

EPISTEMEUS

Open Scientific Essay

Volume 1; Issue 2;

Fisika di Balik Terbangnya Pesawat: Gaya Angkat, Tekanan Udara, dan Hukum Newton

Hosea Pratama Sinaga

ABSTRAK

Pesawat dapat terangkat karena gaya angkat yang muncul saat udara mengalir melewati sayap. Paper ini membahas proses terbentuknya gaya tersebut menggunakan konsep tekanan udara, kecepatan aliran, prinsip Bernoulli, dan Hukum III Newton. Saat pesawat bergerak maju, udara melewati permukaan atas dan bawah sayap dengan pola aliran yang berbeda. Perbedaan tekanan di sekitar sayap membantu menghasilkan gaya ke atas, sementara sudut sayap membelokkan sebagian aliran udara ke bawah. Reaksi dari udara terhadap sayap membuat pesawat terdorong ke atas. Gerak pesawat juga dipengaruhi oleh gaya berat, gaya dorong dari mesin, dan gaya hambat dari udara. Keempat gaya tersebut menentukan apakah pesawat dapat lepas landas, terbang stabil, atau menurun. Pembahasan ini disusun untuk menjelaskan prinsip dasar penerbangan dengan konsep fisika yang sesuai untuk tingkat SMA.

Kata kunci: gaya angkat, tekanan udara, prinsip Bernoulli, Hukum Newton, sayap pesawat, penerbangan

Pendahuluan

Pesawat adalah benda berukuran besar yang mampu lepas landas, bergerak di udara, lalu mendarat kembali dengan kendali yang teratur. Peristiwa tersebut terlihat biasa dalam kehidupan modern, tetapi prinsip fisika di baliknya cukup menarik untuk dibahas. Saat pesawat bergerak di landasan, mesin menghasilkan dorongan ke depan. Gerakan ini membuat udara mengalir melewati sayap dan membentuk gaya angkat.

Gaya angkat muncul karena interaksi antara udara dan bentuk sayap pesawat. Aliran udara di sekitar sayap menimbulkan perbedaan tekanan, sedangkan sudut sayap membantu mengarahkan sebagian udara ke bawah. Reaksi dari aliran udara tersebut memberi dorongan ke atas pada sayap. Pada saat gaya angkat cukup besar untuk melawan berat pesawat, pesawat dapat terangkat dari landasan.

Paper ini membahas prinsip dasar penerbangan menggunakan konsep fisika tingkat SMA. Fokus pembahasan diarahkan pada gaya-gaya yang bekerja pada pesawat, prinsip Bernoulli, Hukum Newton, serta hubungan antara kecepatan udara dan gaya angkat.

Dasar Teori

1. Gaya-Gaya pada Pesawat

Saat pesawat bergerak di udara, ada empat gaya utama yang bekerja, yaitu gaya angkat, gaya berat, gaya dorong, dan gaya hambat. Keempat gaya ini menentukan apakah pesawat bisa lepas landas, terbang stabil, naik, turun, atau mendarat.

Gaya angkat atau lift bekerja ke arah atas. Gaya ini muncul karena udara mengalir melewati sayap pesawat. Jika gaya angkat cukup besar, pesawat dapat terangkat dari landasan.

Gaya berat atau weight bekerja ke arah bawah. Gaya ini berasal dari pengaruh gravitasi terhadap massa pesawat. Semakin besar massa pesawat, semakin besar gaya berat yang harus dilawan oleh gaya angkat.

Rumus gaya berat adalah:

$$W = m \times g$$

Keterangan:

W = gaya berat, satuannya newton atau N

m = massa pesawat, satuannya kilogram atau kg

g = percepatan gravitasi, nilainya sekitar 9,8 m/s²

Jika massa pesawat semakin besar, nilai W juga semakin besar. Pesawat yang lebih berat membutuhkan gaya angkat lebih besar agar dapat lepas landas.

Gaya dorong atau thrust bekerja ke arah depan. Gaya ini dihasilkan oleh mesin pesawat. Mesin membuat pesawat bergerak maju sehingga udara dapat mengalir melewati sayap. Tanpa gerak maju yang cukup, sayap tidak dapat menghasilkan gaya angkat yang besar.

Gaya hambat atau drag bekerja ke arah belakang, berlawanan dengan arah gerak pesawat. Gaya ini muncul karena pesawat bergerak menembus udara. Bentuk pesawat dibuat ramping agar gaya hambat tidak terlalu besar.

