

BEBAN DAN PERFORMA PADA SPUKTA

Hukum Aerodinamika Sir Isaac Newton

Berdasarkan UU NO. 1 tahun 2009 tentang Penerbangan

Pesawat udara adalah setiap mesin atau alat yang dapat terbang di atmosfer karena gaya angkat dari reaksi udara tetapi bukan karena reaksi udara terhadap permukaan bumi yang digunakan untuk penerbangan.

Pesawat terbang adalah pesawat yang lebih berat dari udara, bersayap tetap, dan dapat terbang dengan tenaga sendiri.

Helikopter adalah pesawat yang lebih berat dari udara, bersayap berputar yang rotornya digerakkan oleh mesin.

Pesawat Udara Tanpa Awak (AUV) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh penerbang (pilot) atau mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan menggunakan hukum aerodinamika (PermenhubRI no.37 tahun 2020)

BASELINE TENTANG PESAWAT UDARA

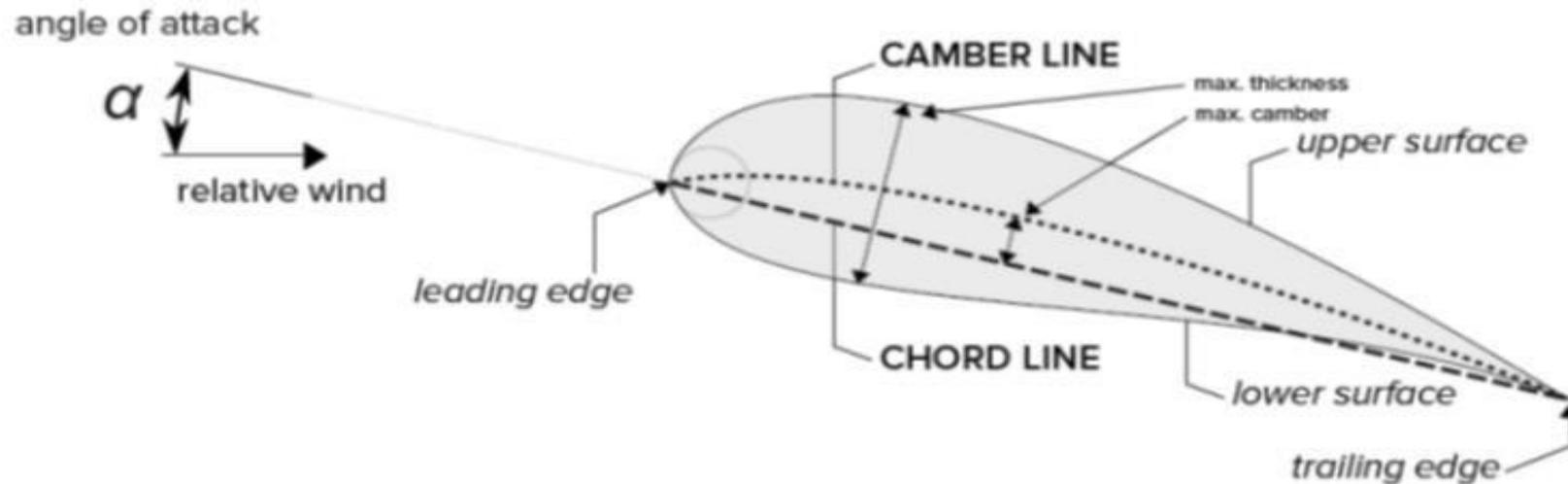
SETIAP AKSI ADA REAKSI YANG **SAMA BESAR DAN BERLAWANAN ARAH.**

Dilanjutkan oleh Daniel Bernoulli
ketika cairan (udara) dipercepat, tekanan di area tersebut menjadi lebih rendah
(Prinsip Kekekalan Energi).

Selanjutnya cairan atau udara akan mengikuti bentuk permukaan
(Konsep The Coanda Effect)
dan berpotensi akan mengubah arah tergantung pada bentuk permukaan
atau defleksinya.

