

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 King Air 350i

King Air 350i adalah pesawat terbang bisnis pertama di pasar yang dilengkapi dengan sistem manajemen kabin *Content Management System* (CMS) Rockwell Collins Venue™ yang baru. Sistem ini mendukung beberapa Perangkat Hiburan Pribadi, termasuk CD, DVD, Blu-ray Disc™ dan pemutar MP3, Apple iPods®, Sony PlayStation® dan konsol game Microsoft Xbox 360™, komputer laptop, kamera digital dan video, perangkat penyimpanan data USB dan perangkat HDMI® masa depan.



Gambar 2.1 King Air 350i

CMS baru dilengkapi dengan monitor ayun 15,3 inci di kabinet hiburan depan dengan tampilan layar lebar yang menampilkan video dan hiburan digital definisi tinggi. Layar definisi tinggi di setiap kursi dapat ditambahkan. Sembilan panel sakel yang dapat diprogram mengontrol pemutar CD, DVD, Blu-ray Disc dan MP3, jukebox audio dan video, peta bergerak 3-D Airshow,

dan informasi penerbangan. Kabin juga dilengkapi dengan port pengisian USB standar dan stasiun dok untuk perangkat nirkabel wisatawan.

Selain peningkatan (CMS), fleksibilitas merek dagang King Air telah diperluas lebih jauh melalui kemampuan Beechcraft FlexCabin 350i yang baru, yang memungkinkan pemilik untuk mengkonfigurasi ulang atau melepas komponen buritan untuk memenuhi kebutuhan spesifik setiap misi. .

Desain interior ramping King Air 350i menyoroti kemampuan kabin yang tak tertandingi. Interior yang diperbarui mencakup headliner baru, penjahitan kursi dan meja, penggelap jendela elektrokromik, lampu LED, ruang kaki yang lebih luas, dan penghangat kursi opsional. Selain itu, King Air 350i memiliki meja rias opsional di area toilet belakang yang menggabungkan berbagai area penyimpanan perlengkapan mandi, air mengalir, lampu LED otomatis, dan cermin ganda, dan terletak di sebelah area bagasi yang dapat diakses dalam penerbangan King Air 350i untuk privasi dan kenyamanan penumpang total.

King Air 350i juga sekarang menjadi King Air yang paling tenang. Tingkat suara kabin telah dikurangi menjadi rata-rata 78 dBA (Desibel kelas A), sama dengan atau lebih baik daripada jet bisnis kompetitif. ^[3]

2.2 Material Pesawat Terbang

Penggunaan material struktur pesawat terbang yang ringan sangat penting. Pada penerbangan komersial, aluminium digunakan hampir 80% dari keseluruhan penggunaan material struktur. Material aluminium tentu berbeda dengan aluminium yang kita temui pada kehidupan sehari-hari pada

peralatan dapur maupun dekorasi, aluminium untuk struktur pesawat terbang terbang dipadu dengan beberapa bahan campuran (seperti tembaga, magnesium, seng dan mangan) yang dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan serta ketangguhannya.

Aluminium murni memiliki kekuatan yang rendah dan hampir tidak digunakan pada aplikasi struktural. Namun, ketika dicampur dengan logam lain sifat-sifatnya mampu ditingkatkan. Tiga kelompok paduan aluminium telah digunakan di industri pesawat terbang selama bertahun-tahun sertamasih berperan penting dalam konstruksipesawat terbang . Kelompok pertama adalah paduan aluminium dengan tembaga, silikon, mangan dan besi. Komposisi kimia kelompok paduan pertama ini adalah aluminium, 4% tembaga, 0.5% magnesium, 0.5% mangan, 0.3% silikon dan 0.2% besi.

Kelompok pertama ini digunakan dalam pembuatan *skin wing* pesawat terbang .Kelompok kedua adalah paduan aluminium dengan 1-2% *nickel* dan kandungan tembaga, *silicon* dan besi yang lebih tinggi. Sifat yang paling penting dari paduan kedua ini adalah kekuatannya pada suhu tinggi sehingga sesuai digunakan untuk pembuatan aero engine dan airframe. Kelompok ketiga adalah paduan aluminium dengan 2.5% tembaga, 5% *zinc*, 3% magnesium dan 1% *nickel*.

Kelompok paduan ketiga ini sangat tergantung pada penambahan *zinc*, semakin tinggi jumlah *zinc* maka kekuatannya semakin tinggi. Aluminium alloy 2024 memiliki kandungan 4.4 % *Copper*, 0,8 % *silicon* dan 0.8 % mangan. Paduan aluminium 2024 banyak digunakan untuk elemen pada pesawat terbang terbang seperti pada *skinwing* pesawat terbang .

Aluminium digunakan untuk bahan pembuatan *skin wing* pesawat terbang karena *ratio strength* dan *weight* yang tinggi. Peningkatan kualitas paduan aluminium dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas (*heat treatment*). Untuk meningkatkan kualitas paduan aluminium 2024 tersebut dilakukan proses *heat treatment*. Terdapat proses perlakuan panas untuk mendapat produk yang diinginkan untuk aplikasi *skin wing* pesawat terbang. Proses terdiri dari, *solution treatment, quenching dan naturalaging*.^[4]

2.3 Wing Pesawat Terbang

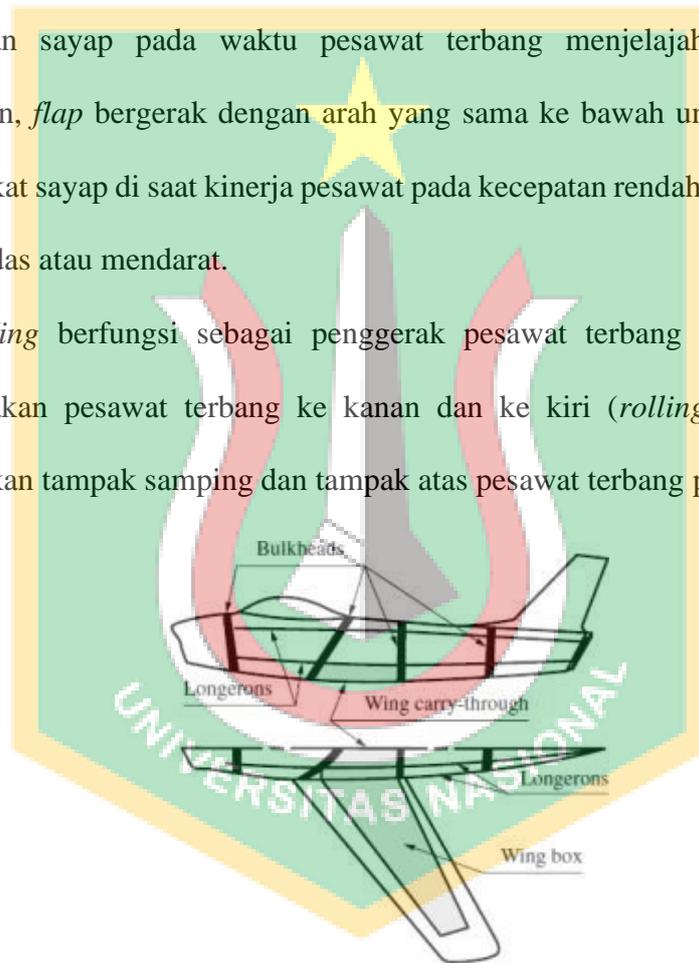
Sayap pesawat adalah *airfoil* yang disambungkan di masing-masing sisi fuselage dan merupakan permukaan yang mengangkat pesawat di udara. Terdapat berbagai macam rancangan sayap, ukuran dan bentuk yang digunakan oleh pabrik pesawat. Setiap rancangan sayap memenuhi kebutuhan dari kinerja yang diharapkan untuk rancangan pesawat tertentu.

