

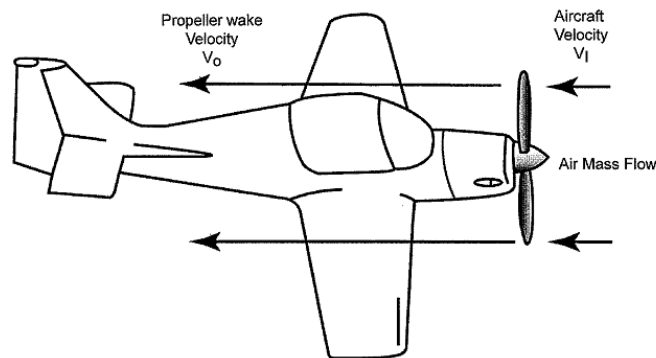
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baling-Baling Pesawat

Baling-baling pesawat atau yang biasa disebut *propeller*. *Propeller* adalah *aerofoil* yang berputar, terdiri dari 2 atau lebih yang terpasang pada *hub* yang dimana *hub* terpasang pada *shaft* mesin. fungsi dari kerja *propeller* adalah membuat tenaga yang di hasilkan oleh mesin menjadi tenaga yang lebih besar.

Pada *propeller* juga terdapat istilah yang di sebut gaya *propulsive*, *propulsive* adalah pengubahan gaya dari mesin pada *propeller*. *Propeller* yang berputar menggerakkan masa dari udara ke arah belakang dan menghasilkan gaya kedepan pada *propeller*. *Propeller* menggerakkan masa udara yang besar ke arah belakang pada kecepatan yang relative lambat, hal ini berlawanan dengan *gas turbine engine* yang menggerakkan masa yang lebih kecil pada kecepatan yang relative cepat. Pergerakan gaya pada *propeller* dapat dilihat pada gambar 2.1



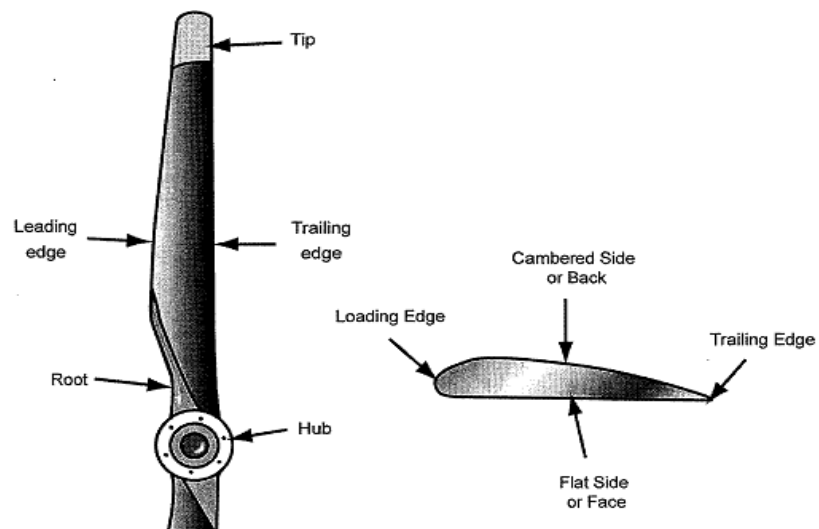
Gambar 2.1 Pergerakan Gaya pada *Propeller* (Sumber: Lit 9)

2.2 Bagian dan Jenis Propeller

Propeller memiliki bagian-bagian seperti *tip*, *root*, dll. *Propeller* juga memiliki dua jenis, berikut adalah bagian dan jenis dari *propeller*:

A. Bagian Propeller

Propeller terdiri dari beberapa bagian yaitu *tip*, *root*, *leading edge*, *trailing edge*, *flat side or face*, dan *cambered side or back*, dan *hub*. *Tip* atau ujung dari dari sudut *propeller*, *root* atau pangkal dari *propeller*, *leading edge* adalah sudut potong bagian depan dari sudut *propeller*, *trailing edge* adalah sudut potong bagian belakang dari sudut *propeller*, *flat side* adalah bagian datar atau disebut bagian depan pada sudut *propeller*, *cambered side* adalah bagian yang melengkung pada sudut *propeller*, dan yang terakhir ada *hub* yang menjadi tempat dipasangnya *propeller*. Bagian-bagian *propeller* dapat dilihat pada gambar 2.2

