaan yang tidak berisiko tinggi. Hal ini memberikan pemahaman mendalam tentang pentingnya keselamatan kerja serta kepatuhan terhadap prosedur standar yang berlaku di dunia aviasi. Setiap aktivitas kerja selalu dilakukan dengan prinsip *safety first* dan mengedepankan kualitas hasil pekerjaan serta dokumentasi yang baik.

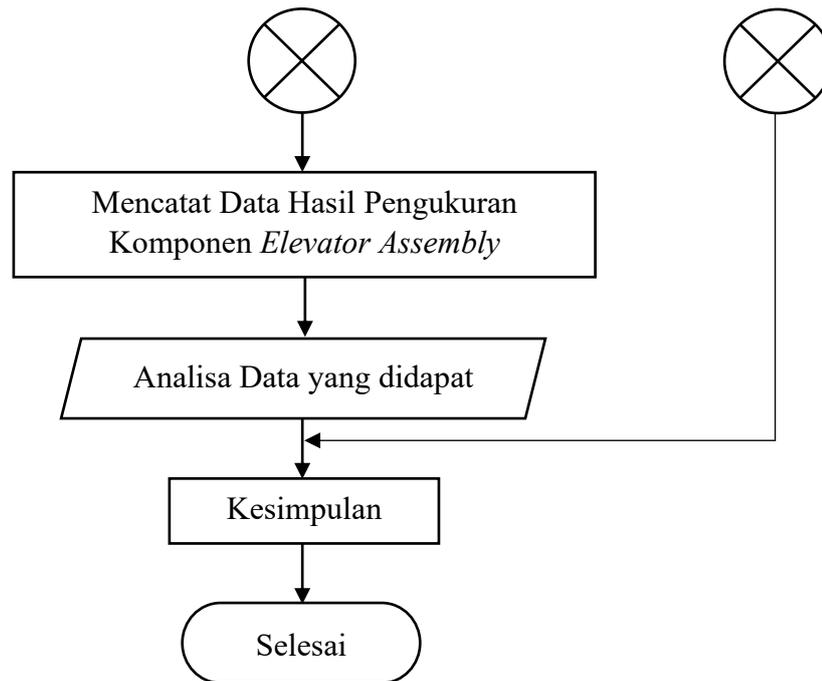
Selain dari sisi teknis, mahasiswa juga belajar mengenai budaya kerja profesional di lingkungan GMF AeroAsia yang mengutamakan kolaborasi, komunikasi yang efektif, serta keterbukaan terhadap proses pembelajaran. Lingkungan kerja di Unit TBR 5 sangat mendukung pengembangan diri karena para staf dan teknisi dengan terbuka memberikan penjelasan serta berbagi pengalaman yang bermanfaat. Fasilitas kerja yang tersedia juga sangat lengkap dan modern, seperti ruang kerja dengan standar keamanan tinggi.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Diagram Alir

Diagram alir berikut menggambarkan tahapan-tahapan yang dilaksanakan selama kegiatan kerja praktik, yang difokuskan pada analisis proses penyeimbangan komponen *elevator assembly* pada pesawat Boeing 737-800 di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk.





Gambar 3.1 Diagram Alir Kerja Praktik
(Sumber: Dokumen Pribadi)

3.2 Pesawat Terbang

Pesawat terbang merupakan salah satu pencapaian paling signifikan dalam sejarah teknologi transportasi modern. Secara umum, pesawat terbang adalah kendaraan udara yang memperoleh gaya angkat dari sayap tetap (*fixed wing*) ketika bergerak melalui udara (Anderson, 2016). Prinsip dasar penerbangan bersumber dari hukum Bernoulli dan hukum Newton tentang gerak, yang bersama-sama menjelaskan bagaimana perbedaan tekanan udara pada permukaan atas dan bawah sayap menghasilkan gaya angkat (*lift*) yang memungkinkan pesawat melayang di udara (Kundu, 2010).

Ada empat gaya utama yang bekerja pada pesawat terbang, berikut adalah penjelasan mengenai gaya tersebut.

1. Gaya Angkat (*Lift*)

Gaya yang mendorong pesawat ke atas, memungkinkan pesawat untuk melayang di udara. Gaya angkat dihasilkan oleh bentuk sayap pesawat yang melengkung, yang menciptakan perbedaan tekanan di atas dan bawah sayap.

2. Gaya Berat (*Weight*)

Gaya gravitasi yang menarik pesawat ke bawah. Gaya ini harus diatasi oleh gaya angkat agar pesawat dapat terbang.

3. Gaya Dorong (*Thrust*)

Gaya yang mendorong pesawat ke depan, dihasilkan oleh mesin atau propeler pesawat. Gaya dorong digunakan untuk mengatasi gaya hambat dan memungkinkan pesawat bergerak maju.

4. Gaya Hambat (*Drag*)

Gaya yang menahan gerak pesawat, disebabkan oleh gesekan antara pesawat dengan udara. Gaya hambat selalu berlawanan arah dengan gaya dorong.



Gambar 3.2 Gaya-gaya yang Berkerja pada Pesawat
(Sumber: Ilmu Terbang)

Secara struktural, pesawat terbang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu *fuselage* (badan pesawat), *wing* (sayap), *empennage* (ekor), *landing gear* (roda pendaratan), dan *propulsion system* (sistem penggerak) (Federal Aviation Administration [FAA], 2016). Selain itu, sistem kendali aerodinamis seperti *aileron*, *elevator*, dan *rudder* berperan penting dalam menjaga stabilitas serta memungkinkan manuver pesawat selama penerbangan (Stinton, 2001).

Dalam konteks industri penerbangan komersial, pesawat jet seperti Boeing 737-800 telah menjadi andalan transportasi udara global. Pesawat jenis ini menggunakan mesin *turbofan* yang tidak hanya efisien dalam konsumsi bahan bakar, tetapi juga mampu menghasilkan daya dorong tinggi yang dibutuhkan



untuk penerbangan jarak menengah (Mattingly, 2005). Proses perawatan dan perakitan komponen-komponen utama pesawat, seperti *elevator assembly*, menjadi aspek kritical dalam menjamin keselamatan dan kelaikan terbang sebuah pesawat. Perusahaan *Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO) seperti PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk (GMF AeroAsia) berperan penting dalam menjalankan prosedur tersebut secara sistematis dan sesuai standar internasional (International Air Transport Association [IATA], 2020).

Proses *balancing* pada komponen seperti *elevator* merupakan bagian dari upaya menjaga performa aerodinamis serta kestabilan longitudinal pesawat. Jika distribusi massa pada komponen kendali ini tidak seimbang, maka dapat menimbulkan osilasi atau respons kendali yang tidak diinginkan saat pesawat terbang (Roskam, 2000). Oleh karena itu, metode *balancing* baik secara manual maupun dengan bantuan *jig* menjadi proses teknis yang tidak dapat diabaikan dalam lini produksi maupun perawatan pesawat.

Seiring perkembangan teknologi, metode perakitan dan inspeksi pada komponen pesawat juga mengalami digitalisasi dan otomasi. Penggunaan perangkat bantu seperti *laser alignment*, *digital torque tools*, serta sistem komputerisasi dalam dokumentasi pekerjaan telah menjadi standar baru dalam industri aviasi (Kinnison & Siddiqui, 2013). Hal ini bukan hanya meningkatkan presisi dan efisiensi kerja, tetapi juga meminimalkan risiko kesalahan manusia (*human error*) yang dapat berdampak pada keselamatan penerbangan.

Dengan demikian, pemahaman mendalam mengenai desain, prinsip kerja, serta proses pemeliharaan dan perakitan komponen pesawat terbang sangat penting, khususnya dalam mengikuti kerja praktik di perusahaan MRO. Hal ini tidak hanya memberikan wawasan teknis yang aplikatif, tetapi juga memperkuat kesadaran terhadap standar keselamatan dan prosedur kerja di industri penerbangan.

3.3 Pesawat Boeing 737-800

Boeing 737-800 merupakan varian dari keluarga Boeing 737 *Next Generation* (NG) yang dikembangkan oleh *Boeing Commercial Airplanes* sebagai bagian dari strategi modernisasi pesawat *narrow body* untuk penerbangan jarak pendek hingga menengah. Pesawat ini diperkenalkan secara

komersial pada akhir 1990-an, sebagai pengganti langsung bagi varian 737-400, dengan peningkatan signifikan pada kapasitas penumpang, efisiensi bahan bakar, serta sistem avionik dan aerodinamika (Boeing, 2022).



Gambar 3.3 Pesawat Boeing 737-800

(Sumber: Planespotters.net)

Secara teknis, Boeing 737-800 memiliki panjang 39,5 meter dan panjang sayap 35,8 meter dengan *winglet*, serta kapasitas angkut maksimum hingga 189 penumpang dalam konfigurasi satu kelas. Ditenagai oleh dua mesin CFM56-7B buatan CFM International, pesawat ini dirancang untuk memberikan kinerja optimal dengan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dan biaya operasional per kursi yang kompetitif (FAA, 2021). Kecepatan jelajahnya mencapai Mach 0,79 (sekitar 842 km/jam) dengan jangkauan maksimum hingga 5.665 km, menjadikannya cocok untuk rute domestik dan regional (Boeing, 2022).