Pada saat pesawat mulai lepas landas, gaya angkat harus lebih besar daripada gaya berat:

$$L > W$$

Keterangan:

L = gaya angkat

W = gaya berat

Saat pesawat sudah terbang mendarat dengan kecepatan tetap, gaya-gaya yang bekerja berada dalam keadaan seimbang:

$$L = W$$

$$T = D$$

Keterangan:

L = gaya angkat

W = gaya berat

T = gaya dorong

D = gaya hambat

Persamaan $L = W$ berarti gaya angkat sama besar dengan gaya berat, sehingga pesawat tidak naik atau turun. Persamaan $T = D$ berarti gaya dorong sama besar dengan gaya hambat, sehingga pesawat dapat bergerak dengan kecepatan tetap.

2. Gaya Angkat pada Sayap Pesawat

Gaya angkat adalah gaya ke atas yang bekerja pada sayap pesawat saat udara mengalir melewatinya. Gaya ini membuat pesawat dapat terangkat dari landasan dan tetap berada di udara selama penerbangan. Besar kecilnya gaya angkat dipengaruhi oleh kecepatan pesawat, massa jenis udara, luas sayap, bentuk sayap, dan sudut sayap terhadap arah aliran udara.

Rumus gaya angkat dapat ditulis sebagai berikut:

$$L = 1/2 \times \rho \times v^2 \times A \times C_l$$

Keterangan:

L = gaya angkat, satuannya newton atau N

ρ = massa jenis udara, satuannya kg/m^3

v = kecepatan pesawat terhadap udara, satuannya m/s

A = luas permukaan sayap, satuannya m^2

C_l = koefisien gaya angkat, yaitu nilai yang dipengaruhi oleh bentuk sayap dan sudut serang

Dari rumus tersebut, kecepatan pesawat memiliki pengaruh besar terhadap gaya angkat karena ditulis dalam bentuk kuadrat, yaitu v^2 . Artinya, saat kecepatan pesawat bertambah, gaya angkat yang dihasilkan sayap akan meningkat lebih besar. Inilah alasan pesawat harus bergerak cepat di landasan sebelum dapat lepas landas.

Luas sayap juga berpengaruh terhadap gaya angkat. Sayap yang lebih luas memberi bidang kontak lebih besar terhadap udara, sehingga gaya angkat yang muncul juga dapat lebih besar. Faktor lain yang memengaruhi gaya angkat adalah koefisien gaya angkat atau C_l . Nilai ini bergantung pada bentuk sayap dan sudut serang. Sudut serang adalah kemiringan sayap terhadap arah datangnya aliran udara.

Jika sudut serang bertambah, gaya angkat dapat meningkat. Namun, jika sudutnya terlalu besar, aliran udara di atas sayap menjadi tidak teratur. Keadaan ini dapat membuat gaya angkat berkurang secara tiba-tiba. Peristiwa tersebut disebut stall. Karena itu, pesawat perlu menjaga kecepatan dan sudut sayap agar gaya angkat tetap cukup selama terbang.

3. Tekanan Udara dan Prinsip Bernoulli

Udara termasuk fluida karena dapat mengalir dan menyesuaikan bentuk ruang yang dilewatinya. Saat pesawat bergerak maju, udara mengalir melewati bagian depan pesawat, permukaan atas sayap, dan permukaan bawah sayap. Aliran udara tersebut berpengaruh terhadap tekanan yang bekerja pada sayap.

Tekanan udara adalah gaya yang diberikan udara pada suatu bidang tiap satuan luas. Secara umum, tekanan dapat ditulis dengan rumus:

$$P = F / A$$

Keterangan:

P = tekanan, satuannya pascal atau Pa

F = gaya tekan, satuannya newton atau N

A = luas bidang tekan, satuannya meter persegi atau m²

Dari rumus tersebut, tekanan bergantung pada besar gaya dan luas bidang yang menerima gaya. Pada sayap pesawat, tekanan udara bekerja di permukaan atas dan bawah sayap. Jika tekanan di bawah sayap lebih besar daripada tekanan di atas sayap, sayap akan mendapat dorongan ke arah atas.

Hubungan antara tekanan dan kecepatan aliran udara dijelaskan melalui prinsip Bernoulli. Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa pada aliran fluida yang stabil, bagian fluida yang bergerak lebih cepat memiliki tekanan yang lebih kecil. Sebaliknya, bagian fluida yang bergerak lebih lambat memiliki tekanan yang lebih besar.

