

BAB II

LANDASAN TEORI

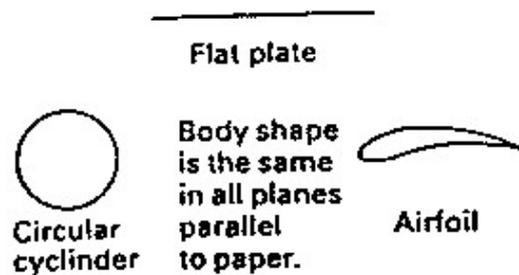
2.1 Aerodinamika

Aerodinamika berasal dari dua buah kata yaitu aero yang berarti bagian dari udara atau ilmu kendaraan dan dinamika yang berarti cabang ilmu alam yang menyelidiki benda-benda bergerak serta gaya yang menggerakkan benda-benda tersebut. Aero berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara, dan dinamika yang diartikan kekuatan atau tenaga. Jadi Aerodinamika dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan untuk mengetahui akibat-akibat yang ditimbulkan oleh udara atau gas-gas lain yang bergerak. Pada intinya aerodinamika bertujuan untuk memecah kecepatan atau hambatan udara pada saat kecepatan tinggi. Hambatan udara yang bekerja pada suatu kendaraan terutama ditentukan oleh bentuk body dari suatu benda.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Ilmu yang berhubungan dengan gerakan udara, gas lain, atau kakas yang bekerja pada benda padat apabila bergerak melalui gas atau apabila gas yang mengalir mengenai atau mengelilingi benda padat Ilmu ini mempelajari tentang semua hal yang berhubungan dengan udara. Dalam Aerodinamika dikenal beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda dan lebih spesifik lagi pada mobil seperti dikemukakan oleh Djoeli Satrijo (Djoeli,1999:53). Tahanan Aerodinamika, gaya angkat aerodinamik , dan momen anguk aerodinamik memiliki pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi.

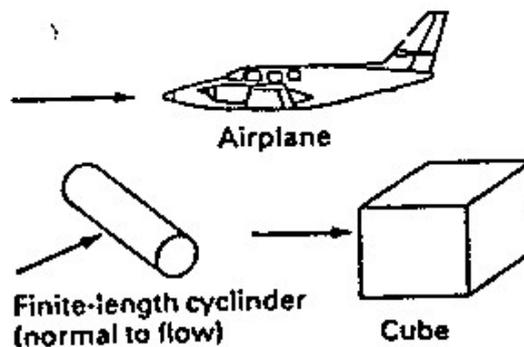
2.2 Geometri Benda

Geometri benda dapat dibagi dalam tiga kelompok utama, yaitu dua dimensi, tiga dimensi, dan axisymmetric. Benda dua dimensi menurut Gerhart (Gerhart,1985:510) adalah benda yang memiliki bentuk sama pada seluruh bidang yang tegak lurus dengan sumbunya dimana sumbu benda memiliki panjang tak berhingga. Dengan kata lain bentuk benda sama pada seluruh bidang yang sejajar dengan kertas.



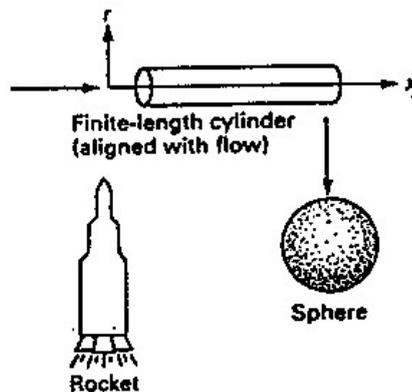
Gambar 2.1 Benda Dua Dimensi

Benda tiga dimensi menurut Gerhart (Gerhart,1985:510) memiliki panjang yang terbatas. Benda ini bisa memiliki bentuk yang sama dalam bidang tegak lurus dengan sumbu panjangnya, ataupun tidak.



Gambar 2.2 Benda Tiga Dimensi

Benda *axisymmetric* menurut Gerhart (Gerhart, 1985:510) adalah benda putar dengan bagian melintangnya berbentuk lingkaran. Benda ini memiliki bentuk yang sama pada seluruh bidang meridional (x,r) .



