

KARAKTERISTIK POLA ALIRAN PADA *AIRFLOW* RDA *GOON 528* DAN *TWISTED MESSES 24 (CLONE)* PADA *PERSONAL VAPORIZER* DENGAN MENGGUNAKAN STUDI NUMERIK *SOFTWARE ANSYS FLUENT 19.2*

Gilang Rachmad Dwi Putra

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: gilangputra@mhs.unesa.ac.id

A. Grummy Wailanduw

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: grummywailanduw@unesa.ac.id

Abstrak

Merokok merupakan kebutuhan yang sudah dijadikan sebagai gaya hidup sebagian orang. Rokok konvensional sudah menjadi kebutuhan primer bagi para perokok aktif. Dalam era digital ini rokok konvensional sudah tersaingi oleh rokok elektrik. Rokok elektrik atau *Personal Vaporizer* kini menjadi tren baru dikalangan perokok aktif. Didalam rokok elektrik terdapat bagian yang disebut *RDA (Rebuildable Drip Atomizer)*, yang berfungsi sebagai tempat pembakaran kapas dan liquid yang dipanaskan oleh coil sehingga dapat menghasilkan uap (*vapor*). Pada setiap *RDA* dari berbagai merek yang diproduksi di pasaran memiliki bentuk geometri lubang *airflow* yang berbeda-beda. Karakteristik dari bentuk lubang pada setiap *RDA* tersebut akan menghasilkan pola aliran yang berbeda-beda. Memvariasikan bentuk geometri lubang *airflow* pada *RDA GOON 528* dan *Twisted Messes 24* diperkirakan akan memiliki pengaruh pada pola aliran yang terjadi didalamnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengetahui hasil karakteristik pola aliran udara yang terbaik dari pengaruh perbedaan bentuk geometri lubang *airflow* kedua *RDA* yang berbeda terhadap pola aliran yang terjadi. Penelitian ini, menggunakan model objek dengan dimensi yang sama seperti ukuran aslinya. Perbedaan bentuk geometri lubang *airflow* menjadi variasi terhadap hasil pola aliran yang akan terjadi. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode simulasi 3-D pada kondisi *steady* menggunakan software *CFD (Computational Fluid Dynamics)* yaitu *ANSYS FLUENT 19.2*. *Mesh* yang digunakan model tetrahedron (default), namun pada bagian bodi *RDA* dirubah sifatnya menjadi solid dan bagian yang berongga didalamnya di fill dan dirubah sifatnya menjadi fluid. Model viscous yang digunakan k-epsilon realizable dengan variasi Reynolds Number 1000. Data hasil yang dianalisa adalah data visual berupa data *Velocity via Vector, Velocity Streamlines, Velocity Contour, Pressure Contour* dan data perhitungan Kerugian Head (Head Loss). Hasil dari penelitian yang didapatkan dari memvariasikan perbedaan bentuk geometri lubang *airflow* adalah bentuk geometri lubang *airflow* pada *RDA GOON 528* dapat menyebabkan kecepatan aliran yang lebih kecil dan tekanan yang lebih besar serta kontur kecepatan yang lebih pendek pada sisi daerah inlet, sedangkan pada daerah outlet kecepatan menjadi lebih besar dan tekanan menjadi lebih kecil. Hal ini dikarenakan bentuk geometri lubang luasan inlet pada *RDA GOON 528* lebih besar dibandingkan dengan *RDA Twisted Messes 24*. Hal ini terjadi sebaliknya pada *RDA Twisted Messes 24*.

Kata Kunci: Simulasi, geometri lubang *airflow*, Karakteristik pola aliran, *RDA*.

Abstract

Conventional smoking is a primary need that has been used as a lifestyle for some people. In this digital era, conventional cigarettes have been rivaled by electric cigarettes or Personal Vaporizers, which are now a new trend among smokers. On the personal vaporizer there is a section called the RDA (Rebuildable Drip Atomizer). Each RDA on the market has a different airflow hole geometry. The purpose of this study was to analyze and determine the results of the characteristics of the airflow pattern from the different geometric shapes of the airflow holes of the two RDAs on the flow pattern that occurred. In this study, the difference in the geometric shape of the airflow hole becomes a variation on the results of the flow pattern that will occur. The research method used is a 3-D simulation method at steady conditions using CFD (Computational Fluid Dynamics) software, namely ANSYS FLUENT 19.2. The mesh used is a tetrahedron model (default), the hollow part in it is filled and changed to be fluid. The viscous model used is k-epsilon realizable with a Reynolds Number 1000 variation. The results data analyzed are visual data in the form

of Velocity Vector, Velocity Streamlines, Velocity Contour, Pressure Contour and data for calculating Head Loss. The results of the research obtained are the geometric shape of the airflow hole on the RDA GOON 528 can cause a smaller flow velocity and greater pressure and a shorter velocity contour on the side of the inlet area, while in the outlet area the velocity becomes larger and the pressure becomes smaller. This is because the geometric shape of the inlet area of the RDA GOON 528 is larger than that of the RDA Twisted Messes 24. This is the opposite for the RDA Twisted Messes 24.

Keywords: Numerical Simulation, Geometry of airflow, Characteristics of flow patter, RDA.

PENDAHULUAN

Pada saat ini, merokok merupakan salah satu faktor gaya hidup utama yang berpengaruh pada kesehatan manusia. Sebagian besar, perokok aktif menjadikan rokok konvensional sebagai kebutuhan primer untuk menghilangkan rasa penat dan sekedar menghilangkan rasa masam pada mulut. Perokok aktif dalam jangka waktu yang lama mempunyai prevalensi tinggi terhadap berbagai macam penyakit seperti *Atherosclerosis*, *chronic obstructive pulmonary disease (COPD)*, *Bronchitis*, *Tuberculosis*, dan *e-cigarette or vaping product use associated lung injury (EVALI)*, penyakit yang baru-baru ini muncul disebabkan karena penggunaan vaping yang terlalu lama. Meningkatnya prevalensi merokok di negara-negara berkembang termasuk Indonesia menyebabkan masalah rokok semakin serius.