Dari sisi struktur, Boeing 737-800 menggunakan material komposit dan paduan logam ringan untuk meningkatkan kekuatan tanpa menambah bobot pesawat secara signifikan. Sistem kontrol penerbangan pada pesawat ini masih mengandalkan sistem mekanik hidraulik konvensional, tetapi telah didukung oleh *Flight Management Computer* (FMC) yang terintegrasi dengan *autopilot* dan sistem navigasi modern berbasis GPS serta IRS (*Inertial Reference System*) (Skybrary, 2023). Fitur ini memperkuat aspek keselamatan dan efisiensi operasional di berbagai kondisi penerbangan.

Pesawat ini juga dilengkapi dengan *elevator assembly* yang berperan krusial dalam menjaga kestabilan longitudinal pesawat. *Elevator* dikontrol oleh sistem



pitch melalui sambungan mekanis yang dikalibrasi dan di *balance* secara presisi, agar gaya aerodinamis yang bekerja tidak mengganggu manuver ataupun kestabilan pesawat selama fase lepas landas, jelajah, dan pendaratan (Jeppesen, 2019). Oleh karena itu, proses *balancing elevator assembly* merupakan tahap penting dalam perawatan struktur ekor horizontal (*horizontal stabilizer*) yang sangat memengaruhi performa kendali.

Hingga saat ini, Boeing 737-800 masih menjadi salah satu tipe pesawat paling populer di dunia, dengan lebih dari 4.900 unit telah dikirimkan ke berbagai maskapai. Di Indonesia, pesawat ini digunakan secara luas oleh operator besar seperti Garuda Indonesia, Lion Air, dan Batik Air karena ketangguhan operasional dan fleksibilitasnya. Dalam konteks pemeliharaan, seperti yang dilakukan di PT. Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk, pemahaman mendalam mengenai karakteristik struktural dan sistem Boeing 737-800 menjadi fondasi utama dalam menjamin standar keselamatan dan kualitas dalam setiap pekerjaan perawatan (GMF AeroAsia, 2021).

3.4 Komponen Utama Pesawat Terbang

Pesawat terbang terdiri dari berbagai komponen utama yang saling terintegrasi untuk menghasilkan kinerja aerodinamis, kendali penerbangan, serta keselamatan operasional yang optimal. Berikut adalah uraian komponen-komponen tersebut:

1. *Fuselage* (Badan Pesawat)

Fuselage merupakan struktur utama pesawat yang berfungsi sebagai tempat duduk awak dan penumpang, serta ruang muatan dan instalasi sistem *avionik*. Struktur ini juga menjadi titik penghubung antara sayap, *empennage*, dan roda pendarat. Rancangannya harus kuat, ringan, dan aerodinamis untuk mendukung efisiensi operasional (Anderson, 2011).

2. *Wing* (Sayap)

Sayap berperan dalam menghasilkan gaya angkat (*lift*) melalui interaksi antara profil aerodinamis dan aliran udara. Komponen ini dilengkapi dengan permukaan kendali seperti *aileron* dan *flap* untuk membantu manuver dan



pengaturan gaya angkat selama berbagai fase penerbangan. Selain itu, sayap biasanya juga menjadi lokasi penyimpanan bahan bakar.

3. *Empennage* (Ekor Pesawat)

Empennage terdiri dari *horizontal stabilizer* dan *vertical stabilizer* yang bertugas menjaga kestabilan arah dan posisi pesawat terhadap sumbu *pitch* memungkinkan hidung pesawat bergerak naik atau turun, sementara sumbu *yaw* memungkinkan hidung pesawat bergerak ke kiri atau kanan. Sumbu ketiga, *roll* memungkinkan ujung sayap pesawat bergerak naik atau turun. Pada bagian ini terpasang permukaan kendali seperti *elevator* dan *rudder* yang digunakan untuk mengatur gerakan *vertikal* dan *horizontal* pesawat.

4. *Landing Gear* (Roda Pendarat)

Landing gear berfungsi untuk menopang beban pesawat saat di darat, baik saat parkir, bergerak di landasan (taksi), lepas landas, maupun mendarat. Sistem ini terdiri dari roda, *shock absorber*, dan mekanisme *retractable gear*, yang dirancang untuk menyerap beban dan dampak saat pendaratan (Kroes & Wild, 2013).

5. *Propulsion System* (Sistem Propulsi)

Sistem propulsi menghasilkan gaya dorong (*thrust*) untuk menggerakkan pesawat ke depan. Umumnya menggunakan mesin *turbofan* atau *turboprop*, sistem ini bekerja berdasarkan prinsip aksi-reaksi yang terhubung dengan sistem bahan bakar, kelistrikan, dan pendinginan.

6. *Flight Control System* (Sistem Kendali Penerbangan)

Sistem kendali penerbangan terdiri dari dua kategori, yaitu kendali primer dan kendali sekunder. Kendali primer mencakup *aileron*, *elevator*, dan *rudder* yang mengatur gerakan pesawat pada sumbu *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Sementara itu, kendali sekunder seperti *flap*, *slat*, *spoiler*, dan *trim tab* digunakan untuk membantu stabilisasi dan efisiensi aerodinamis pada fase tertentu penerbangan (FAA, 2016).

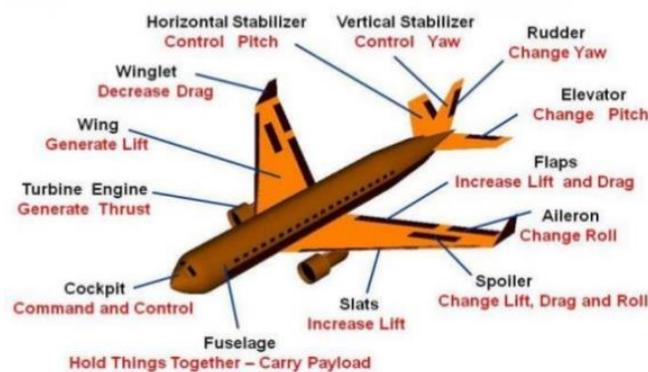
7. *Avionik* (Sistem Elektronik Penerbangan)

Avionik mencakup semua sistem elektronik yang menunjang navigasi, komunikasi, dan pengendalian pesawat secara otomatis. Sistem ini meliputi *autopilot*, *flight management system* (FMS), sistem navigasi berbasis satelit,

serta perangkat instrumen digital di kokpit. Fungsinya sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi penerbangan modern.

8. Sistem Pendukung Tambahan

Selain komponen utama, pesawat juga dilengkapi dengan sistem pendukung seperti sistem *hidrolik*, *pneumatik*, kelistrikan, dan sistem pendingin. Sistem-sistem ini berperan dalam pengoperasian komponen bergerak, kontrol tekanan kabin, distribusi tenaga listrik, dan kenyamanan dalam kabin pesawat.



Gambar 3.4 Komponen Utama Pesawat Terbang

(Sumber: Mbludus.com)

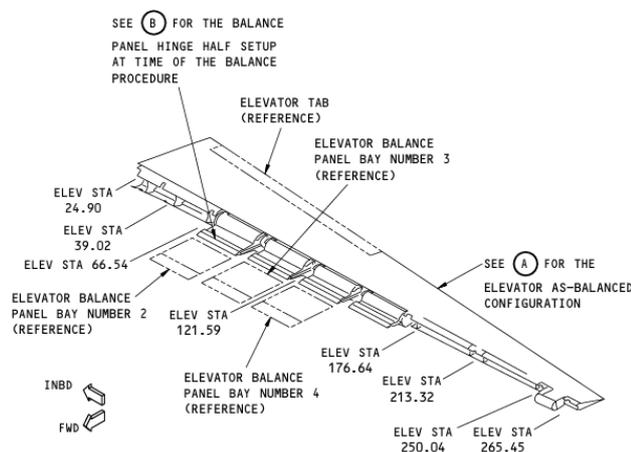
Pemahaman yang mendalam mengenai fungsi dan interkoneksi antar komponen utama pesawat sangat penting dalam pemeliharaan dan perawatan pesawat, termasuk dalam aktivitas kerja praktik di industri perawatan seperti PT. GMF AeroAsia. Pengetahuan ini menjadi dasar bagi analisis sistematis terhadap proses-proses perakitan dan penyeimbangan (*balancing*) komponen seperti *elevator assembly* pada pesawat Boeing 737-800.

