

SIMULASIEFEK *TURBO CYCLONE* TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA SALURAN UDARA SUATU MOTOR BAKAR MENGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

MSK. Tony Suryo Utomo¹⁾

Abstract

Turbo Cyclone is an additional device for an internal combustion engine, which can be used to create swirled flows of air in the intake channel. Swirling flow has abilities to improve fuel/air mixing efficiency, increasing combustion intensity and stabilizing the combustion flame and also raising the flame propagation speed thus the effective combustion can be achieved. Turbo Cyclone installation will affect its airflow characteristics, e.g. turbulence intensity and pressure drop. The blade design has a great effect to the magnitude of turbulence intensity and pressure drop. The CFD simulation shows that turbo cyclone installation does have effect to the turbulence intensity and pressure drop. Further analysis with blade design variation gives the results that the wider blade angle the bigger its turbulence intensity and so does the pressure drop. Turbo Cyclone without holes on its blades also has more contribution in raising those two parameters than Turbo Cyclone with holes on its blades. In this case model 7 has the largest turbulence intensity and pressure drop at all air inlet velocity, that is 105,32 Pa and 1,52 at air inlet 6,099 m/s, 570,45 Pa and 3,62 at air inlet 14,52 m/s, and also 937,73 Pa and 4,64 at air inlet 18,634 m/s.

Keyword: Turbo Cyclone, swirling flows, flow characteristic, blade design variation, turbulence intensity and pressure drop.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin menipisnya persediaan bahan bakar dan semakin meningkatnya harga bahan bakar telah membuat banyak orang semakin kreatif dalam berupaya untuk mencari bahan bakar alternatif dan meningkatkan efisiensi mesin kendaraan bermotornya. Permasalahan ini menjadi suatu hal yang menarik untuk dibicarakan dan dikembangkan karena semakin berkembangnya pengetahuan tentang motor bakar serta semakin banyaknya parameter prestasi yang diketahui yang dapat mempengaruhi kinerja motor bakar. Berawal dari hal ini kemudian mulai bermunculan berbagai teknologi baru di bidang otomotif. Antara lain ditemukannya mobil hybrid, mobil elektrik, penggunaan sistem injeksi pada mesin bensin, sistem pengapian yang semakin cerdas, sampai penggunaan bahan bakar alternatif seperti bio-diesel dan bio-gasoline. Berbagai upaya untuk meningkatkan efisiensi motor bakar telah banyak dilakukan, antara lain dengan memperbaiki proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar. Hal ini juga dilakukan oleh Sei Y Kim [1988] melalui alat temuannya yang disebut dengan *Turbo Cyclone*.

Turbo Cyclone adalah alat tambahan yang digunakan pada *internal combustion engine* yang berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk ke dalam karburator dan silinder ruang bakar menjadi berputar/*swirling*. *Turbo Cyclone* ini mirip *swirl fan* yang sudu-sudunya tidak berputar (*fixed Vane*) dan ditempatkan pada saluran udara masuk dan atau pada *intake manifold*.

Berputarnya aliran udara akan memperbaiki tingkat efisiensi pencampuran bahan bakar dengan udara (*fuel/air mixing*), meningkatkan intensitas pembakaran dan menstabilkan nyala api pembakaran dengan memanfaatkan zona yang masih dipengaruhi perputaran (*internal recirculation zone*) [Ping Wang, 2005] serta dapat memperbaiki kecepatan propagasi api sehingga pembakaran yang sempurna dapat dicapai [Sei Y. Kim, 1988].

Berdasarkan perhitungan dan pengukuran yang dilakukan oleh *Korea National Industry Research Institute* [1988], ketika perangkat ini dipasang pada saluran udara, tingkat CO dapat diturunkan 17% - 20% pada saat kecepatan mesin idle, daya mesin meningkat 8% - 11%, penghematan bahan bakar 4% - 6% dan kadar NOx berkurang hingga 8% serta *knocking* mesin berkurang hingga 5% tergantung pada desain sudunya.

Pemasangan *Turbo Cyclone* menyebabkan adanya perubahan karakteristik aliran udara. Antara lain yaitu timbulnya *pressure drop* dan turbulensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari variasi *Turbo Cyclone* pada saluran udara yang paling optimal. Sedangkan variasi yang dilakukan adalah variasi kemiringan sudu *Turbo Cyclone*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui karakteristik aliran udara dalam saluran udara dalam hal ini *pressure drop* dan turbulensinya.
- Mengetahui efek yang terjadi akibat pemasangan *Turbo Cyclone* pada saluran udara terhadap karakteristik aliran udara.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

c. Mampu menentukan model terbaik dari *turbo cyclone* yang dapat menghasilkan penurunan tekanan paling kecil dan aliran udara yang semakin turbulen.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, pemodelan dan pembahasan dibatasi pada beberapa hal berikut :