Personal Vaporizer (PV) adalah rokok elektrik yang memberikan solusi kepada para perokok aktif rokok konvensional untuk memberikan pilihan dalam menjamin kesehatan yang lebih baik (Hajek et al, 2019). Dalam hal ini, para perokok rokok konvensional dihimbau agar menggantikan kebiasaan merokok menggunakan rokok konvensional menjadi rokok elektrik agar lebih baik. *Personal Vaporizer* atau *Vape*. Secara umum sebuah rokok elektrik terdiri dari 3 bagian yaitu : *Mod* (bagian yang berisi baterai), *Atomizer* (bagian untuk memanaskan dan menguapkan larutan kimia dan nikotin) dan *Battery* (baterai), serta *Liquid* (larutan kimia) yang digunakan sebagai bahan bakar proses penguapan.

Para pengguna rokok elektrik yang sebelumnya menggunakan rokok konvensional dan berpindah ke rokok elektrik merasakan perubahan dari kajian segi kesehatan, yaitu menjadi lebih baik daripada menggunakan rokok konvensional. Perubahan lainnya juga terlihat pada para pengguna rokok elektrik, yaitu semakin banyaknya para pengguna rokok elektrik yang menggunakan *Atomizer* tipe RDA untuk mendapatkan sensasi rasa liquid yang diinginkan. Dalam kajian penggunaan *Personal Vaporizer*, *Atomizer* dibagi menjadi 3 jenis yaitu *Atomizer* tipe RDA (*Rebuildable Drip Atomizer*), RTA (*Rebuildable Tank Atomizer*), dan RDTA (*Rebuildable Drip Tank Atomizer*). Para pengguna *Personal Vaporizer* yang menggunakan *Atomizer* tipe RDA merasakan bahwa rasa dari liquid yang dihasilkan lebih berasa jika dibandingkan dengan

menggunakan RTA ataupun RDTA, karena *Atomizer* tipe RDA memiliki bentuk ruangan (*chamber*) yang besar sehingga sirkulasi aliran udara dapat mengalir masuk dan keluar dengan baik tanpa adanya banyak hambatan.

Beberapa produk RDA yang dijual di pasaran Indonesia ada berbagai macam, mulai dari jenis RDA khusus pengguna rokok konvensional (*Mouth To Lunge*), RDA khusus kompetisi uap (*Cloud Chasing*), sampai RDA bagi penyuka rasa liquid (*Flavor 3 Chasing*). Dari berbagai macam perbedaan jenis-jenis RDA tersebut, penelitian ini menggunakan RDA tipe *flavor chasing* (rasa) dimana salah satu yang membedakannya adalah dari segi desain.

Desain merupakan perbedaan utama yang membuat karakteristik dari setiap jenis RDA berbeda-beda, mulai dari volume uap yang dihasilkan, kenikmatan hingga rasa. Salah satu yang mempengaruhi setiap perbedaan dari karakteristik desain pada RDA adalah lubang *airflow* pada RDA tersebut, yang terletak pada bagian samping RDA (*barrel*) yang menutupi sekeliling RDA. Desain lubang *airflow* ini memiliki berbagai macam bentuk geometri, mulai dari lingkaran, silinder elips, segitiga, pipih, sampai segiempat.

Sistem cara kerja RDA yaitu sama seperti aliran fluida yang mengalir pada saluran pipa bercabang bentuk T dengan aliran pertemuan, dimana fluida yang masuk melalui 2 saluran *horizontal (inlet)* yang saling bertemu pada titik tengah percabangan dan keluar melalui saluran *outlet* yang tegak lurus dengan saluran *inlet*. Pada sistem mekanisme RDA, udara masuk melalui lubang *airflow (inlet)* yang terletak pada sisi *barrel* yang saling berhadapan dan keluar melalui lubang *driptip (outlet)* yang kita hisap menggunakan mulut sehingga uap masuk kedalam rongga mulut.

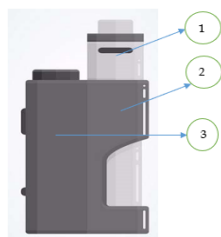
Pada Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nimadge and Chopade (2017) dalam penelitiannya, Analisa CFD pada aliran yang melalui pipa bentuk T menjabarkan tentang Penelitian yang dilakukan dengan 2 metode yaitu Eksperimen dan simulasi CFD, menggunakan fluida air pada suhu kamar untuk sambungan T dengan variasi aliran di dalam sambungan T pada kasus pertama sudut belokan antara inlet dan outlet pertama adalah 180° dan untuk outlet kedua adalah 90°. Dalam kasus kedua sudut belokan untuk kedua outlet adalah 90° sehubungan dengan inlet. Disimpulkan bahwa Kecepatan dan tekanan aliran cenderung menurun setelah melewati saluran pipa

sambungan T, kecepatan aliran meningkat dengan menurunkan diameter pada pipa sambungan T. Dengan membandingkan hasil penelitian dengan literatur, ditemukan bahwa pada pipa sambungan T sudut belokan 90°, head loss dapat berkurang jika mengubah dengan menurunkan sudut putarannya. Dan dari hasil penelitian ini, setelah eksperimen dan simulasi perangkat lunak CFD, dapat disimpulkan bahwa Kehilangan energi dapat berkurang dengan mengurangi sudut dari pipa sambungan T.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis data dan mengetahui hasil karakteristik pola aliran udara yang terbaik dari pengaruh perbedaan geometri lubang *airflow* bentuk lingkaran dan silinder elips terhadap aliran udara yang terjadi (*velocity contour, pressure contour, velocity streamline, velocity vector dan Head Loss*) di dalam RDA GOON 528 dan *Twisted Messes* 24 menggunakan *software ANSYS 19.2*, serta dapat mengetahui nilai Kerugian *Head (Head Loss)* dari perbedaan bentuk geometri lubang *airflow* RDA GOON 528 dan *Twisted Messes* 24 (*Clone*).

Definisi Personal Vaporizer

Personal vaporizer atau Vape atau yang lebih dikenal dengan Vapor adalah rokok elektrik. Rokok elektrik ini adalah suatu perangkat dengan tenaga baterai yang menyediakan dosis nikotin cair dan memberikan efek yang sama seperti merokok konvensional, yaitu candu. Pada dasarnya vapor atau vape adalah hasil penguapan dari cairan (liquid) yang diteteskan ke kapas dan dipanaskan oleh kawat coil yang dialiri arus listrik DC (Direct Current) oleh baterai. Vape sendiri dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu:



- Keterangan :
1. Atomizer
 2. Mod
 3. Battery (didalam Mod)

Gambar 1 Personal Vaporizer

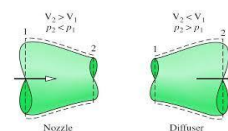
Defisini Fluida

Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar. Udara tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, udara akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir.