PRINSIP KERJA SAYAP PESAWAT

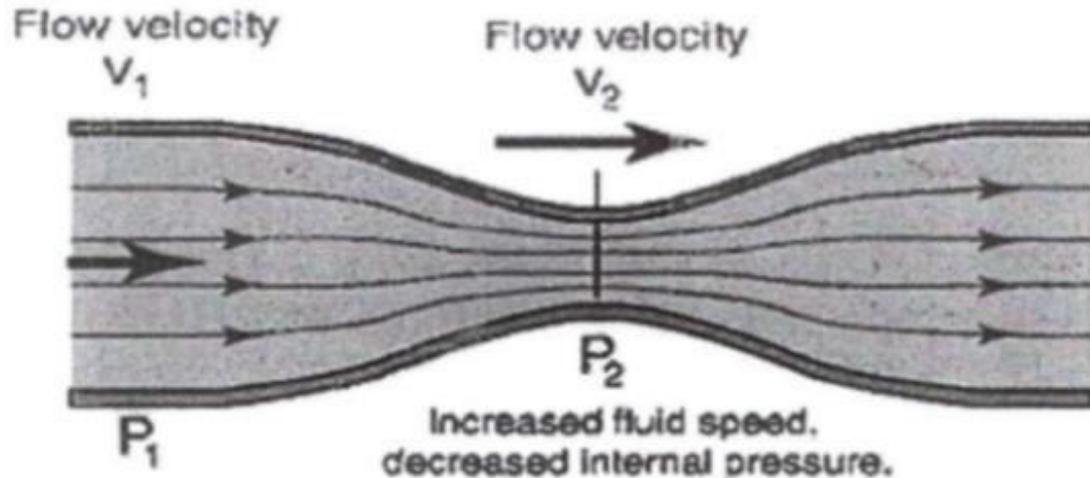
BERNOULLI MENEMUKAN BAHWA
JIKA UDARA MENGALIR LEBIH CEPAT, TEKANAN BERKURANG.
JADI SAYAP DITARIK KE ATAS – MENCIPTAKAN GAYA ANGKAT
- KARENA TEKANAN DI BAGIAN BAWAH.



Sudut antara aliran udara (disebut sebagai angin relatif) dan referensi sayap yang disebut garis chord (yang membentang dari ujung depan ke ujung belakang sayap) disebut sebagai sudut serang (**Angle of Attack/AOA**),

TEORI BERNOULLI (TABUNG VENTURI) GAYA ANGKAT (LIFT) DIPRODUKSI

Setiap kali ada peningkatan kecepatan fluida (seperti udara), ada penurunan tekanan statis dan fluida akan selalu mencoba berpindah menuju daerah statis terendah

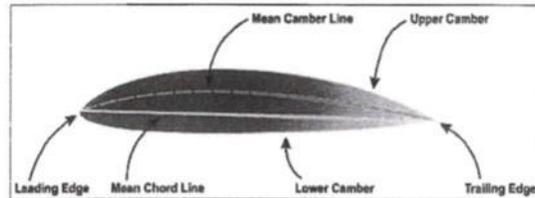


Gambar 4.4. Tabung venturi

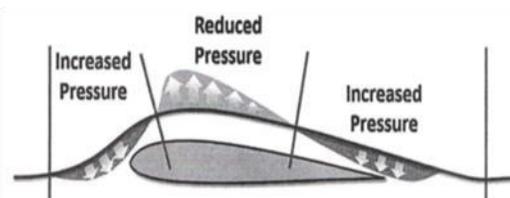
- Total tekanan, total tekanan statis dan dinamis ditambah bersamaan
- Tekanan Statis merupakan tekanan yang diberikan oleh fluida diatas permukaan benda yang diam
- Tekanan Dinamis merupakan tekanan yang dimiliki oleh fluida yang bergerak

AIRFOIL

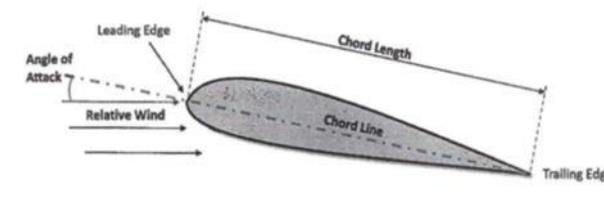
Satu permukaan yang bergaris arus (streamline) yang menyebabkan udara mengalir disekitar permukaannya menghasilkan perbedaan tekanan dan luas permukaan, lalu menghasilkan daya angkat dan daya seretan.



Gambar 4.5. Airfoil



Gambar 4.6. Distribusi tekanan aliran udara pada airfoil



Gambar 4.7. Karakteristik airfoil

Seberapa banyak gaya angkat (lift) diproduksi oleh airfoil/sayap Ada merupakan fungsi dari 3 hal utama yaitu ukuran/bentuk sayap



Gambar 4.8. Airfoil angle of attack

- Semakin banyak camber yang dimiliki sayap, semakin banyak gaya angkat (lift) yang akan diproduksi
- Semakin banyak aliran udara (atau kecepatan aliran udara) di atas airfoil, maka semakin banyak gaya angkat yang akan diproduksi
- Semakin baik angle of attack, maka semakin banyak gaya angkat yang diproduksi

PRINSIP AERODINAMIKA FIXED WING

Ketika SPUKTA berada dalam penerbangan lurus dan rata, terdapat 4 (empat) kekuatan yang bekerja pada pesawat, antara lain:

