

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

San dan Santoso (2002) melakukan penelitian tentang Studi Karakteristik *Volume* tabung Udara dan Beban Katup Limbah terhadap Efisiensi Pompa *Hydraulic Ram*. Menurut data hasil percobaan dan perhitungan pada saat beban katup 400 gr dan *volume* tabung 1300 ml diperoleh efisiensi rata-rata sebesar 42,1%, sedangkan model regresi kuadratik memberikan nilai efisiensi sebesar 41,4% dengan koefisien determinasi sebesar 84,3%. Memang nilai efisiensi yang diperoleh tidaklah tinggi, tetapi hasil ini sudah sesuai dengan karakteristik pompa hidram yang harus membuang air untuk memancing gerakan air agar timbul aliran air untuk sumber tenaga pompa. Dari penelitian ini dan analisis yang telah diberikan dapat ditunjukkan bahwa faktor beban katup limbah dan *volume* tabung berpengaruh pada variabilitas dari efisiensi pompa hidram, begitu pula interaksi antara kedua faktor itu. Lebih jauh lagi diperoleh hasil bahwa pengaturan optimal untuk kedua faktor tersebut adalah saat beban katup limbah 400 gram dan *volume* tabung 1300 ml dengan efisiensi pompa sebesar 42,9%. Angka efisiensi pada pompa hidram memang relatif rendah mengingat bahwa tidak semua air yang diumpankan dapat disalurkan ke tempat yang dikehendaki karena adanya air yang harus dibuang. Studi lebih lanjut tentang karakteristik faktor-faktor lain yang berpengaruh pada efisiensi pompa hidram dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai efisiensi ini, misalnya studi pengaruh ketinggian permukaan air *reservoir*, pengaruh jarak bukaan katup hantar maupun katup limbah.

Panjaitan dan Sitepu (2012) melakukan penelitian tentang rancang bangun pompa hidram dan pengujian Pengaruh variasi tinggi tabung udara dan Panjang pipa pemasukan terhadap Unjuk kerja pompa hidram. Penelitian ini menggunakan pompa hidraulik ram dengan diameter pipa masuk 1,5 inci dan pipa keluar 0,5 inci. *Volume* tabung udara dan panjang pipa pemasukan yang digunakan dalam penelitian ini adalah diameter tabung pertama 6,35 cm dengan tinggi tabung 40 cm

maka *volume* tabung $1266,12 \text{ cm}^3$, diameter tabung kedua $6,35 \text{ cm}$ dengan tinggi tabung 60 cm maka *volume* tabung $1899,18 \text{ cm}^3$, dan panjang pipa masuk 8 m , 10 m dan 12 m Sedangkan parameter yang ditetapkan adalah Tinggi datum $2,3 \text{ m}$, diameter pipa masuk $3,81 \text{ cm}$, diameter pipa keluar $1,27 \text{ cm}$. Dari hasil pengujian yang dilakukan untuk variasi tinggi tabung udara dan panjang pipa pemasukan efisiensi maksimum diperoleh sebesar 29.5% pada tinggi tabung udara 60 cm dan panjang pipa pemasukan 10 meter dengan kapasitas aktual pipa pemasukan $0,000424666 \text{ (m}^3/\text{s)}$, kapasitas pipa discharge $0,0000355 \text{ (m}^3/\text{s)}$, tekanan pada pipa discharge $0,66 \text{ bar}$ dan tekanan pada tabung udara $0,6 \text{ bar}$. Penggunaan tabung udara berdasarkan pengujian yang dilakukan, bahwa tinggi tabung udara dan panjang pipa pemasukan pada pompa hidram berpengaruh pada kapasitas pemompaan dan kinerja dari pompa hidram.

Marbun dan Hazwi. (2013) meneliti tentang simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) aliran fluida pada pompa hidram dengan tinggi air jatuh $2,3 \text{ m}$. Simulasi yang digunakan untuk aliran *steady*, inkompresible, turbulen dan 3 dimensi. Pada penelitian tersebut simulasi diatur dengan 9 rangkaian yaitu tiga bukaan katup limbah, tiga bukaan katup penghantar dan tiga perbedaan *volume* tabung udara dengan panjang langkah bervariasi. Panjang langkah dari katup buang yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu 25 mm , 20 mm , dan 15 mm . Sedangkan untuk *volume* tabung yang digunakan yaitu $0,0061 \text{ m}^3$, $0,0082 \text{ m}^3$, $0,0102 \text{ m}^3$. Hasil simulasi didapat dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengujian. Sehingga didapat hasil penyimpangan terendah sebesar $0,78 \%$ dan penyimpangan tertinggi sebesar $9,2 \%$.