Dengan demikian kedua-duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida. (Olson dan Wright, 1990)

Persamaan Dasar

- *Nozzle* dan *Diffuser*
Nozzle adalah alat untuk meningkatkan kecepatan fluida dan menurunkan tekanan. *Diffuser* adalah kebalikan dari *nozzle* yaitu sebuah alat untuk menaikkan tekanan dan menurunkan kecepatan fluida. Luas penampang *nozzle* mengecil dengan arah aliran dan sebaliknya luas penampang *diffuser* membesar dengan arah aliran fluida. Kecepatan yang terjadi dalam *nozzle* dan *diffuser* adalah sangat besar, sehingga perubahan energi kinetik tidak bisa diabaikan. Pada umumnya perbedaan ketinggian ketika fluida mengalir melalui *nozzle* dan *diffuser* adalah kecil, sehingga perubahan energi potensial dapat diabaikan.



Gambar 2 *Nozzle* dan *Diffuser*

- *Persamaan Bernoulli*

$$\left(\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1\right) = \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2\right) \dots \dots \dots$$
 (Fox and Mc. Donald, 2011:254)
 Atau

$$\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = \text{konstan}$$

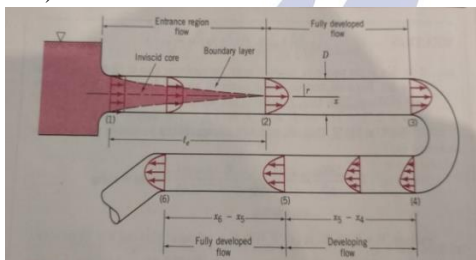
 Dengan,
 P_1 = Tekanan pada *section* 1 (kg/m.s²)
 V_1 = Kecepatan pada *section* 1 (m/s)
 Z_1 = energi potensial
 P_2 = Tekanan pada *section* 2 (kg/m.s²)
 V_2 = Kecepatan pada *section* 2 (m/s)
 Z_2 = energi potensial
 g = gravitasi bumi (9,8 m/s²)
 ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
- *Persamaan Kontinuitas*
 $-\rho_1 A_1 V_1 + \rho_2 A_2 V_2 = 0 \dots \dots \dots$ (Finnemore and Joseph, 2002:109)
 Keterangan:
 A_1 = Luas penampang pada pipa 1
 A_2 = Luas penampang pada pipa 2
 x_1 = Panjang lajuan x pada pipa 1
 x_2 = Panjang lajuan x pada pipa 2
 V_1 = Kecepatan yang mengalir pada pipa 1
 V_2 = Kecepatan yang mengalir pada pipa 2

Prinsip Aliran di dalam Pipa bercabang bentuk T

- *Entrance region and Fully developed flow*
 Fluida umumnya memasuki pipa dengan profil kecepatan yang hampir seragam pada bagian (1). Saat fluida bergerak melewati pipa, efek viskos

menyebabkannya menempel pada dinding pipa (kondisi lapisan batas *no-slip*). Hal ini berlaku jika fluidanya adalah udara yang relatif inviscid ataupun minyak yang sangat viskos. Jadi, sebuah lapisan batas (*boundary layer*) dimana efek viskos menjadi penting timbul di sepanjang dinding pipa sedemikian hingga profil kecepatan awal berubah menurut jarak sepanjang pipa (x), sampai fluida mencapai ujung akhir dari panjang daerah masuk, bagian (2), dimana diluar itu profil kecepatan tidak berubah lagi menurut x .

Lapisan batas semakin tebal sehingga memenuhi pipa secara menyeluruh. Efek viskos sangat penting di dalam lapisan batas. Untuk fluida di luar lapisan batas (di dalam inti inviscid/inviscid core yang mengelilingi garis sumbu dari (1) ke (2), efek viskos dapat diabaikan).



Gambar 3 Entrance lenght and Fully developed

- Kerugian Tekanan
 - a. Kerugian Tekanan *Mayor* (h_f) tergantung pada diameter pipa (d), panjang (l), viskositas (ν), kecepatan aliran (U). Analisa dimensional digunakan untuk menentukan persamaan dari parameter-parameter diatas. Persamaan yang dihasilkan disebut dengan persamaan *Darcy-Weisbach*:
 - b. Kerugian Tekanan *Minor* disebabkan oleh adanya Sambungan T, Belokan dan Katup pada pipa. Dari hasil eksperimen para ahli, fluida pada bilangan *Reynolds* yang tinggi memperlihatkan bahwa Kerugian Tekanan *Minor* adalah:

$$h_f = f \frac{lU^2}{dzg} \dots\dots\dots (\text{Munson, et al, 1990:481})$$

dimana: f = nilai koefisien gesek,

$$h_m = K \frac{U^2}{2g} \dots\dots\dots (\text{Salimin, 2017:3})$$

Dimana, h_m = Kerugian *Minor*

K = Koefisien kerugian

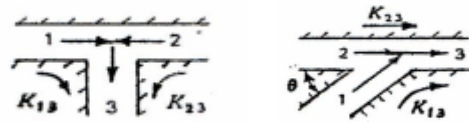
g = gravitas (9,8 m/s²)

U = Kecepatan aliran (m/s)

Sehingga, Kerugian *Head Loss Total* didalam pipa adalah penambahan antara kerugian *Mayor* dan *Minor*.

$$h_{Ltotal} = h_f + h_m \dots\dots\dots (\text{Salimin, 2017:2})$$

- Aliran Pertemuan (*Combining*)



Gambar 4 Aliran *Combining*

Kerugian *Head (Head Losses)* khusus sambungan 'T' (h_T) menurut **Salimin (2017)** :

$$h_{T1-3} = \Delta h_{1-3} - (h_{f1} + h_{f3})$$

$$h_{T2-3} = \Delta h_{2-3} - (h_{f2} + h_{f3})$$

Koefisien Kerugian (K) :

$$K_{1-3} = \frac{h_{T1-3}}{\frac{U_3^2}{2g}}$$

$$K_{2-3} = \frac{h_{T2-3}}{\frac{U_3^2}{2g}}$$

METODE

Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang dilakukan adalah simulasi numerik untuk mengetahui karakteristik pola aliran udara didalam *RDA GOON 528* dan *Twisted Messes 24 (clone)* dari perbedaan bentuk geometri kedua *RDA* tersebut.

Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian adalah model *RDA GOON 528* dan *Twisted Messes 24 (clone)* dengan ukuran sebagai berikut:

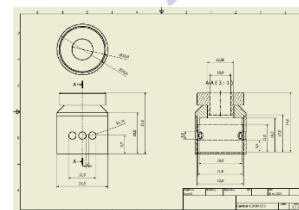


(a) *RDA GOON 528*

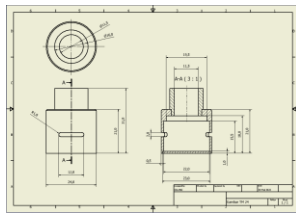


(b) *RDA Twisted Messes 24*

Gambar 5 *RDA* yang Digunakan untuk Penelitian (Sumber: dokumentasi pribadi)



(a) *RDA GOON 528*



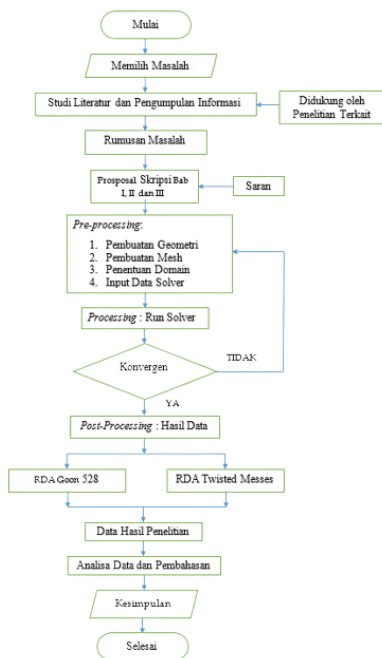
(b) RDA *Twisted Messes 24*

Gambar 6 Model RDA yang Digunakan untuk Penelitian

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variasi dari perbedaan bentuk geometri lubang *airflow* pada RDA *GOON 528* dan *Twisted Messes 24*. Reynolds Number yang digunakan untuk RDA *GOON 528* dan *Twisted Messes 24* adalah 1000.
- Variabel Terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah *velocity contour*, *pressure contour*, *velocity streamline*, *velocity vector*, *head loss*
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol yang diberikan adalah aliran *steady*, temperatur udara 28°C, dimensi kedua RDA berdiameter 24 mm, dan bagian bawah RDA diasumsikan rata.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 7 Diagram Alir Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Tahap Pre-Processing

Tahap ini merupakan tahap awal dalam membuat dan menganalisa sebuah model dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dalam tahap ini dibagi menjadi beberapa sub-tahapan yaitu:

• **Pembuatan Model / Geometri**

Pembuatan model / geometri dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Inventor 2017*. Model yang dibuat menyerupai bentuk aslinya.



(a) RDA *GOON 528* (b) RDA *Twisted Messes 24*

Gambar 8 Pembuatan Geometri RDA

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

• **Pembuatan Domain**

Pada awal tahap pembuatan domain digunakan *software ANSYS 19.2 Design Modeler*, dengan *import* geometri yang sebelumnya telah dibuat pada tahap pembuatan geometri menggunakan *software Autodesk Inventor 2017*. Model yang telah di-*import* kemudian dirubah sifatnya menjadi *solid (add material)* pada kolom *detail of body*. Setelah itu pada bagian dalam yang berongga/bagian ruang yang diteliti, diisi dengan *Fill* dan dirubah sifatnya menjadi *fluid*. Karena model RDA yang dipakai untuk simulasi hanya bagian dalam/bagian ruang RDA (yang di-*fill*), maka *inlet* terletak pada lubang *airflow* yang ada pada bagian dinding RDA dan *outlet* terletak pada bagian lubang *driptip*.



(a) Model Geometri (b) Model setelah di-*fill*
Gambar 9 Pengaplikasian Geometri pada *Ansys Design Modeler RDA GOON 528*



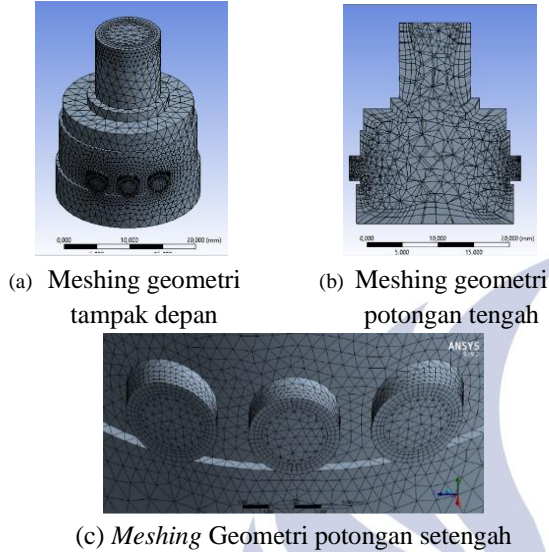
(a) Model geometri (b) Model setelah di-*fill*
Gambar 10 Pengaplikasian Geometri pada *Ansys Design Modeler RDA Twisted Messes 24*

• **Pembuatan mesh**

Proses pembuatan *meshing* dilakukan dengan menggunakan program *software ANSYS 19.2*. Digunakan jenis *mesh tetrahedron (default)*, karena bentuk tersebut dapat dengan mudah menyesuaikan bentuk geometri benda. Hasil *mesh* yang mendekati sama

atau paling cocok dengan validasi model itulah yang akan digunakan untuk proses simulasi selanjutnya.

Grid Independence Test juga digunakan untuk menentukan *grid* atau *mesh* terbaik, dapat dilihat dari hasil simulasi, efisiensi waktu komputasi dan memori yang digunakan pada saat simulasi berlangsung (*running*). Berikut adalah salah satu contoh *meshing* pada model :



(a) Meshing geometri tampak depan (b) Meshing geometri potongan tengah (c) Meshing Geometri potongan setengah

Gambar 11 Proses Meshing RDA GOON 528 bagian yang di-Fill.