LIFT

gaya angkat yang bekerja ke arah atas dan diciptakan oleh sayap

WEIGHT

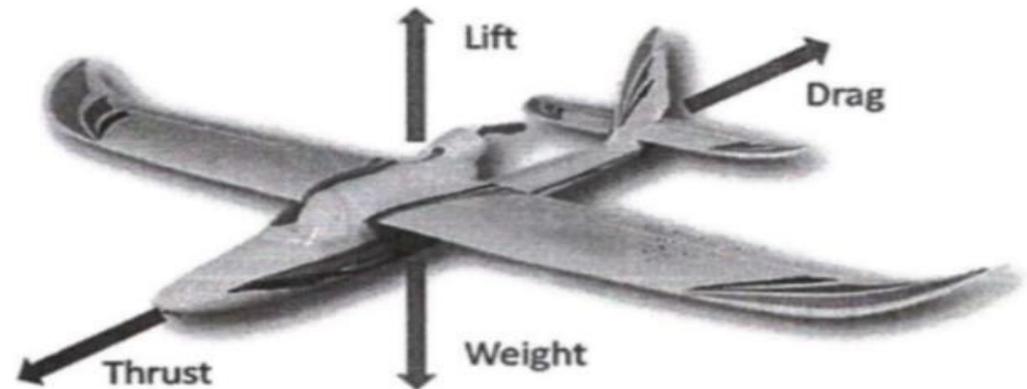
Berat yang merupakan gaya tarik ke bawah karena gravitasi

THRUST

kekuatan yang mendorong pesawat ke depan; diciptakan oleh mesin/baling-baling

DRAG

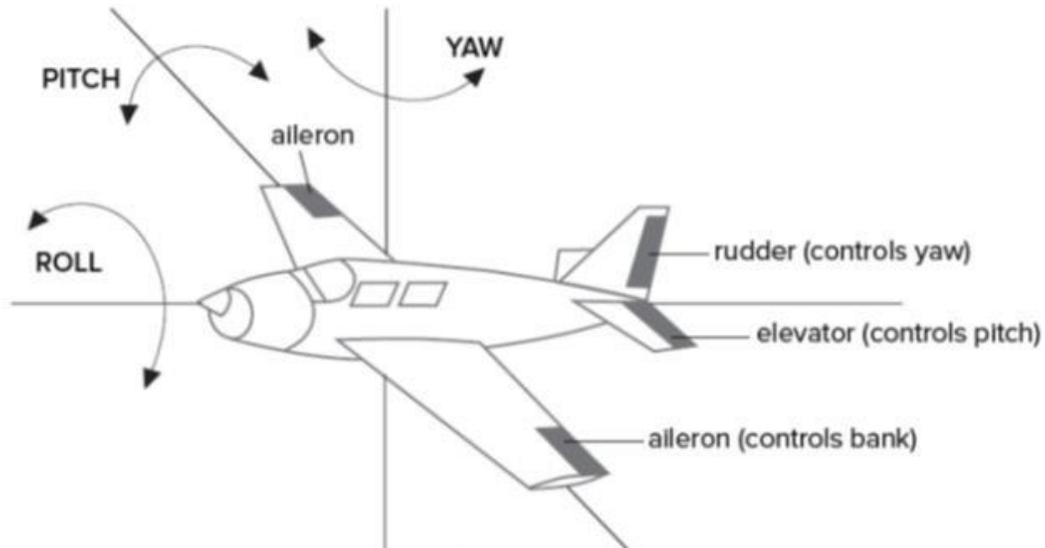
gaya hambat yang bekerja berlawanan dengan thrust, diciptakan oleh resistensi udara, bentuk dan ukuran pesawat



$$\begin{aligned} \text{Lift} &= \text{weight} \\ \text{Thrust} &= \text{Drag} \end{aligned}$$

Ketika sebuah pesawat terbang lurus dan rata serta dapat mempertahankan kecepatan konstan berarti seluruh kekuatan yang berlawanan dalam keadaan seimbang.

PENGENDALIAN PENERBANGAN FIXED WING



Gambar 4.2. *Flight controls*

RUDDER

Berfungsi untuk menggeser nose ke kiri dan ke kanan (yaw).

ELEVATORS

Berfungsi untuk menggerakkan nose naik dan turun (pitch).

