**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

# 2.1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan penelitian yang relevan, pengertian & bagian - bagain dari pembangkit listrik tenaga angin, pengertian turbin angin dan CFD.

# 2.2 PENELITIAN YANG RELEVAN

Adapun penelitian yang terkait antara lain :

1. Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Savonius Type L (Bayu Mahendra, Rudy Soenoko dan Djoko Sutikno, 2013). Hasil pengujian dan pengolahan data menunjukkan bahwa jumlah sudu berpengaruh pada unjuk kerja turbin angin *savonius type L*. Unjuk kerja paling tinggi didapat pada turbin dengan jumlah sudu 3. Pada kecepatan angin 7 m/s diperoleh BHP 0.267 watt, torsi 0.00398 Nm, dan efisiensi 10.20 %. Pada kecepatan 5 m/s. Hal ini dikarenakan pada turbin *savonius type* L sudu 3 mempunyai jarak antara sudu yang satu dengan lainnya terhadap poros sudu turbin mempunyai kerenggangan yang menjadikan aliran dapat mengalir dan menerpa sudu dibelakang poros dan ini akan meningkatkan gaya momen serta mengurangi gaya hambat negatif pada sudu sehingga aliran turbulensi yang terdapat pada turbin tersebut relatif kecil. Unjuk kerja paling rendah didapat pada turbin dengan jumlah sudu 4. Pada kecepatan angin 7 m/s diperoleh BHP 0.191 watt, torsi 0.00320 Nm, dan efisiensi 4.95 %. Hal ini dikarenakan pada turbin

*savonius type L* sudu 4 mempunyai nilai daya poros terendah dibanding jumlah sudu yang lain hal ini dikerakan dengan bertambahnya jumlah sudu berat dariturbin juga akan bertambah sehingga membutuhkan gaya dorong yang lebih besar.

1. Analisa Pengaruh Geometri dan Jumlah Sudu Terhadap Performa *Wells Turbine* (Bagus Prasetio, Deddy Chrismianto dan Muhammad Iqbal, 2015). Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada setiap variasi pada wells turbine dengan profil sudu NACA 0010, NACA 0015, NACA 0020, dan NACA 0025 dan jumlah sudu 6 dan 8, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Nilai tekanan gelombang tertinggi didapat pada waktu 3,94 detik, sebesar 22.665,6 N/m2 dengan simulasi yang dilakukan selama 40 detik. Nilai kecepatan udara tertinggi yang melewati ducting didapat pada waktu 18,37 detik, sebesar 32,13 m /s dengan simulasi yang dilakukan selama 20 detik. Dari hasil analisa pada variasi turbin didapatkan :
2. Nilai gaya tangensial tertinggi dimiliki turbin NACA 0025 dengan jumlah sudu 8 pada kecepatan aliran udara 32,13 m /s , sebesar 15,09 N.
3. Nilai Torsi tertinggi dimiliki turbin NACA 0025 dengan jumlah sudu 8 pada kecepatan aliran udara 32,13 m /s , sebesar 36,21 Nm.
4. Nilai Daya tertinggi dimiliki turbin NACA 0025 dengan jumlah sudu 8 pada kecepatan aliran udara 32,13 m /s , sebesar 3,64 kW.
5. Nilai Efisiensi tertinggi dimiliki turbin NACA 0025 dengan jumlah sudu 8 pada kecepatan aliran udara 32,13 m /s , sebesar 64%.
6. Pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal (Firman Aryanto, I Made Mara dan Made Nuarsa, 2013)

Dari rangkaian penelitian yang telah dilakukan bisa ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar arus (I) dan tegangan (V) maksimum yang terjadi pada Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) terjadi pada kecepatan maksimum 4m/s dengan jumlah blade 5, yaitu arus (I) 0.0298 A dan tegangan(V) = 2.80 volt.
2. Putaran yang dihasilkan pada turbin angin sumbu horizontal dengan jumlah blade 5 lebih baik bila dibandingkan dengan jumlah blade 3,4,dan 6. Semakin besar kecepatan angin maka putaran yang dihasilkan juga semakin besar.
3. Daya Alternator maksimum yang dihasilkan oleh turbin angin pada kecepatan 4 m/s dengan jumlah blade 3 adalah P alternator 0.0358 watt pada putaran 445.63 rpm, jumlah blade 4 adalah P alternator 0.0565 watt pada putaran 499.5 rpm, jumlah blade 5 adalah P alternator 0.0833 watt pada putaran 538.60, dan jumlah blade 6 adalah P alternator 0.0520 watt pada putaran 467.83.
4. Turbin angin poros horizontal memiliki Efisiensi system (ƞ) maksimum 3.07% dengan jumlah blade 5 pada kecepatan 4 m/s, sedangkan untuk TSR maksimum λ= 2.11 pada jumlah blade 5 dengan kecepatan 4 m/s.
5. Unjuk kerja turbin yang dihasilkan pada keceptan maksimum 4 m/s dengan jumlah blade 5 lebih baik bila dibandingkan jumlah blade yang lainnya.