Tabel 1 Parameter Mesh

Global Mesh Sizing Setting	
Display Style	Use Geometry Setting
Physics Preference	CFD
Solver Preference	Fluent
Element Order	Linear
Smoothing	Medium
Curvature Normal Angle	Default 18.0°
Inflation Layer	
Use Automatic Inflation	None
Scoping Method	Geometry Selection
Inflation Option	Smooth Transition
Maximum Layer	3
Growth Rate	0.8
Sizing	
Type	Number of Divisions
Number of Divisions	50
Behavior	Soft

• **Penentuan Solver Setting/ Set up**

Penentuan *solver* dilakukan agar kondisi pengujian mendekati kondisi sesungguhnya seperti penentuan tipe *solver* (3D), menentukan model laminar (*viscous model*), meng-input material dengan *fluid* (*air*) dan *solid* (*Aluminium & steel*), menentukan kondisi batas (*boundary condition*) dari desain yang dibuat dengan bagian lubang inlet dijadikan *velocity inlet*, bagian outlet dijadikan *pressure outlet*, bagian dinding dijadikan *wall*. *Solution control* juga diatur dalam penentuan *solver*.

Penentuan metode maupun material *solver* yang akan digunakan untuk *running model* simulasi harus disesuaikan dengan validasi model, sehingga hasil dari *running* nantinya hampir menyerupai kondisi aslinya.

Tabel 2 Solver Setting

Simulation		
Pressure-Velocity Coupling		
Scheme	SIMPLE	
Boundary Condition		
Velocity Inlet	Reynolds Number	10 ³
	Turbulence Specification Method	Intensity and Viscosity Ratio
	Turbulence Intensity	5%
	Turbulence Viscosity Ratio	10
Pressure Outlet	Direction	Normal to Boundary
	Specification Method	Intensity and Viscosity Ratio
	Backflow Tur. Intensity	5%
	Backflow Tur. Viscosity	10
Wall zone	No Slip	
Fluid Properties	Fluid Type	Air
	Density	1,225 kg/m ³
	Kinematic viscosity	1,789.10 ⁻⁵ kg/m.s

Tahap Processing/Solving

Dengan bantuan *software* CFD ANSYS 19.2, kondisi-kondisi yang telah ditetapkan pada saat *pre-processing* akan dihitung (diiterasi). Apabila proses iterasi tercapai hasil yang konvergen dengan efisiensi waktu dalam proses *running* yang maksimal, kemudian dilanjutkan pada tahap *post-processing*. Apabila hasil iterasi tidak tercapai tahapan akan mundur ke belakang pada tahapan pembuatan *meshing* untuk memperbaiki *mesh*.

Tahap Post-Processing

Post-processing merupakan penampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang telah diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa distribusi nilai *Reynolds Number* meliputi kecepatan aliran, densitas, dll. Sedangkan data kualitatif ditampilkan secara visualisasi aliran dengan menampilkan *velocity contour*, *pressure contour*, *velocity streamlines*, dan *velocity vector*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• **Validasi Model Turbulensi**

Tabel 3 Validasi Model Viskos

Re 20092			
No	Penelitian	Kerugian Head (H _L)	Error (%)
1	Eksperimen	1,123	-
2	k-epsilon Standart	0,938	16,47373108
3	k-epsilon realizable	0,941	16,20658949
4	k-epsilon RNG	0,936	16,65182547
5	k-omega Strandart	0,936	16,65182547
6	k-omega SST	0,936	16,65182547

Perbandingan hasil iterasi simulasi CFD dengan data eksperimen pada Re 20092 telah ditunjukkan pada Tabel 3. Data hasil eksperimen menunjukkan nilai Kerugian

Head sebesar 1,123. Dari keseluruhan model viskos yang digunakan, model viskos k-epsilon Realizable memiliki nilai error paling kecil yaitu 16,20% yang mana nilai Kerugian Head sebesar 0,941. Model viskos dengan nilai error paling besar adalah k-epsilon RNG, k-omega standart dan k-omega SST yang mana memiliki nilai error yang sama yaitu sebesar 16,65% dengan nilai Kerugian Head yang sama yaitu sebesar 0,936. Menurut Tuakia (2008) Model k-epsilon memiliki tingkat kestabilan, ekonomis (dari segi komputasi) dan akurasi yang cukup memadai karena memungkinkan menentukan secara bebas dua persamaan yaitu kecepatan turbulen dan skala panjang. Model ini sering digunakan dalam simulasi fluida dan perpindahan panas. Selain itu, model ini memiliki performa yang baik untuk aliran yang melibatkan putaran, lapisan batas yang memiliki gradien tekanan yang besar, separasi dan resirkulasi. Maka model viskos yang tepat dalam simulasi CFD adalah k-epsilon Realizable.

• **Grid Independence Test**

Grid Independence Test ditujukan untuk mendapatkan grid terbaik dilihat dari jumlah nodes serta element yang digunakan, durasi waktu itersai yang dibutuhkan dalam proses pengambilan data serta pendekatan nilai H_L simulasi terhadap nilai H_L eksperimen. Dengan memvariasikan kerapatan mesh, akan mempengaruhi jumlah *nodes* dan *elements*.

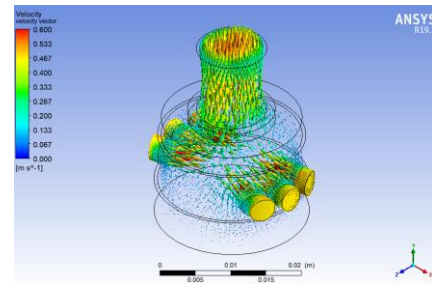
Pengujian *grid* untuk mencari komposisi jumlah nilai *nodes* serta *elements* yang paling tepat dalam proses iterasi telah ditunjukkan pada Tabel 4. Komposisi *grid* terbaik dimana persentase *error* 9,4% dengan nilai H_L 1,017 adalah *grid* ketujuh. *Grid* ketujuh memiliki *elements* dan jumlah *nodes* sebanyak 183588 dan 76563. Dilihat dari banyaknya *elements* dan jumlah *nodes* dari keseluruhan variasi *grid*, *grid* ketujuh adalah yang paling tepat untuk digunakan dalam proses iterasi untuk validasi nilai *grid*. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah *elements* serta *nodes* belum tentu nilai H_L semakin mendekati nilai validasi.