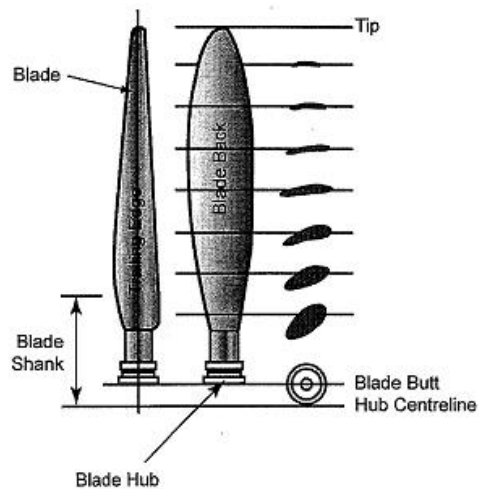


Gambar 2.2 Bagian-Bagian *Propeller* (Sumber: Lit 9)

Pada *propeller* yang mampu di ubah sudutnya atau di sebut *adjustable propeller* memiliki setidaknya ada dua *propeller* yang di pasang pada *hub*. *Hub* yang di gunakan pada *adjustable propeller* harus memiliki tempat untuk di pasanganya *propeller* dan *hub* dibagi pada bidang sejajar pada bidang rotasi untuk memungkinkan pemasangan *propeller*.

Sudu *propeller* dapat digambarkan dengan *aerofoil* yang di puntir. Untuk pengamatan sudu *propeller* dapat dibagi pada bagian atau yang di sebut dengan *station* yang di hitung dengan inchi dari pusat *hub*. *Station* pada sudu berguna untuk

memudahkan mekanik untuk memperbaiki kerusakan pada *propeller*. *Station* dibagi menjadi beberapa bagian yang setiap bagiannya dibagi menjadi 6 inci yang di tunjukan seperti pada gambar 2.3.



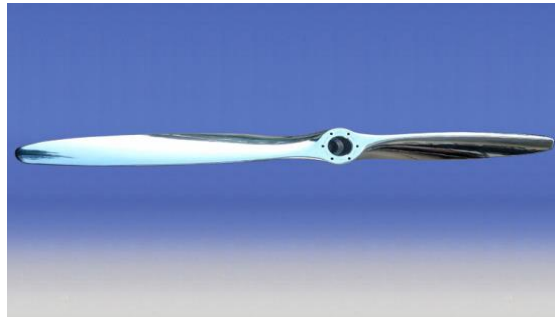
Gambar 2.3 Propeller Station(Sumber: Lit 9)

B. Jenis-Jenis Propeller

Banyak berkembang berbagai jenis propeller yang ada pada saat ini, berikut adalah jenis-jenis dari propeller:

a) *Fixed Pitch Propeller*

Jenis *propeller* ini memiliki *blade angle* atau sudut dari baling-baling yang tetap sehingga tidak bisa di ubah. Pada umumnya *propeller* tegabung menjadi satu bagian. *Propeller* ini biasanya di disain untuk *cruise speed* dan kurang efektif untuk mendarat ataupun landing. Jenis *propeller* ini digunakan pada pesawat kecil yang terbang di jarak, ketinggian, dan kecepatan rendah. *Fixed pitch propeller* dapat dilihat pada gambar 2.4



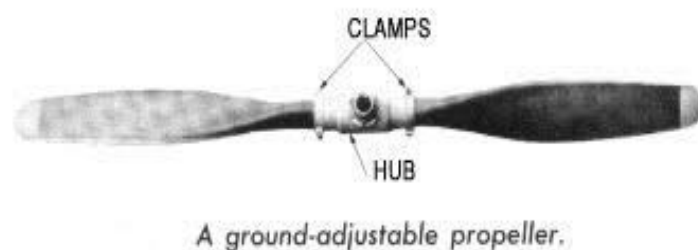
Gambar 2.4 *Fixed Pitch Propeller* (Sumber: Lit 9)

b) *Ground-Adjustable Propeller*

Ground-Adjustable Propeller berfungsi hampir mirip dengan *fixed pitch propeller*, tetapi *propeller* jenis ini bisa di ubah sudut dari sudunya ketika pesawat sedang di darat dan *propeller* dalam keadaan diam atau tak di gunakan.