Wing merupakan bagian terpenting dari suatu pesawat, karena wing menghasilkan *lift* (gaya angkat) ketika bergerak terhadap aliran udara karena bentuknya yang *airfoil*. Selain sebagai penghasil gaya angkat, pada kebanyakan pesawat saat ini juga sebagai *fuel tank* (tempat bahan bakar) dan tempat bergantungnya *engine*.

Struktur utama dari bagian sayap adalah *spar, rib* dan *stringer*. Semua itu kemudian diperkuat oleh *truss, I-beam*, tabung atau perangkat lain termasuk kulit pesawat. *Rib* menentukan bentuk dan ketebalan dari sayap. Pada sebagian besar pesawat modern, tanki bahan bakar biasanya adalah bagian dari struktur sayap atau tangki yang fleksibel yang dipasang di dalam sayap.

Di sisi belakang atau *trailing edge* dari sayap, ada 2 tipe permukaan pengendali (*control surface*) yang disebut *aileron* dan *flap*. *Aileron* (bidang kemudi) biasanya dimulai dari tengah-tengah sayap ke ujung sayap (*wingtip*) dan bekerja dengan gerakan yang berlawanan untuk menghasilkan pengaruh gaya aerodinamika pada sayap. Sedangkan *flap* dipasang pada bagian *trailing edge* dengan posisi yang simetris terhadap *fuselage*. *Flap* sama rata dengan permukaan sayap pada waktu pesawat terbang menjelajah. Pada waktu diturunkan, *flap* bergerak dengan arah yang sama ke bawah untuk menambah gaya angkat sayap di saat kinerja pesawat pada kecepatan rendah khususnya saat lepas landas atau mendarat.

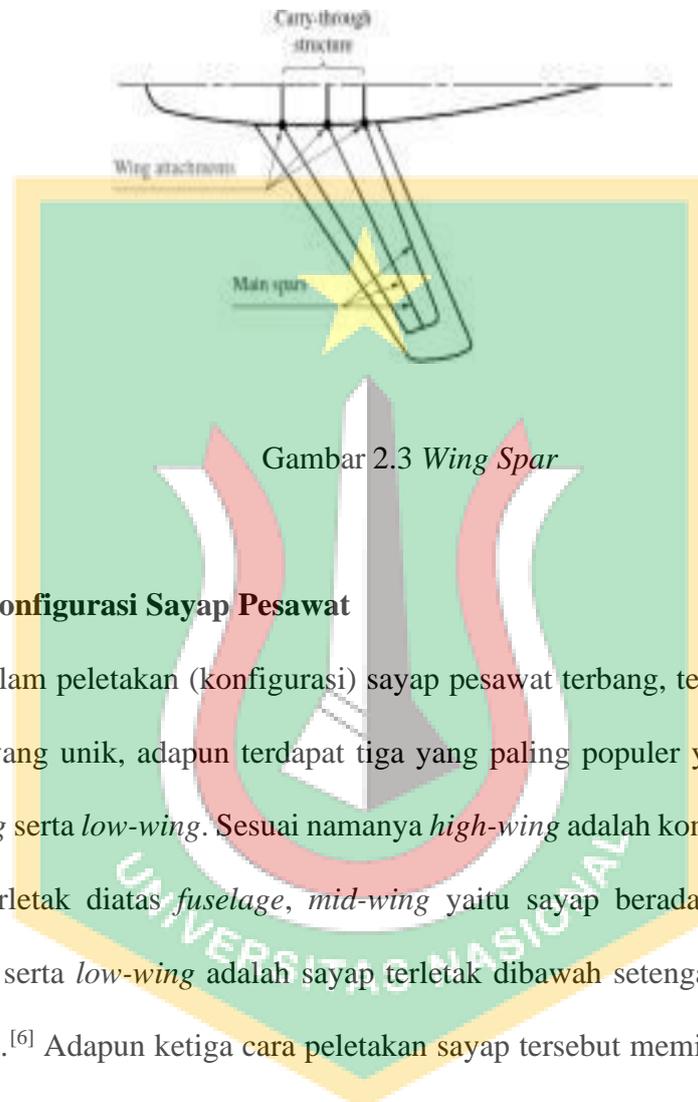
Wing berfungsi sebagai penggerak pesawat terbang yang berfungsi menggerakkan pesawat terbang ke kanan dan ke kiri (*rolling*). Gambar 2.1 menunjukkan tampak samping dan tampak atas pesawat terbang pada umumnya.



Gambar 2.2 Tampak Atas dan Tampak Samping pesawat terbang

Elemen utama pada *wing* adalah *wing box* . Komponen *wing box* ditunjukkan pada gambar 2.2 . *Wing box* ini terdiri dari *underside skin panel*,

stringers, ribs, front spar, center spar, ribs, skin panel dan *rear spar* yang diilustrasikan pada gambar 1.1. *Wing box* terdiri dari *wing spar* yang berfungsi sama seperti *cantilever* pada *beam*.^[5]



Gambar 2.3 Wing Spar

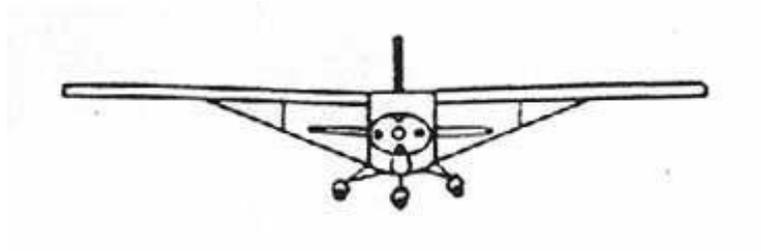
2.4 Konfigurasi Sayap Pesawat

Dalam peletakan (konfigurasi) sayap pesawat terbang, terdapat beberapa pilihan yang unik, adapun terdapat tiga yang paling populer yaitu *high-wing*, *mid-wing* serta *low-wing*. Sesuai namanya *high-wing* adalah konfigurasi dimana sayap terletak diatas *fuselage*, *mid-wing* yaitu sayap berada pada setengah *fuselage* serta *low-wing* adalah sayap terletak dibawah setengah atau di dasar *fuselage*.^[6] Adapun ketiga cara peletakan sayap tersebut memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing sebagai berikut :