Tabel 4 Hasil *Grid Independence Test*

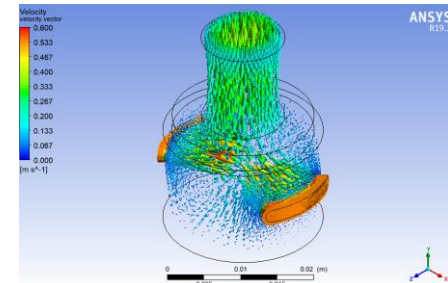
No	Elements	Jumlah Nodes	H_L	Error
1	247363	87204	0,542	51,7%
2	226948	83810	0,736	34,5%
3	209935	80980	0,842	25,0%
4	194104	78391	0,941	16,2%
5	180735	76078	1,006	10,4%
6	177487	75530	1,012	9,9%
7	183588	76563	1,017	9,4%
8	190575	77754	1,006	10,4%
9	194571	78451	0,991	11,8%

Hasil Penelitian

• **Velocity Vector**



Gambar 12 *Velocity Vector* pada RDA *GOON 528*

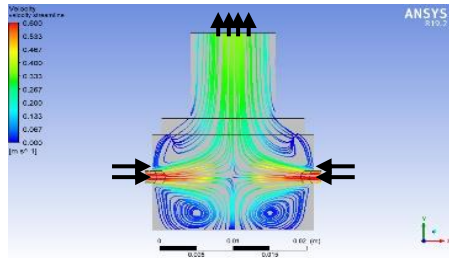


Gambar 13 *Velocity Vector* pada RDA *Twisted Messes 24*

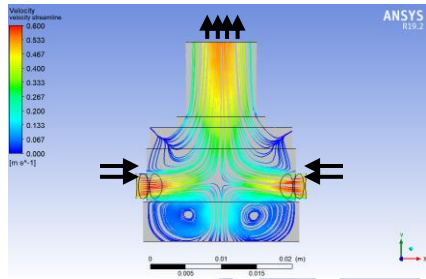
Velocity vector model RDA *GOON 528* dan *Twisted Messes 24* dengan variasi perbedaan bentuk geometri pada lubang *airflow* dengan bilangan *Reynolds* yang sama yaitu 1000 ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13. Kedua RDA diatas pada saat daerah masuk lubang *inlet*, *vector* kecepatan mampu mengalir mengikuti bentuk *contour* benda.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan bentuk geometri mempengaruhi distribusi atau laju kecepatan aliran, geometri dengan luasan *inlet* yang lebih besar pada RDA *GOON 528* membuat kecepatan lebih rendah pada bagian *inlet*, akan tetapi menghasilkan kecepatan aliran yang lebih tinggi dan tekanan yang kecil pada saat melewati bagian *outlet*. Begitu juga sebaliknya pada bentuk geometri dengan luasan *inlet* yang lebih kecil. Jumlah 6 lubang *inlet* yang berbentuk lingkaran pada RDA *GOON 528* juga menjadi faktor yang mempengaruhi besaran dan arah aliran kecepatan yang lebih rendah daripada 2 lubang *inlet* yang berbentuk silinder elips pada RDA *Twisted Messes 24*. Dapat dilihat pada RDA *GOON 528* laju kecepatan aliran udara saat masuk pada lubang *inlet* berwarna kuning dan lubang *outlet* didominasi warna hijau muda dan sedikit oranye, sedangkan pada RDA *Twisted Messes 24*, *inlet* berwarna oranye dan *outlet* berwarna hijau.

- **Velocity Streamline**



Gambar 14 Velocity Streamline pada RDA GOON 528

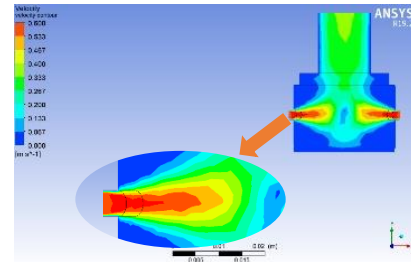


Gambar 15 Velocity Streamline pada RDA Twisted Messes 24

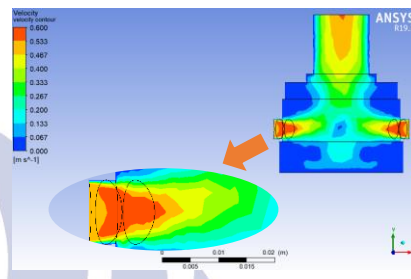
Velocity streamline model RDA GOON 528 dan Twisted Messes 24 dengan variasi perbedaan bentuk geometri pada lubang *airflow* dengan bilangan Reynolds yang sama yaitu 1000 ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15. Kedua RDA diatas pada saat melewati daerah *inlet*, *streamlines* (garis alir) mampu mengalir mengikuti bentuk kontur benda dengan profil kecepatan aliran udara laminar, selanjutnya beberapa garis alir mengalami akselerasi pada saat setelah melewati lubang *inlet*. Akan tetapi, beberapa garis alir mengalami kondisi *backflow* (pusaran aliran), dimana pada saat aliran udara masuk dan bertubrukan dengan aliran udara yang lain, aliran menjadi berputar-putar kearah pada bagian dekat *inlet* kedua RDA.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa desain geometri pada kedua RDA mempengaruhi distribusi/laju kontur kecepatan garis alir. Geometri lubang *inlet* dengan jumlah 6 buah lingkaran dan luasan yang sedikit lebih besar pada RDA GOON 528 membuat kontur kecepatan garis alir udara yg masuk menjadi lebih rendah dan menghasilkan profil kecepatan aliran yang lebih pendek serta membuat kontur kecepatan aliran balik (*backflow*) lebih banyak dan lebih tebal. Sebaliknya, bentuk geometri pada lubang *inlet* dengan jumlah 2 silinder elips membuat kontur kecepatan garis alir udara yg masuk lebih tinggi dan menghasilkan profil kecepatan garis alir yang lebih panjang serta membuat aliran *backflow* lebih tipis dan sedikit.

- **Velocity Contour**



Gambar 16 Velocity Contour pada RDA Twisted Messes 24



Gambar 17 Velocity Contour pada RDA GOON 528

Velocity contour yang ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17, model RDA GOON 528 dan Twisted Messes 24 dengan variasi perbedaan bentuk geometri pada lubang *airflow* dengan bilangan Reynolds yang sama yaitu 1000. Aliran fluida pada kedua RDA di bagian *inlet* memiliki kecepatan yang seragam dengan warna yang sama pada seluruh permukaan di bagian *inlet*, pengaruh aliran *viscous* dan *boundary layer* serta geometri lubang *inlet* pada dinding *inlet* RDA mengakibatkan perubahan profil kecepatan aliran.