Saragih (2013) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh variasi diameter katup limbah terhadap unjuk kerja pompa hidram. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan cara mengalirkan dari *reservoir* sebagai sumber air dengan kapasitas 500 liter dan ketinggian $3,5 \text{ m}$. Diameter pipa *inlet* sebesar 1 inch , kemudian variasi katup limbah $0,5 \text{ inch}$, $0,75 \text{ inch}$, 1 inch , $1,5 \text{ inch}$ dan $1,75 \text{ inch}$. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar diameter katup limbah maka debit limbah dan jumlah ketukan katup limbah semakin besar tetapi pada debit pemompaannya mengalami penurunan. diameter

katup limbah 1 inch memiliki unjuk kerja yang terbaik dengan hasil pemompaan, kecepatan aliran dan efisiensi pompa hidram yang tertinggi.

Hartono (2014) meneliti tentang Pengaruh variasi tabung udara terhadap debit pemompaan pompa hidram. Pipa *inlet* terbuat dari pipa PVC (*polyvinyl chloride*) dengan panjang 2,5 m dengan diameter pipa 4 inch yang divariasi dengan tabung angin 2.3 ml, 3. 1 ml, dan 3.9 ml serta pipa penghantar terbuat dari pipa plastic PVC dimana desain rumah pompa menggunakan sambungan Tee 4 inchi dan pemberat pada katup limbah terbuat dari besi behel dengan pemberat tambahan s45c dengan berat total 0.6 Kg. Dari data pengujian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan tabung udara dapat memperbesar *head output* pada pompa hidram, dimana tabung udara dengan *volume* 0.0008 m³ mampu menghasilkan *head output* sebesar 1 Bar. Penggunaan tabung udara mampu memperbesar efisiensi pompa hidram, dengan menggunakan tabung udara yang lebih besar maka debit air yang dihasilkan bisa lebih besar dan besarnya tekanan pada *waste valve* juga mempengaruhi ketinggian yang dicapai dan debit air yang di hasilkan tapi dengan catatan keseimbangan saat penekanan harus sama dengan penutupan valve (*waste valve* naik).

Efendi dan Tambunan (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh *volume* tabung udara terhadap efisiensi pompa hidram. Pengujian pengaruh *volume* tabung udara dilakukan dengan menggunakan dua buah tabung udara yang panjangnya 400 mm dan 600 mm dengan diameter 60 mm, sehingga dihasilkan *volume* 1,13 liter dan 1,7 liter. Berat katup buang dan hantar masing-masing 760 gram dan 39 gram. Head suplai diposisikan pada ketinggian 1 m, sedangkan *head* hantar pada ketinggian 3 m. Panjang langkah katup buang di atur sepanjang 10 mm. Parameter yang diukur adalah debit yang dihasilkan. Semakin besar *volume* tabung udara debit yang dihasilkan semakin besar. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya tekanan yang tersimpan dalam tabung udara selama proses kompresi sehingga bisa mendorong air lebih banyak ke pipa hantar. Parameter yang diukur adalah debit yang dihasilkan. Pada *volume* tabung yang lebih besar maka efisiensinya lebih tinggi. Dari Pembahasan diatas disimpulkan bahwa pompa hidram *volume* tabung udara yang lebih besar memiliki efisiensi yang lebih tinggi.

Harith, dkk (2017) meneliti tentang simulasi CFD aliran fluida pada pompa hidram. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengembangkan desain baru dari pompa hidram dan melakukan simulasi untuk validasi dari desain pompa hidram. Simulasi dilakukan dengan cara memvariasikan antara katup limbah dengan katup penghantar pompa hidram. Penelitian menggunakan geometri pompa hidram 3 dimensi untuk menghasilkan data dalam bentuk kontur kecepatan dan tekanan yang dapat digunakan untuk menganalisa aliran fluida pada pompa hidram. tekanan diilustrasikan dalam 3 kondisi berbeda pada pompa yang sama. Percobaan dalam kondisi terbuka mencatat nilai dinamika dan tekanan statis masing-masing sebesar 4,42 kPa dan 15,15 kPa sedangkan kondisi tertutup menghasilkan tekanan 128 kPa dan 97,8 kPa. Hasilnya tekanan pada bagian bawah katup limbah juga berkurang dan bersamaan dengan itu katup limbah terbuka secara otomatis. Air dalam pipa penggerak kembali ke pasokan statis tekanan seperti sebelumnya dan siklusnya berulang-ulang. Penutupan yang tiba-tiba juga menciptakan tekanan tinggi pada pompa hidram dan pada katup penghantar yang hasilnya 15,44 kPa pada kondisi terbuka dan 115,89 kPa pada kondisi tertutup.