Jenis propeller ini terdiri dari dua sudu. Cara mengganti propeller ini yaitu dengan melepas mekanisme *clamp* yang menahan propeller di *hub*. Setelah propeller di ganti dan propeller di kencangkan maka sudut dari propeller tidak dapat di ubah lagi. Jenis propeller ini terdapat pada pesawat yang jarak terbang, ketinggian, dan kecepatan yang rendah.

Setiap besaran dari sudut menentukan dari fungsi yang akan di jalankan oleh pesawat. Jika pesawat memerlukan kecepatan dan ketinggian maka pilih sudut propeller yang besar, jika pesawat membutuhkan maneuver yang cepat maka pilih sudut propeller yang kecil. *Ground-Adjustable Propeller* dapat dilihat pada gambar 2.5



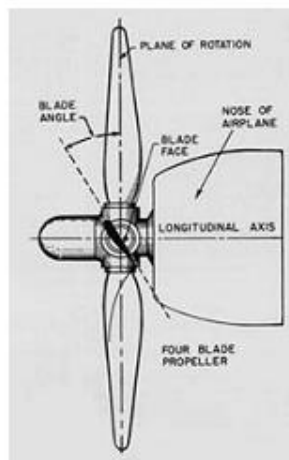
Gambar 2.5 *Ground-Adjustable Propeller* (Sumber: Lit 2)

2.3 Dasar-Dasar Elemen *Propeller*

Terdapat beberapa elemen penting pada sebuah propeller seperti V_o , n , d , β , w , dan L . Pada gambar 2.3 terdapat sketsa elemen propeller khususnya mengenai sudut serang (angle of attack) dari propeller.

Untuk menghitung angle of attack α yang efektif, perlu diketahui elemen V_o , n , d dan sudut airfoil β dimana angle of attack yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung nilai rasio lift/drag (L/D). Karena nilai d berbeda pada setiap bagian airfoil dimulai dari awal sampai ujung baling – baling, $V_o / \pi n d$ juga akan berbeda dan sudut baling yang berbeda juga akan diperoleh untuk bagian – bagian lainnya. Untuk alasan inilah maka baling propeller diputar sesuai dengan angle of attack yang paling efektif sepanjang blade.

Elemen n merupakan revolusi propeller per satuan detik. Elemen d adalah diameter pada stasiun airfoil. Sudut β merupakan sudut blade di stasiun airfoil. Elemen w adalah kecepatan induksi (induced velocity). V_R merupakan kecepatan resultan udara tanpa kecepatan induksi dan V_{Re} adalah kecepatan resultan efektif udara yang termasuk kecepatan induksi. *Adjustable Propeller* dapat dilihat pada gambar 2.6



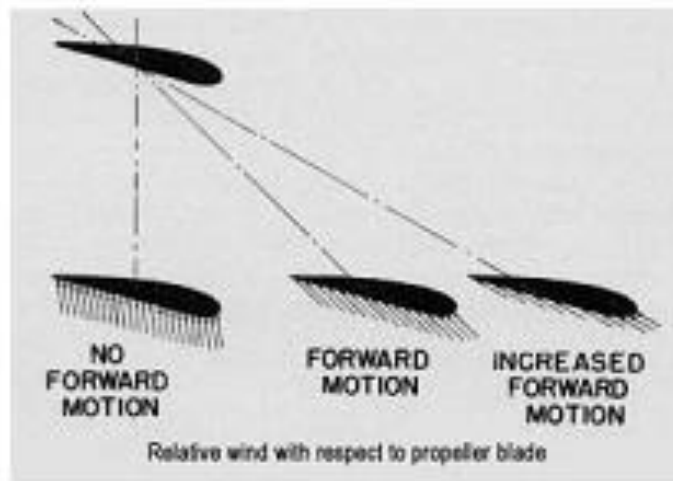
Gambar 2.6 *Adjustable Propeller* (Sumber: Lit 1)