1. High Wing

Pesawat *high-wing* memungkinkan pilot untuk melihat sekeliling lebih mudah (kecuali saat berbelok dengan gerakan *roll*) sehingga jangkauan pandangan lebih luas. Karena sayap terletak diatas *fuselage*, maka pusat gaya angkat berada diatas pusat gravitasi sehingga meningkatkan stabilitas pesawat. Sayap yang

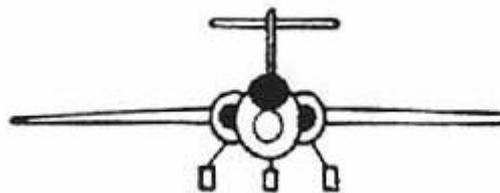
terletak diatas juga memberikan efek stabilitas seperti dihedral. yaitu saat pesawat *roll* maka akan terjadi momen pembalik.



Gambar 2.4 High Wing

2. Mid Wing

Pada pesawat *mid-wing*, drag karena interferensi dengan fuselage secara teori adalah yang paling kecil sehingga paling efisien secara aerodinamis. Tidak seperti *high wing* dan *low-wing*, pada konfigurasi *mid-wing*, momen yang terjadi saat pesawat *roll* adalah nol, atau netral, sehingga pesawat dapat melakukan gerakan *roll* dengan lincah dan tidak menghasilkan efek samping. Itulah mengapa *mid-wing* sering dijumpai pada pesawat *aerobatik*. Karena sayap berada di tengah, maka *spar* dan bagian-bagian penguat sayap juga harus terletak di tengah. Hal tersebut dapat mengurangi ruang didalam *fuselage* maupun menjadi relatif lebih berat terhadap *high-wing* dan *low-wing* untuk menguatkan sayap.



Gambar 2.5 Mid Wing

3. Low Wing

Pesawat *low-wing* memiliki kestabilan yang lebih rendah di bandingkan dengan *high-wing* pada arah *roll*, seperti dijelaskan pada gambar *high-wing*. Ketidakstabilan tersebut meningkatkan kemampuannya untuk bermanuver. Karena letak sayapnya di bawah, maka struktur spar akan lebih sederhana dan relatif ringan dibandingkan dengan yang lainnya. Hal tersebut juga memberikan ruang yang luas didalam *fuselage*. Saat take-off, landing maupun sudut serang (*Angle of attack*) yang tinggi, sayap yang berada dibawah mengganggu aliran udara ke elevator dan rudder sehingga mengurangi efektivitasnya. Itulah kenapa sering dijumpai pesawat dengan ekor T pada pesawat *low-wing*. Letak sayap yang dibawah juga memperkuat fenomena *ground effect*, yaitu peningkatan *lift* dan penurunan drag pada saat pesawat berada sangat dekat dengan darat (misal take-off dan landing). *Ground effect* tersebut membuat pesawat dapat take-off atau landing pada kecepatan yang relatif lebih pelan, atau menurunkan *stall speed* pada kondisi dekat tanah/darat. Debu dan benda-benda yang dapat mengenai sayap dari tanah lebih mungkin mengenai sayap karena posisi sayap yang dekat dengan tanah.



Gambar 2.6 *Low Wing*

2.5 Rancangan Sayap

Terdapat bermacam jenis rancangan sayap, ukuran dan bangun yang dipakai oleh pesawat terbang. Setiap rancangan sayap menurut kebutuhan dari kinerja yang disandarkan untuk rancangan pesawat tertentu. Sayap mampu dipasang berdasarkan peletakan pada *fuselage*, jumlah sayap dan bangun sayap.^[7]

Jenis sayap pesawat terbang berdasarkan peletakan pada *fuselage*

Karena jabatan sayap yang berbeda-beda terhadap jabatan badan pesawat terbang (*fuselage*) karenanya pesawat terbang mampu dibedakan menjadi :

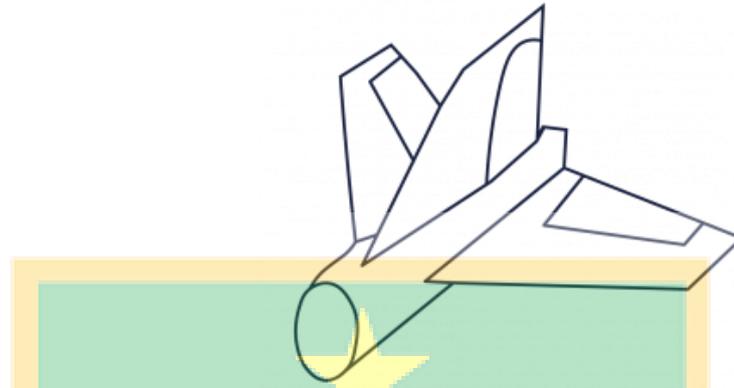
1. Pesawat terbang parasol yaitu pesawat terbang yang sayapnya di atas badan pesawat yang ditunjang dengan penyangga sayap (*wing-strut*).
2. Pesawat terbang bersayap tinggi (*high wing*) yaitu sayap yang di pasang berlanjut di proses atas badan pesawat terbang.
3. Pesawat terbang bersayap paruh (*mid wing*) yaitu sayap yang pemasangannya di tengah-tengah badan pesawat terbang.
4. Pesawat terbang bersayap bawah (*low wing*) yaitu sayap yang jabatan pemasangannya di proses bawah badan pesawat.

2.6 Empennage Pesawat Terbang

Empennage terdiri dari seluruh ekor pesawat, termasuk permukaan yang diam seperti vertical dan horizontal stabilizers dan permukaan bergerak seperti *rudder* dan *elevator*. *Empennage* dirancang untuk memberikan stabilitas dan kontrol dalam *pitch* (longitudinal) dan *yaw* (direksional).^[8]

Terdapat banyak variasi dalam konfigurasi ekor pesawat yang memenuhi persyaratan ganda tersebut, seperti *conventional tail*, *V-tail*, *T-tail*, *boom-tail*,

cruciform-tail, dan masih banyak lagi. Berikut adalah pembahasan dari beberapa konfigurasi ekor pesawat.