Gambar 2.3 Benda Axisymmetric

2.3 Geometri Peluru

Bentuk, ruang sudut, bidang dan garis memiliki ilmu tersendiri untuk dipelajari. Tidak semua ilmu pengetahuan mempelajari bentuk, ruang, sudut, bidang, dan garis itu disebut geometri. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia geometri adalah cabang matematika yang menerangkan sifat-sifat garis, sudut, bidang, dan ruang atau ilmu ukur. Ilmu geometri mempelajari tentang bentuk, ruang, sudut, bidang dan garis yang nantinya akan diukur. Menurut Oleg (Oleg, 2007:3) *Geometry defines points, lines, and planes as mathematical objects with property that these object*. Geometri mendefinisikan titik, garis, dan pesawat sebagai objek matematika.. Hal ini sesuai dengan penjelasan yang sebelumnya telah dijelaskan bahwa geometri merupakan ilmu dari cabang matematika yang menjelaskan tentang titik, garis, sudut, permukaan, padatan, ruang, dan bentuk.

Didalam setiap senapan terdapat peluru yang digunakan untuk menembak sasaran, peluru merupakan hal yang vital dalam setiap senapan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia peluru adalah barang tajam (dari timah, besi, dan sebagainya) pengisi patrun atau yang dilepaskan dengan senjata api; obat bedil; pelor. Maksudnya peluru ini dengan bahan dasar timah, besi dan sebagainya digunakan sebagai pengisi di senjata api dan senjata lainnya. Menurut Apooru (Apoory, 2000:1) *A bullet is a projectile propelled by a firearm, sling, or air gun.* Sebuah peluru adalah proyektil didorong oleh senjata api, sling, atau pistol udara. Selain senjata api peluru juga bisa digunakan di senjata lainnya. Peluru itu sendiri terdiri dari beberapa bagian dalam penggunaannya yaitu proyektil (*bullet*), selongsong (*bullet base*), mesin (*propellant*) dan pematik (*rim*).

Proyektil bisa juga disebut sebagai peluru. Menurut P.K Argawal (P.K Argawal,2011:553) *Projectile is an object moving in space under the effect of gravity alone.* Proyektil adalah objek yang bergerak di udara karena pengaruh dari gravitasi. Ketika senapan menembakan amunisinya maka proyektil atau peluru akan keluar dari senapan tersebut. Menurut James (James, 2012:717) *A projectile is fired from origin with angle of elevation α and initial speed v_0 .* Sebuah proyektil ditembakkan dari asal dengan sudut α dan kecepatan awal v_0 . Setiap peluru memiliki kecepatan awal yang berbeda-beda tergantung dari senjata yang digunakan. Menurut Peter (Peter,2013:77) *Time of flight of a projectile is dependent on two things: initial vertical velocity and initial vertical position.* Waktu proyektil terbang tergantung pada dua hal: kecepatan vertical awal dan posisi vertical awal. Waktu terbang pada proyektil bergantung pada posisi dan kecepatan pada proyektil itu.

Menurut pemaparan diatas maka dapat disimpulkan bahwa geometri peluru adalah titik, garis, sudut, permukaan, padatan, ruang, dan bentuk dari barang tajam yang berbahan dasar timah dan bergerak di udara karena pengaruh dari gravitasi.