# 2.3 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Dari studi pada tempat yang berpotensi menunjukkan bahwa memungkinkan pengembangan PLTB di Indonesia dengan kapasitas skala sedang maupun besar. Berikut data dari hasil studi angin dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Table 2.1 Hasil studi potensi angin di Indonesia

(BPS, 2016)

|  |  |
| --- | --- |
| Tempat Studi | Kecepatan Angin Rata-Rata (m/s) |
| Baron, DIY | 6,13 |
| Lebak, Banten | 5,58 |
| Nusa Penida, Bali | 2,73 |
| Oelbubuk, NTT | 6,1 |
| Bantul, DIY | 4 |
| Sukabumi, Jawa Barat | 6,27 |
| Purworejo, Jawa Tengah | 5,16 |
| Garut, Jawa Barat | 6,57 |
| Sidrap, Sulawesi Selatan | 6,43 |
| Joneponto, Sulawesi Selatan | 7,96 |
| Selayar, Sulawesi Selatan | 4,6 |

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat diasumsikan bahwa beberapa daerah di Indonesia mempunyai rata – rata kecepatan angin antara 4 m/s – 7 m/s.

## 2.3.1 Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak, disebabkan beberapa adanya perbedaan tekanan pada atmosfer bumi. Perbedaan tekanan ini dipengaruhi oleh sinar matahari, hal ini dikarenakan pada daerah yang banyak terkena paparan sinar matahari akan memiliki temperatur yang lebih tinggi dari pada daerah yang sedikit terkena paparan sinar matahari. Pada dasarnya energi yang dihasilkan angin dapat di rumuskan sebagai berikut :

1. Energi kinetic

Udara yang memiliki massa m dan kecepatan v akan menghasilkan energi kinetic. Besarnya nilai energy kinetik dapat di hitung menggunakan persamaan 2.1 :

(2.1)

Dimana:

Ek = energi kinetic (joule)

m = massa (kg)

v = kecepatan (m/s)

1. Luas daerah sapuan angin.

Luas daerah sapuan angin adalah luas daerah yang terkena hembusan angin. Besarnya luas daerah sapuan angin dapat dicari dengan persamaan 2.2 :

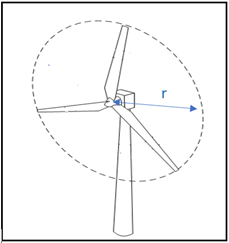
(2.2)

Dimana:

A = luas daerah sapuan angin (m2)

d = diameter lingkaran turbin/ pajang turbin (m)

r = jari-jari lingkaran turbin/ pajang turbin (m)



Gambar 2.1 Ilustrasi luas daerah sapuan angina

(Erick, 2017)

1. Debit

Volume udara per satuan waktu (debit) yang bergerak dengan kecepatan v dan melewati daerah seluas A. Besarnya nilai debit dapat di hitung menggunakan persamaan 2.3 :

Q = v A (2.3)

Dimana:

Q = debit (kg/m3)

v = kecepatan (m/s)

A = luas penampang (m2)

1. Laju aliran massa

Laju aliran massa (ṁ) adalah banyaknya aliran fluida yang di alirkan dalam satuan waktu. Besarnya nilai laju aliran massa dapat di hitung menggunakan persamaan 2.4 :

(2.4)

Dimana:

ṁ = Laju aliran masa (kg/s)

ρ = Masa jenis fluida (kg/m3)

V = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)

1. Daya angin

Daya angin adalah besaran energi yang dapat di hasilkan oleh angin pada kecepatan tertentu  yang menabrak sebuah kincir angin dengan luas bidang tertentu. Rumus daya angin ini dapat di menggunakan persamaan 2.5 :

(2.5)

Dimana:

Pw = daya angin (watt)

p = densitas udara (kg/m³)

A = luas penampang turbin (m²)

v = kecepatan udara (m/s)

Besarnya daya diatas adalah daya yang dimiliki oleh angin sebelum dikonversi atau sebelum melewati turbin angin. Dari daya tersebut tidak semuanya dapat dikonversi menjadi energi mekanik oleh turbin (Farel dan Fritz, 2013).