Gambar 2.7 *Conventional Tail*

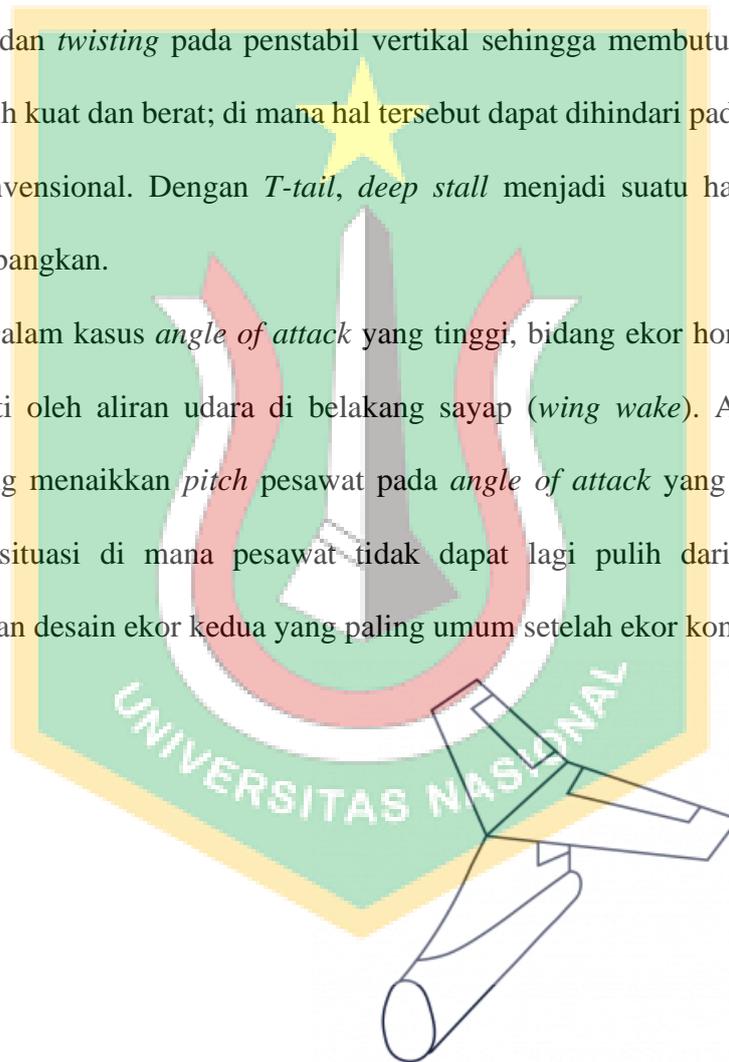
Conventional tail (atau ekor konvensional) merupakan konfigurasi ekor yang paling umum. Bentuk ini memiliki satu *vertical stabilizer* pada bagian ekor dari badan pesawat dan satu *horizontal stabilizer* yang terbagi menjadi dua bagian, satu di setiap sisi *vertical stabilizer*. Ekor konvensional memberikan stabilitas dan kontrol yang tepat dengan bobot struktural yang rendah. Sekitar 70% dari pesawat memiliki konfigurasi ekor ini. Namun, ekor konvensional memiliki karakteristik spin yang kurang optimal dikarenakan oleh blanketing dari bidang ekor vertikal. Kemudian, *downwash* sayap relatif besar pada bidang ekor horizontal. *Downwash* adalah perubahan arah udara yang dibelokkan oleh aksi aerodinamis dari airfoil atau sayap sebagai bagian dari proses menghasilkan gaya angkat (*lift*).

T-tail merupakan variasi umum dari ekor konvensional, di mana *horizontal stabilizer* diposisikan di atas *vertical stabilizer*. Oleh karena itu, penstabil *horizontal* berada di atas aliran propeller (atau *prop-wash*) dan *wing*

wake sehingga lebih efisien. *Wake turbulence* merupakan suatu fungsi dari pesawat yang menghasilkan gaya angkat (*lift*), dan menghasilkan dua vorteks berlawanan arah di belakang pesawat. Penempatan penstabil horizontal di atas penstabil vertikal juga membuat *vertikal stabilizer* lebih efisien secara aerodinamis sehingga ukurannya dapat dibuat lebih kecil.

Namun, penstabil horizontal dalam tata letak *T-tail* menyebabkan beban *bending* dan *twisting* pada penstabil vertikal sehingga membutuhkan struktur yang lebih kuat dan berat; di mana hal tersebut dapat dihindari pada konfigurasi ekor konvensional. Dengan *T-tail*, *deep stall* menjadi suatu hal yang harus dipertimbangkan.

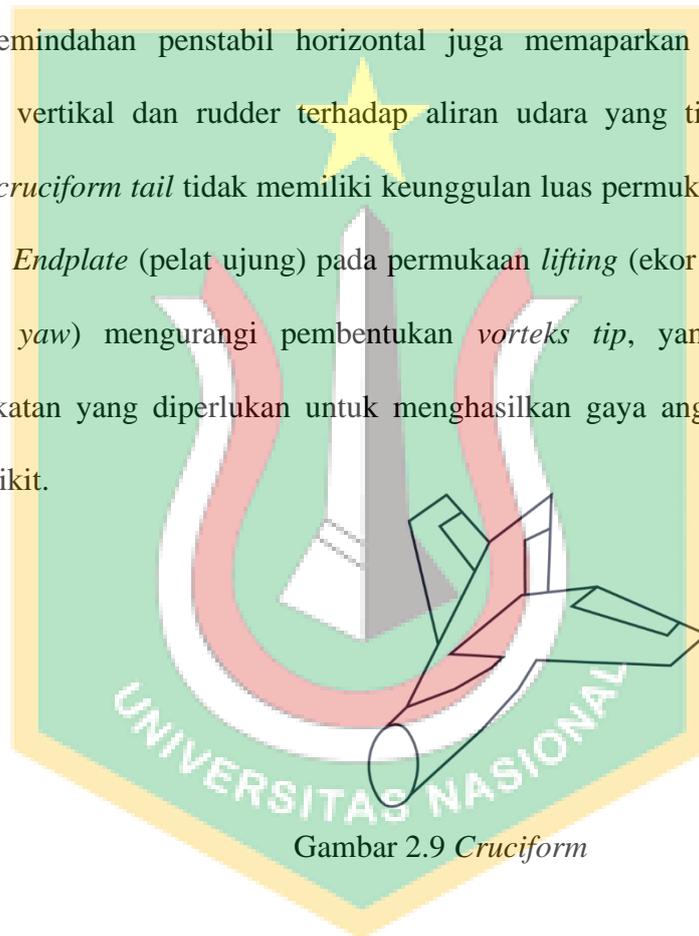
Dalam kasus *angle of attack* yang tinggi, bidang ekor horizontal dapat diselimuti oleh aliran udara di belakang sayap (*wing wake*). Apabila sayap cenderung menaikkan *pitch* pesawat pada *angle of attack* yang tinggi, dapat muncul situasi di mana pesawat tidak dapat lagi pulih dari *stall*. *T-tail* merupakan desain ekor kedua yang paling umum setelah ekor konvensional.



Gambar 2.8 *T-Tail*

Cruciform tail merupakan sebuah kompromi antara ekor konvensional dan T-tail. Dalam konfigurasi yang berbentuk salib ini, *horizontal stabilizer* dipindahkan sebagian ke atas *vertical stabilizer*. *Cruciform tail* memiliki berat yang kurang dari *T-tail* dan memungkinkan engine untuk diletakkan di belakang pesawat. Pada posisi ini, penstabil horizontal dipindahkan dari *jet exhaust* dan *wing wake* pesawat.