2.4 Aliran Fluida

2.4.1 Aliran *Laminar*

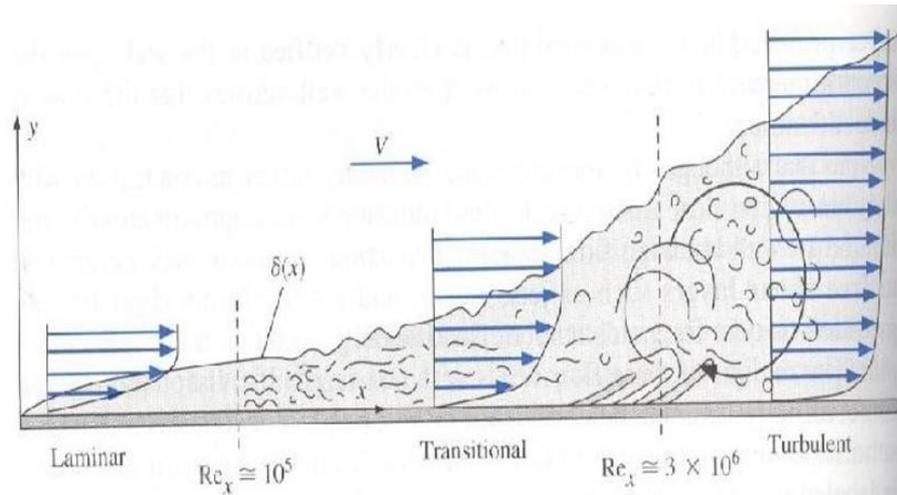
Aliran *laminar* adalah aliran fluida yang bergerak dengan kecepatan yang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, dapat dikatakan bahwa aliran *laminar* ditandai dengan keteraturan aliran fluida dengan *Reynold Number* di bawah 10^5 (Yunus A. Cengel, 2006:541)

2.4.2 Aliran *Turbulen*

Aliran *turbulen* adalah gerakan fluida yang tidak lagi tenang melainkan menjadi bergolak. Pada aliran turbulen partikel fluida tidak membuat flukstasi tertentu dan tidak memperlihatkan pola gerakan yang dapat diamati. Dengan *Reynold Number* diatas 3×10^6 (Yunus A. Cengel, 2006:541)

2.4.3 Aliran transisi

Aliran transisi adalah batas perubahan antara aliran *laminar* menuju aliran *turbulen Reynold Number* berada diantara 10^5 dan 3×10^6 (Yunus A. Cengel, 2006:541)



Gambar 2.4 Tipe Aliran Fluida (Yunus A.Cengel, 2006:541)

Untuk menganalisa kedua tipe aliran ini diberikan parameter tak berdimensi yang dikenal dengan nama bilangan reynolds :

$$Re = \frac{(\rho \cdot V \cdot s \cdot d)}{\mu} = \frac{V \cdot s \cdot L}{\mu} = \frac{\text{gaya inersia}}{\text{gaya viskos}}$$

(E. John Finnemore ,dkk., 2001;279)

Dimana :

Re = Bilangan reynolds

ρ = massa jenis (kg/m^3)

μ = viskositas dinamis ($\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)

d = diameter (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

Transisi dari aliran laminar dan turbulen karena bilangan *reynolds* tertentu aliran laminar menjadi tidak stabil. Transisi tergantung pada gangguan-gangguan yang dapat berasal dari luar atau karena kekasaran permukaan, transisi tersebut dapat terjadi dalam selang bilangan *reynolds*, dan aliran laminar pada kondisi

dimana bilangan reynolds lebih kecil dari 10^5 dan turbulen jika bilangan reynolds lebih besar 3×10^6 . Jika bilangan reynolds berada diantara 10^5 dan 3×10^6 adalah merupakan daerah transisi (Yunus A. Cengel, 2006:541).

2.5 Drag Coefficient

Koefisien Hambat (*Drag Coefficient*) merupakan suatu nilai yang menunjukkan koefisien tahanan dari sebuah obyek benda terhadap fluida. Semakin streamline bentuk benda maka koefisien hambatan udara yang dihasilkan semakin kecil, dan semakin besar penampang benda maka semakin besar koefisien hambatan udara yang dihasilkan.