ALLERONS

Berfungsi menggerakkan satu sayap naik dan yang lain turun (bank)

SPEED AND ANGLE OF ATTACK

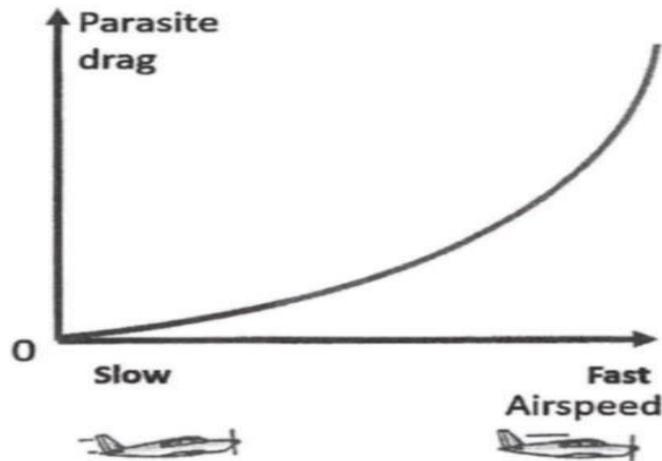
Camber/bentuk sayap didesain oleh pabrik dan tidak dapat diubah oleh pilot. Oleh karena itu pilot mengendalikan total gaya angkat (lift) pesawat dengan menyesuaikan **kecepatan atau the angle of attack**.

- **Speed:** disesuaikan dengan meningkatkan/menurunkan power
- **Angle of Attack:** disesuaikan dengan menggunakan elevator agar pesawat naik atau turun, karena itu menyesuaikan sudut pada sayap/airfoil dengan relative airflow
- Untuk mempertahankan ketinggian dan terbang lebih cepat, anda harus mengurangi angle of attack
- Untuk mempertahankan ketinggian dan terbang lebih lambat, anda harus meningkatkan angle of attack

DRAG

DRAG MERUPAKAN GAYA/KEKUATAN YANG MELAWAN GERAKAN WAHANA DI UDARA.

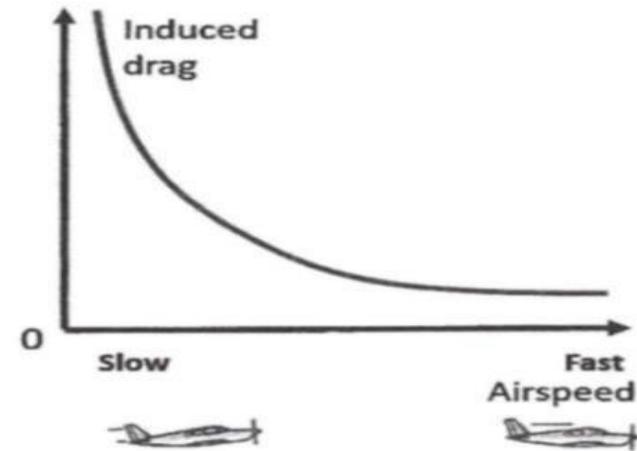
PARASITE DRAG



Gambar 4.9. Parasite drag in level flight

drag yang dirasakan di tangan anda ketika menahannya keluar dari jendela mobil anda. Gaya/kekuatan yang mendorong tangan anda ke belakang itu yang disebut parasite drag

INDUCE DRAG



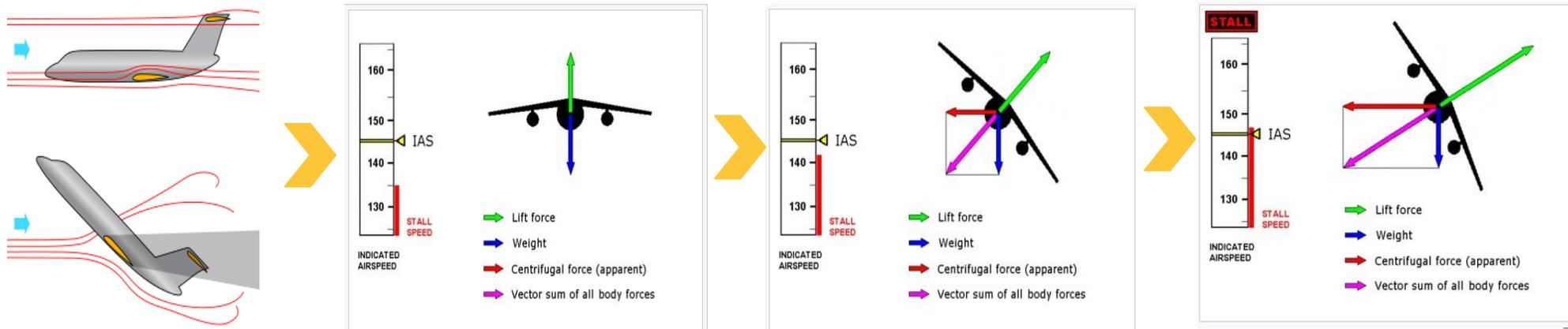
Gambar 4.10. Induced drag in level flight

merupakan produk sampingan dari produksi lift (gaya angkat) oleh karena itu menjadi paling tinggi atau lift (gaya angkat) berada pada maksimum.