Rumus Bernoulli dapat ditulis sebagai:

$$\mathbf{P + 1/2 \times \rho \times v^2 + \rho \times g \times h = konstan}$$

Keterangan:

P = tekanan fluida, satuannya pascal atau Pa

ρ = massa jenis fluida, satuannya kg/m³

v = kecepatan aliran fluida, satuannya m/s

g = percepatan gravitasi, nilainya sekitar 9,8 m/s²

h = ketinggian fluida, satuannya meter atau m

Pada sayap pesawat, perbedaan ketinggian antara aliran udara di atas dan bawah sayap tidak terlalu besar. Karena itu, bagian $\rho \times g \times h$ sering tidak menjadi fokus utama dalam penjelasan sederhana. Bentuk yang lebih sederhana dapat ditulis sebagai:

$$\mathbf{P_1 + 1/2 \times \rho \times v_1^2 = P_2 + 1/2 \times \rho \times v_2^2}$$

Keterangan:

P₁ = tekanan udara pada titik pertama

v₁ = kecepatan udara pada titik pertama

P₂ = tekanan udara pada titik kedua

v₂ = kecepatan udara pada titik kedua

Jika udara di bagian atas sayap bergerak lebih cepat daripada udara di bagian bawah sayap, tekanan di bagian atas menjadi lebih kecil. Tekanan di bawah sayap yang lebih besar memberi dorongan ke atas. Dorongan tersebut ikut membentuk gaya angkat pada pesawat.

Perbedaan tekanan antara bagian bawah dan atas sayap dapat ditulis sebagai:

$$\mathbf{\Delta P = P \text{ bawah} - P \text{ atas}}$$

Keterangan:

ΔP = perbedaan tekanan

P bawah = tekanan udara di bawah sayap

P atas = tekanan udara di atas sayap

Jika perbedaan tekanan bekerja pada permukaan sayap, gaya yang muncul dapat ditulis sebagai:

$$F = \Delta P \times A$$

Keterangan:

F = gaya yang dihasilkan oleh perbedaan tekanan

ΔP = perbedaan tekanan udara

A = luas permukaan sayap

Pada penerbangan, gaya tersebut mengarah ke atas dan menjadi bagian dari gaya angkat. Semakin besar perbedaan tekanan antara bagian bawah dan atas sayap, semakin besar dorongan ke atas yang diterima sayap.

Prinsip Bernoulli membantu menjelaskan peran kecepatan aliran udara terhadap tekanan di sekitar sayap. Namun, gaya angkat pesawat tidak hanya berasal dari perbedaan tekanan. Bentuk sayap, sudut serang, kecepatan pesawat, dan perubahan arah aliran udara juga ikut menentukan besar gaya angkat yang terbentuk.

4. Hukum Newton dalam Penerbangan

Hukum Newton menjelaskan hubungan antara gaya dan gerak benda. Dalam penerbangan, hukum ini dipakai untuk melihat bagaimana pesawat bergerak, berubah kecepatan, naik, turun, dan mempertahankan posisi di udara. Gerak pesawat tidak hanya ditentukan oleh bentuk sayap, tetapi juga oleh resultan gaya yang bekerja pada seluruh badan pesawat.

Hukum II Newton menyatakan bahwa resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sama dengan massa benda dikalikan percepatannya. Rumusnya adalah:

$$\Sigma F = m \times a$$

Keterangan:

ΣF = resultan gaya, satuannya newton atau N

m = massa benda, satuannya kilogram atau kg

a = percepatan benda, satuannya m/s^2

Pada pesawat, resultan gaya menentukan perubahan gerak. Jika gaya ke atas lebih besar daripada gaya ke bawah, pesawat bergerak naik. Jika gaya ke bawah lebih besar daripada gaya ke atas, pesawat bergerak turun. Jika gaya-gaya tersebut seimbang, pesawat dapat terbang mendatar.

Untuk arah vertikal, hubungan gayanya dapat ditulis sebagai:

$$\Sigma F_y = L - W$$

Keterangan:

ΣF_y = resultan gaya pada arah vertikal

L = gaya angkat

W = gaya berat

Jika $L > W$, pesawat bergerak naik.
Jika $L = W$, pesawat terbang mendatar.
Jika $L < W$, pesawat bergerak turun.

Untuk arah horizontal, hubungan gayanya dapat ditulis sebagai:

$$\Sigma F_x = T - D$$

Keterangan:

ΣF_x = resultan gaya pada arah horizontal

T = gaya dorong dari mesin

D = gaya hambat udara

Jika $T > D$, pesawat mengalami percepatan ke depan. Jika $T = D$, pesawat bergerak dengan kecepatan tetap. Jika $T < D$, pesawat melambat.

Hukum III Newton menyatakan bahwa setiap aksi menimbulkan reaksi yang sama besar dan berlawanan arah. Rumus sederhananya dapat ditulis sebagai:

$$F \text{ aksi} = -F \text{ reaksi}$$

Pada sayap pesawat, udara yang mengalir melewati sayap dibelokkan ke arah bawah. Sayap memberi gaya pada udara ke bawah. Sebagai reaksi, udara memberi gaya ke atas pada sayap. Gaya reaksi ke atas ini ikut menghasilkan gaya angkat.