3.5 Elevator Assembly Pesawat

Elevator merupakan bagian penting dari sistem kendali penerbangan pada pesawat terbang yang berfungsi mengatur pergerakan *pitch*, yaitu gerakan naik turun hidung pesawat. Komponen ini dipasang pada bagian belakang *horizontal stabilizer*, dan bekerja secara simetris di sisi kiri dan kanan untuk menghasilkan momen gaya terhadap titik pusat gravitasi pesawat. Dalam konfigurasi Boeing

737-800, *elevator* terbuat dari bahan komposit dan logam paduan ringan seperti *aluminium alloy* agar memiliki kekuatan tinggi dengan bobot rendah (Boeing, 2021).

Struktur *elevator* terdiri dari beberapa bagian penting, yakni *skin* (lapisan luar), *spar* (tulang penyangga memanjang), *rib* (penyokong transversal), *bearing* (bantalan putar), *hinge fitting* (sambungan poros), dan yang paling penting dalam proses *balancing* adalah *counterweight*. *Counterweight* digunakan untuk menyesuaikan pusat massa *elevator* agar sesuai dengan batas toleransi yang telah ditentukan oleh pabrikan. Jika massa *elevator* tidak seimbang, maka akan menimbulkan masalah seperti *flutter* (getaran aeroelastik yang merusak) dan beban berlebih pada sistem aktuasi (FAA, 2020).



Gambar 3.5 Elevator Assembly Boeing 737-800

(Sumber: Boeing *Structural Repair Manual*)

Selama proses perawatan atau penggantian komponen *elevator*, proses *balancing* harus dilakukan ulang untuk memastikan bahwa massa dan distribusinya tetap sesuai standar. Prosedur *balancing* biasanya dicantumkan secara detail dalam *Structural Repair Manual* (SRM) yang dikeluarkan oleh Boeing. Proses ini membutuhkan ketelitian tinggi karena sedikit penyimpangan bisa berakibat pada performa penerbangan dan keselamatan (Boeing, 2021).

Elevator juga terhubung langsung ke sistem *control column* yang dioperasikan oleh pilot. Gerakan tuas kemudi diteruskan ke *elevator* melalui sistem kabel dan aktuator yang memungkinkan gerakan halus dan responsif.



Oleh karena itu, kualitas perakitan *elevator* sangat menentukan integritas sistem kendali secara keseluruhan.

Beberapa insiden penerbangan di masa lalu menggarisbawahi pentingnya pemeriksaan dan *balancing elevator*. Salah satunya adalah kasus Alaska Airlines 261, di mana kegagalan komponen kendali bagian ekor menyebabkan kecelakaan fatal. Hal ini menjadi pengingat akan pentingnya akurasi dalam setiap proses perakitan dan inspeksi komponen kendali pesawat (National Transportation Safety Board [NTSB], 2003).

Dengan memperhatikan semua aspek struktural dan fungsional *elevator*, maka proses *balancing* menjadi kegiatan wajib dalam pemeliharaan pesawat yang tidak dapat diabaikan. Prosedur yang tepat serta penggunaan alat bantu seperti *jig* dalam *balancing* akan membantu menjaga presisi hasil kerja dan mendukung keselamatan penerbangan secara keseluruhan.

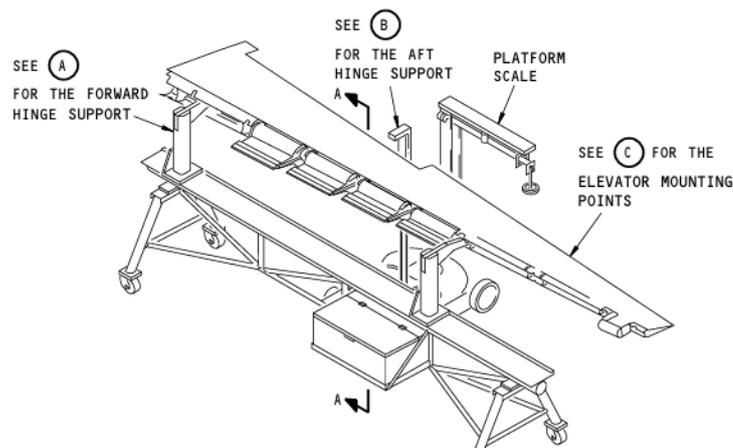
3.6 Proses *Balancing* Komponen Kendali Pesawat

Balancing adalah proses untuk memastikan bahwa distribusi massa pada komponen kendali pesawat, seperti *elevator*, *rudder*, atau *aileron*, berada dalam batas yang telah ditentukan oleh pabrikan. Tujuannya adalah agar tidak terjadi gaya tidak seimbang yang bisa menimbulkan beban berlebih pada sistem kontrol atau bahkan menyebabkan getaran destruktif pada struktur pesawat (Cessna Aircraft Company, 2015).

Terdapat dua jenis *balancing* yang umum diterapkan, yaitu:

1. *Static Balancing*: Menjamin pusat gravitasi komponen berada pada garis tumpu (*pivot axis*) tanpa ada pengaruh dari rotasi atau gerakan dinamis. Dalam praktiknya, komponen seperti *elevator* diletakkan pada alat tumpu bebas dan dilihat apakah terjadi gerakan rotasi akibat distribusi massa yang tidak simetris.
2. *Dynamic Balancing*: Memastikan distribusi massa saat komponen berputar atau bergerak, terutama penting untuk komponen yang berputar seperti roda atau baling-baling. Namun pada komponen seperti *elevator*, *static balancing* sudah cukup karena komponen ini tidak mengalami rotasi terus menerus (FAA, 2020).

Balancing dilakukan dengan cara menambahkan atau mengurangi *counterweight* di titik tertentu berdasarkan pengukuran momen inersia. *Counterweight* biasanya berbahan timbal atau logam padat lainnya yang memiliki densitas tinggi, dan diletakkan di tempat yang telah ditentukan oleh desain struktural *elevator*. Nilai momen yang dihasilkan harus sesuai dengan spesifikasi teknis, yang dicantumkan dalam SRM.



Gambar 3.6 Proses *Balancing Elevator Assembly*

(Sumber: Boeing *Structural Repair Manual*)

Alat yang digunakan untuk *balancing* meliputi *balance stand*, *adjustable hinge support*, *stand lever*, *lever part 12*, *height gage*, dan *electronic weighing scale*. Proses ini umumnya dilakukan di ruang kerja khusus yang bebas getaran dan memiliki permukaan datar yang dikalibrasi. Jika proses ini dilakukan secara manual tanpa alat bantu yang presisi, maka akan sangat rentan terhadap kesalahan dan hasilnya dapat mempengaruhi performa pesawat secara signifikan (Santoso, 2019).

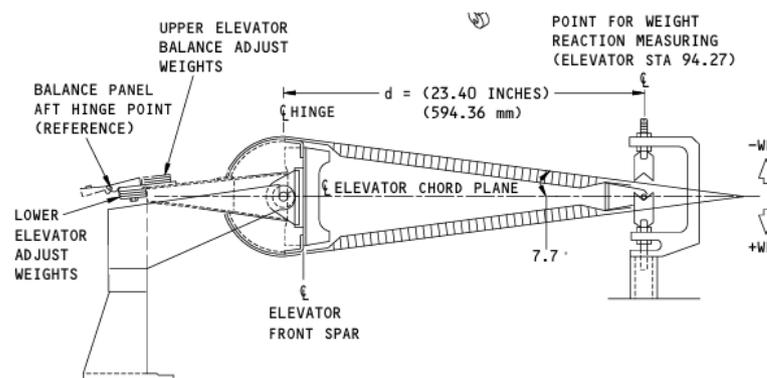
Standar internasional seperti FAA AC 43.13-1B dan EASA Part-145 mengharuskan *balancing* dilakukan setiap kali terjadi pembongkaran, perbaikan, atau penggantian komponen struktur utama. Hal ini untuk menjamin bahwa setiap pesawat yang kembali dioperasikan telah melalui proses perawatan yang sesuai dengan standar keselamatan.

Dengan demikian, *balancing* bukan sekadar prosedur teknis biasa, melainkan bagian vital dari manajemen risiko dalam pemeliharaan pesawat

udara. Akurasi, presisi, dan dokumentasi yang baik menjadi tiga pilar utama dalam menjamin kualitas *balancing*.

3.7 Metode *On Jig* dalam Proses *Balancing*

Metode *on jig* merupakan pendekatan teknis dalam proses perakitan dan *balancing* komponen pesawat yang menggunakan alat bantu presisi berupa *jig fixture*. *Jig* adalah alat penyangga atau pemegang yang di desain khusus untuk menahan dan menstabilkan posisi komponen selama proses pengukuran, perakitan, atau penyetelan berlangsung. Dalam *elevator assembly* Boeing 737-800, metode *on jig* digunakan untuk memastikan bahwa *elevator* berada dalam posisi dan orientasi yang sesuai dengan spesifikasi desain selama proses *balancing* dilakukan (Garuda Maintenance Facility Aero Asia, 2023).