Sudut baling (blade angle) dibentuk dari arah permukaan elemen dan bidang rotasi sudut baling di sepanjang propeller memiliki nilai yang berbeda-beda. Hal ini

dikarenakan kecepatan pada tiap bagian baling-baling berbeda-beda. Berikut adalah istilah-istilah lain yang terdapat dalam elemen propeller:

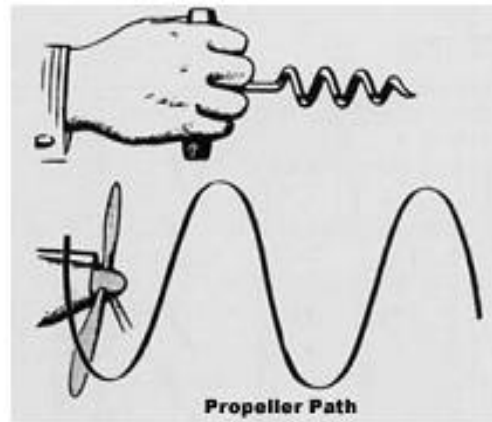
- Relative Wind (Udara Relatif)

Merupakan udara yang bergerak menuju dan melewati airfoil ketika airfoil bergerak melewati udara



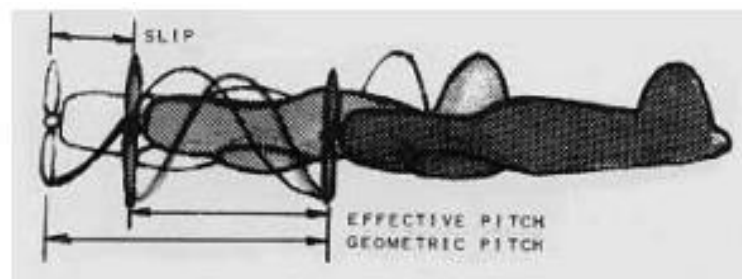
Gambar 2.7 Pergerakan *Propeller* (Sumber: Lit 1)

- Angle of Attack (Sudut Serang)
Atau sering disebut sudut serang, merupakan sudut yang terjadi antara chord dari elemen dengan arah udara relatif
- Propeler Path (Jalur Pergerakan Propeller)
Adalah arah dari pergerakan elemen baling propeller



Gambar 2.8 *Propeller Path* (Sumber: Lit 1)

- *Pitch*
Pitch merupakan jarak pergerakan sekali revolusi dari propeller yang membentuk jalur spiral.
- *Effective Pitch*
Adalah jarak sebenarnya dari perjalanan propeller dalam sekali revolusi di udara. *Effective pitch* biasanya lebih pendek dibandingkan *geometric pitch*, dimana hal ini disebabkan udara adalah fluida dan selalu terjadi slip



Gambar 2.9 *Propeller Pitch* (Sumber: Lit 1)

2.4 Feathering

Sebuah baling-baling kecepatan konstan yang memiliki kemampuan untuk mengubah

tepi untuk angin dan dengan demikian menghilangkan drag dan windmilling dalam hal kegagalan mesin. Istilah Feathering mengacu pada pengoperasian memutar bilah baling-baling ke posisi angin untuk tujuan menghentikan rotasi baling-baling untuk mengurangi drag.

oleh karena itu feathering blade di ubah sudut dari angle of attack untuk menguati drag yang terjadi pada baling-baling. sehingga baling-blaing tidak berputar ketika pesawat sedang dalam posisi feather ketika sedang terbang maupun sedang di darat. feathering diperlukan ketika mesin gagal atau ketika diinginkan untuk diparkirkan ketika didarat.



Gambar 2.10 *Feather Position* (Sumber: Lit 2)

Untuk mengubah sudut baling-baling tidak dilakukan dengan menyentuhkan alat dengan alat , melalui perantara fluida yang bisa ditekan. Untuk mengubah sudut baling-baling disebut governor. Governor pada mesin turboprop ada dua yaitu governor baling-baling dan overspeed inilah ditekan oleh oli bertekanan dan governor akan bergerak maju mundur. Sehingga ketika baling-baling sedang berputar, sudut dari baling-baling tetap bisa berputar karena fluida atau oli sebagai perantaranya.