Pemindahan penstabil horizontal juga memaparkan bagian bawah penstabil vertikal dan rudder terhadap aliran udara yang tidak terganggu. Namun, *cruciform tail* tidak memiliki keunggulan luas permukaan karena efek *endplate*. *Endplate* (pelat ujung) pada permukaan *lifting* (ekor vertikal selama manuver *yaw*) mengurangi pembentukan *vorteks tip*, yang berarti area pengangkatan yang diperlukan untuk menghasilkan gaya angkat yang sama lebih sedikit.



V-tail (atau *butterfly tail*) bertujuan untuk mencapai area ekor yang lebih kecil dibandingkan dengan *tailplane* horizontal dan vertikal, misalnya dalam bentuk ekor konvensional. Keuntungan dari desain ekor ini adalah dua permukaan ekor memiliki fungsi yang sama dengan tiga permukaan pada ekor konvensional dan varian lainnya. Pengurangan satu permukaan ekor akan

mengurangi *drag* serta berat *empennage*. Dengan *V-tail*, permukaan kontrol membelok ke arah yang sama dalam fungsi *elevator* dan ke arah yang berlawanan dalam fungsi *rudder*.

Konfigurasi ini memiliki kecenderungan *roll* yang dapat diatasi dengan kontrol sayap oleh *aileron* namun terlihat bahwa satu kontrol pesawat menghasilkan efek sekunder yang menentang efek utama dari kontrol lain. Efek sekunder yang menentang tujuan utama dari kontrol lain disebut *adverse coupling*. Gerakan *rolling* yang tidak diinginkan oleh *V-tail* dapat dihindari dengan membalikkan *V-tail* (*inverted V-tail*). Saat ini, aplikasi *V-tail* dalam desain pesawat cukup terbatas.



Gambar 2.10 V-Tail

2.7 Pengertian Pengujian Umum Tanpa Merusak (Non Destructive Testing)

Non Destructive Testing adalah aktifitas uji atau inspeksi terhadap suatu benda untuk mengetahui adanya cacat, retak, atau discontinuity lain tanpa merusak benda yang kita test atau inspeksi. Pada dasarnya, Uji ini dilakukan untuk menjamin bahwa material yang kita gunakan masih aman dan belum melewati *damage tolerance*. Material pesawat terbang diusahakan semaksimal

mungkin tidak mengalami kegagalan (*Failure*) selama masa pakai.

NDT dilakukan paling tidak sebanyak dua kali. Pertama, selama dan diakhir proses fabrikasi, untuk menentukan suatu komponen dapat diterima setelah melalui tahap – tahap fabrikasi. NDT ini dijadikan sebagai bagian dari kendali mutu komponen. Kedua, NDT dilakukan setelah komponen digunakan dalam jangka waktu tertentu. Tujuannya adalah menemukan kegagalan parsial sebelum melampaui *damage tolerance*.^[9] Dengan demikian berikut metode pengujian *Non Destructive Testing* :

1. Inspeksi Visual (*Visual Inspection*)

Inspeksi Visual atau *Visual Inspection* adalah salah satu metode NDT yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi kondisi dan memberikan kualitas yang lebih baik dari material atau alat yang akan dilakukan uji evaluasi. Metode visual mudah dilakukan, murah dan biasanya tidak memerlukan peralatan khusus. Ini memerlukan cahaya yang dipantulkan atau ditransmisikan dari benda uji yang dicitrakan dengan perangkat sensitif terhadap cahaya, seperti mata manusia. Sering kali metode ini merupakan langkah pertama kali diambil dalam NDT. Metode ini bertujuan menemukan cacat atau retak permukaan dan korosi. Dalam hal ini tentu saja adalah retak yang dapat terlihat oleh mata telanjang atau dengan bantuan lensa pembesar ataupun *boroskop*.

2. Penetrant (*Liquid Penetrant*)

Liquid Penetrant Test merupakan salah satu uji tidak merusak (*Non Destructive Test*) yang bertujuan untuk mengetahui cacat yang terjadi pada bagian *surface* (permukaan) benda uji. Metode pengujian penetrant ini

menggunakan prinsip kapilaritas, dimana kapilaritas ini lah yang nantinya akan menunjukkan letak-letak *diskontinuitas* yang terjadi. Uji liquid penetrant ini dapat digunakan untuk mengetahui *diskontinuitas* halus pada permukaan seperti retak, berlubang atau kebocoran. Pada prinsipnya metode pengujian dengan liquid penetrant memanfaatkan daya kapilaritas. Liquid penetrant dengan warna tertentu (merah) meresap masuk kedalam diskontinuitas, kemudian liquid penetrant dikeluarkan dari dalam diskontinuitas dengan menggunakan cairan pengembang (*developer*) yang warnanya kontras dengan *liquid penetrant* (putih). Terdeteksinya *diskontinuitas* adalah dengan timbulnya bercakbercak merah (liquid penetrant) yang keluar dari dalam *diskontinuitas*.

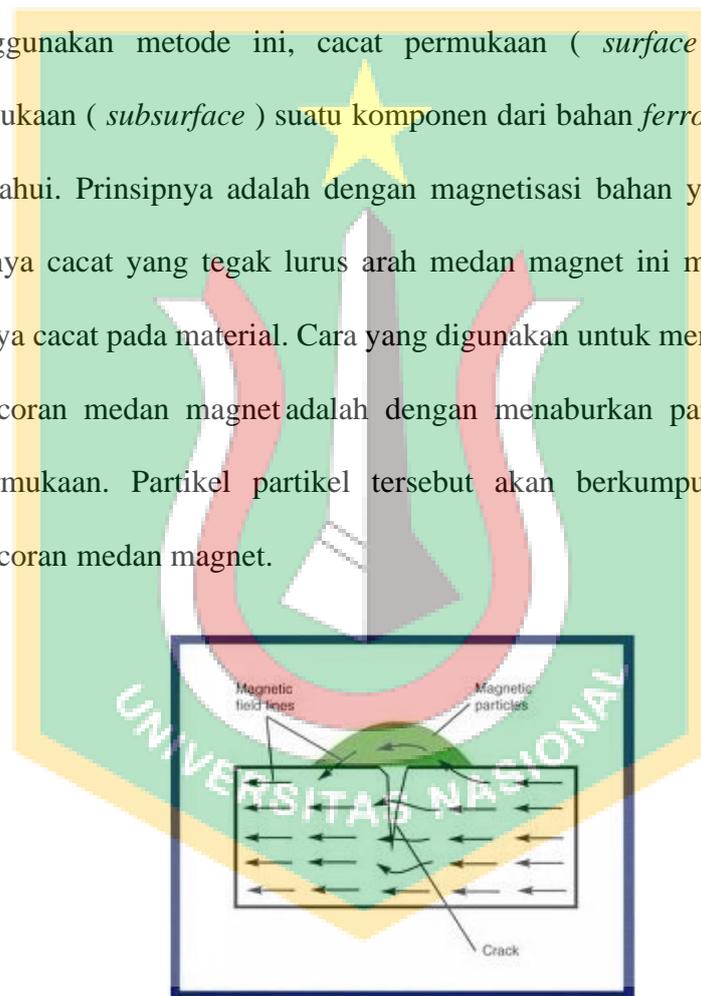


Gambar 2.11 Sistem Penetrant [9]