Hubungan ini dapat dilihat dari perubahan momentum udara. Momentum adalah hasil kali massa dan kecepatan. Rumus momentum adalah:

$$p = m \times v$$

Keterangan:

p = momentum, satuannya kg m/s

m = massa udara, satuannya kg

v = kecepatan udara, satuannya m/s

Ketika sayap membelokkan udara ke bawah, arah kecepatan udara berubah. Perubahan arah kecepatan berarti momentum udara juga berubah. Perubahan momentum dalam selang waktu tertentu menghasilkan gaya. Rumusnya adalah:

$$F = \Delta p / \Delta t$$

Keterangan:

F = gaya, satuannya newton atau N

Δp = perubahan momentum, satuannya kg m/s

Δt = selang waktu, satuannya sekon atau s

Semakin besar perubahan momentum udara yang diarahkan ke bawah, semakin besar gaya reaksi ke atas yang diterima sayap. Karena itu, sudut serang sayap berpengaruh terhadap gaya angkat. Sudut serang yang sesuai dapat membelokkan udara ke bawah secara efektif. Jika sudutnya terlalu besar, aliran udara menjadi tidak stabil dan gaya angkat dapat berkurang.

Hukum Newton juga menjelaskan kerja mesin pesawat. Pada mesin jet, gas panas dikeluarkan ke belakang dengan kecepatan tinggi. Dorongan gas ke belakang menghasilkan gaya reaksi ke depan pada pesawat. Gaya reaksi inilah yang menjadi gaya dorong. Prinsip yang sama terjadi pada balon yang dilepaskan tanpa diikat: udara keluar ke satu arah, sedangkan balon bergerak ke arah sebaliknya.

Dalam penerbangan, Hukum Newton dan prinsip Bernoulli saling melengkapi. Bernoulli menjelaskan hubungan kecepatan aliran udara dan tekanan di sekitar sayap. Hukum Newton menjelaskan bagaimana perubahan arah aliran udara dan resultan gaya membuat pesawat bergerak.

5. Gaya Hambat Udara

Gaya hambat udara atau drag adalah gaya yang melawan arah gerak pesawat. Saat pesawat bergerak maju, badan pesawat harus menembus udara. Udara memberi tahanan pada permukaan pesawat, sehingga gerakannya tidak sepenuhnya bebas. Semakin cepat pesawat bergerak, semakin besar hambatan udara yang diterima.

Gaya hambat dapat ditulis dengan rumus:

$$D = 1/2 \times \rho \times v^2 \times A \times C_D$$

Keterangan:

D = gaya hambat, satuannya newton atau N

ρ = massa jenis udara, satuannya kg/m^3

v = kecepatan pesawat terhadap udara, satuannya m/s

A = luas penampang pesawat yang terkena aliran udara, satuannya m^2

C_D = koefisien hambat

Rumus tersebut menunjukkan bahwa kecepatan sangat memengaruhi besar gaya hambat. Kecepatan ditulis dalam bentuk kuadrat, yaitu v^2 . Saat kecepatan pesawat bertambah, gaya hambat naik lebih besar. Pesawat yang bergerak dua kali lebih cepat tidak hanya menerima hambatan dua kali lebih besar, tetapi bisa mendekati empat kali lebih besar jika faktor lain dianggap tetap.

Gaya hambat juga dipengaruhi oleh bentuk pesawat. Benda dengan bentuk tumpul biasanya menghasilkan hambatan lebih besar karena aliran udara di sekitarnya lebih mudah terganggu. Pesawat dibuat ramping dan aerodinamis agar udara dapat mengalir lebih halus di sepanjang permukaannya. Bentuk seperti ini mengurangi tahanan udara dan membantu pesawat bergerak lebih efisien.

Selain bentuk badan pesawat, luas penampang juga berpengaruh. Semakin besar bagian pesawat yang langsung menghadapi aliran udara, semakin besar gaya hambat yang muncul. Karena itu, desain pesawat dibuat seefisien mungkin agar tetap kuat, tetapi tidak menghasilkan hambatan berlebihan.

Koefisien hambat atau C_D bergantung pada bentuk benda, kekasaran permukaan, dan pola aliran udara di sekitarnya. Nilai C_D yang kecil menandakan bahwa benda tersebut lebih mudah bergerak melalui udara. Pada pesawat, permukaan luar dibuat halus agar hambatan udara dapat ditekan.

Gaya hambat harus dilawan oleh gaya dorong dari mesin. Jika gaya dorong lebih besar daripada gaya hambat, pesawat dapat mempercepat gerakannya. Jika gaya dorong sama besar dengan gaya hambat, pesawat bergerak dengan kecepatan tetap. Jika gaya dorong lebih kecil daripada gaya hambat, pesawat akan melambat.