Gambar 3.7 Metode *On Jig*

(Sumber: Boeing *Structural Repair Manual*)

Penggunaan *jig* dalam proses *balancing* membawa beberapa keuntungan signifikan.

1. *Jig* memastikan bahwa komponen tidak bergerak atau bergeser, sehingga hasil pengukuran distribusi massa menjadi lebih akurat.
2. *Jig* sudah dilengkapi dengan *reference point* dan sistem pengukuran internal seperti skala, level, dan *moment arm* yang telah dikalibrasi.
3. Dari sisi keselamatan kerja, penggunaan *jig* mengurangi risiko cedera teknisi karena posisi kerja lebih ergonomis dan aman (Wibowo & Hartono, 2020).



Dalam praktiknya, *elevator* yang telah dirakit sebagian akan dipasang pada *jig* dengan dukungan di beberapa titik tumpu. Setelah itu, proses *balancing* dilakukan dengan mengukur momen gaya yang terjadi terhadap poros *pivot elevator*. Bila ditemukan ketidakseimbangan, teknisi akan menambahkan atau memindahkan *counterweight* pada slot yang telah disediakan. *Jig* memungkinkan teknisi bekerja secara sistematis tanpa harus memindahkan *elevator* secara manual, yang akan meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi potensi kesalahan.

Jig untuk Boeing 737-800 biasanya dirancang mengikuti standar dari Boeing *Structural Repair Manual* (SRM) dan *Assembly Fixture Drawing*. *Jig* tersebut mencerminkan kontur serta geometri aktual dari *horizontal stabilizer*, sehingga posisi *elevator* dapat direplikasi secara akurat seperti saat terpasang di pesawat. Beberapa *jig* bahkan dilengkapi sistem *digital level indicator* dan *inertial sensors* untuk membaca distribusi massa secara *real time*.

Dalam industri pemeliharaan pesawat, metode *on jig* telah terbukti meningkatkan efisiensi produksi hingga 25–35% dan mengurangi *rework* akibat kesalahan selama perakitan atau *balancing* (Wibowo & Hartono, 2020). Oleh karena itu, GMF AeroAsia menjadikan metode ini sebagai prosedur standar dalam pekerjaan *elevator assembly* dan *balancing* untuk Boeing 737-800 dan varian lainnya.

Secara keseluruhan, metode *on jig* tidak hanya meningkatkan akurasi proses *balancing*, tetapi juga mendukung konsistensi kualitas kerja, mengurangi risiko kecelakaan kerja, serta mempercepat proses inspeksi dan verifikasi akhir.

3.8 Standar dan Regulasi dalam Proses *Balancing*

Proses perakitan dan *balancing* komponen kendali seperti *elevator* harus memenuhi berbagai standar dan regulasi yang ditetapkan oleh otoritas penerbangan sipil internasional. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan pemeliharaan dan perakitan memenuhi persyaratan keselamatan dan kualitas yang berlaku secara global.

Beberapa badan regulator yang relevan meliputi:

1. *Federal Aviation Administration* (FAA) dari Amerika Serikat,
2. *European Union Aviation Safety Agency* (EASA) dari Eropa,
3. *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dari PBB,
4. serta regulasi domestik seperti yang ditetapkan oleh Direktorat Kelaikudaraan dan Pengoperasian Pesawat Udara (DKPPU) Kementerian Perhubungan RI.

FAA mengeluarkan berbagai *Advisory Circulars* (AC), salah satunya AC 43.13-1B yang merupakan referensi utama dalam inspeksi dan perbaikan struktur pesawat. Dokumen ini menjelaskan metode-metode perakitan dan *balancing* yang dapat diterima dalam industri penerbangan (FAA, 2020).

Sementara itu, EASA dalam regulasinya Part-145 dan Part-M menetapkan persyaratan bagi organisasi pemeliharaan (*Maintenance Organization Approval*) agar menerapkan prosedur yang terdokumentasi, personel yang kompeten, serta fasilitas dan peralatan yang memenuhi standar (EASA, 2022). Dalam *balancing elevator*, setiap prosedur harus dilaksanakan sesuai AMM (*Aircraft Maintenance Manual*) dan SRM (*Structural Repair Manual*) dari pabrikan, seperti Boeing.

COMPONENT	ENGINEERING DRAWING	SECONDARY STATIC BALANCE REQUIREMENT		
		COMPONENT WEIGHT lbm (kg)	COMPONENT MOMENT lbfin (Nm)	REFER TO SRM
Elevator Assembly ^[1]	183A0103-7 183A0103-8, And On	Not Applicable	BALANCE PROCEDURE BY MEASUREMENT ON THE BALANCE JIG: -175.28 to -88.47 (-19.80 to -10.00)	51-61-04 Paragraph 5.A

Gambar 3.8 Toleransi Nilai Pengukuran *On Jig*

(Sumber: Boeing *Structural Repair Manual*)

Boeing sendiri menetapkan batasan nilai momen dan toleransi dalam *elevator balancing*. Untuk Boeing 737-800, pusat gravitasi *elevator* harus berada dalam batas moment -175,28 lbf.in sampai -88,47 lbf.in dari nilai yang ditentukan (Boeing, 2021). Setiap penyimpangan harus dikoreksi dengan penambahan *counterweight*, dan hasil *balancing* harus dicatat dalam dokumen inspeksi yang diverifikasi oleh teknisi tersertifikasi (*Certifying Staff*).



Di lingkungan industri, audit berkala oleh pihak regulator juga memastikan bahwa seluruh prosedur dilakukan secara konsisten dan terdokumentasi. GMF AeroAsia, sebagai pelaksana perawatan berlisensi, tunduk pada pengawasan FAA, EASA, dan DKPPU, yang masing-masing memiliki mekanisme sertifikasi dan pelaporan. Penerapan standar dan regulasi tersebut memberikan jaminan bahwa pesawat yang telah dirawat atau diperbaiki dapat kembali beroperasi dengan aman. Kegagalan mengikuti standar dapat berakibat pada pencabutan izin operasional atau bahkan kecelakaan fatal. Untuk menghitung nilai *Static Balance Hinge Moment* (SBHM) pada elevator dapat menggunakan persamaan berikut:

$$CBM = WR \times d \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan :

- CBM : *Check Balance Moment* (lbf.in)
- WR : *Weight Reaction* (lbf)
- d : *Distance* (in)

Penggunaan satuan lbf untuk *Weight Reaction* dan satuan in untuk *Distance* dalam proses perhitungan *Check Balance Moment* pada *balancing elevator* pesawat Boeing 737-800 didasarkan pada sistem satuan tetap yang digunakan secara luas dalam industri kedirgantaraan, terutama oleh pabrikan pesawat seperti Boeing. Sistem ini menetapkan *pound-force* (lbf) sebagai satuan gaya dan *inch* (in) sebagai satuan panjang atau jarak. Hal ini berkaitan erat dengan desain asli pesawat yang dibuat dengan standar teknik Amerika Serikat, di mana satuan tetap merupakan norma dalam dokumentasi teknik, perhitungan struktural, dan perawatan pesawat. Ketika menghitung momen gaya atau *moment of force*, rumus dasar yang digunakan adalah gaya dikalikan dengan jarak dari titik tumpu atau referensi, yang secara matematis ditulis sebagai *Moment = Force × Distance*. Jika gaya dinyatakan dalam lbf dan jarak dalam in, maka satuan hasil perhitungan secara langsung menjadi lbf.in. Satuan ini menunjukkan besarnya pengaruh gaya terhadap rotasi atau keseimbangan pada jarak tertentu dari titik referensi.



BAB IV

ANALISA PERMASALAHAN DAN PEMECAHAN MASALAH

4.1 Gambaran Umum Permasalahan

Dalam proses perakitan komponen kendali pesawat, *balancing* atau penyeimbangan merupakan langkah penting yang tidak dapat diabaikan. Hal ini bertujuan untuk menjamin kestabilan dan keandalan fungsi permukaan kendali, khususnya *elevator*, selama pesawat beroperasi. *Elevator* berperan dalam mengatur gerak *pitching* pesawat (menaik turunkan hidung pesawat), sehingga ketidakseimbangan pada komponen ini dapat menyebabkan gangguan aerodinamika yang membahayakan keselamatan penerbangan.

Permasalahan utama yang sering timbul dalam proses ini adalah ketidaksesuaian antara nilai *Static Balance Hinge Moment* (SBHM) aktual dengan nilai referensi dari pabrikan. SBHM merupakan nilai momen keseimbangan statis yang diukur terhadap sumbu engsel (*hinge line*) *elevator*. Ketika nilai aktual SBHM menyimpang jauh dari nilai referensinya, maka fungsi aerodinamis *elevator* menjadi tidak ideal. Hal ini berisiko menyebabkan beban lebih pada sistem kontrol penerbangan, menimbulkan getaran atau bahkan *flutter* pada kecepatan tinggi.