STALL DALAM PENERBANGAN

Peristiwa **berkurang atau hilangnya koefisien angkat** yang dihasilkan oleh foil (sayap dalam pesawat) karena **angle of attack yang terlalu besar**.

Angle of attack besarnya biasanya sekitar **15 derajat**, tetapi dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada fluida, foil, dan jenis pesawat udara.

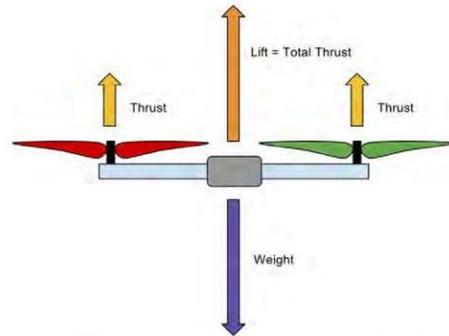


Cara Mengatasinya adalah

- **Nose down** menurunkan hidung pesawat (**Posisi seimbang/stabil**) untuk mendapatkan lift atau gaya angkat yang hilang karena airspeed menurun.
- **kembali menaikkan pesawat secara perlahan**. Hal penting **Jangan terlalu kencang speednya**, hal ini justru akan kembali masuk dalam kondisi stall atau secondary stall

MULTIROTOR AERODYNAMICS

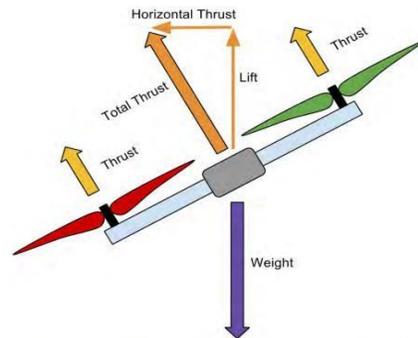
LIFT & THRUST



Gambar 4.12. When hovering level, weight = lift = total thrust

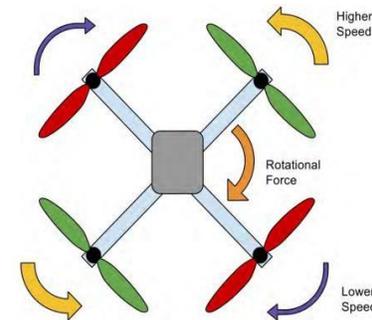
Persamaan Teori Fixed wing dan multi rotor bahwa gaya angkat, gaya ke atas pada pesawat, harus sama beratnya, gaya ke bawah akibat gravitasi. Jika drone dimiringkan, baik oleh angin atau karena input kontrol, maka hanya sebagian dari total gaya dorong yang diubah menjadi gaya angkat. Sisanya menjadi dorongan horizontal dan mempercepat drone ke depan, ke belakang, atau ke samping.

PITCH & ROLL



Gambar 4.13. Only part of the total thrust becomes lift when the drone is tilted

Pitch berarti miring ke depan dan ke belakang.
Roll berarti memiringkan sisi ke sisi.

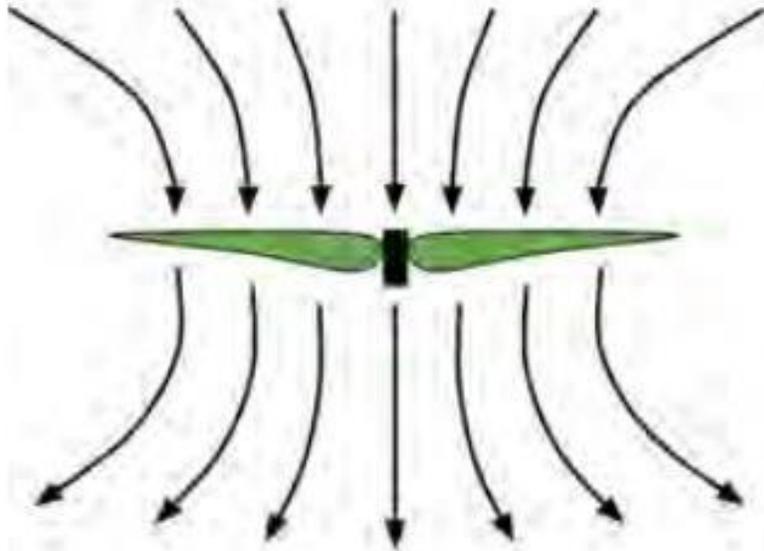


Gambar 4.15. The differential torque between the high- and low-speed motors results in rotational force