Gambar 2.11 Perbedaan *Feather Dan Unfeather*

Sumber: (<http://www.aripsusanto.com/p/mesin-pesawat.html>)

2.5 Angin

Energi angin adalah aliran udara yang timbul akibat adanya perbedaan suhu antara dua tempat dengan kecepatan tertentu. Udara yang panas di suatu tempat di permukaan bumi menjadi lebih ringan dan naik ke atas. Untuk mengisi kekosongan udara di tempat tersebut, maka udara yang lebih dingin di tempat lain akan bergerak ke tempat yang panas, sehingga terjadilah arus atau pergerakan udara atau angin. Rata-rata kecepatan udara global adalah 30-40 km/jam

2.5.1 Data Kecepatan Angin Indonesia

Berikut ini adalah data kecepatan udara yang ada di Indonesia menurut BPS yang di hitung pada stasiun BMKG pada tahun 2015

Tabel 2.1 Data Kecepatan Angin Indonesia

Tahun		2015	
Provinsi	Stasiun BMKG	Kecepatan Angin (m/det)	Kelembaban
Aceh	Sultan Iskandar Muda	2.71	80.00
Sumatera Utara	Kualanamu ¹	2.38	86.90
Sumatera Barat	Sicincin	2.88	84.00

Riau	Sultan Syarif Kasim II	2.97	80.50
Jambi	Sultan Thaha ²	2.39	82.10
Sumatera Selatan	Kenten	3.32	79.50
Bengkulu	Pulau Baai	2.12	83.20
Lampung	Radin Inten II	1.95	78.90
Kepulauan Bangka Belitung	Depati Amir	4.05	79.90
Kepulauan Riau	Kijang	3.16	84.10
DKI Jakarta	Kemayoran ³	1.54	74.00
Jawa Barat	Bandung	2.14	74.40
Jawa Tengah	Semarang	2.83	70.00
DI Yogyakarta	Yogyakarta	0.07	82.80
Jawa Timur	Juanda	3.88	75.20
Banten	Serang	0.99	79.30
Bali	Ngurah Rai	3.27	79.10
Nusa Tenggara Barat	Bandara Int. Lombok	3.27	81.40
Nusa Tenggara Timur	Lasiana	4.04	75.60
Kalimantan Barat	Supadio	1.75	85.70
Kalimantan Tengah	Tjilik Riwut	2.17	80.50
Kalimantan Selatan	Banjarbaru	1.92	81.20
Kalimantan Timur	Temindung	1.96	79.70
Kalimantan Utara	Tanjung Harapan	2.20	83.70
Sulawesi Utara	Kayuatu	2.92	75.60

Sumber: Lit 4 *Data Kecepatan Angin Indonesia*

2.6 Massa Jenis Bahan

Massa jenis dari bahan yang digunakan dalam pembuatan simulasi *propeller* yaitu.

Tabel 2.2 Massa Jenis Bahan

NO	Bahan	Massa Jenis
1	Kuningan	8450 kg/m ³
2	Besi	7250 kg/m ³

Sumber: Lit 11 *Massa Jenis Bahan*

2.7 Koefisien gesekan antara beberapa permukaan

Berikut merupakan tabel dari koefisien gaya gesek antara beberapa permukaan

Tabel 2.3 koefisien gaya gesek

BAHAN	μ_s	μ_k
Besi pada Baja	0,74	0,57
Aluminium pada Baja	0,61	0,47
Tembaga pada Baja	0,53	0,36
Kuningan pada Baja	0,51	0,44
Seng pada Besi	0,83	0,21
Tembaga pada Besi	1,05	0,29
Kaca pada Kaca	0,94	0,40
Tembaga pada Kaca	0,68	0,53
Teflon pada Teflon	0,04	0,04

Sumber: lit 13 koefisien gaya gesek

2.8 Rumus-rumus Yang Digunakan

1. Tegangan Geser

Tegangan geser timbul dari komponen vektor gaya paralel ke penampang melintang. tegangan normal, di sisi lain, muncul dari komponen vektor gaya tegak lurus dari penampang melintang bahan.