1. Daya Turbin

Daya turbin adalah daya yang dihasilkan oleh turbin akibat adanya angin yang menghamtan *blade* turbin sehingga *blade* turbin bergerak melingkar. Perancangan pembangkit listrik tenaga angin biasanya memiliki koefisien daya (CP) yang memiliki nilai dibawah kostanta *betz law*, dikarenakan adanya rugi-rugi seperti rugi tembaga, rugi besi, rugi *bearing*, dan lain-lain. Daya turbin dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 :

atau (2.6)

Dimana:

P = daya turbin (watt)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

T = torsi (n/m)

Cp = coefisient power adalah atau 0.60

1. Daya listrik atau daya generator

Daya generator (Pgen) adalah besaran daya elektrik yang dapat dibangkitkan oleh generator akibat berputarnya rotor generator yang di kopel dengan poros turbin. Besar daya generator ini tergantung dari efisiensi generator dan efisiensi yang ada pada transmisi mekanik (apabila menggunakan transmisi mekanik). Sehingga rumus daya yang dapat dibangkitkan oleh generator dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 :

(2.7)

Dimana:

Pgen = daya listrik / generator (watt)

V = tegangan listrik (volt)

I = arus listrik (ampere)

1. Tip speed ratio (λ)

*Tip speed ratio* (rasio kecepatan ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin tipe *drag*. *Tipe speed ratio* dihitung dengan persamaan 2.8 :

(2.8)

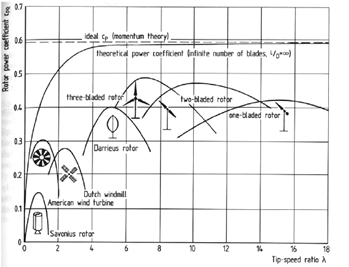
Dimana:

λ = *tip speed ratio*

d = diameter rotor (m)

n = putaran rotor (rpm)

v = kecepatan angin (m/s)



Gambar 2.2 Grafik hubungan tip speed ratio dengan koefisien daya turbin angina

(Erick, 2017)