3. Serbuk Magnet (*Magnetic Particle*)

Magnetic particle test adalah pengujian yang dapat digunakan untuk mengecek adanya diskontinuitas pada material yang telah dilakukan proses pengelasan, pemanasan, *machining* dan proses manufaktur lainnya. Proses

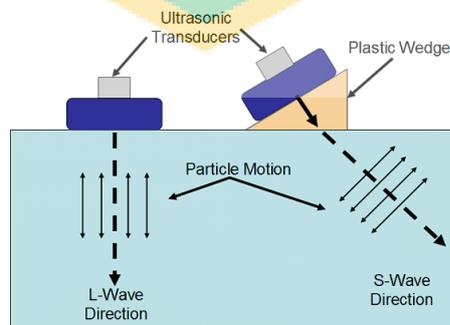
pengujian ini menggunakan daya magnet yang diaplikasikan terhadap material dan proses interpretasi dilakukan berdasarkan bentuk partikel magnet yang dihasilkan dari proses magnetisasi. Pengujian *magnetic particle* ini mempunyai beberapa macam peralatan untuk mengalirkan medan magnet, yaitu *yoke*, *prod*, *koil*, dan *sn*. Beberapa jenis peralatan tadi di sesuaikan dengan material dan kondisi lapangan yang ada. Dengan menggunakan metode ini, cacat permukaan (*surface*) dan bawah permukaan (*subsurface*) suatu komponen dari bahan *ferromagnetik* dapat diketahui. Prinsipnya adalah dengan magnetisasi bahan yang akan diuji. Adanya cacat yang tegak lurus arah medan magnet ini mengindikasikan adanya cacat pada material. Cara yang digunakan untuk mendeteksi adanya kebocoran medan magnet adalah dengan menaburkan partikel magnetik dipermukaan. Partikel partikel tersebut akan berkumpul pada daerah kebocoran medan magnet.



Gambar 2.12 Sistem Serbuk Magnet ^[9]

4. Ultrasonic Testing

Alat pengujian dengan teknologi *portable ultrasonic testing* merupakan salah satu pengujian yang sifatnya tidak merusak material atau yang biasa dikenal dengan nama *non-destructive test* yang cara kerjanya adalah dengan cara memberikan suatu gelombang frekuensi tinggi kedalam material atau benda uji yang berfungsi untuk mengukur sifat *geometris* dan fisik dari bahan. Pada dasarnya frekuensi yang digunakan kisaran 1 MHz sampai dengan kisaran 10 MHz. *Ultrasonic* pada material yang berbeda maka akan berbeda kecepatan yang akan dihasilkan. Sedangkan gelombang *ultrasonic* akan selalu merayap pada material dengan kecepatan tertentu dan tidak kembali kecuali *hist reflector*. *Reflector* akan medeteksi adanya retakan atau cacat anatar dua material yang berbeda. Gelombang suara berfrekuensi tinggi akan diterima oleh material setelah itu akan dipantulkan lagi dari permukaan yang terdapat cacat, kemudian *energy* suara yang tadi dipantulkan akan ditampilkan terhadap waktu, dan divisualkan terhadap spesimen. Yang diperoleh dari gelombang suara tersebut akan ditampilkan pada layar monitor dan terdeteksi terdapat kecacatan atau tidaknya pada bahan material tersebut.

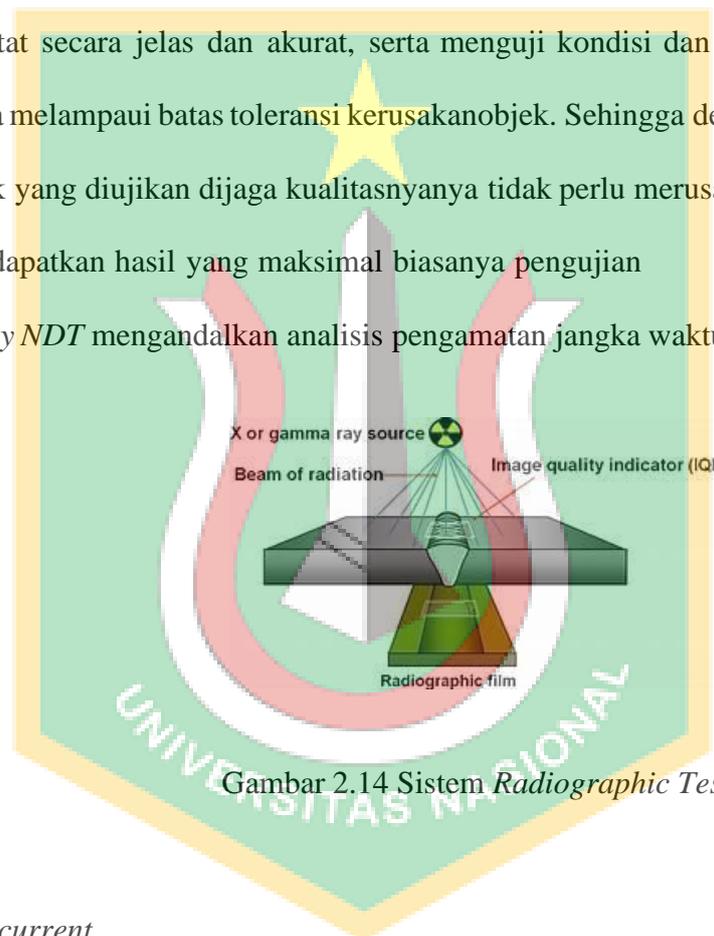


Gambar 2.13 Sistem *Ultrasonic* ^[9]

5. Radiographic Test (RT)

Radiografi NDT (Non Destructive Test) adalah pengujian tanpa kerusakan menggunakan sinar-X merupakan sebuah aktifitas tes atau pengujian terhadap suatu objek (material, rangka, dll) dengan menggunakan sinar gamma atau biasa disebut sinar-X untuk mengetahui kandungan dari objek dan komponen-komponen yang diuji apa saja yang terkandung di dalamnya serta tercatat secara jelas dan akurat, serta menguji kondisi dan kualitas objek tanpa melampaui batas toleransi kerusakan objek. Sehingga dengan kata lain objek yang diujikan dijaga kualitasnya tidak perlu merusak objek untuk mendapatkan hasil yang maksimal biasanya pengujian

X-Ray NDT mengandalkan analisis pengamatan jangka waktu yang berkala. ^[10]