Supriyanto dan Irawan (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi jarak sumbu katup limbah dengan sumbu tabung udara terhadap efisiensi pompa hidram. Lokasi pemasangan pompa hidram ditentukan pada ketinggian air masuk dan panjang pipa masuk dititik terbawah maksimal dari sumber air yaitu pada ketinggian dari sumber air masuk (H_1) 1,7 m dan panjang pipa *input* (L) 16 m menggunakan pipa diameter 6 inchi maka didapat debit air dari pipa *input* (Q_{in}) 0,084 m³/detik. Lokasi tujuan pipa hasil air keluaran ditentukan pada ketinggian (H_2) 5 m dengan panjang pipa 50 m karena target persawahan yang akan dialiri air berada pada ukuran tersebut. Dengan pengujian pada 3 variasi jarak sumbu tabung udara ke sumbu katub limbah yaitu pada jarak 0,25 m, 0,35 m, dan 0,45 m dengan menggunakan katup limbah diameter 4 inchi beban katup 1,5 kg pada ketinggian (H_2) 5 m dan selanjutnya pengujian yang sama dilakukan pada ketinggian (H_2) 15 m. Proses pengambilan debit H_2 dengan cara menggunakan gelas ukur dan dilakukan sebanyak lima kali proses pengambilan data pada setiap ketinggian H_2 . Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada variasi jarak sumbu tabung udara

dengan sumbu katup limbah dapat disimpulkan sebagai berikut debit *output* pada jarak sumbu tabung udara dengan sumbu katup limbah 0,25 m pada ketinggian (H_2) 5 m yaitu 0,0041 m³/detik dan (H_2) 15 m 0,0026 m³/detik, pada jarak 0,35 m ketinggian (H_2) 5 m yaitu 0,00026 m³/detik dan (H_2) 15 m 0,0017 m³/detik sedangkan jarak 0,45 m ketinggian (H_2) 5 m yaitu 0,00023 m³/detik dan (H_2) 15 m 0,0015 m³/detik. Efisiensi pada jarak sumbu tabung udara dengan sumbu katup limbah 0,25 m pada (H_2) 5 m yaitu 14% dan (H_2) 15 m 27%, pada jarak 0,35 m pada (H_2) 5 m yaitu 9% dan (H_2) 15 m 17%, sedangkan pada jarak 0,45 m (H_2) 5 m yaitu 8% dan (H_2) 15 m 16%.

Sutanto, dkk (2018) meneliti tentang variasi sudut pemasangan tabung kompresor terhadap unjuk kerja pompa hidram. Berdasarkan data hasil perhitungan dan analisa dari penelitian yang dilakukan oleh Sutanto, dkk (2018) didapat hasil diantaranya, dari hubungan debit keluaran dengan tinggi keluaran terhadap variasi tabung kompresor diperoleh debit *output* yang paling rendah pada variasi sudut 0°, sedangkan debit *output* yang paling besar dihasilkan pada variasi sudut 90° ini berlaku untuk setiap variasi tinggi keluaran untuk masing-masing variasi pemasangan tabung kompresor. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sudut pemasangan tabung kompresor berbanding terbalik dengan debit *output*. Kemudian semakin tinggi air diangkat maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua variasi sudut pemasangan tabung yang digunakan. Pemasangan yang sudut 90° mempunyai nilai head maksimum yang tertinggi yaitu 5,72 meter dan nilai terendah yaitu 5,28 meter nilai tersebut berlaku pada pemasangan variasi tabung kompresor 0°. Hal ini menyatakan bahwa hubungan tinggi maksimum terhadap variasi tabung kompresor berbanding lurus.

Harith, dkk (2018) melakukan penelitian tentang pompa hidram dengan metode simulasi menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Penelitian dilakukan dengan cara memodifikasi antara katup limbah dengan katup pengantar untuk mengetahui kinerja dari pompa hidram tersebut. Pada katup pompa hidram dilakukan analisis aliran internal yang komprehensif menggunakan CFD. Penelitian yang dilakukan terdapat 4 variasi, dari 4 variasi melibatkan pembukaan dan penutupan kedua katup atau salah satunya. Pada penelitian ukuran tinggi bukaan

katup limbah 0,265 m khusus dengan pembatas pembuka dan pegas digunakan untuk menunjukkan siklus operasi penutupan dan pembukaan katup limbah penghantar hingga celah 0,164 m. Hasilnya karakteristik berkontribusi terhadap pengurangan air limbah 10-20% dan peningkatan tinggi laju aliran hingga 80 m.