# 2.4 TURBIN ANGIN

## 2.4.1 Turbin Angin

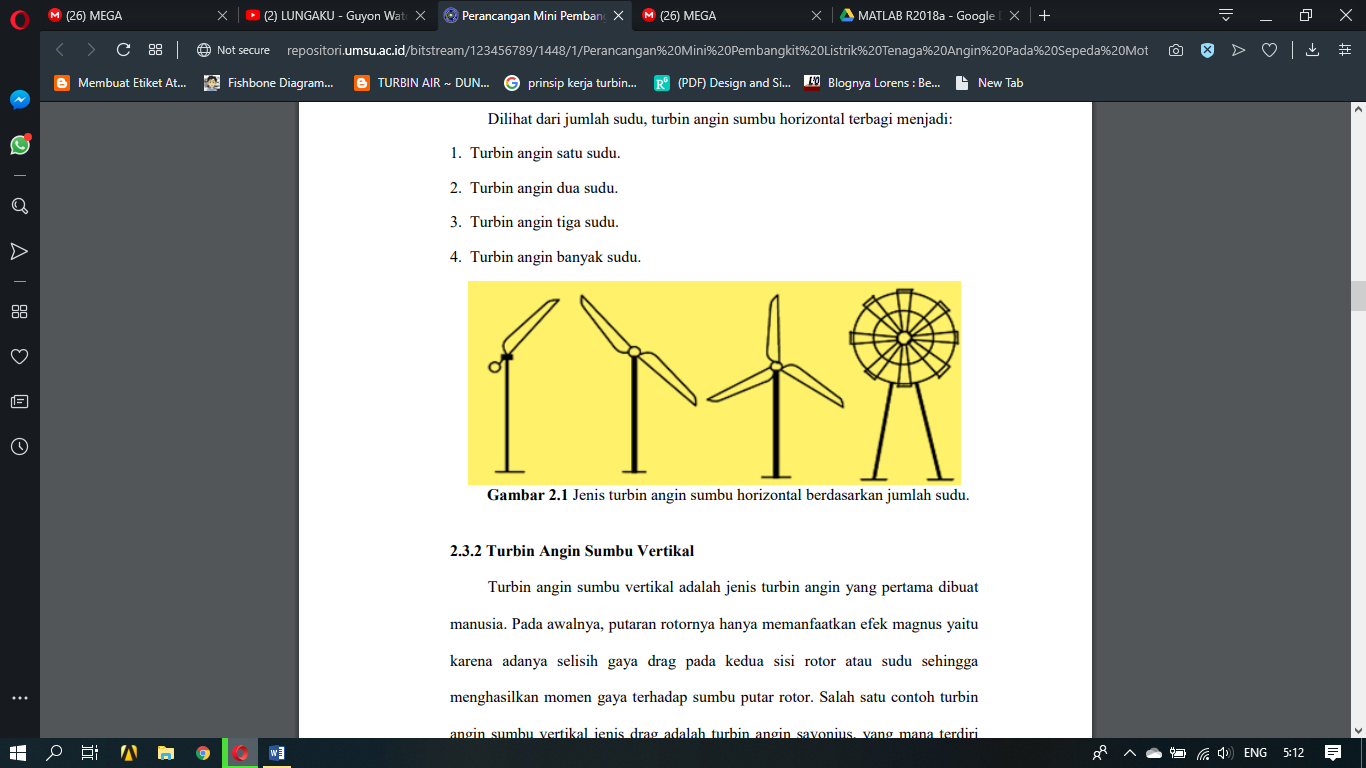
Turbin angin adalah sebuah alat yang memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubahnya kedalam bentuk energi gerak putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Energi gerak yang berasal dari angin akan diteruskan menjadi gaya gerak dan torsi pada poros generator yang kemudian akan dihasilkan energi listrik. Turbin angin adalah mesin penggerak yang memanfaatkan angin sebagai penggeraknya. Berdasarkan arah sumbu geraknya, turbin angin terbagi menjadi 2, yaitu: turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin sumbu horizontal memiliki sumbu putar yang sejajar dengan tanah. Turbin angin sumbu vertikal memiliki sumbu putar yang arahnya tegak lurus dengan tanah. Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu Turbin Angin Sumbu Mendatar (Horizontal Axis Wind Turbine) dan Turbin Angin Sumbu Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine).

## 2.4.2 Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin Angin Sumbu Horizontal Turbin angin sumbu horisontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor[11]. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah putaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin upwind (melawan arah angin). Meski 4 memiliki permasalahan turbulensi, mesin downwind (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilahbilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilahbilah itu. Dilihat dari jumlah sudu, turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi:

1. Turbin angin satu sudu.
2. Turbin angin dua sudu.
3. Turbin angin tiga sudu.
4. Turbin angin banyak sudu.

Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Jenis turbin angin sumbu horizontal berdasarkan jumlah sudu

(Andi, 2015)

## 2.4.3 Performasi *Turbine*

Performa turbin merupakan daya mekanik yang dihasilkan dari sebuah turbin. Untuk mendapatkan nilai tersebut maka data yang diperlukan adalah rpm dan torsi*.* Untuk mendapatkan performa turbin dengan tingkat efisiensi yang tinggi, maka tingkat ketelitian sangat diperlukan dalam merencanakan setiap komponen-komponen turbin.

# 2.5 CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*)

Menurut Lomax, dkk (1999) *Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah sebuah metode yang digunakan untuk memahami fenomena – fenomena fisis yang terjadi disekitar benda uji dan didalam benda uji. Fenomena – fenomena fisis tersebut antara lain disipasi, difusi, konveksi, gelombang kejut, *slip surfaces, boundary layers* dan turbulensi. Fenomena – fenomena tersebut adalah fenomena non linear, sehingga tidak memiliki solusi analitik. Hal inilah yang mendasari solusi yang dikeluarkan oleh CFD adalah solusi numeris.