RDA GOON 528 memiliki bentuk geometri 3 buah lingkaran yang sejajar, pada awal fluida udara masuk melalui lubang *inlet* memunculkan profil kecepatan fluida udara dengan kecepatan yang tinggi ditandai dengan profil kecepatan berwarna oranye cerah dengan nilai 0,53 m/s sampai 0,6 m/s dan selanjutnya aliran udara mengalami perlambatan kecepatan yang ditandai dengan profil kecepatan berwarna oranye kekuningan dengan nilai 0,46 m/s sampai 0,53 m/s.

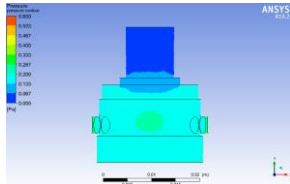
RDA Twisted Messes 24 memiliki bentuk geometri silinder elips, pada awal fluida udara masuk melalui lubang *inlet* memunculkan profil kecepatan fluida udara dengan kecepatan yang tinggi ditandai dengan profil kecepatan yang berwarna merah dengan nilai lebih dari 0,6 m/s, selanjutnya aliran udara mengalami perlambatan dengan ditandai profil kecepatan yang berwarna oranye cerah dengan nilai 0,53 m/s sampai 0,6 m/s.

Pada daerah *outlet*, aliran udara mengalir menjadi stabil dengan tekanan aliran yang rendah sehingga kecepatan pada daerah *outlet* juga mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan distribusi tekanan didalam kedua RDA menjadi lebih rendah dibandingkan pada saat masuk

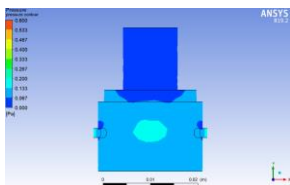
melalui lubang *inlet*. Akan tetapi, pada RDA *GOON 528* aliran kecepatan lebih tinggi pada saat keluar melewati lubang *outlet* dibandingkan RDA *Twisted Messes 24*. Dapat dilihat pada gambar 4.15 pada RDA *GOON 528* kecepatan pada saat keluar menuju daerah *outlet*, kontur warna kecepatan yang sebelumnya berwarna hijau muda berubah menjadi kuning kehijauan hingga oranye dan sedikit berwarna merah. Hal ini disebabkan karena RDA *GOON 528* memiliki tekanan yang lebih rendah pada bagian *outlet* daripada RDA *Twisted Messes 24*.

Dapat disimpulkan bahwa desain geometri lubang *inlet* pada kedua RDA mempengaruhi kontur kecepatan aliran. Geometri lubang *inlet* dengan bentuk 3 buah lingkaran pada RDA *GOON 528* mengakibatkan kontur kecepatan aliran yang lebih rendah dan panjang profil kecepatan yang terjadi lebih pendek, dibandingkan dengan bentuk geometri lubang *inlet* berjumlah 2 silinder elips pada RDA *Twisted Messes 24* yang memiliki kontur kecepatan aliran yang lebih tinggi dan panjang profil kecepatan yang lebih panjang. Sedangkan ketika pada saat aliran keluar melalui lubang *outlet* dengan tekanan yang rendah, maka dapat menimbulkan kecepatan yang tinggi. Hal ini dikarenakan luasan lubang *inlet* pada RDA *GOON 528* memiliki luasan yang lebih besar dibandingkan dengan luasan lubang *inlet* pada RDA *Twisted Messes 24*.

- **Pressure Contour**



Gambar 18 *Pressure Contour* pada RDA *GOON 528*



Gambar 19 *Pressure Contour* pada RDA *Twisted Messes 24*

Pressure contour model RDA *GOON 528* dan *Twisted Messes 24* pada Gambar 18 dan Gambar 19, dengan variasi perbedaan bentuk geometri pada lubang *airflow* dengan bilangan *Reynolds* yang sama yaitu 1000. Sesuai dengan persamaan *Bernoulli* bahwa tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan, pada gambar diatas menunjukkan bahwa RDA *GOON 528* memiliki tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan RDA *Twisted Messes 24*.

Pada daerah dinding lubang *inlet*, RDA *GOON 528* memiliki sedikit kontur warna hijau muda dengan nilai 0,26 sampai 0,33 Pa, sedangkan pada RDA *Twisted Messes 24* memiliki kontur warna biru muda dengan nilai 0,13 sampai 0,20 Pa. Hal ini disebabkan karena distribusi kecepatan aliran lebih tinggi pada bagian lubang *inlet* akibat luasan lubang yang lebih besar sehingga tekanan pada lubang *inlet* menjadi lebih tinggi. Pada daerah *outlet*, aliran udara mampu mengalir stabil kembali dengan kecepatan aliran yang rendah sehingga tekanan pada daerah *outlet* juga mengalami penurunan yang digambarkan dengan kontur warna tekanan biru tua. Hal ini dikarenakan distribusi tekanan didalam kedua RDA menjadi lebih rendah dibandingkan pada saat masuk melalui lubang *inlet*.

Dapat disimpulkan bahwa kontur tekanan pada kedua RDA memiliki kesinambungan dengan kontur kecepatan pada kedua RDA. Dimana pada saat aliran masuk melalui lubang *inlet* dengan kecepatan yang rendah, maka dapat menimbulkan tekanan yang tinggi. Sedangkan ketika pada saat aliran keluar melalui lubang *outlet* dengan kecepatan yang tinggi, maka juga dapat menimbulkan tekanan yang rendah. Hal ini juga terjadi pada sebaliknya. Desain bentuk geometri pada lubang *inlet* kedua RDA juga mempengaruhi kontur tekanan aliran. Dimana geometri lubang *inlet* dengan bentuk 3 buah lingkaran pada RDA *GOON 528* mengakibatkan kontur kecepatan aliran yang lebih rendah tetapi, memiliki kontur tekanan yang tinggi, dibandingkan dengan bentuk geometri lubang *inlet* dengan jumlah 2 silinder elips pada RDA *Twisted Messes 24* yang memiliki kontur kecepatan aliran yang lebih tinggi, tetapi memiliki kontur tekanan yang rendah. Hal ini juga dikarenakan luasan pada lubang *inlet* RDA *GOON 528* yang lebih besar dibandingkan dengan luasan lubang *inlet* pada RDA *Twisted Messes 24*.

- **Kerugian Head**

Tabel 5 Hasil Kerugian *Head (Head Loss)* Karakteristik Perbedaan Bentuk Geometri pada Lubang *Airflow* RDA *GOON 528* dan *Twisted Messes 24*.