2.2 Dasar Teori

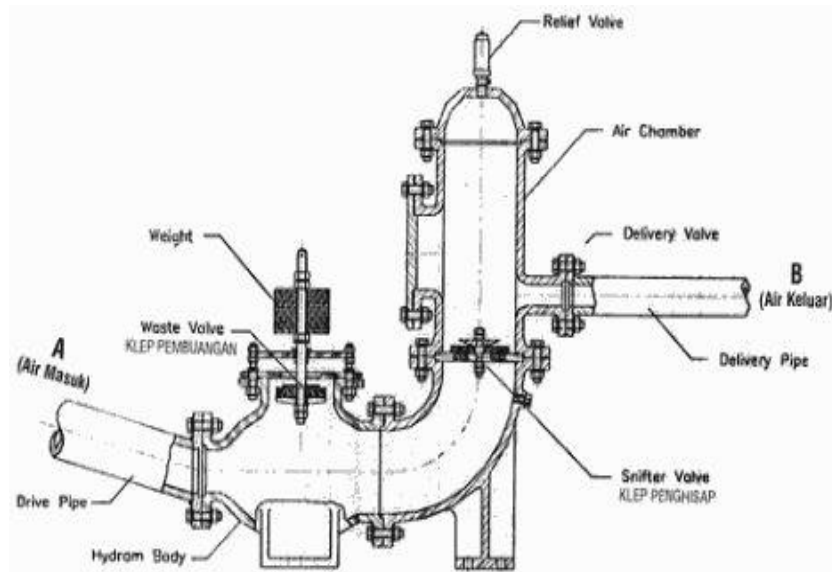
2.2.1 Pompa Hidram

Pompa hidram adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengalirkan air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang akan dialirkan melalui pipa *penstock* untuk menghasilkan energi tumbukan dari air secara terus-menerus. Pompa hidram akan berfungsi secara otomatis secara terus menerus selama sumber air mengalir masih ada.

Energi mekanik yang terjadi pada pompa hidram terjadi akibat adanya energi potensial sumber air yang dialirkan ke pipa *penstock* menuju ke badan pompa, perubahan energi kinetik dari aliran air menjadi energi dinamik sehingga menimbulkan efek palu air atau *water hammer* sehingga terjadi tekanan tinggi secara perlahan di dalam pompa.

Prinsip kerja pompa hidram adalah dimulai dari air turun dari *reservoir* melalui pipa dengan kecepatan tertentu masuk ke rumah pompa. Karena katup limbah atau katup buang yang berada dalam pompa awalnya terbuka, maka gerakan air dari *reservoir* tadi akan terpancing untuk melalui katup limbah. Dengan air dari *reservoir* yang mengalir terus menerus, maka tekanan dalam rumah pompa akan meningkat, sehingga katup limbah akan tertutup. Hal ini akan menyebabkan katup hantar terbuka akibat dari tekanan air di rumah pompa sehingga air akan naik melalui pipa hantar. Selanjutnya, air yang bertekanan ini akan menekan udara dalam tabung udara. Karena udara bersifat *compressible* maka *volume* udara akan mengecil akibat tekanan air. Pada saat aliran dari rumah pompa sudah mengecil maka udara akan menekan air ke pipa *discharge* dan juga akan menekan katup hantar sehingga tertutup. Katup hantar tertutup karena tekanan tabung, maka katup

limbah akan terbuka sehingga air mengalir melalui katup limbah.(Sulistiawan dkk, 2013)



Gambar 2. 1 Pompa hidram (Kahar, 2017)

Pompa hidram memiliki beberapa komponen utama, sebagai berikut :

1. Katup Limbah atau katup buang (*Waste Valve*)

Katup limbah merupakan bagian dari pompa hidram yang penting dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup dengan karet katup cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar, sehingga pada saat katup limbah menutup, terjadi energi tekanan yang besar dan menimbulkan efek palu air . (Herlambang dan wahjono, 2006)

2. Katup Penghantar (*Delivery Valve*)

Katup penghantar berfungsi untuk menyalurkan air dari badan pompa ke tabung udara, serta menahan air yang sudah masuk ke tabung udara agar tidak kembali ke badan pompa. Katup penghantar terdapat dipangkal tabung udara antara rumah pompa dan tabung udara. Katup penghantar mempunyai lubang lubang agar air yang dipompa dapat mengalir ke tabung udara. Katup ini merupakan katup searah.

3. Tabung Udara (*Air Chamber*)

Tabung udara berfungsi untuk memampatkan udara. Tabung udara harus dibuat sebesar mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tekanan dari siklus ram. Jika ruang udara penuh air, pompa akan bergetar keras dan dapat mengakibatkan tabung udara pecah. (Herlambang dan Wahjono, 2006)

4. Rumah Pompa (Badan pompa)

Rumah pompa adalah tempat utama tempat terjadinya proses pemompaan. Rumah pompa merupakan bagian penghubung dari bagian-bagian pompa yang lain seperti Katup Limbah, Tabung Udara, Pipa Miring, dan Katup Penghantar.