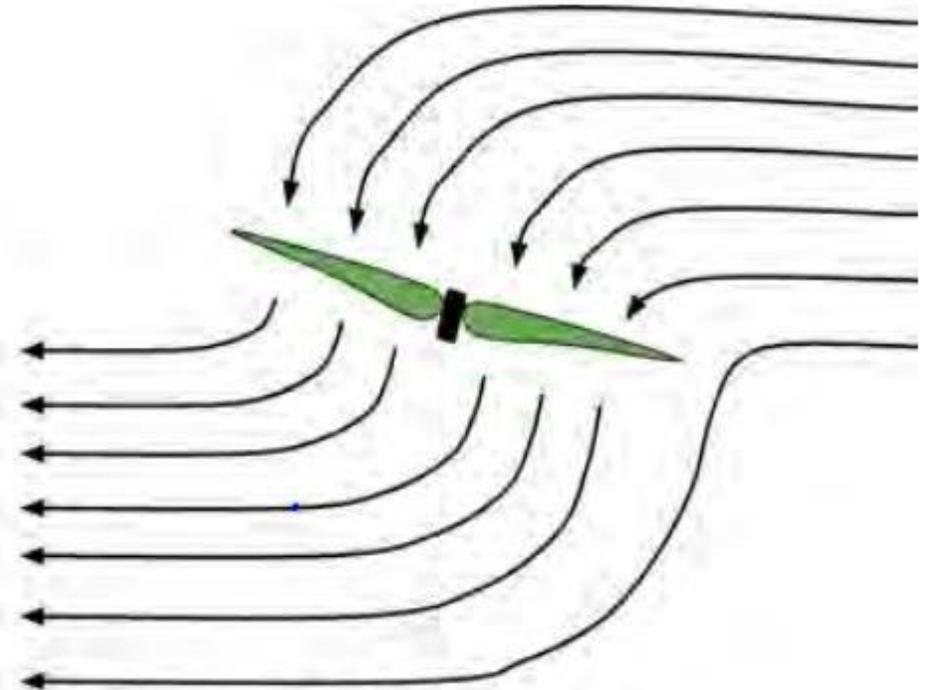
YAW

Yaw adalah rotasi di sekitar sumbu vertikal, cara mobil berbelok

TRANSLATIONAL LIFT



Hover



Forward Motion

Translational lift occurs when the rotor pushes on air that is not already traveling downward

VORTEX RING STATE (CINCIN PUSARAN/ASAP)

Keadaan Cincin pusaran disebut sebagai **pengendapan dengan kekuatan**



kondisi aerodinamis berbahaya yang mungkin timbul dalam penerbangan helikopter , ketika sistem cincin pusaran menelan rotor , menyebabkan kehilangan daya angkat yang parah

Mengatasinya dengan Cara

Jangan langsung turun! Setiap kali turun dengan cepat, berhati-hatilah untuk juga mempertahankan kecepatan maju. Tentu saja, dalam drone mundur atau menyamping juga bisa dilakukan. Dengan bergerak secara horizontal, kita terusmenerus terbang keluar dari cincin pusaran yang kita buat alih-alih turun melaluinya.

BERAT, STABILITAS, CENTER OF GRAVITY

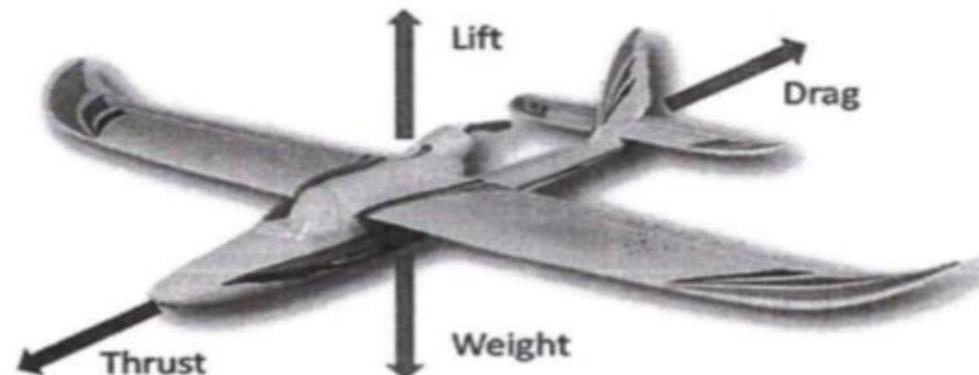
GRAVITASI

gaya tarik menarik yang cenderung menarik semua benda ke pusat bumi

WEIGHT

Berat memiliki hubungan yang pasti untuk mengangkat.