Hubungan gaya dorong dan gaya hambat dapat ditulis sebagai:

$$\Sigma F_x = T - D$$

Keterangan:

ΣF_x = resultan gaya pada arah horizontal

T = gaya dorong dari mesin

D = gaya hambat udara

Gaya hambat tidak bisa dihilangkan sepenuhnya karena pesawat selalu bergerak melalui udara. Yang bisa dilakukan adalah menguranginya melalui desain aerodinamis, permukaan yang halus, dan pengaturan bentuk sayap. Semakin kecil gaya hambat, semakin sedikit energi yang dibutuhkan pesawat untuk mempertahankan kecepatannya.

6. Peran Mesin dan Gaya Dorong

Mesin pesawat menghasilkan gaya dorong atau **thrust**. Gaya ini bekerja ke arah depan dan membuat pesawat bergerak maju. Saat pesawat bergerak, udara mengalir melewati sayap. Aliran udara tersebut dibutuhkan agar gaya angkat dapat terbentuk. Jadi, mesin tidak mengangkat pesawat secara langsung. Mesin membuat pesawat cukup cepat sehingga sayap mampu menghasilkan gaya angkat.

Pada pesawat, gaya dorong harus melawan gaya hambat udara. Jika gaya dorong lebih besar daripada gaya hambat, pesawat mengalami percepatan ke depan. Jika gaya dorong sama besar dengan gaya hambat, pesawat bergerak dengan kecepatan tetap. Jika gaya dorong lebih kecil daripada gaya hambat, pesawat akan melambat.

Hubungan gaya dorong, gaya hambat, massa, dan percepatan dapat ditulis sebagai:

$$T - D = m \times a$$

Keterangan:

T = gaya dorong, satuannya newton atau N

D = gaya hambat, satuannya newton atau N

m = massa pesawat, satuannya kilogram atau kg

a = percepatan pesawat, satuannya m/s^2

Saat pesawat berada di landasan, mesin menghasilkan gaya dorong yang besar agar pesawat dapat mempercepat gerakannya. Kecepatan yang semakin besar membuat aliran udara di sekitar sayap semakin kuat. Pada kecepatan tertentu, gaya angkat menjadi lebih besar daripada gaya berat. Pada saat itulah pesawat mulai lepas landas.

Pada pesawat jet, gaya dorong dihasilkan dari semburan gas panas ke belakang. Mesin mengambil udara dari depan, memampatkannya, mencampurkannya dengan bahan bakar, lalu membakar campuran tersebut. Gas hasil pembakaran keluar ke belakang dengan kecepatan

tinggi. Berdasarkan Hukum III Newton, dorongan gas ke belakang menghasilkan reaksi berupa dorongan pesawat ke depan.

Gaya dorong pada mesin jet dapat dijelaskan secara sederhana dengan rumus:

$$T = \dot{m}(v_{\text{keluar}} - v_{\text{masuk}})$$

Keterangan:

T = gaya dorong mesin jet

\dot{m} = laju massa udara yang melewati mesin tiap sekon, satuannya kg/s

v_{keluar} = kecepatan gas saat keluar dari mesin

v_{masuk} = kecepatan udara saat masuk ke mesin

Rumus tersebut menunjukkan bahwa gaya dorong dipengaruhi oleh banyaknya udara yang melewati mesin dan perubahan kecepatannya. Semakin besar massa udara yang didorong ke belakang tiap sekon, semakin besar gaya dorong yang diterima pesawat. Semakin besar perbedaan antara kecepatan gas keluar dan udara masuk, semakin besar pula dorongan yang dihasilkan.

Pada pesawat baling-baling, prinsipnya mirip. Baling-baling mendorong udara ke belakang. Udara yang terdorong ke belakang memberi reaksi ke depan pada pesawat. Perbedaannya, pesawat jet menghasilkan dorongan dari semburan gas panas, sedangkan pesawat baling-baling menghasilkan dorongan dari putaran baling-baling yang mempercepat aliran udara.

Gaya dorong juga berkaitan dengan daya mesin. Daya menunjukkan seberapa cepat mesin melakukan usaha. Rumus daya dapat ditulis sebagai:

$$P = F \times v$$

Keterangan:

P = daya, satuannya watt atau W

F = gaya, satuannya newton atau N

v = kecepatan, satuannya m/s

Jika dikaitkan dengan pesawat, mesin yang memiliki daya besar mampu memberikan gaya dorong yang cukup untuk mempercepat pesawat dan mempertahankan kecepatannya di udara. Namun, gaya dorong tetap harus disesuaikan dengan kondisi penerbangan. Saat lepas landas, mesin bekerja lebih besar karena pesawat membutuhkan percepatan tinggi. Saat terbang stabil, gaya dorong cukup untuk menyeimbangkan gaya hambat.