5. Pipa Miring (*Penstock*)

Pipa Miring berfungsi menaikkan kecepatan aliran air menuju rumah pompa, ketika kecepatan air menuju rumah pompa naik akan menciptakan energi dari hantaman air tersebut.

Tekanan pada pompa hidram dapat dihitung untuk dilakukan analisis, dengan menggunakan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1}{2} \times (V_2^2 - V_1^2) + g \times (h_2 - h_1) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana, ΔP = Perbedaan tekanan (Pa)

v_1 = Kecepatan aliran fluida kondisi 1 (m/s)

v_2 = Kecepatan aliran fluida kondisi 2 (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

h_1 = Ketinggian aliran fluida kondisi 1 (m)

h_2 = Ketinggian aliran fluida kondisi 2 (m)

ρ = Massa Jenis air (kg/m³)

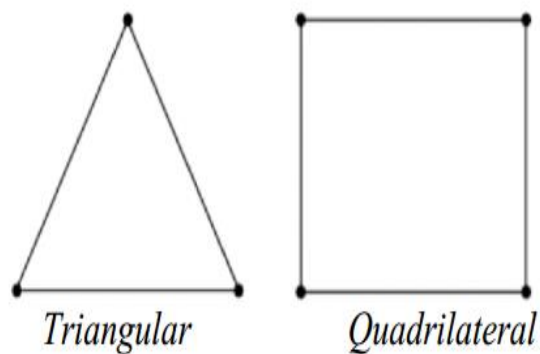
2.2.2 CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

CFD dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, interaksi fluida, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan cara menyelesaikan persamaan-persamaan matematika atau model matematika dengan pemodelan di komputer. CFD dapat memberikan data berupa kontur, kurva, grafik, vektor dan bahkan animasi yang bisa menunjukkan prediksi performa dari sebuah sistem yang telah didesain.

Proses simulasi CFD terdapat tiga tahapan pada umumnya, yaitu :

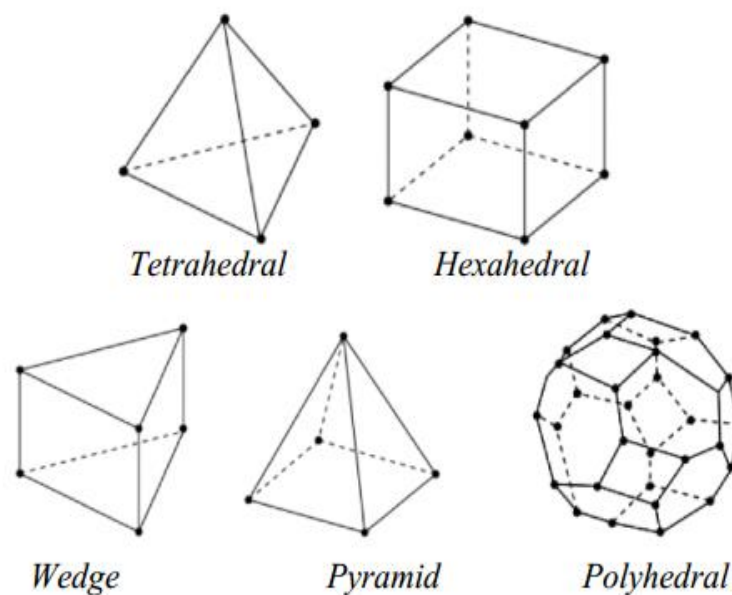
1. *Pre Processing*

pre processing adalah tahap yang dilakukan untuk membuat geometri dalam bentuk 2 dimensi atau 3 dimensi dan pembuatan *mesh* atau *meshing*. Geometri dapat dibuat menggunakan *software* CFD atau menggunakan *software* CAD seperti *inventor* dan *solidwork*. Setelah geometri telah dibuat yang dilakukan selanjutnya pada tahap *pre processing* adalah pembuatan *mesh*. geometri 2 dimensi menggunakan mesh berbentuk *quadrilateral* dan *triangular* sedangkan geometri 3 dimensi menggunakan mesh berbentuk *hexahedral*, *pyramid*, *wedge*, *tetrahedral*, *polyhedral*.



Gambar 2. 2 Bentuk *mesh* geometri 2 dimensi

(ANSYS FLUENT User's Guide, 2013)



Gambar 2. 3 Bentuk *mesh* geometri 3 dimensi
(ANSYS FLUENT User's Guide, 2013)

2. *Processing*

Processing merupakan proses perhitungan data input dengan persamaan yang terlibat secara *iterative*. Perhitungan dijalankan hingga hasil menuju *error* terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Perhitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit. Perhitungan selesai jika hasil telah mencapai tingkat ketelitian yang telah ditentukan atau sudah mencapai batas jumlah iterasi yang telah ditentukan. *Processing* mempunyai beberapa tahapan sebagai berikut :