Di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk, *balancing* dilakukan dengan metode *On Jig*. Metode ini mengacu pada pemasangan *elevator* pada *jig* khusus yang telah dikalibrasi untuk mengukur reaksi beban *Weight Reaction* (WR) dan jarak dari titik ukur terhadap titik engsel. Pengukuran ini menghasilkan nilai *Check Balance Moment* (CBM) yang kemudian dibandingkan dengan SBHM. Perbedaan nilai ini menjadi indikator apakah *elevator* masih dalam kondisi seimbang atau perlu penyesuaian berat tambahan (*adjust weight*).

Permasalahan muncul apabila nilai CBM setelah penyesuaian masih belum sesuai dengan batas toleransi SBHM. Maka dari itu, analisa mendalam terhadap data *balancing* sangat diperlukan untuk memahami akar masalah dan menyusun strategi pemecahan teknis secara tepat.



4.2 Data Pengukuran dan Perhitungan *Balancing*

Dalam pengujian komponen *elevator* pada pesawat Boeing 737-800 dengan kode registrasi A-001, dilakukan proses pengukuran dan perhitungan untuk mengetahui tingkat keseimbangan komponen tersebut. Prosedur dilakukan terhadap dua bagian *elevator*, yaitu R/H (*Right Hand*) dan L/H (*Left Hand*), dengan komponen terpasang pada *jig balancing*.

1. R/H *Elevator*

a. Data Pengukuran

<i>Part Number</i>	: 183A0108-14
<i>Serial Number</i>	: D03937
<i>Adjust Weight</i>	: 24 EA
WR (<i>Weight Reaction</i>)	: -1,90 kg → -4,19 lbf
d (<i>distance</i>)	: 23,40 inch

b. Perhitungan *Balancing*

CBM (*Check Balance Moment*)

$$CBM = WR \times d$$

$$CBM = -4,19 \text{ lbf} \times 23,40 \text{ inch} = -98,04 \text{ lbf.in}$$

c. Data Hasil Pengujian

<i>Old SBHM</i>	: -103,19 lbf.in
<i>New SBHM</i>	: -98,04 lbf.in

d. Perhitungan Selisih

$$\text{Selisih} = |CBM - \text{Old SBHM}|$$

$$\text{Selisih} = |-98,04 \text{ lbf.in} - (-103,19 \text{ lbf.in})| = 5,15 \text{ lbf.in}$$

2. L/H *Elevator*

a. Data Pengukuran

<i>Part Number</i>	: 183A0103-13
<i>Serial Number</i>	: D03978
<i>Adjust Weight</i>	: 24 EA
WR (<i>Weight Reaction</i>)	: -1,85 kg → -4,08 lbf
d (<i>distance</i>)	: 23,40 inch



b. Perhitungan *Balancing*

CBM (*Check Balance Moment*)

$$CBM = WR \times d$$

$$CBM = -4,08 \text{ lbf} \times 23,40 \text{ inch} = -95,47 \text{ lbf.in}$$

c. Data Hasil Pengujian

Old SBHM : -103,19 lbf.in

New SBHM : -95,47 lbf.in

d. Perhitungan Selisih

$$\text{Selisih} = |CBM - \text{Old SBHM}|$$

$$\text{Selisih} = |-95,47 \text{ lbf.in} - (-103,19 \text{ lbf.in})| = 7,72 \text{ lbf.in}$$

Dari perhitungan ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan penyesuaian menggunakan *adjust weight*, nilai CBM mendekati nilai SBHM. Hal ini menandakan bahwa *balancing* berhasil dilakukan dengan metode *On Jig*. Namun, deviasi yang masih muncul antara SBHM lama dan baru tetap menjadi perhatian untuk dianalisis lebih lanjut.

Tabel 4.1 Data *Balancing Elevator Assembly*

<i>Elevator</i>	CBM (lbf.in)	<i>Old SBHM</i> (lbf.in)	<i>New SBHM</i> (lbf.in)	Selisih (lbf.in)
R/H <i>Elevator</i>	-98,04	-103,19	-98,04	5,15
L/H <i>Elevator</i>	-95,47	-103,19	-95,47	7,72

Tabel diatas menunjukkan hasil *balancing* terhadap komponen *elevator assembly* dengan membandingkan nilai CBM (*Center of Balance Moment*), *old SBHM*, dan *new SBHM* untuk R/H dan L/H *Elevator*. Terlihat bahwa setelah dilakukan proses *balancing* menggunakan metode *On Jig*, nilai *new SBHM* berhasil disesuaikan sehingga mendekati nilai CBM awal, yaitu -98,04 lbf.in untuk R/H *Elevator* dan -95,47 lbf.in untuk L/H *Elevator*. Kedua nilai tersebut identik dengan nilai CBM masing-masing, yang menandakan bahwa proses *balancing* secara teknis telah berhasil mengembalikan keseimbangan sesuai target.



Namun demikian, terdapat selisih antara *old* SBHM dan *new* SBHM, yaitu sebesar 5,15 lbf.in untuk R/H *Elevator* dan 7,72 lbf.in untuk L/H *Elevator*. Selisih ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan distribusi massa atau momen inersia sebelum dan sesudah penyesuaian. Meskipun perbedaan ini cukup kecil, tetap diperlukan perhatian lebih untuk memastikan bahwa perubahan tersebut tidak memengaruhi performa sistem secara keseluruhan.

Secara umum, data pada tabel menunjukkan bahwa metode *On Jig* mampu menghasilkan penyesuaian yang akurat terhadap titik keseimbangan, namun deviasi yang muncul masih perlu dianalisis lebih lanjut untuk menjamin konsistensi dan keamanan struktur dalam jangka panjang.

4.3 Analisis Permasalahan

Meskipun hasil *balancing* mendekati nilai SBHM yang diharapkan, terdapat selisih atau deviasi antara nilai lama dan nilai setelah penyesuaian yang perlu dianalisis. Untuk R/H *Elevator*, selisih mencapai 5,15 lbf.in, sedangkan pada L/H *Elevator* sebesar 7,72 lbf.in. Kedua nilai ini perlu dibandingkan terhadap batas toleransi maksimum yang diizinkan oleh dokumen rujukan teknis seperti SRM (*Structural Repair Manual*). Jika selisih melebihi batas yang ditetapkan, maka *elevator* dianggap tidak memenuhi spesifikasi dan harus dikoreksi lebih lanjut. Ada beberapa kemungkinan penyebab selisih tersebut:

1. Pemasangan *Adjust Weight* Kurang Presisi

Jika berat penyeimbang tidak ditempatkan pada lokasi yang tepat atau distribusinya tidak merata, maka momen keseimbangan menjadi tidak akurat.

2. Kesalahan Pembacaan *Weight Reaction* (WR)

Weight Reaction merupakan gaya yang dihasilkan dari berat penyeimbang dapat salah dibaca akibat alat ukur yang tidak terkalibrasi.

3. Perubahan Struktural Minor

Deformasi ringan pada struktur *elevator* akibat usia, penggunaan sebelumnya, atau proses pemeliharaan dapat menggeser titik keseimbangan.

4. Penggunaan *Jig* yang Tidak Stabil

Jig yang aus atau tidak rata bisa mengubah hasil pengukuran.



Analisis ini menjadi dasar untuk menentukan apakah perbedaan tersebut masih dalam batas toleransi atau perlu dilakukan *rework*. Dengan analisis ini, teknisi dapat melakukan perbaikan secara tepat sasaran dan efisien.

4.4 Pemecahan Masalah

Untuk memastikan proses *balancing* sesuai standar dan hasil pengukuran akurat, dilakukan beberapa langkah strategis dalam bentuk tindakan *Preliminary Inspection*:

1. Kalibrasi Ulang Peralatan

Alat ukur seperti timbangan reaksi atau *Weight Reaction (WR)* dan *jig* harus dikalibrasi secara periodik untuk memastikan pembacaan yang presisi. Peralatan yang tidak akurat dapat menimbulkan hasil *balancing* yang tidak sesuai.

2. Verifikasi Penempatan *Adjust Weight*

Pemasangan penyeimbang harus divalidasi ulang dengan memperhatikan posisi terhadap titik pusat rotasi elevator. Penempatan yang tidak tepat akan menghasilkan momen yang menyimpang dari nilai teoritis.

3. Pemeriksaan Kondisi Fisik *Elevator*

Elevator yang mengalami penyok, deformasi, atau perbaikan sebelumnya berpotensi mengubah distribusi massa internal. Oleh karena itu, inspeksi fisik menyeluruh menjadi keharusan sebelum *balancing*.

4. Penggunaan Software Pendukung Analisis

Aplikasi komputerisasi yang digunakan untuk simulasi momen dan keseimbangan mampu memperkecil risiko kesalahan manusia, serta menghasilkan perhitungan lebih cepat dan akurat.