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

(Frank M. White, 1975:28)

Dimana:

C_D = Koefisien Hambat

ρ = Densitas udara (kg/m^3)

V = Kecepatan relative benda terhadap udara (m/s)

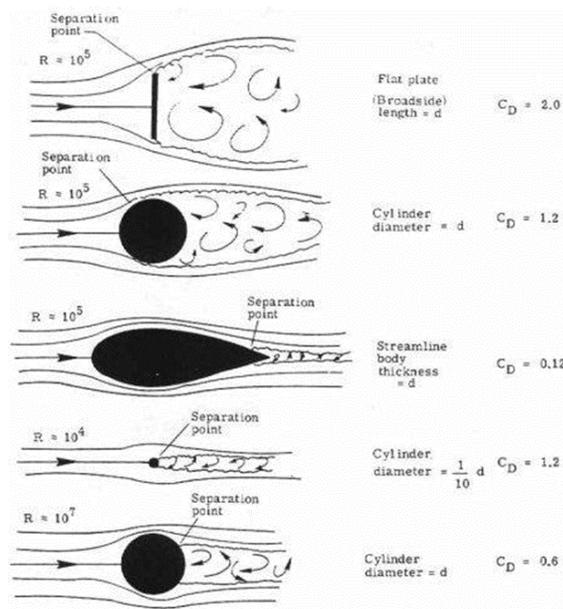
A = Luas penampang (m^2)

F_D = Gaya hambatan (N)

Suatu benda yang berada pada suatu fluida yang bergerak (atau benda yang bergerak dalam suatu fluida yang diam) akan mengalami gaya yang disebut dengan gaya-gaya aerodinamika.

Pengaruh bentuk benda terhadap koefisien hambatan pada benda tumpul seperti bola, kotak akan lebih besar jika dibandingkan dengan benda *streamline*

seperti *airfoil*, benda runcing. Jika terjadi suatu aliran diatas permukaan yang searah dengan panjangnya dibandingkan tingginya maka benda tersebut disebut dengan *streamline*. Hal ini karena benda yang *streamline* maupun benda runcing mempunyai daerah *wake* (olakan aliran dibelakang benda) yang lebih kecil dibandingkan dengan benda tumpul. Sesuai gambar dibawah benda ini :



Gambar 2.5 Nilai Drag Coefficient dari Berbagai Bentuk yang Berbeda (John D. Anderson, Jr, 2007:72)

Aliran fluida yang melingkupi sebuah benda secara penuh akan menimbulkan tegangan pada benda tersebut, baik tegangan normal maupun tegangan geser. Tegangan normal disebabkan karena adanya tekanan dari fluida, sedangkan tegangan geser timbul akibat adanya viskositas fluida. Jika kita tinjau pada aliran dua dimensi, aliran yang mengalir secara horizontal akan menimbulkan gaya drag atau gaya hambat karena arah dari gaya ini berlawanan dengan arah aliran, menurut McCormick (McCormick, 1979:24) *In fluid dynamics, the drag coefficient is a dimensionless quantity that is used to quantify the drag or*

resistance of an object in a fluid environment, such as air or water. It is used in the drag equation, where a lower drag coefficient indicates the object will have less aerodynamic or hydrodynamic drag. Drag Coefficient dalam mekanika fluida adalah suatu bilangan tak berdimensi yang menyatakan suatu hambatan atau resistansi dari suatu benda (object) yang berada di dalam suatu aliran. Semakin rendah nilai drag coefficient, maka hambatan aerodinamik maupun hidrodinamiknya semakin kecil. Dengan kata lain semakin kecil nilai drag coefficient, maka suatu benda semakin memiliki bentuk aerodinamik sehingga hambatan udara maupun hambatan airnya menjadi kecil dan fluida dapat dengan lancar melewati benda tersebut.

Jarak merupakan hal yang diperlukan dalam menghitung koefisien hambatan, semakin besar kecepatan yang ditempuh semakin besar gaya hambatnya. Menurut Robert (Robert, 1988:2) *The drag coefficient, CD , is determined by fitting the time-distance measurements from the range flight.* Gaya hambatan ditentukan oleh kecepatan dan diukur berdasarkan jauhnya jarak tempuh. Menurut Robert (Robert, 1988:2) *CD is distinctly nonlinear with yaw level, and the value determined from an individual flight reflects both the zero-yaw drag coefficient.* Gaya hambatan ini jelas tidak linear dengan level simpangan, dan nilai yang ditentukan dari jarak tempuh setiap individu keduanya menampilkan tidak adanya penyimpangan pada gaya hambat.