1. *General*

a. *Pressure-Based*

Medan kecepatan diperoleh dari persamaan momentum, konversi massa (kontinuitas) didapat dengan memecahkan persamaan tekanan, energi diselesaikan secara berurutan dalam metode terpisah. *Solver* ini digunakan untuk simulasi dibawah kecepatan supersonik.

b. *Density-Based*

Persamaan yang mengatur kontinuitas, momentum jika perlu energi dan pengangkutan diselesaikan bersama. Persamaan *scalar* diselesaikan secara terpisah, berat jenis dapat dijalankan berdasarkan implisit dan eksplisit. Solver ini digunakan untuk simulasi diatas kecepatan supersonik.

c. *Steady*

Steady menentukan bahwa kondisi tidak berubah terhadap waktu.

d. *Transient*

Transient menentukan bahwa kondisi berubah terhadap waktu.

2. *Models Viscous*

models viscous menentukan dahulu jenis aliran yang akan disimulasikan termasuk dalam *inviscid*, laminar atau turbulen. Terdapat berbagai jenis aliran turbulen sebagai berikut :

a. Spalart-Allmaras

Spalart-allmaras adalah model aliran turbulen dengan satu persamaan yang menyelesaikan model persamaan *transport* untuk viskositas kinematik turbulen. Didesain secara khusus untuk aplikasi dunia penerbangan yang melibatkan aliran *wall-bounded* dan telah menunjukkan hasil yang bagus. Bentuk dasar hanya efektif pada model dengan bilangan Reynolds yang kecil. Model ini digunakan untuk simulasi yang relatif kasar dengan ukuran *mesh* yang besar.

b. Model *K-epsilon*

K-epsilon adalah model aliran turbulen yang cukup lengkap dengan dua persamaan, memungkinkan kecepatan turbulen dan skala panjang ditentukan secara independen. Model ini memiliki kestabilan pada alirannya, ekonomis dari sisi komputasi, dan akurasi yang memadai untuk berbagai jenis aliran turbulen.

c. Model *k-omega*

k-omega mempunyai dua model yaitu model *k-omega standar* dan model *k-omega SST* (*shear stress transport*). Model *k-omega standar* adalah model yang memasukkan beberapa modifikasi untuk menghitung aliran pada bilangan Reynolds rendah, kompresibilitas dan penyebaran aliran geser atau *shear flow*. Digunakan pada aliran dalam saluran maupun *free shear flow* (bebas geseran). Model *k-omega SST* hampir sama dengan model *k-omega standar*, dengan beberapa perbaikan seperti penggabungan model *k-omega standar* dan model *k-epsilon* yang telah diubah dengan satu pencampuran sehingga lebih akurat untuk daerah aliran dekat dinding maupun yang jauh dari dinding.

d. Model *Reynold stress*

Reynold stress model (RSM) adalah model turbulensi yang paling teliti namun waktu yang dibutuhkan untuk komputasi lebih lama. RSM menghitung efek dari kurva *streamline*, pusaran atau *swirl*, putaran dan perubahan tiba-tiba pada aliran dengan lebih teliti dibandingkan model dengan satu dan dua persamaan. RSM memberikan prediksi yang lebih akurat untuk aliran kompleks.

e. Model *Large Eddy Simulation* (LES)

Model LES tidak dapat digunakan untuk seluruh masalah teknik, karena membutuhkan daya komputasi yang besar. Ukuran *mesh* yang digunakan harus kecil, lebih kecil dari $Re^{9/4}$ untuk model 3D sehingga tidak praktis untuk aplikasi teknik secara umum.

f. *Near Wall Treatment Model*

Near wall treatment model dibutuhkan untuk memprediksi karakteristik aliran di dekat dinding, terutama pada aliran yang sangat dipengaruhi oleh dinding (*wall-bonded flow*). Pemodelan yang akurat di dekat dinding adalah hal yang penting untuk kebanyakan aplikasi teknik karena perkiraan penurunan tekanan, separasi aliran, lapisan

batas tergantung pada kebenaran prediksi gaya geser aliran lokal pada dinding tersebut.

3. *Boundary Conditions*

a. *Axis dan Symmetry*

Kondisi batas *Symmetry* digunakan apabila model geometri kasus yang bersangkutan dan pola aliran pada model tersebut *Symmetry*. Kondisi batas ini bisa digunakan untuk memodelkan dinding tanpa gesekan pada aliran *viscous*. Sedangkan untuk kondisi batas *axis* digunakan sebagai garis tengah (*centerline*) untuk kasus 2D *axis symmetry*.

b. *Intake Fan dan Exhaust Fan*

Data yang diinput pada kondisi batas ini sama dengan data kondisi batas *pressure inlet/pressure outlet*. Terdapat tambahan data untuk menaikkan tekanan setelah melewati *blower (pressure-jump)*. Kondisi batas ini digunakan untuk model saluran *inlet/outlet* dimana terdapat *blower* disisi luar saluran untuk menghembus/menghisap fluida di dalam saluran.