5. Penggunaan Toleransi Berdasarkan SRM

SRM mengatur nilai toleransi SBHM sebesar -175,28 lbf.in sampai -88,47 lbf.in. Jika hasil pengukuran berada dalam rentang tersebut, maka *elevator* dapat dianggap memenuhi syarat tanpa perlu perbaikan tambahan. Dengan strategi di atas, permasalahan ketidaksesuaian nilai SBHM dapat diatasi secara sistematis, sekaligus mencegah terulangnya kesalahan pada proses *balancing* berikutnya.



4.5 Evaluasi Hasil

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai *Check Balance Moment* (CBM) yang diperoleh dari hasil pengukuran setelah penyesuaian dengan nilai *Static Balance Hinge Moment* (SBHM) lama. Berdasarkan data:

1. R/H Elevator

$$\text{CBM} = -98,04 \text{ lbf.in}$$

$$\text{Old SBHM} = -103,19 \text{ lbf.in}$$

2. L/H Elevator

$$\text{CBM} = -95,47 \text{ lbf.in}$$

$$\text{Old SBHM} = -103,19 \text{ lbf.in}$$

Jika hasil dari proses *balancing* pada *elevator* Boeing 737-800 dengan metode *on jig* menghasilkan nilai *Static Balance Hinge Moment* (SBHM) yang berada di luar rentang toleransi yang ditetapkan oleh Boeing, yaitu antara -175,28 lbf.in hingga -88,47 lbf.in, maka tindakan korektif yang presisi, sistematis, dan sesuai spesifikasi OEM (*Original Equipment Manufacturer*) harus segera dilakukan demi menjamin keselamatan operasional dan performa aerodinamis pesawat.

Dalam konteks yang dijelaskan, nilai *old SBHM* sebesar -103,19 lbf.in menunjukkan bahwa kondisi awal *elevator* masih berada dalam batas toleransi yang ditentukan Boeing. Namun, setelah dilakukan proses *balancing* ulang dan pengujian terkini, didapatkan nilai *new SBHM* sebesar -98,04 lbf.in untuk *Right Hand (R/H) Elevator* dan -95,47 lbf.in untuk *Left Hand (L/H) Elevator*, yang secara teknis tetap berada dalam rentang toleransi pabrikan. Akan tetapi, jika pada pengujian berbeda nilai tersebut melewati batas toleransi baik lebih berat atau lebih ringan dari batas toleransi maka beberapa langkah berikut akan dilakukan secara sistematis:

Pertama, dilakukan analisis distribusi massa dengan cara mengevaluasi seluruh konfigurasi *adjust weight* yang telah dipasang pada *trailing edge* maupun *leading edge* dari struktur *elevator*. Tujuan utama dari tindakan ini adalah untuk menentukan apakah terjadi pergeseran massa yang tidak diinginkan akibat proses perakitan ulang, penggantian komponen internal, atau kemungkinan korosi serta penambahan *sealant* yang tidak merata.



Kedua, jika nilai SBHM terlalu kecil (lebih ringan dari $-88,47$ lbf.in), maka diperlukan penambahan *adjust weight* pada sisi *trailing edge*, umumnya menggunakan *tungsten* atau *lead weight* sesuai dengan *part list* yang direkomendasikan oleh Boeing. Penambahan ini dilakukan secara bertahap dengan simulasi pengaruh terhadap momen inersia *elevator* dan efek kestabilan longitudinal pesawat.

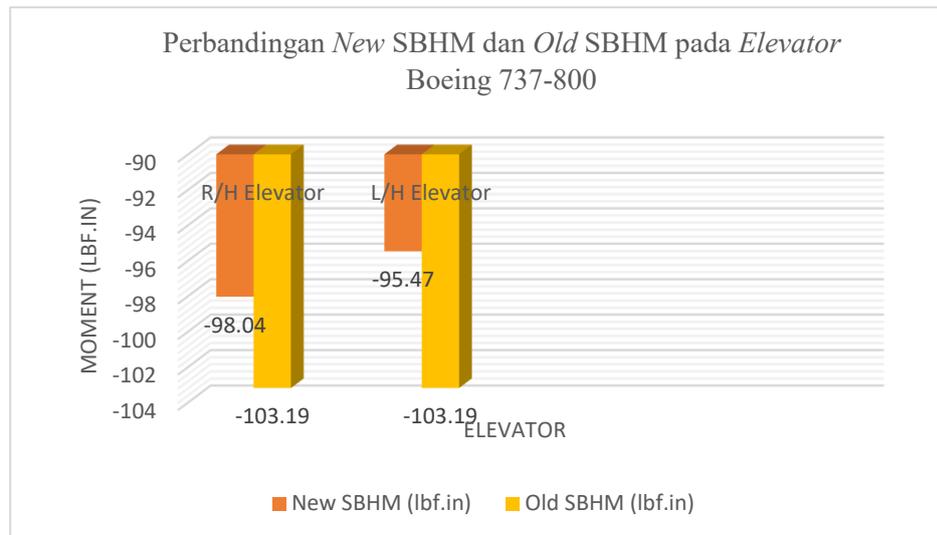
Sebaliknya, apabila nilai SBHM terlalu besar (lebih berat dari $-175,28$ lbf.in), maka dilakukan pengurangan bobot atau relokasi massa ke posisi yang lebih optimal secara aerodinamika. Pengurangan bisa berupa pelepasan beban tambahan yang tidak diperlukan atau pemindahan komponen aksesoris internal yang memengaruhi titik pusat gravitasi lokal.

Langkah selanjutnya adalah pengujian ulang secara langsung menggunakan *adjustable hinge support* yang telah dikalibrasi. Pengujian ini tidak hanya mencatat nilai momen, tetapi juga mengevaluasi perubahan suhu, kelembaban, dan tekanan udara di lingkungan hangar karena faktor lingkungan dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

Jika setelah dilakukan koreksi dan pengujian ulang nilai *SBHM* tetap tidak masuk dalam spesifikasi, maka dilakukan review teknis terhadap metode perakitan dan pengencangan struktur internal, termasuk revisi terhadap dokumentasi *shop findings*, *part replacement history*, dan toleransi *machining* pada *hinge line* serta *skin panel*.

Terakhir, dilakukan proses pelaporan dan validasi oleh *Planning Engineering* serta verifikasi oleh otoritas *Head Engineering*, karena setiap perubahan dari konfigurasi massa *elevator* menyangkut kelayakan terbang (*airworthiness*) dan harus dicatat dalam *aircraft maintenance record* serta diverifikasi melalui dokumen *Engineering Order* (EO) atau *Engineering Authorization* (EA).

Dengan demikian, seluruh tindakan korektif yang diambil bertujuan untuk mengembalikan keseimbangan dinamis *elevator* agar tetap bekerja optimal dalam sistem kontrol penerbangan, menghindari risiko *over* dan *under trim*, *flutter*, atau ketidakseimbangan aerodinamis yang dapat membahayakan keselamatan penerbangan.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan *New SBHM* dan *Old SBHM*

Pada grafik diatas menunjukkan perbandingan moment (dalam satuan lbf.in) antara *New SBHM* dan *Old SBHM* pada komponen *elevator* pesawat Boeing 737-800, untuk sisi kanan (*R/H Elevator*) maupun sisi kiri (*L/H Elevator*). Dari grafik tersebut, terlihat bahwa *New SBHM* memiliki nilai moment yang lebih kecil dibandingkan *Old SBHM* pada kedua sisi. Pada *R/H Elevator*, *New SBHM* memiliki moment sebesar -98,04 lbf.in, sementara *Old SBHM* sebesar -103,19 lbf.in. Sementara itu, pada *L/H Elevator*, *New SBHM* bernilai -95,47 lbf.in dan *Old SBHM* -103,19 lbf.in.

Penurunan nilai moment ini mengindikasikan adanya peningkatan efisiensi pada desain atau material SBHM baru. Moment yang lebih kecil menunjukkan bahwa komponen lebih ringan atau distribusi massanya lebih dekat ke titik sumbu, yang dapat berdampak positif terhadap stabilitas dan performa kendali pesawat. Konsistensi nilai momen yang lebih rendah pada kedua sisi juga mencerminkan simetri desain yang baik. Dalam perawatan dan pengoperasian, penggunaan *New SBHM* berpotensi mengurangi beban kerja sistem *aktuator* serta menurunkan konsumsi energi, sehingga dapat memberikan efisiensi operasional jangka panjang. Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan bahwa penerapan *New SBHM* merupakan langkah positif dalam peningkatan performa dan efisiensi sistem kendali *flight control* pesawat Boeing 737-800. Perbedaan ini menunjukkan bahwa proses *balancing* berhasil menurunkan nilai moment hingga mendekati nilai standar.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan kegiatan Kerja Praktik dan melakukan analisis terhadap proses *balancing elevator assembly*, di dapat kesimpulan berikut.