Lift adalah gaya ke atas pada sayap yang bekerja tegak lurus terhadap angin relatif dan tegak lurus terhadap sumbu lateral pesawat. Lift diperlukan untuk melawan berat pesawat. Dalam penerbangan tingkat stabil, ketika gaya angkat sama dengan gaya berat, pesawat berada dalam keadaan seimbang dan tidak berakselerasi ke atas atau ke bawah.



Pilot harus selalu menyadari konsekuensi dari kelebihan beban. Akibatnya akan terjadi :

- Kecepatan lepas landas yang lebih tinggi
- Jarak lepas landas
- Kecepatan dan sudut pendakian yang
- Ketinggian maksimum
- Jangkauan yang lebih pendek
- Kecepatan jelajah
- Kemampuan manuver yang berkurang
- Pendekatan dan kecepatan pendaratan
- Gulungan pendaratan yang lebih panjang

STABILITAS

Stabilitas adalah kualitas pesawat untuk memperbaiki kondisi yang dapat mengganggu keseimbangannya dan untuk kembali atau melanjutkan jalur penerbangan semula.

Stabilitas dalam pesawat mempengaruhi dua area secara signifikan, antara lain:

1. **Kemampuan manuver** adalah kualitas pesawat terbang yang memungkinkannya untuk bermanuver. Hal yang mempengaruhinya yaitu berat pesawat, inersia, ukuran dan lokasi kontrol penerbangan, kekuatan struktural, dan powerplant, serta karakteristik desain pesawat.
2. **Controllability** adalah kemampuan pesawat untuk merespons kontrol pilot, terutama yang berkaitan dengan jalur penerbangan dan sikap.

CENTER OF GRAVITY

Center of Gravity (CG) dapat dianggap sebagai titik di mana semua berat pesawat terkonsentrasi.

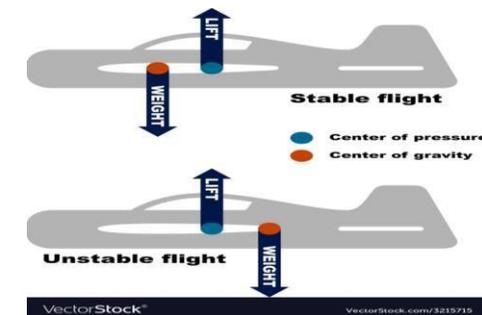
Perlu dicatat bahwa CG sangat penting dalam UA kecil, karena posisinya sangat berpengaruh pada stabilitas.

Lokasi CG yang diinginkan ditentukan oleh desain umum setiap pesawat tertentu.

Perancang menentukan seberapa jauh pusat tekanan (Center Pressure (CP)) akan bergerak.

Penting untuk dipahami bahwa berat pesawat terkonsentrasi pada CG dan gaya angkat aerodinamis terjadi pada CP. Ketika CG maju dari CP, ada kecenderungan alami pesawat ingin menurunkan hidungnya.

Jika CP maju dari CG, momen pitching nose up dibuat. Oleh karena itu, perancang menetapkan batas belakang CG maju dari CP untuk kecepatan penerbangan yang sesuai untuk mempertahankan keseimbangan penerbangan.