No	Variasi	<i>Head Loss</i> (H_L)
1	RDA <i>GOON 528</i>	$8,07 \times 10^{-4}$
2	RDA <i>TM 24</i>	$9,67 \times 10^{-4}$

Kerugian *Head (Head Loss)* yang ditunjukkan pada Tabel 5 merupakan kehilangan energi yang terjadi pada saat aliran udara masuk melalui 2 sisi lubang *inlet* yang saling bertabrakan menuju lubang *outlet* didalam kedua RDA dan menimbulkan beda tekanan sehingga kecepatan pada saat aliran udara keluar melalui lubang *outlet* mengalami penurunan kecepatan aliran.

Dari data diatas, dengan memvariasikan bentuk geometri pada lubang *inlet* RDA didalam *Personal Vaporizer* dapat menurunkan ataupun menaikkan nilai H_L . Semakin kecil luasan dan jumlah yang lebih sedikit pada lubang *inlet* RDA maka dapat mengakibatkan nilai H_L yang semakin besar, hal ini dikarenakan kecepatan aliran pada saat masuk melalui lubang *inlet* memiliki kecepatan yang besar tetapi saling bertabrakan dengan aliran pada sisi lubang *inlet* yang satunya, sehingga kecepatan aliran mengalami perlambatan pada bagian *outlet*.

PENUTUP

Simpulan

Analisis dari hasil simulasi CFD mengenai pengaruh variasi perbedaan bentuk geometri pada lubang *airflow* RDA *GOON 528* dan *Twisted Messes 24 (clone)* pada *Personal Vaporizer*, menghasilkan beberapa kesimpulan. Berdasarkan data *Velocity Vector* diketahui bahwa geometri lubang *inlet* dengan luasan yang besar pada RDA *GOON 528* menyebabkan besaran dan arah kecepatan menjadi rendah di bagian *inlet* serta pada bagian *outlet* kecepatan aliran yang lebih tinggi dan tekanan yang lebih kecil daripada RDA *Twisted Messes 24*. Hal ini juga dibuktikan dengan adanya data *Velocity Streamline* pada RDA *GOON 528* dimana pada saat udara masuk melalui lubang *inlet*, kontur kecepatan garis alir udara lebih rendah dan membuat kontur kecepatan aliran balik (*backflow*) lebih banyak dan tebal didalam RDA *GOON 528* dibandingkan dengan RDA *Twisted Messes 24*. Selanjutnya, data pada *Velocity Contour* dan *Pressure Contour* saling berkaitan.

Dikatakan bahwa bentuk geometri dengan 3 buah lingkaran pada RDA *GOON 528* di bagian *inlet* memiliki kontur kecepatan aliran yang lebih rendah dan kontur tekanan aliran yang lebih tinggi serta panjang profil kecepatan yang terjadi lebih pendek. Pada bagian *outlet*, kontur kecepatan pada RDA *GOON 528* menjadi lebih tinggi dan kontur tekanan menjadi lebih rendah. Begitu juga hal sebaliknya yang terjadi pada RDA *Twisted Messes 24*.

Dengan memvariasikan bentuk geometri pada lubang *inlet* RDA didalam *Personal Vaporizer*, dapat menurunkan ataupun menaikkan nilai H_L . Semakin kecil luasan pada lubang *inlet* RDA maka dapat mengakibatkan nilai H_L yang semakin besar, begitu pula sebaliknya.

Saran

Dari simulasi yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- Dalam melakukan proses desain geometri, sangat disarankan menggunakan software Autodesk Inventor dengan menyerupai bentuk real objek yang diteliti, 74 karena sulit untuk melakukan pengukuran dan mengecek

objek yang telah dibuat pada software simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

- Dalam melakukan penelitian dengan pendekatan simulasi, tahap seperti pembuatan geometri, pembuatan domain fluida, pembangunan mesh, penentuan boundary condition, dan validasi model perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang valid.
- Penelitian tentang aliran udara didalam RDA lebih ditambahkan variasi serta variabel-variabel yang lebih dikembangkan karena pada penelitian ini terdapat lebih banyak fenomena aliran udara yang terjadi
- Seharusnya pihak universitas menyediakan sarana prasana penunjang pada laboratorium CFD Aerodinamika seperti komputer dan hardware yang disesuaikan dengan software simulasi,

DAFTAR PUSTAKA

- Fox, RW dan Mc. Donald, AT. 2011. *Introduction to Fluid Mechanics*. 8th Edition. USA : John Wiley & Sons, Inc
- Finnemore, EJ dan Josep, BF. 2002. *Fluid Mechanics with Engineering Applications, Tenth Edition*. New York : McGraw-Hill
- Hajek, Peter Ph.D, Anna Phillips-Waller, B.Sc., Dunja Przulj, Ph.D., Francesca Pesola, Ph.D., Katie Myers Smith, D.Psych., Natalie Bisal, M.Sc., Jinshuo Li, M.Phil., Steve Parrott, M.Sc., Peter Sasieni, Ph.D., Lynne Dawkins, Ph.D., Louise Ross, Maciej Goniewicz, Ph.D., Pharm.D. 2019. A Randomized Trial of E-Cigarettes versus Nicotine-Replacement Therapy. *The New England Journal of Medicine*.
- Katz, Joseph. 1995. *Race Car Aerodynamics Designing for Speed*. Cambridge: Bentley Publishers, a division of Robert Bentley, Inc.
- Munson, Bruce R, Donald F. Young dan Theodore H. Okiishi. 2002. *Mekanika Fluida*. Edisi 4 Terjemahan Harinaldi dan Budiarmo. Jakarta : Erlangga.
- Nimadge, G B dan Chopade, SV. 2017. "CFD Analysis of Flow Through T-Junction of Pipe". *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol. 04 No.2 : hal. 906-911.
- Olson, R M dan Wright, SJ. 1990. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sakamoto et al. 2013. "Pressure Change in Tee Branch Pipe in Oscillatory Flow". *Advances in Mechanical Engineering*. Vol. 2013 : hal. 1-11.
- Salimin. 2017. "Penelitian Kerugian Energi Pada Sambungan Pipa T 90 derajat". *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. Vol.2 No.3: hal. 1-6.
- Streeter, V. dan Wylie, EB. 1985. *Mekanika Fluida*. Terjemahan Arko Prijono. Jakarta : Erlangga.
- Tuakia, F. 2008. *Dasar-Dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung : Informatika.