c. *Inlet Vent dan Outlet Vent*

Data yang harus dimasukkan pada kondisi batas ini dengan data kondisi batas *pressure inlet/pressure outlet*. Terdapat tambahan data untuk kerugian tekanan. Kondisi batas ini digunakan untuk model saluran masuk/keluar, dimana terdapat ventilasi di sisi saluran masuk/keluar yang dapat menimbulkan kerugian tekanan pada aliran .

d. *Velocity Inlet*

Kondisi batas *velocity inlet* digunakan untuk mendefinisikan kecepatan aliran besaran *scalar* lainnya pada sisi masuk aliran. Metode spesifikasi arah aliran dan turbulensi sama dengan kondisi batas *velocity inlet*. Aliran dan besaran *scalar* pada sisi masuk aliran. *Velocity inlet* hanya digunakan untuk aliran inkompresibel.

e. *Pressure Inlet*

Data tekanan total (*absolute*), tekanan *gauge*, *temperature*, arah aliran dan dari nilai tekanan operasi. Metode spesifikasi arah aliran dan turbulensi sama dengan kondisi batas *velocity inlet*.

f. *Pressure Outlet*

Pola aliran ini diinput nilai tekanan statik, temperatur aliran balik (*backflow*) dan besaran turbulen agar aliran balik kondisi batas yang dipakai pada sisi keluar fluida dan data tekanan pada sisi keluar dapat diketahui nilai sebenarnya.

g. *Mass Flow Inlet*

Nilai tekanan *gauge* digunakan sebagai tebakan awal oleh *Fluent*, selanjutnya akan dikoreksi sendiri sejalan dengan proses iterasi. Metode spesifikasi arah aliran sama dengan kondisi batas *velocity inlet*.

h. *Wall*

Kondisi batas *wall* digunakan sebagai dinding untuk aliran fluida dalam saluran atau disebut dinding saluran. Kondisi batas ini digunakan juga sebagai pembatas antara daerah fluida (cair dan gas) dan padatan.

i. *Outflow*

Kondisi batas *outflow* digunakan apabila data keluar pada sisi keluar tidak diketahui sama sekali, pada sisi keluar diekstrapolasi dari data yang ada pada aliran sebelum mencapai sisi keluar.

j. *Kondisi Batas Internal*

Kondisi batas *internal* digunakan untuk bidang yang berada di tengah medan aliran dan tidak mempunyai ketebalan. Fan, radiator, *porous jump*, *interior* termasuk dalam kondisi batas internal. Kondisi batas fan, radiator, dan *porous jump* digunakan untuk memodelkan fan, radiator, atau media berpori di tengah-tengah aliran, dengan tujuan agar tidak perlu dibuat model fan atau radiator, cukup dengan

menentukan kenaikan tekanan yang terjadi setelah melewati alat tersebut.

4. *Dynamic Mesh*

Parameter pemodelan *mesh* dinamis atau bergerak menggunakan *dynamic mesh*. *Smoothing*, *layering*, dan *remeshing* adalah parameter pada pemodelan mesh dinamis.

a. *Smoothing*

Smoothing berfungsi menyesuaikan *mesh* suatu zona dengan batas bergerak atau deformasi, dan node *interior* mesh bergerak, akan tetapi jumlah node dan konektivitasnya tidak berubah.

b. *Layering*

Zona mesh prismatic seperti *hexahedral* bisa menggunakan *layering* dinamis untuk menambah atau mengurangi lapisan sel yang berdekatan dengan batas bergerak, berdasarkan ketinggian lapisan yang berdekatan dengan permukaan bergerak. Lapisan sel yang berdekatan dengan batas bergerak dibagi atau digabung dengan lapisan sel disebelahnya berdasarkan ketinggian dari sel dalam lapisan.

c. *Remeshing*

Remeshing adalah pemodelan dynamic mesh yang digunakan pada mesh segitiga atau tetrahedral. Pergerakan mesh pada metode *remeshing* mirip seperti pegas.

5. *Solution Methods*

a. *Semi Implicit Method For Pressure Linked Equation (SIMPLE)*

Simple diaplikasikan pada skema kasar dan masih sederhana.

b. *SIMPLE Consistent (SIMPLEC)*

Simplec dapat mempercepat konvergen untuk kasus yang sederhana, misalnya aliran laminar dengan bentuk geometri yang tidak terlalu kompleks.

c. *Pressure Implicit With Splitting of Operators (PISO)*

PISO berfungsi untuk aliran transien atau kasus dengan *mesh* yang mengandung *skewness* yang tinggi. Untuk meningkatkan efisiensi perhitungan, metode piso menggunakan dua faktor koreksi tambahan, yaitu *neighbor correction* dan *skewness correction*. *Skewness correction* merupakan proses penghitungan ulang untuk gradien koreksi tekanan yang berfungsi untuk memperbarui koreksi fluks massa.