Koefisien hambatan memberikan gambaran dari perlawanan antara objek dan air ketika dilakukan eksperimen. Jika objek adalah persegi maka koefisiennya lebih tinggi daripada aerodinamisnya.

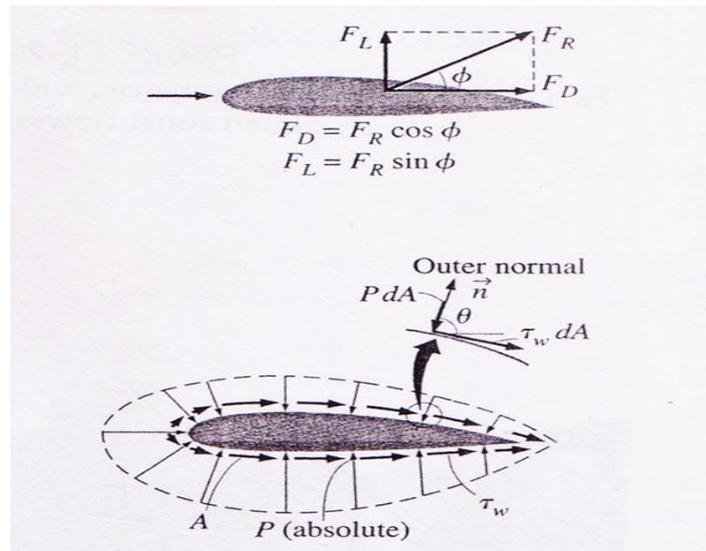
Secara teoritis aspek aerodinamika memegang peranan sangat penting, hal ini disebabkan cakupan aerodinamika yang luas. Alva Edy Tantowi (Alva, 1989:10), menyatakan bahwa gaya-gaya yang berpengaruh pada gerakan benda diudara adalah gaya angkat aerodinamika (*lift*) dan gaya tahan aerodinamika (*drag*). Sedangkan momennya adalah momen angguk (*pitching moment*), momen gulung (*rolling moment*) dan momen toleh (*rolling moment*). Gaya dan momen tersebut biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien.

Gaya tahan aerodinamika adalah gaya yang melawan laju kendaraan yang disebabkan oleh gesekan antara bodi kendaraan dengan udara, hal ini akan merugikan karena dengan bertambahnya kecepatan maka gaya tahan aerodinamikanya pula akan besar. Gaya hambat juga tidak selalu merugikan, terkadang diperlukan untuk proses pengereman pada pesawat dan juga gaya drag bermanfaat untuk menjaga stabilitas kendaraan.

Menurut Bety Wulandari (Wulandari Bety, 2010:32) menyatakan bahwa, semakin cepat kendaraan melaju semakin sulit kendaraan dikendalikan. Salah satu cara untuk mengendalikan stabilitas dan meningkatkan respon kendaraan adalah dengan cara memperkecil *lift force* yang terjadi. Hal ini juga serupa dengan apa yang dinyatakan Hairil Budiarto (Budiarto 2013:31) bahwa, gaya hambat (*drag*), gaya angkat (*lift*) dan momen pitching terlihat berpengaruh terhadap kemampuan traksi kendaraan. Dari keterangan diatas dapat kita simpulkan bahwa suatu kendaraan yang memiliki kecepatan tinggi memerlukan gaya hambat dan pengurangan gaya angkat untuk dapat meningkatkan kestabilan suatu kendaraan.