Peran mesin dalam penerbangan sangat besar karena sayap membutuhkan aliran udara untuk menghasilkan gaya angkat. Tanpa dorongan dari mesin, pesawat tidak dapat mencapai kecepatan yang diperlukan untuk lepas landas. Mesin memberi gerak maju, sayap menghasilkan gaya angkat, dan keduanya bekerja bersama agar pesawat dapat terbang.

7. Hubungan Kecepatan, Sayap, dan Gaya Angkat

Kecepatan pesawat memiliki pengaruh besar terhadap gaya angkat. Saat pesawat bergerak lebih cepat, udara yang mengalir melewati sayap juga semakin cepat. Aliran udara yang lebih kuat membuat sayap mampu menghasilkan gaya angkat lebih besar.

Besar gaya angkat dapat ditulis dengan persamaan:

$$L = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_L$$

Keterangan:

L = gaya angkat (N)

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

v = kecepatan pesawat terhadap udara (m/s)

A = luas permukaan sayap (m^2)

C_L = koefisien gaya angkat

Dari persamaan tersebut, kecepatan ditulis dalam bentuk kuadrat, yaitu v^2 . Artinya, perubahan kecepatan memberi pengaruh besar terhadap gaya angkat. Jika kecepatan pesawat menjadi dua kali lebih besar, gaya angkat dapat menjadi empat kali lebih besar, selama ρ , A , C_L , dianggap tetap.

Hubungan tersebut dapat ditulis sebagai:

$$L \propto v^2$$

atau

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

Keterangan:

L_1 = gaya angkat awal

L_2 = gaya angkat akhir

v_1 = kecepatan awal

v_2 = kecepatan akhir

Misalnya, jika kecepatan pesawat berubah dari v menjadi $2v$, maka perbandingan gaya angkatnya menjadi:

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{2v}{v}\right)^2$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 2^2 = 4$$

Artinya, gaya angkat menjadi empat kali lebih besar. Inilah alasan pesawat membutuhkan kecepatan tinggi sebelum lepas landas. Saat masih bergerak pelan di landasan, gaya angkat belum cukup untuk melawan gaya berat. Setelah kecepatannya bertambah, gaya angkat meningkat sampai akhirnya pesawat dapat terangkat.

Luas sayap juga memengaruhi gaya angkat. Sayap dengan luas lebih besar memiliki bidang yang lebih luas untuk berinteraksi dengan udara. Pesawat besar biasanya memiliki sayap yang lebih lebar karena massa pesawatnya juga lebih besar. Gaya berat yang besar memerlukan gaya angkat yang besar pula.

Selain kecepatan dan luas sayap, sudut serang juga berperan. Sudut serang adalah sudut antara arah aliran udara dan garis acuan sayap. Sudut ini memengaruhi nilai koefisien gaya angkat C_L . Pada sudut tertentu, kenaikan sudut serang dapat meningkatkan gaya angkat.

Secara sederhana, hubungan antara koefisien gaya angkat dan sudut serang dapat ditulis sebagai:

$$C_L \approx k\alpha$$

Keterangan:

C_L = koefisien gaya angkat

k = konstanta yang bergantung pada bentuk sayap

α = sudut serang

Persamaan tersebut hanya berlaku pada sudut serang kecil sampai sedang. Jika sudut serang terlalu besar, aliran udara di atas sayap tidak lagi mengikuti permukaan sayap dengan baik. Aliran menjadi kacau dan gaya angkat turun secara tiba-tiba. Kondisi ini disebut *stall*.

Pada saat lepas landas dan mendarat, pesawat sering menggunakan bagian tambahan pada sayap seperti *flap*. Flap dapat mengubah bentuk sayap dan memperbesar nilai C_L . Nilai C_L yang lebih besar, pesawat dapat menghasilkan gaya angkat yang cukup meskipun kecepatannya lebih rendah.

Saat lepas landas, flap membantu pesawat terangkat dari landasan. Saat mendarat, flap membantu pesawat tetap mendapat gaya angkat walaupun kecepatannya mulai dikurangi. Pengaturan ini membuat proses lepas landas dan pendaratan lebih aman.

Hubungan antara kecepatan, luas sayap, dan koefisien gaya angkat menjadi dasar penting dalam penerbangan. Pesawat harus mencapai kecepatan tertentu, memiliki desain sayap yang sesuai, dan menjaga sudut serang agar gaya angkat tetap cukup selama berada di udara.