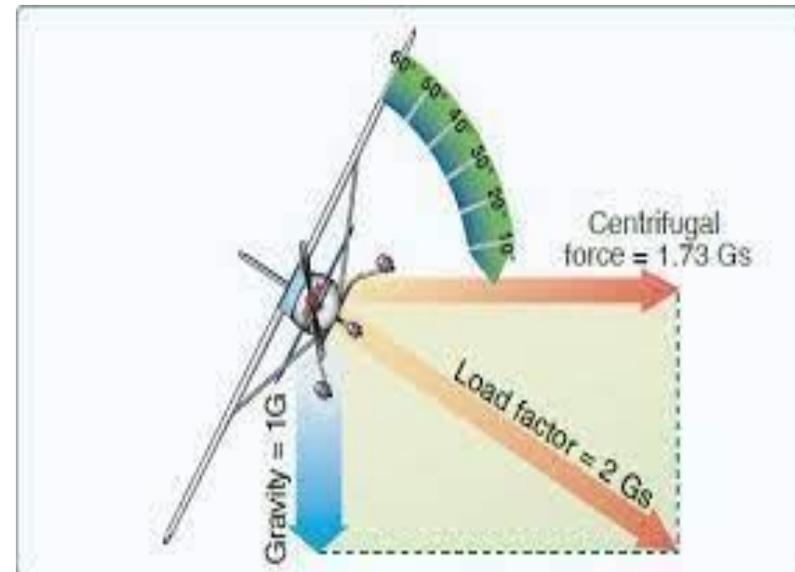
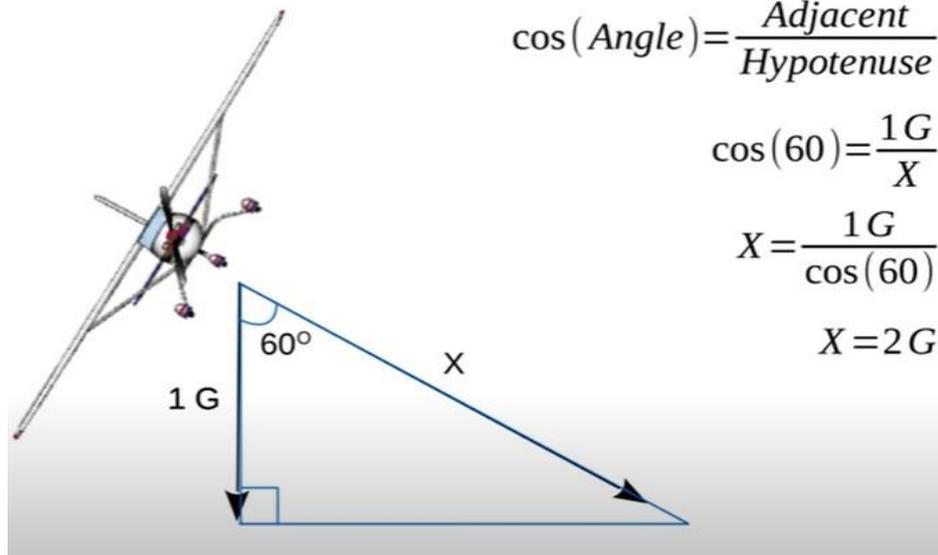


LOAD FACTOR

Faktor beban maksimum (pada sudut bank tertentu) adalah proporsi antara angkat dan berat dan memiliki hubungan trigonometri.

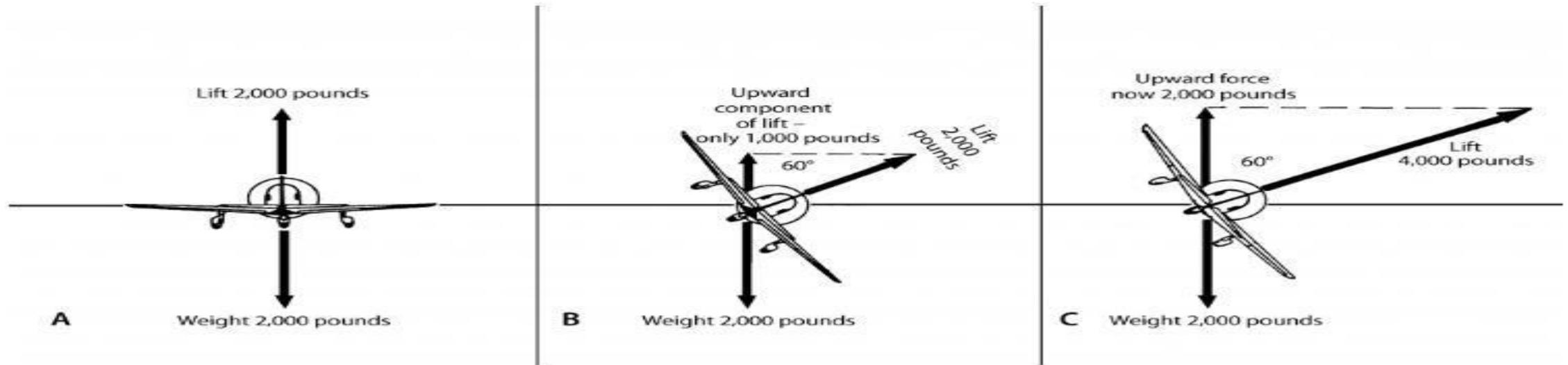
Faktor beban berlebihan dapat mengakibatkan :

- Membebankan beban berlebih pada pesawat dapat membahayakan struktur pesawat.
- Faktor beban yang meningkat meningkatkan kecepatan stalling dan memungkinkan terjadinya stall pada kecepatan penerbangan yang tampaknya aman



BERAT DAN KESEIMBANGAN

Kepatuhan terhadap batas berat dan keseimbangan pesawat sangat penting untuk keselamatan penerbangan.



CONTROL

KONTROL memastikan bahwa gaya angkat yang dihasilkan cukup untuk melawan berat, pemuatan pesawat di luar berat yang direkomendasikan pabrikan harus dihindari. Jika berat lebih besar dari gaya angkat yang dihasilkan, pesawat mungkin tidak mampu terbang.