1. Analisis efektivitas metode *balancing* secara *on jig* dilakukan untuk mencegah potensi kerusakan atau kegagalan fungsi *elevator* pesawat Boeing 737-800. Penyebab utama perlunya analisis ini adalah adanya penyimpangan nilai *hinge moment* akibat toleransi manufaktur, kesalahan penempatan *adjust weight*, dan ketidaktepatan kalibrasi *jig* saat proses perakitan. Hal ini berisiko menyebabkan distribusi massa yang tidak seimbang dan membahayakan sistem kendali pesawat. Sebagai solusi, diperlukan penggunaan sistem pengukuran digital terintegrasi pada *jig*, pelatihan teknisi secara berkala, serta penerapan standar prosedur kerja dan kalibrasi alat secara rutin. Metode *on jig* terbukti efektif dalam mendeteksi serta mengoreksi ketidakseimbangan sejak awal, sehingga meningkatkan keandalan komponen dan keselamatan operasional pesawat.
2. Setelah pesawat digunakan selama 6 bulan dengan jumlah penerbangan kurang lebih sebanyak 24 kali, dilakukan *maintenance* besar atau *C Check* dan *repaint* body pesawat Boeing 737-800 dengan kode registrasi A-001 milik Presiden Republik Indonesia. Dari hasil pengujian *Check Balance Moment* (CBM) yang dilakukan terhadap kedua *elevator* Boeing 737-800, diperoleh nilai *new Static Balance Hinge Moment* (SBHM) R/H *Elevator* sebesar -98,04 lbf.in sedangkan pada L/H *Elevator* bernilai -95.47 lbf.in. Nilai ini sangat penting sebagai indikator bahwa *elevator* telah memenuhi syarat keseimbangan massa sesuai dengan batas toleransi yang ditetapkan. Setelah proses *balancing* dengan metode *on jig*, nilai SBHM pada kedua *elevator* masuk dalam spesifikasi yang ditentukan dan layak untuk dipasang kembali pada pesawat.



5.2 Saran

Adapun sejumlah saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk perbaikan di berbagai aspek yang masih perlu ditingkatkan.

1. Menyusun Standar Operasional Prosedur (SOP) yang lebih lengkap untuk proses *balancing elevator* menggunakan metode *on jig*. SOP ini dapat mencakup langkah-langkah kerja, alat yang digunakan, serta standar toleransi hasil pengukuran *Static Balance Hinge Moment (SBHM)*.
2. Menjadikan hasil dari proses *balancing elevator* untuk bahan evaluasi. Dengan mengevaluasi hasil *balancing* sebelumnya, PT. GMF Aero Asia dapat menentukan apakah terjadi sesuatu yang mengarah pada ketidakseimbangan berulang.
3. Membuat pedoman dasar yang berisikan materi untuk memberikan pemahaman mendalam terkait komponen penting pada pesawat, sehingga dapat menunjang kemudahan dalam penyusunan laporan.



DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. D. (2016). *Introduction to flight* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Federal Aviation Administration. (2016). *Pilot's handbook of aeronautical knowledge* (FAA-H-8083-25B). U.S. Department of Transportation.
- International Air Transport Association. (2020). *Guidance material and best practices for aircraft maintenance*. IATA Publications.
- Kinnison, H. A., & Siddiqui, T. (2013). *Aviation maintenance management* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Kundu, A. (2010). *Aircraft design*. Cambridge University Press.
- Mattingly, J. D. (2005). *Elements of propulsion: Gas turbines and rockets*. AIAA Education Series.
- Roskam, J. (2000). *Airplane flight dynamics and automatic flight controls Part I*. DARcorporation.
- Stinton, D. (2001). *The design of the aeroplane* (2nd ed.). Blackwell Science.
- Boeing. (2022). *737-800 Technical Specifications*. Retrieved from <https://www.boeing.com/commercial/737ng/>
- Federal Aviation Administration. (2021). *Type Certificate Data Sheet A16WE – Boeing 737*. FAA.
- GMF AeroAsia. (2021). *Company Profile & Capability Overview*. Jakarta: PT Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk.
- Jeppesen. (2019). *Commercial Aviation Handbook*. Englewood, CO: Jeppesen Sanderson, Inc.
- Skybrary. (2023). *Boeing 737-800*. Retrieved from <https://skybrary.aero/articles/boeing-737-800>
- Anderson, J. D. (2011). *Fundamentals of Aerodynamics* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Federal Aviation Administration. (2016). *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge* (FAA-H-8083-25B). U.S. Department of Transportation.
- Kroes, M. R., & Wild, T. (2013). *Aircraft Powerplants* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Boeing. (2021). *737-800 Aircraft Maintenance Manual*. The Boeing Company.
- Federal Aviation Administration. (2020). *Advisory Circular 43.13-1B: Acceptable Methods, Techniques, and Practices – Aircraft Inspection and Repair*. U.S. Department of Transportation.
-



- National Transportation Safety Board. (2003). *Aircraft Accident Report: Alaska Airlines Flight 261*. NTSB/AAR-03/01.
- Cessna Aircraft Company. (2015). *Maintenance Manual Cessna 172 Series*. Cessna/Textron Aviation.
- Federal Aviation Administration. (2020). *Advisory Circular 43.13-1B: Acceptable Methods, Techniques, and Practices – Aircraft Inspection and Repair*. U.S. Department of Transportation.
- Santoso, R. (2019). Analisis Kestabilan Pitch pada Pesawat Cessna 172 melalui Balancing Elevator. *Jurnal Teknik Dirgantara*, 7(1), 12–19.
- Garuda Maintenance Facility Aero Asia. (2023). *Standard Operating Procedure: Elevator Assembly and Balancing Boeing 737-800*. Internal Document.
- Wibowo, T., & Hartono, A. (2020). Penggunaan Jig dalam Proses Produksi Komponen Sayap Pesawat. *Jurnal Rancang Bangun & Teknologi*, 8(2), 45–52.
- Federal Aviation Administration. (2020). *Advisory Circular 43.13-1B: Acceptable Methods, Techniques, and Practices – Aircraft Inspection and Repair*. U.S. Department of Transportation.
- European Union Aviation Safety Agency. (2022). *EASA Part-145: Maintenance Organisation Approvals*.
- Boeing. (2021). *737-800 Aircraft Maintenance Manual*. The Boeing Company.



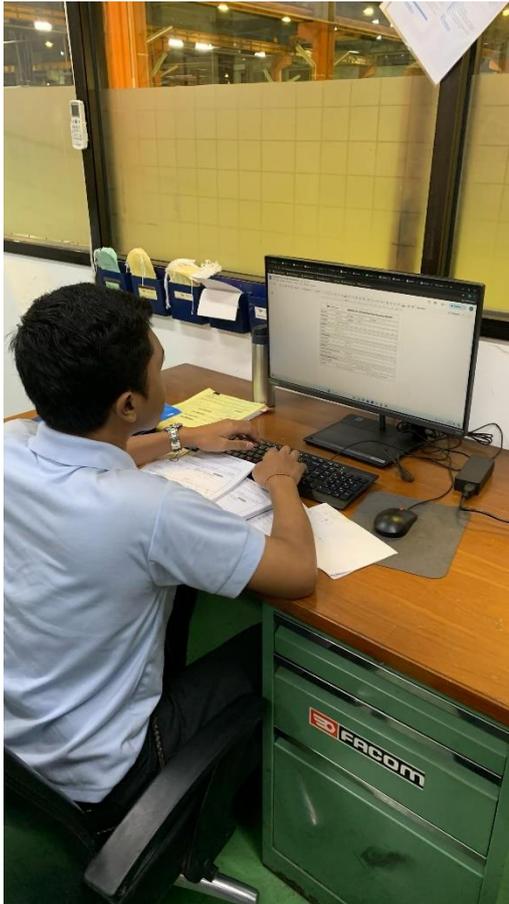
LAMPIRAN



Dokumentasi Kerja Praktik









Form Kerja Praktik

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESINJalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR DAN KEGIATAN KERJA PRAKTIK

NAMA : Wisnu Murti
NPM : 3331220080
JUDUL : Analisis Proses *Balancing Elevator Assembly* Pesawat
Boeing 737-800 dengan Metode *On Jig* di PT. Garuda
Maintenance Facility Aero Asia Tbk
NAMA TEMPAT KERJA PRAKTIK : PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
WAKTU KERJA PRAKTIK : 15 April 2025 s.d 23 Mei 2025