Gambar 2.14 Sistem Radiographic Testing ^[10]

6. Eddy current

Metode ini pada prinsipnya hampir sama dengan teknik *Magnetic Particles*, akan tetapi medan listrik yang dipancarkan dari arus listrik bolak-balik, ketika ada *crack* maka medan listrik akan berubah dan perubahannya itu akan terbaca pada alat pengukur *impadance*. Pengujian Eddy saat ini menggunakan induksi elektromagnetik untuk mendeteksi kelemahan dalam

bahan konduktif. Ada beberapa keterbatasan, diantaranya : hanya bahan konduktif yang dapat diuji, permukaan material harus dapat diakses, selesi material dapat menyebabkan pembacaan buruk, kedalaman penetrasi menjadi bahan terbatas, dan kelemahan yang terletak sejajar dengan *probe* mungkin tak terdeteksi.^[11]



Gambar 2.15 Sistem Kerja *Eddy Current* ^[11]

2.8 Paduan Sifat Mekanik Aluminium Sayap Pesawat Terbang

Aluminium murni memiliki kekuatan yang rendah dan hampir tidak digunakan pada aplikasi struktural. Sifat fisik aluminium murni. Namun, ketika dicampur dengan logam lain sifat-sifatnya mampu ditingkatkan. Tiga kelompok paduan aluminium telah digunakan di industri pesawat terbang selama bertahun-tahun serta masih berperan penting dalam konstruksi pesawat terbang.

Kelompok pertama adalah paduan aluminium dengan tembaga, silikon, mangan dan besi. Komposisi kimia kelompok paduan pertama ini adalah aluminium, 4% tembaga, 0.5% magnesium, 0.5% mangan, 0.3% silikon dan 0.2% besi. Kelompok pertama ini digunakan dalam pembuatan skin wing pesawat terbang . Kelompok kedua adalah paduan aluminium dengan 1-2% *nickel* dan kandungan tembaga, *silicon* dan besi yang lebih tinggi. Sifat yang

paling penting dari paduan kedua ini adalah kekuatannya pada suhu tinggi sehingga sesuai digunakan untuk pembuatan *aero engine* dan *airframe*. Kelompok ketiga adalah paduan aluminium dengan 2.5% tembaga, 5% zinc, 3% magnesium dan 1% *nickel*. Kelompok paduan ketigaini sangat tergantung pada penambahan *zinc*, semakin tinggi jumlah *zinc* maka kekuatannya semakin tinggi.

[13]

Tabel 2.1 Tabel Sifat Fisik Aluminium Murni

<i>Element</i>	<i>Symbol</i>	<i>Atomic</i>	<i>Melting Point</i> (°C)	<i>Boiling Point</i> (°C)	<i>Latent heat of fusion</i>	<i>Mean Specific Heat 0-100°C</i>
					(kl/kg) (cal/g)	(kJ/kg.K) (cal/g°C)
Aluminium	Al	26,97	660,4	2520	386,8 92,4	0,917 0,219
<i>Thermal</i>	<i>Resistivity</i>	<i>Vol. Change</i>	<i>Density</i>	<i>Coeff.Of</i>	<i>Brinell</i>	
<i>Conductivity</i>	(μohm.cm)	<i>on melting</i>	(g/cm ³)	<i>Expansion</i>	<i>Hardness</i>	
(W/m.K)	at 20°C	(%)		(x10 ⁻⁵ - 5/K)	no.	
238	2,67	6,6	2,7	23,5	17	

Aluminium merupakan salah satu logam yang terdapat paling banyak di bumi, penggunaannya pun meluas, mulai dari industri otomotif sampai kesehatan, dan logam ini amat berperan dalam perkembangan dunia penerbangan. Sifat-sifat penting yang menyebabkan aluminium banyak dipakai adalah ringan, tahan korosi, penghantar listrik dan panas yang baik. Berat jenisnya hanya 2,7 gr/cm³ (kira-kira sepertiga berat jenis baja) karenanya aluminium banyak dipakai pada

bagian–bagian pesawat terbang, kendaraan bermotor dan alat transportasi lainnya.

Alat transportasi harus dibuat seingan mungkin sehingga akan dapat mengangkut beban lebih banyak. Aluminium berstruktur kristal kubus pemusatan sisi (FCC) dengan jari–jari atom sebesar 0,1431 nm. Sifat penghantar listriknya nomor tiga setelah perak dan tembaga, kira-kira 62 % dari konduktifitas tembaga. Penghantaran panasnya juga baik, karenanya banyak Mekanika Volume 8 Nomor 2, Maret 2010 166 dipakai untuk alat pemindahan panas (*heat exchanger*, radiator dll) dan alat masak di rumah tangga. ^[14]

2.9 Aluminium Alloy Tipe 2xxx

Aluminium alloy tipe 2 ini dapat di *heat treatment*, terutama aluminium alloy yang mengandung 2,5% hingga 5% Cu. Dari seri ini aluminium alloy yang paling terkenal adalah seri 2017, dengan nama *duralumin*. *Duralumin* mengandung 4% Cu dengan sedikit silikon, besi, dan magnesium. Aluminium alloy ini dapat dikeraskan melalui *natural aging*.

Aluminium alloy seri 2017 dapat meningkatkan kekerasan dan keuletannya sesudah proses *solution heat treated* sebelum proses aging berupa fase tunggal. Fase tunggal ini masih lunak, ulet, dan mudah dibentuk. Aluminium alloy seri 2017 ini adalah jenis paduan aluminium *natural aged* sehingga setelah *solution treatment* harus segera dilakukan proses pembentukan. Jika paduan aluminium ini akan disimpan terlebih dahulu maka penyimpanan harus dilakukan pada temperatur rendah (*refrigerated*). Modifikasi dari aluminium alloy 2017 adalah aluminium alloy 2014 mengandung lebih banyak tembaga, termasuk jenis

artificial aged. Kekerasan aluminium *alloy* 2014 lebih tinggi tetapi keuletannya lebih rendah dari aluminium *alloy* 2017. Modifikasi lain adalah aluminium *alloy* 2024. Magnesium memperkuat paduan aluminium ini. Paduan aluminium ini banyak digunakan untuk paku keling, sekrup dan beberapa bagian dari pesawat terbang seperti *fuselage* dan *skin wing*.^[15]

Tabel 2.2 Paduan Aluminium 2024

No.	Kandungan Unsur	Persentase (%)
1	Tembaga	4,3 – 4,5
2	Magnesium	1,3 – 1,5
3	Mangan	0,5 – 0,6
4	Silikon, Zink, Nikel, Krom, Timbal, Bismuth	< 0,5

Paduan aluminium dan tembaga digolongkan ke dalam paduan dengan nomor 2xxx. Paduan ini merupakan *heat treatable alloys*, yang dapat diperkuat dengan *aging*. Paduan Al 2024 merupakan material yang banyak digunakan untuk industri pesawat terbang khususnya untuk *fuselage* dan *skin wing* dari pesawat terbang. Paduan ini merupakan pengembangan dari pendahulunya Al 2017.^[15]

Sifat lain yang sangat menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah difabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun dan dapat di-forming dengan berbagai cara, seperti *rolling*, *forging*, *drawing*, dll menjadi bentuk yang cukup rumit sekalipun. Aluminium juga tahan korosi, tetapi sifat tahan korosi dari aluminium ini berlainan dengan logam-logam tahan korosi lainnya misalnya tembaga. Tembaga tahan korosi karena memang sukar bereaksi

dengan air/udara atau zat-zat sekitarnya. Sedangkan aluminium justru sangat mudah bereaksi dengan oksigen dari udara.