Pembahasan

Pesawat dapat terbang karena adanya kerja sama antara mesin, sayap, dan aliran udara di sekitarnya. Saat berada di landasan, pesawat belum langsung terangkat karena gaya angkat pada sayap masih kecil. Mesin perlu menghasilkan gaya dorong agar pesawat bergerak maju dan kecepatannya terus bertambah. Semakin cepat pesawat bergerak, semakin kuat aliran udara yang melewati sayap. Dari proses inilah gaya angkat mulai terbentuk.

Pada tahap awal lepas landas, mesin bekerja besar untuk mempercepat pesawat. Gaya dorong dari mesin harus lebih besar daripada gaya hambat udara agar pesawat dapat bergerak semakin cepat. Udara yang awalnya hanya dilewati secara perlahan mulai mengalir lebih deras di sekitar sayap. Ketika kecepatan sudah cukup tinggi, sayap mulai menghasilkan gaya angkat yang besar. Pesawat dapat terangkat dari landasan ketika gaya angkat lebih besar daripada gaya berat.

$$L > W$$

Dalam kondisi tersebut, gaya angkat L mampu melawan gaya berat W . Gaya berat berasal dari massa pesawat yang dipengaruhi gravitasi, sedangkan gaya angkat berasal dari interaksi antara sayap dan udara. Pesawat yang memiliki massa besar membutuhkan gaya angkat yang lebih

besar agar dapat lepas landas. Karena itu, pesawat harus mencapai kecepatan tertentu sebelum roda terangkat dari landasan.

Bentuk sayap memiliki peran penting dalam pembentukan gaya angkat. Saat udara melewati sayap, alirannya terbagi ke bagian atas dan bawah sayap. Perbedaan bentuk permukaan sayap membuat pola aliran udara di kedua bagian tersebut tidak sama. Udara yang bergerak lebih cepat di salah satu bagian sayap akan memiliki tekanan yang lebih rendah. Jika tekanan di bawah sayap lebih besar daripada tekanan di atas sayap, sayap mendapat dorongan ke arah atas. Dorongan ini menjadi salah satu penyebab munculnya gaya angkat.

Prinsip Bernoulli membantu menjelaskan hubungan antara kecepatan aliran udara dan tekanan. Udara yang bergerak lebih cepat cenderung memiliki tekanan lebih rendah. Pada sayap pesawat, perbedaan tekanan antara bagian atas dan bawah sayap membuat sayap terdorong ke atas. Semakin besar perbedaan tekanan yang terjadi, semakin besar pula gaya angkat yang dapat terbentuk. Walaupun begitu, gaya angkat tidak cukup dijelaskan dari perbedaan tekanan saja.

Hukum Newton juga berperan dalam proses terbangnya pesawat. Ketika udara melewati sayap, sebagian aliran udara dibelokkan ke arah bawah. Sayap memberi gaya pada udara ke bawah, lalu udara memberi reaksi ke atas pada sayap. Reaksi ini sesuai dengan Hukum III Newton, yaitu setiap aksi menimbulkan reaksi yang sama besar dan berlawanan arah. Jadi, gaya angkat juga dapat dipahami sebagai akibat dari perubahan arah aliran udara yang melewati sayap.

Sudut serang sayap ikut menentukan besar gaya angkat. Sudut serang adalah kemiringan sayap terhadap arah datangnya udara. Saat sudut serang diperbesar, sayap dapat membelokkan udara lebih banyak ke bawah dan gaya angkat dapat meningkat. Namun, sudut serang tidak boleh terlalu besar. Jika terlalu besar, aliran udara di atas sayap menjadi tidak teratur dan gaya angkat bisa turun secara tiba-tiba. Keadaan ini disebut *stall*. Pada kondisi *stall*, pesawat kehilangan sebagian besar gaya angkat sehingga dapat turun dengan cepat.

Ketika pesawat sudah berada di udara dan terbang mendatar, gaya-gaya yang bekerja harus berada dalam keadaan seimbang. Gaya angkat harus sama besar dengan gaya berat agar pesawat tidak naik atau turun. Gaya dorong juga harus seimbang dengan gaya hambat agar pesawat dapat bergerak dengan kecepatan tetap. Keadaan tersebut dapat ditulis secara sederhana sebagai:

$$L = W$$

$$T = D$$

Keseimbangan ini membuat pesawat dapat mempertahankan ketinggian dan kecepatannya. Jika gaya angkat lebih besar daripada berat, pesawat akan naik. Jika gaya angkat lebih kecil daripada berat, pesawat akan turun. Jika gaya dorong lebih besar daripada hambat udara, pesawat akan bertambah cepat. Jika gaya dorong lebih kecil daripada hambat udara, pesawat akan melambat.