2.6 Gaya Hambat Dan Gaya Angkat

Changel mengatakan (A. Changel 2006:564) Gaya hambat dan gaya angkat resultan gaya-gaya yang muncul akibat adanya tekanan dan tegangan geser pada permukaan benda seperti yang terlihat pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Gaya Hambat dan Angkat pada Elemen Permukaan Benda

(A. Changel 2006 :564)

Gaya hambat dan angkat

$$dF_D = -p \, dA \cos \theta + \tau_w \, dA \sin \theta$$

$$dF_L = -p \, dA \sin \theta + \tau_w \, dA \cos \theta$$

dimana

p = tekanan

d = luas permukaan

θ = sudut vektor tegak lurus

τ_w = tegangan geser

Dimana penurunan rumus menjadi

Drag force dan lift force perkesatuan element

Drag force

$$F_D = \int_A dF_D = \int_A (-p \cos\theta + \tau_w \cos\theta) dA$$

Lift force

$$F_L = - \int_A (p \sin\theta + \tau_w \cos\theta) dA$$

Menjadi konstanta

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

(A. Changel, 2006 :564)

Menurut Gerhat (Gerhart 1985:554) Pada kasus tertentu, gaya angkat ke atas adalah fenomena yang tidak diinginkan pada suatu kendaraan karena hal tersebut mengurangi traksi (*traction*) dan dapat berpengaruh merugikan pada karakteristik-karakteristik pengemudian (*handling characteristics*). Permasalahan yang ditimbulkan oleh gaya angkat tersebut tidak begitu penting bagi kendaraan penumpang dan kendaraan niaga biasa tetapi dapat menjadi penting bagi mobil balap kecepatan tinggi. Terkadang mobil-mobil balap dipasang perangkat gaya angkat negatif (*negative lift*) untuk meningkatkan traksi. Hal ini sesuai dengan apa yang telah dijelaskan diatas salah satu cara mengendalikan kestabilan kendaraan adalah dengan memperkecil *lift force*.

2.7 CFD

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) adalah metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen

pembagiannya. Prinsipnya adalah ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan perhitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan meshing. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan adalah aplikasi. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebut meshing tersebut. Dalam merancang suatu produk, CFD memberikan fleksibilitas karena model pengujian dapat dirubah dengan hanya mengubah gambar CAD (*Computer Aided Design*) dan segera dapat disimulasikan ulang (Sony Irawan Kartika 2005:12).

Penggunaan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) untuk menganalisa aliran fluida lebih praktis dan efisien dari pada analisa dengan eksperimen. CFD (*Computational Fluid Dynamic*) adalah metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap – tiap elemen pembagiannya. Analisa aliran fluida dengan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) lebih hemat biaya karena pembuatan model dapat dikerjakan dengan perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*) sedangkan pada analisa aliran fluida dengan metode eksperimen, pembuatan model di kerjakan secara manual dengan meterial tertentu yang membutuhkan biaya yang cukup mahal. Dari hasil simulasi yang sudah dilakukan dengan CFD kita dapat memprediksi dan menganalisa aliran fluida yang terjadi.

Dalam menyelesaikan proses analisis menggunakan *fluent*, maka diperlukan suatu perencanaan analisis CFD (*Computational Fluid Dynamic*), yang terdiri dari menentukan tujuan pemodelan, pemilihan model komputasional,

pemilihan model fisik dan penentuan prosedur. Langkah – langkah umum penyelesaian analisis CFD pada *fluent* dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Membuat geometri dan *mesh* pada model
2. Memilih *solver* yang tepat untuk model tersebut
3. Mengimpor *mesh* model
4. Melakukan pemeriksaan pada *mesh* model
5. Melakukan formulasi *solver*
6. Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisis
7. Menentukan sifat material yang akan digunakan
8. Menentukan kondisi batas
9. Mengatur permukaan kontrol solusi
10. *Initialize the flow field*
11. Melakukan perhitungan / iterasi
12. Memeriksa hasil perhitungan
13. Menyimpan hasil perhitungan

Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama :

1. *Pre processor*
2. *Processor*
3. *Post processor*

Pre processor adalah tahap dimana data di input mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Ditahap ini juga sebuah benda atau ruangan yang akan dianalisa dibagi – bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering juga disebut dengan *meshing*. Tahap selanjutnya adalah *processor*, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data – data input dengan

persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya, penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Tahap akhir merupakan tahap *post processor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola tertentu.