Reaksi ini menghasilkan aluminium oksida (Al_2O_3) yang melekat erat dan rapat pada permukaan aluminium. Lapisan oksida inilah yang sebenarnya tahan korosi, yang melindungi bagian dalam dari logam aluminium terhadap berbagai macam media yang korosif. Tetapi dengan adanya aluminium oksida yang menempel pada permukaan aluminium, selain menyebabkan aluminium itu tahan korosi, juga menimbulkan kerugian yaitu aluminium menjadi sukar dilas atau disolder. Dalam keadaan murni aluminium sangat lunak, ductile dan tidak begitu kuat.

Aluminium murni memiliki kekuatan tegangan 49 MPa dan 700 Mpa. Aluminium memiliki warna perak mengkilap, warnanya berubah menjadi kelabu muda akibat pembentukan oksida apabila diletakan di udara. Oksida ini sangat ulet dan tahan api. Dalam keadaan murni, temperatur leleh aluminium 660°C , untuk temperatur lebur paduannya antara 520°C sampai 660°C . Juga tidak baik untuk penuangan dan sukar di-*machining*. Karenanya aluminium murni jarang sekali dipakai.

Untuk memperbaiki keadaan ini ke dalam aluminium sering ditambahkan tembaga, mangan, magnesium silisium atau seng yaitu untuk mendapatkan kenaikan kekuatan dan kekerasan serta beberapa kebaikan lainnya. Penguatan aluminium akan optimal apabila dipadukan dengan unsur lain dan diberi perlakuan panas, yang akan menyebabkan terbentuknya presipitat yang kecil (*submikro*) namun kuat, yang akan menghalangi terjadinya dislokasi. Adapun sifat-sifat aluminium adalah seperti ditunjukkan oleh Tabel 1. Paduan

aluminium 2024 adalah suatu paduan aluminium dengan tembaga dan magnesium sebagai paduan utamanya, dengan kadartiap unsur Al 90.7–94.7%, Cu 3.8–4.9%, dan Mg 1.2–1.8%.

Paduan ini banyak digunakan untuk aplikasi–aplikasi yang memerlukan ketahanan lelah yang tinggi serta perbandingan kekuatan dan berat yang baik. Paduan ini memiliki machinability yang cukup baik, umumnya paduan ini dibentuk setelah di anil dan biasanya dilanjutkan dengan pemberian perlakuan panas.

Pada paduan ini, partikel presipitat penguat yang terbentuk jika mengalami proses penuaan adalah Al_2CuMg .^[15] Kode T3 menunjukkan keadaan fisik material tersebut, juga menunjukkan pemrosesan suatu paduan aluminium. urutan perlakuan pada kondisi T3 adalah sebagai berikut :

1. *Solution treatment*, yaitu memanaskan sampai temperatur fasa tunggal ($\pm 500^{\circ}C$).
2. *Quenching*, yaitu melakukan pendinginan cepat (dicelup) sampai temperatur kamar.
3. *Cold work*, dalam hal ini pengerjaan dingin yang dilakukan adalah strain hardening (*cold roll*) atau secara ringkas proses perlakuan untuk kondisi T3 adalah *solution treatment plus cold work*.

Tabel 2.3 Tabel Karakteristik Aluminium

Karakteristik Aluminium	
Nomor atom	13
Spesifik gravity	2,7 gr/cm ³
Temperatur leleh	660° C
Koefisien ekspansi linier	0,00020817° C
Modulus elastisitas	2386,67 N/mm ²
Modulus elastisitas geser	795,56 N/mm ²
Poisson ratio	0,33
Konduktivitas panas	200 W/mK
Konduktivitas listrik	30 m/Ωm
Densitas	2,70 g.cm ⁻³
Brinnel hardness	245 HB

2.10 Sistem Penandaan Kondisi (Temper Designation System)

Sistem Penandaan Kondisi digunakan untuk Al dan paduannya yang didasarkan atas perlakuan utama yang digunakan.

Penandaan kondisi ini dapat dibagi atas:

- F : Sesuai fabrikasi. Digunakan untuk produk dari proses pembentukan dimana tidak ada kontrol temperatur dan penguatan regangan.
- O : Digunakan pada produk yang melalui proses *anil*.
- H : Untuk produk yang telah melalui proses *stain-hardened*. Diikuti oleh satu atau dua nomor.

- W : Digunakan untuk produk yang mengalami proses pelarutan (*solutionheat-treated*) dan diharapkan mengalami penuaan pada temperatur ruang. Penandaan yang lebih spesifik memberikanketerangan waktu penuaan alami, contohnya W ½ jam.
- T : Setelah mengalami perlakuan panas untuk menghasilkan *temper* yang stabil ,selain F, O, atau H. Kondisi T (*temper*) yang umumnya digunakan untuk menghasilkan kondisi yang lebih stabil dibandingkan kondisi lainnya.
- T1 : Didinginkan dari temperatur kerja logam, kemudian mengalami penuaan alami sampai kondisi stabil.
- T2 : Didinginkan dari temperatur kerja, kemudian pengerjaan dingin sampai kondisi stabil.
- T3 : Proses pelarutan, kemudian pengerjaan dingin dan penuaan alami.
- T4 : Proses pelarutan dan penuaan alami sampai pada kondisi stabil.
- T5 : Didinginkan sampai temperatur kerja, kemudian penuaan buatan.
- T6 : Proses pelarutan dan penuaan buatan.
- T7 : Proses pelarutan dan stabilisasi (melalui penuaan).
- T8 : Proses pelarutan, pengerjaan dingin dan penuaan buatan.
- T9 : Proses pelarutan, diikuti dengan penuaan buatan dan pengerjaan dingin.
- T10 : Didinginkan dari proses pembentukan dengan temperatur bertahap, kemudian pengerjaan dingin, dan penuaan buatan. Penggunaan nomor yang lebih besar dari 10 dipakai untuk menunjukkan maksud-maksud khusus.

T x51 : Mengalami proses penghilangan tegangan sisa dengan peregangan setelah proses pelarutan atau didinginkan dari temperatur kerja logam. Paduan aluminium yang umum dipakai pada industri pesawat terbang adalah aluminiumseri 2xxx (Al-Cu-Mg). ^[16]