Gaya hambat udara selalu muncul selama pesawat bergerak. Udara memberikan tahanan terhadap badan pesawat, sayap, dan bagian lain yang terkena aliran udara. Semakin tinggi kecepatan pesawat, semakin besar hambatan yang harus dilawan. Karena itu, bentuk pesawat dibuat aerodinamis agar udara dapat mengalir lebih halus di sekitar permukaannya. Desain yang ramping membantu mengurangi hambatan dan membuat penggunaan energi lebih efisien.

Pada saat lepas landas dan mendarat, pesawat sering menggunakan flap pada sayap. Flap adalah bagian sayap yang dapat digerakkan untuk mengubah bentuk sayap. Saat flap diturunkan, gaya angkat dapat bertambah meskipun kecepatan pesawat tidak terlalu tinggi. Pengaturan ini berguna saat lepas landas karena pesawat membutuhkan gaya angkat besar dalam waktu singkat. Saat mendarat, flap membantu pesawat tetap mendapat gaya angkat walaupun kecepatannya mulai dikurangi.

Mesin pesawat tidak bekerja sendirian dalam membuat pesawat terbang. Mesin memberi gaya dorong agar pesawat bergerak maju, sedangkan sayap menggunakan aliran udara untuk menghasilkan gaya angkat. Tanpa mesin, pesawat sulit mencapai kecepatan yang dibutuhkan. Tanpa sayap, dorongan mesin hanya membuat pesawat bergerak maju tanpa menghasilkan gaya angkat yang cukup. Keduanya saling mendukung dalam proses penerbangan.

Dari awal lepas landas sampai terbang stabil, prinsip fisika bekerja secara berurutan. Mesin mempercepat pesawat, udara mengalir melewati sayap, perbedaan tekanan terbentuk, udara dibelokkan ke bawah, gaya angkat meningkat, lalu pesawat terangkat. Setelah berada di udara, pilot menjaga kecepatan, sudut serang, dan tenaga mesin agar gaya-gaya tetap seimbang. Pesawat terbang karena perpaduan antara gaya dorong, gaya angkat, gaya berat, gaya hambat, prinsip Bernoulli, dan Hukum Newton.

Kesimpulan

Pesawat dapat terbang karena adanya gaya angkat yang bekerja pada sayap. Gaya angkat muncul ketika pesawat bergerak maju dan udara mengalir melewati permukaan sayap. Aliran udara di sekitar sayap tidak bergerak dengan pola yang sama. Pada bagian tertentu, udara bergerak lebih cepat sehingga tekanannya menjadi lebih rendah. Perbedaan tekanan antara bagian atas dan bawah sayap menghasilkan dorongan ke atas yang membantu pesawat terangkat dari landasan.

Mesin pesawat berperan menghasilkan gaya dorong ke depan. Dorongan dari mesin membuat pesawat memperoleh kecepatan yang cukup sebelum lepas landas. Saat kecepatan bertambah, aliran udara yang melewati sayap menjadi semakin kuat. Pada titik tertentu, gaya angkat yang dihasilkan sayap mampu melawan gaya berat pesawat. Ketika gaya angkat lebih besar daripada gaya berat, pesawat mulai naik ke udara.

Terbangnya pesawat juga dapat dijelaskan melalui Hukum Newton. Sayap pesawat tidak hanya menerima aliran udara, tetapi juga mengubah arah aliran tersebut. Sebagian udara dibelokkan ke bawah ketika melewati sayap. Sesuai Hukum III Newton, udara yang terdorong ke bawah memberi reaksi ke atas pada sayap. Reaksi inilah yang ikut memperkuat gaya angkat. Karena itu, prinsip Bernoulli dan Hukum Newton sama-sama diperlukan untuk menjelaskan proses penerbangan secara lebih lengkap.

Saat pesawat sudah berada di udara, gaya-gaya yang bekerja harus tetap teratur. Gaya angkat perlu seimbang dengan gaya berat agar pesawat tidak terus naik atau turun. Gaya dorong dari mesin juga perlu menyeimbangkan gaya hambat udara agar pesawat dapat bergerak dengan kecepatan tetap. Jika salah satu gaya berubah, gerak pesawat juga ikut berubah. Pesawat bisa naik, turun, melambat, atau mempercepat geraknya sesuai kondisi gaya yang bekerja.

Secara fisika, pesawat bisa terbang karena sayap menghasilkan gaya angkat, mesin memberi kecepatan maju, dan udara memberi reaksi terhadap bentuk serta sudut sayap. Penerbangan bukan hanya bergantung pada kekuatan mesin, tetapi juga pada cara udara mengalir di sekitar pesawat. Inilah alasan desain sayap, bentuk badan pesawat, kecepatan, dan sudut serang sangat diperhatikan dalam dunia penerbangan. Semua bagian tersebut bekerja bersama agar pesawat dapat lepas landas, terbang stabil, lalu mendarat kembali dengan aman.