Dengan menggunakan metode CFD, fenomena – fenomena fisis yang terjadi di sekitar benda uji dan didalam benda uji dapat dengan mudah dianalisis. Fenomena – fenomena tersebut sulit dideteksi dengan metode eksperimental, oleh karenanya CFD banyak digunakan untuk analisa mendetail berkaitan dengan fenomena – fenomena tersebut. Metode CFD juga mampu menekan biaya dan waktu yang diperlukan dalam menganalisis fenomena – fenomena tersebut karena metode CFD dilakukan secara komputerisasi. Menurut Lomax, dkk (1999) langkah – langkah yang harus dilakukan dalam penggunaan metode CFD di jelaskan sebagai berikut:

## 2.5.1 Pendefinisan Masalah Dan Persiapan Geometri

Pendefinisian masalah dan persiapan geometri adalah langkah mendefinisikan masalah yang akan dianalisis dan persiapan bentuk geometri dari benda uji. Bentuk geometri dari benda uji dapat berasal dari benda yang sudah ada ataupun dari rancagan. Kondisi aliran seperti nilai bilangan Reynold dari aliran yang melewati benda uji juga didefinisikan di tahap ini. Pada perangkat lunak ANSYS, tahap ini dinamakan geometri dan dikerjakan dengan menggunakan metode *design modeller*. Pada tahap *design modelar* juga bisa menggunakan gambar dari perangkat lunak lain yang di import ke *design modelar* milik ANSYS. *Design modelar* milik ANSYS sudah terkoneksi dengan perangka lunak lain seperti; Autodesk Inventor, Unit Graphic, Solid Work, dan Catia.

## 2.5.2 Pemilihan *Governing Equation* Dan *Boundary Conditions*

Pemilihan *governing equation* dan *boundary conditions* adalah langkah dalam memilih *governing equation* yang akan digunakan dan memilih *boundary condition*s yang diperlukan. *Governing equation* dalam hal ini adalah persamaan konservasi masa, momentum dan energi. Pemilihan *governing equation* dapat berupa penyederhanaan dari tiga persamaan konservasi tersebut. Pemilihan *governing equation* juga berkaitan dengan perhitungan turbulensi yang diperlukan. Perhitungan turbulensi diperlukan untuk menganalisis kasus – kasus turbulen, sehingga untuk kasus – kasus laminar tidak diperlukan perhitungan turbulensi. Pehitungan turbulensi yang disediakan oleh perangkat lunak CFD ada dua macan, yaitu: perhitungan berdasarkan *model Renolds – Average Navier – Stokes (RANS)* dan perhitungan flutuasi turbulen secara langsung. Pada perhitungan berdasarkan model RANS flutuasi turbulen diabaikan. Perhitungan ini adalah perhitungan penyederhanaan. Contoh perhitungan dengan model RANS adalah k- , k- *, Eddy-Viscosity Models* (EVM), dan *Non-Linear Eddy Viscosity Models* (NLVEM). Sementara itu, perhitungan flutuasi turbulen seara langsung memberikan hasil yang lebih akurat karena flutuasi turbulen tidak diabaikan. Contoh perhitungan flutuasi turbulen secara langsung adalah *Less Eddy Simulation (LES).* Berdasarkan Menter (2011), dasar pemilihan perhitungan turbulensi antara RANS dan LES ditunjukkan pada tabel 2.2.

Table 2.2 Dasar pemilihan perhitungan turbulensi antara RANS dan LES

(Menter, 2011)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Turbulence* | *Number of celss* | *Number of time steps* | *Number of inner loops per time step* | *Effort relatif to RANS* |
| *RANS* | 10̴6 | -102 - 103 | 1 | 1 |
| *LES* | 10̴9 | 10̴5 | 1 – 10 | -105 – 106 |

Pemilihan *boundary condition* berkaitan dengan kondisi pada batas domain yang terjadi. Berdasarkan ANSYS (2013), *boundary condition* pada domain fluida yang dipilih dapat berupa aliran masuk *(inlet),* aliran keluar *(outlet),* bukaan (*opening),* *wall,* dan *symmetry plane*. *Boundary condition* berupa *inlet, outlet* dan *opening* biasanya digunakan pada sisi masukan dan keluaran domain yang diuji. Penjelasan lebih lanjut mengenai ketiga *boundary condition*s tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Inlet*

Parameter yang dapat digunakan pada *boundary condition* berupa *inlet* adalah kecepatan, laju aliran massa *(mass flow rate),* dan tekanan. Jika parameter berupa kecepatan digunakan pada *boundary condition* ini, maka aliran akan diijinkan keluar dari domain jika dalam perhitungan ANSYS CFX-*Solver* menemukan aliran keluar yang melalui batas domain ini. Jika parameter yang digunakan adalah laju alir masa dan tekanan, maka air hanya akan diijinkan masuk kedalam domain dan tidak diijinkan keluar dari domain, sehingga ANSYS CFX-*Solver* akan membentuk *artificial walls* untuk mencegah aliran keluar dari domain melewati batas domain.