Rumus untuk menghitung tegangan geser rata-rata adalah gaya dibagi luas

$$\tau = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1, \text{Lit } 5)$$

τ = tegangan geser (N/mm²)

F = gaya yang diterapkan (N)

A = luas *cross-sectional* bahan dengan luas paralel dengan vektor gaya yang diterapkan. (mm²)

2. Tegangan Bengkok

Tegangan bengkok adalah tegangan yang diakibatkan karena adanya gaya yang menumpu pada titik tengah suatu beban sehingga mengakibatkan benda tersebut seakan-akan melengkung

$$\tau_b = \frac{Mb}{wb} \dots \dots \dots (2.2, \text{Lit } 6)$$

dimana:

τ_b = tegangan bengkok (N/mm^2)

M_b = momen lengkung (Nmm)

W_b = tahanan bengkok (mm^3)

3. Tegangan Puntir

Tegangan puntir merupakan tegangan yang diakibatkan oleh gaya putar.

Tegangan puntir sering terjadi pada poros roda gigi dan batang torsi pada mobil, juga saat melakukan pengeboran

$$\tau_p = \frac{M_p}{W_p} \dots \dots \dots (2.3, \text{Lit } 6)$$

dimana :

τ_p = tegangan puntir (N/mm^2)

M_p = momen puntir (tors) ($kgmm$)

W_p = momen puntir (mm^3)

4. Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah besar gaya tarik dibagi dengan luas penampang suatu benda. Tegangan tarik termasuk gaya persatuan luas.

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.4, \text{Lit } 7)$$

σ_t = Tegangan tarik (kg/mm^2)

F = Gaya yang bekerja/beban (N)

A = Luas penampang (mm^2)

5. Tegangan Tekan

Tegangan tekan adalah tegangan yang terjadi di dalam suatu batang apabila gaya-gaya luar yang bekerja padanya adalah gaya-gaya tekan.

$$\sigma_d = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.5, \text{Lit } 7)$$

σ_d = Tegangan tekan (N/mm^2)

F = Gaya yang bekerja/beban (N)

A = Luas penampang (mm²)

6. Titik Berat

Setiap benda yang menempati ruang pasti memiliki massa dan berat. Massa merupakan unsur intrinsik yang dimiliki oleh setiap benda. Jadi massa itu bagian yang tak terpisahkan dari benda, yang selalu ada bersama dengan benda tersebut. Sedangkan gaya berat (biasa disebut berat saja) atau biasa pula disebut sebagai gaya gravitasi merupakan besar gaya yang timbul akibat adanya interaksi antar benda bermassa.

Semua gaya tersebut mengarah ke bawah (pusat bumi), diantara semua gaya-gaya tersebut, terdapat satu titik yang merupakan pusat dari semua gaya-gaya yang dihasilkan dari partikel penyusun. Titik tersebutlah yang kemudian disebut sebagai titik berat.

Berikut ini adalah rumus untuk menentukan titik berat dari koordinat berdasarkan sumbu x dan y.

$$Y = \frac{\sum W_n Y_n}{\sum W_n} \quad X = \frac{\sum W_n X_n}{\sum W_n} \dots\dots\dots (2.6, \text{ Lit } 8)$$

Dimana:

X dan Y adalah sumbu koordinat kartesius (m)

W adalah berat partikel (kg)

7. Tekanan Angin

Tekanan angina adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu

$$P = 0,00256 \times V^2 \dots\dots\dots (2.7, \text{ Lit } 10)$$

P = Tekanan Angin (psi)

0,00256 = Koefisien hasil perhitungan yang didasarkan pada nilai umum untuk densitas udara dan percepatan gravitasi

V = Kecepatan angin (mph)

8. Hukum Newton 1

Hukum newton 1 adalah Jika resultan gaya yang bekerja pada benda yang sama dengan nol, maka benda yang mula-mula diam akan tetap diam. Benda yang mula-mula bergerak lurus beraturan akan tetap lurus beraturan dengan kecepatan tetap. Maka dapat di rumuskan sebagai berikut

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots (2.8. Lit 12)$$

9. Gaya gesek

Gaya gesek adalah gaya yang bekerja pada dua permukaan yang saling bersentuhan dan arahnya berlawanan dengan arah gerak benda.

$$f_g = \mu \times N \dots\dots\dots (2.7, Lit 13)$$

Keterangan :

f_g : gaya gesek

μ : koefisien gaya gesek

N : gaya normal