Neighbor correction merupakan proses iterasi yang disebut sebagai koreksi momentum. Dengan tambahan *neighbor correction* maka *Control Processing Unit (CPU)* pada computer mengalami penambahan waktu untuk melakukan proses solver iterasi, akan tetapi akan menurunkan nomor iterasi yang dibutuhkan untuk mencapai konvergensi. Untuk aliran transien atau kasus dengan *mesh* yang mengandung *skewness* tinggi.

d. *Coupled*

Coupled digunakan berdasarkan hasil gabungan tekanan *solver* (konvergensi lebih cepat dari *segregated*).

e. *Least Squared Cell Based*

Least squared cell based diaplikasikan untuk persamaan konversi massa, momentum, energi, serta besaran *scalar* lainnya seperti turbulen dan reaksi kimia.

f. *Green-Gauss Cell Based*

Green-gauss cell based untuk menghitung jumlah *cell* sehingga tidak diperlukan waktu yang terlalu lama, tetapi hasil simulasi kurang akurat.

g. *Green-Gauss Note Based*

Green-gauss note based untuk perhitungan berdasarkan jumlah note dengan menggunakan rata-rata dalam *cell* yang mendefinisikan simpul tersebut.

h. *Body Force Weighted*

Body force weighted digunakan ketika gaya badan (*body force*) tinggi, misalnya pada kasus konveksi bebas dengan bilangan *Raleigh* yang besar, aliran dengan pusaran yang tinggi..

i. *First Order Upwind*

First order upwind merupakan skema interpolasi yang paling ringan dan cepat mencapai hasil konvergen tetapi ketelitian orde satu.

j. PRESTO!

PRESTO digunakan untuk aliran dengan pusaran yang tinggi, aliran yang melibatkan media berpori, aliran dalam saluran tertutup.

k. *Second Order Upwind*

Second order upwind menggunakan persamaan yang lebih teliti hingga orde dua, sangat baik digunakan untuk *mesh* tri/tet dimana arah aliran tidak sejajar dengan *mesh*, tetapi metode interpolasi yang digunakan rumit dan lebih lambat mencapai konvergen.

l. *Quadratic Upwind Interpolation (QUICK)*

QUICK digunakan untuk *mesh* quad/hex dan *hybrid*, namun jangan digunakan untuk elemen *mesh* tri, dengan aliran fluida yang berputar. Ketelitian mencapai orde 3 pada ukuran *mesh* yang seragam.

6. *Solution Initialization*

a. *Hybrid Initialization*

Hybrid initialization digunakan untuk memberikan perhitungan yang cepat dari suatu aliran dengan metode yang ada dan menyelesaikan persamaan *laplace* untuk menentukan bidang kecepatan dan tekanan. Seluruh variabel lainnya, seperti suhu, turbulensi, jenis fraksi, volume fraksi dihitung secara otomatis berdasarkan nilai rata-rata domain atau menggunakan metode interpolasi tertentu.

b. *Standard Initialization*

Standard Initialization memilih berdasarkan kondisi batas “*compute from*” agar secara otomatis mengisi nilai inisialisasi dengan nilai-nilai yang ditentukan pada batas *inlet* dan *outlet*.

3. *Post Processing*

Post Processing merupakan tahapan atau langkah akhir dari simulasi CFD. Pada tahap ini dilakukan pengambilan dan pengolahan data berupa gambar, kurva, dan animasi. Dilakukan menggunakan *software CFD* itu sendiri ataupun menggunakan *software* lain khusus untuk *post processing*.

2.2.3 *ANSYS Fluent*

Fluent merupakan jenis program CFD yang menggunakan metode elemen hingga dan juga menyediakan fleksibilitas *mesh* yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan *mesh* yang tidak terstruktur sekalipun dengan cara yang relatif mudah. *Fluent* mempunyai beberapa jenis *mesh* yaitu *triangular* dan *quadrilateral* pada 2 dimensi sedangkan pada 3 dimensi terdapat *tetrahedral*, *hexahedral*, *pyramid*, *wedge* dan *mesh* campuran (*hybrid*). Menggunakan *fluent* memungkinkan untuk memperhalus atau memperbesar ukuran *mesh*. *Fluent* sering digunakan karena mempunyai kelebihan seperti :

1. Mudah untuk digunakan.
2. Model yang nyata.
3. Model meshing yang efisien.
4. Penyajian hasil cepat.
5. Akurasi data yang mendekati kondisi nyata.