1. *Outlet*

Sama halnya seperti *boundary condition* berupa *inlet,* parameter yang dapat digunakan pada *boudary condition* berupa *inlet* adalah kecepatan, laju alir massa *(mass flow rate),* dan tekanan. Jika parameter berupa kecepatan digunakan pada *boundary condition* ini, maka aliran akan diijinkan keluar dan juga akan diijinkan masuk ke dalam domain jika dalam perhitungan ANSYS CFX-*Solver* menemukan aliran masuk yang melalui batas domain ini. Jika parameter yang digunakan adalah laju alir massa dan tekanan, maka air hanya akan diijinkan keluar dari domain dan tidak diijinkan masuk kedalam domain, sehingga ANSYS CFX-*Solver* akan membentuk *artificial walls* untuk mencega aliran masuk kembali ke dalam *domain* melewati batas *domain.*

1. *Opening*

*Boundary condition* ini digunakan jika informasi tekanan diketahui sementara informasi arah aliran yang melalui batas domain tidak diketahui. Informasi tekanan yang dimasukkan sebagai parameter masukan pada *boundary condition* ini akan dianggap sebagai tekanan total jika dari hasil perhitungan didapatkan arah aliran yang memasuki domain. Sementara jika dari hasil perhitungan didapatkan arah aliran yang memasuki domain, maka informasi tekanan yang dimasukkan akan dianggap sebagai tekanan statis. ANSYS CFX*-Solver* akan memberikan saran untuk mengganti *boundary condition* berupa outlet menjadi opening jika dalam perhitungan ANSYS CFX-Solver membentuk *artificial walls* pada *boundary condition* berupa *oulet.* *Artificial walls* akan menyebabkan masalah jika menutupi semua batas domain, karena ANSYS CFX-*Solver* tidak akan bisa membaca level tekanan yang terjadi pada domain.

Di dalam melakukan simulai dengan menggunakan *computional fluid dynamic* ( CFD)penentuan *boundary conditian* bisa mempengaruhi hasil dari proses simulasi.

*Boundary condition* di aplikasikan pada sisi masuk *(inlet)* dan di sisi keluar *(outlite).* Berdasarkan ANSYS (2013), terdapat 5 tipe *boundary condition* berdasarkan ketahanannya *(robustness*) dalam perhitungan, yaitu bisa dilihat pada Tabel 2.3 :

Table 2.3 Boundary condition

(Ansys, 2013)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| NO | KETAHANAN | *BOUNDARY CONDITION* | |
| *INLET* | *OUTLET* |
| 1 | Paling tahan | Kecepatan aliran | Tekanan statis |
| 2 | Tahan | Tekanan total | Laju aliran masa |
| 3 | Sensitif | Tekanan totat | Tekanan statis |
| 4 | Sangat tidak handal | Tekanan statis | Tekanan statis |
| 5 | Tidak mungkin | - | Tekanan total |

## 2.5.3 Pemilihan *Gridding Strategy* Dan Metode Numeris

Pemilihan *gridding strategy* dan metode numeris adalah langkah dalam memilih model pencacahan benda uji atau biasa disebut sebagai *mesh*. Pada ANSYS CFX 15.0, berbagai metode strategi dalam *meshing* adalah *tetrahedrons, hex dominant, sweep*, dan *multizone.* Metode numeris dalam CFD antara lain *finite-difference, finite-volume, finite-element,* dan sebagainya. Berdasarkan ANSYS (2013), ANSYS CFX menggunakan metode *finite-volume.* Hal ini karena analisa ANSYS CFX berdasarkan *mesh* yang merupakan *finite-volume.*

## 2.5.4 Penilaian Dan Interpretasi Hasil

Penilaian dan interpretasi hasil, adalah langkah saat hasil simulasi yang dilakukan dengan metode CFD didapatkan dan dianalisis. Pada langkah ini, biasanya terdapat visualisasi dari aliran yang dianalisa. Pada tahap ini pula dilakukan verifikasi dengan kondisi yang sebenarnya agar data yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Urutan langkah - langkah tersebut tidak mutlak, karena pada perangkat lunak ANSYS, langkah kedua dan langkah ketiga saling bertukar tempat, sehingga, pemilihan *gridding strategy* dilakukan lebih dahulu sebelum melakukan pemilihan *governing equation* dan *boundary layer.*