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
1	Selasa/15 April 2025	Pengenalan perusahaan dan pengarahan keselamatan kerja (<i>safety induction</i>)	
2	Rabu/16 April 2025	Observasi lingkungan kerja di unit <i>Sheet Metal</i> dan pengenalan peralatan kerja	
3	Kamis/17 April 2025	Pengenalan struktur dasar pesawat dan fungsi bagian-bagian <i>structure</i>	
4	Jumat/18 April 2025	Libur (Wafat Isa Almasih)	
5	Sabtu/19 April 2025	Libur	
6	Minggu/20 April 2025	Libur	
7	Senin/21 April 2025	Belajar tentang prosedur perbaikan kerusakan ringan pada panel <i>structure</i>	
8	Selasa/22 April 2025	Pengamatan proses inspeksi visual terhadap kerusakan struktur pesawat	
9	Rabu/23 April 2025	Konsultasi mengenai judul untuk laporan kerja praktik	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
10	Kamis/24 April 2025	Pengenalan teknik <i>drilling</i> dan <i>riveting</i> untuk perbaikan <i>structure</i>	
11	Jumat/25 April 2025	Mengamati proses penggantian panel aluminium pesawat	
12	Sabtu/26 April 2025	Libur	
13	Minggu/27 April 2025	Libur	
14	Senin/28 April 2025	Berlatih cara membaca dan memahami drawing teknis pesawat	
15	Selasa/29 April 2025	<i>Balancing elevator assembly</i> Boeing 787-800 dengan nomor registrasi A-001	
16	Rabu/30 April 2025	Membuat dan menyesuaikan <i>doubler</i> serta <i>patch</i> logam	
17	Kamis/1 Mei 2025	Libur (Hari Buruh Internasional)	
18	Jumat/2 Mei 2025	Konsultasi tentang komponen yang ingin dibahas dalam laporan kerja praktik	
19	Sabtu/3 Mei 2025	Libur	
20	Minggu/4 Mei 2025	Libur	
21	Senin/5 Mei 2025	Mengenal metode perbaikan korosi pada struktur pesawat	
22	Selasa/6 Mei 2025	Terlibat dalam proses pengukuran dan <i>marking</i> pada plat pengganti	
23	Rabu/7 Mei 2025	Praktik menggunakan alat <i>pneumatic</i> seperti <i>rivet gun</i> dan <i>drill</i>	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
24	Kamis/8 Mei 2025	Belajar tentang prosedur dokumentasi pekerjaan perbaikan	
25	Jumat/9 Mei 2025	Konsultasi mengenai <i>progress</i> laporan kerja praktik bab 1 sampai bab 3	
26	Sabtu/10 Mei 2025	Libur	
27	Minggu/11 Mei 2025	Libur	
28	Senin/12 Mei 2025	Libur (Hari Raya Waisak)	
29	Selasa/13 Mei 2025	Libur (Cuti Bersama Waisak)	
30	Rabu/14 Mei 2025	<i>Balancing elevator assembly</i> Menggunakan metode <i>on jig</i> pada Boeing 737-800	
31	Kamis/15 Mei 2025	Mengikuti diskusi terkait metode perbaikan sesuai <i>Structural Repair Manual (SRM)</i>	
32	Jumat/16 Mei 2025	Konsultasi bab 4 tentang hasil data pengukuran <i>balancing elevator assembly</i>	
33	Sabtu/17 Mei 2025	Libur	
34	Minggu/18 Mei 2025	Libur	
35	Senin/19 Mei 2025	Izin (Praktikum Material Teknik)	
36	Selasa/20 Mei 2025	Presentasi akhir menjelaskan tentang <i>balancing elevator assembly</i> Boeing 737-800	
37	Rabu/21 Mei 2025	Penyusunan absen harian beserta logbook kegiatan kerja praktik	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

HARI KE-	HARI/TANGGAL	URAIAN KEGIATAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
38	Kamis/22 Mei 2025	Pengumpulan laporan akhir kerja praktik beserta berkas yang dibutuhkan untuk administrasi	
39	Jumat/23 Mei 2025	Penutupan kerja praktik bersama pembimbing lapangan dan karyawan TBR 5 (<i>Sheet Metal</i>)	

Mengetahui,
Koordinator Kerja Praktik

Miftahul Jannah, ST., MT
NIP. 199103052020122017

Cengkareng, 23 Mei 2025

Pembimbing Lapangan

Anjar Setyanto
NIP/NIK. 583315



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN

Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

BIMBINGAN KERJA PRAKTIK**(Miftahul Jannah, S.T., M.T.)**

Nama : Wisnu Murti
NPM : 3331220080
Judul : Analisis Proses *Balancing Elevator Assembly* Pesawat Boeing 737-800
dengan Metode *On Jig* di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
Tempat Kerja Praktik : PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
Periode Waktu Kerja Praktik : 15 April 2025 s.d 23 Mei 2025

NO	HARI/TANGGAL	URAIAN	PARAF DOSEN PEMBIMBING KP
1	Senin/21 April 2025	Melakukan konsultasi judul laporan dan melaporkan perkembangan kerja praktik	
2	Senin/28 April 2025	Mendiskusikan kendala laporan bab 1 sampai bab 3 dan mendapatkan arahan penyelesaian	
3	Senin/5 Mei 2025	Meminta pendapat untuk laporan bab 4 tentang analisa dan mendapat masukan perbaikan	
4	Senin/19 Mei 2025	Menyampaikan hasil akhir kerja praktik dan mendapatkan persetujuan revisi laporan	
5	Senin/26 Mei 2025	ACC seminar Kerja Praktik	

Mengetahui,
Koordinator Kerja Praktik

Miftahul Jannah, S.T., M.T.
NIP. 199103052020122017

Cilegon, 27 Mei 2025

Dosen Pembimbing Kerja Praktik

Miftahul Jannah, S.T., M.T.
NIP. 199103052020122017

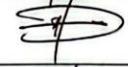
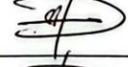
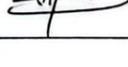


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

BIMBINGAN KERJA PRAKTIK

(Anjar Setyanto)

Nama : Wisnu Murti
NPM : 3331220080
Judul : Analisis Proses *Balancing Elevator Assembly* Pesawat Boeing 737-800
dengan Metode *On Jig* di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
Tempat Kerja Praktik : PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
Periode Waktu Kerja Praktik : 15 April 2025 s.d 23 Mei 2025

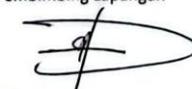
NO	HARI/TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING LAPANGAN
1	Rabu/23 April 2025	Konsultasi mengenai judul untuk laporan kerja praktik	
2	Jumat/2 Mei 2025	Konsultasi tentang komponen yang ingin dibahas dalam laporan kerja praktik	
3	Jumat/9 Mei 2025	Konsultasi mengenai progress laporan kerja praktik bab 1 sampai bab 3	
4	Jumat/16 Mei 2025	Konsultasi bab 4 tentang hasil data pengukuran <i>balancing elevator assembly</i>	
5	Kamis/22 Mei 2025	Pengumpulan laporan akhir kerja praktik beserta berkas yang dibutuhkan untuk administrasi	

Mengetahui,
Koordinator Kerja Praktik


Miftahulannah, ST., MT
NIP. 199103052020122017

Cengkareng, 22 Mei 2025

Pembimbing Lapangan


Anjar Setyanto
NIP/NIK. 583315

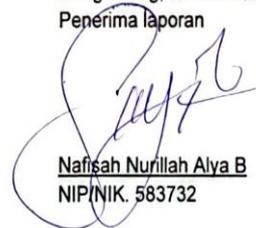


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
Jalan Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Ext.130. Laman : www.mesin.ft.untirta.ac.id

PENYERAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK KE PERUSAHAAN/INSTANSI

Nama Mahasiswa : Wisnu Murti
NIM : 3331220080
Judul Laporan KP : Analisis Proses *Balancing Elevator Assembly* Pesawat
Boeing 737-800 dengan Metode *On Jig* di PT. Garuda
Maintenance Facility Aero Asia Tbk
Nama Perusahaan/Instansi : PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
Hari/Tanggal Diterima Laporan : Kamis / 22 Mei 2025

Cengkareng, 22 Mei 2025
Penerima laporan



Nafisah Nurillah Alya B
NIP/NIK. 583732



Assessment Sheet Internship batch 5.2



Intern Data

Name: Wisnu Murti Duration Of Internship (Start-Finish): 15 April - 23 May 2025
Unit: TBR University/School: UNTIRTA

Score



Evaluation

Evaluation Item	Score	Remark
A. Qualification		
1. Setting Up	84	EXCELLENT
2. Additional Theory	85	EXCELLENT
3. Work Process	86	EXCELLENT
4. Time Utilization	85	EXCELLENT
B. Discipline		
1. Discipline	85	EXCELLENT
2. Interpersonal & Teamwork	87	EXCELLENT
3. Punctuality	86	EXCELLENT
C. Creativity		
1. Attitude & Tidiness	88	EXCELLENT
2. Follow the Instruction	87	EXCELLENT
3. Work Procedure	85	EXCELLENT

Attendance

Attendance	Days	Remark
Presensi WFH	-	-
Presensi WFO	25	-
Illness	-	-
Permission	1	PRACTICE
Total Attendance	26	-

Signature

Anjar Setiawan M.583315
583315

Internship Supervisor (Mentor)

Date of Signature

22 05 2025

Nafisah Nurillah Alya B
583732
Learning Center Unit