1. Pola aliran yang diamati terletak di dalam saluran udara dari *air inlet* di saringan udara sampai ke karburator. Saluran udara ini berbentuk pipa elbow berlubang dengan diameter 30 mm yang terdapat pada sepeda motor *Honda Astrea Grand*.
2. *Turbo Cyclone* yang dipakai adalah model IM-43. Pada pemodelan *Turbo Cyclone* dilakukan beberapa penyederhanaan, yaitu mengabaikan celah di tengah, bentuk sudu dianggap benar-benar seragam. Aliran fluida yang mengalir melalui saluran udara dianggap inkompresibel, turbulen dan stedi

3. SIMULASIDANMETODEKOMPUTASI

Dalam penelitian ini, proses simulasi dan metode komputasinya dilakukan sebagaimana digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1. Sedangkan kode-kode simulasi berupa metode pengenerasian mesh dan model solusi yang digunakan adalah sebagaimana ditampilkan masing-masing pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

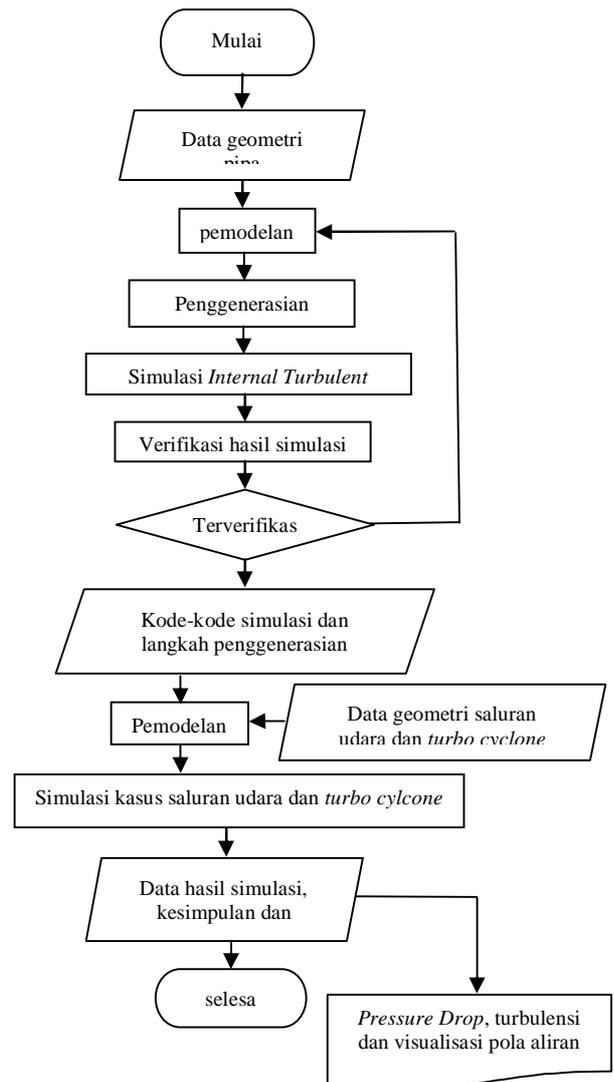
Tabel 3.1 Ukuran Grid untuk Validasi.

Daerah Mesh	Jenis dan Ukuran grid
Volume 1	Tet/Hybrid Tgrid Interval size 2
Volume 2	Boundary layer first row = 3 growth factor = 1.1 rows = 8 meshing volume hex/wedge Cooper int size 1.5 Meshing Face penampang Tri pave int size 1 tanpa meshing

Tabel 3.2.

Model Solusi yang Digunakan dalam Simulasi dan Komputasi

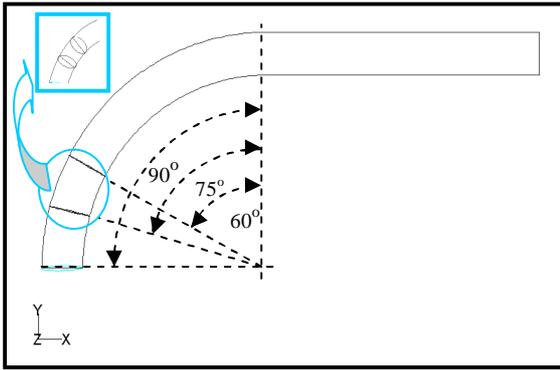
Calculational Method	Steady
Viscous Model	$k - \epsilon$ Realizable
Near Wall Treatment	Standard Wall Function
Discretization : Pressure Pressure-Velocity coupling Momentum Turbulence Kinetic Energy Turbulence Dissipation Rate	Standard SIMPLEC QUICK 2 nd Upwind Scheme 1 st Upwind Scheme



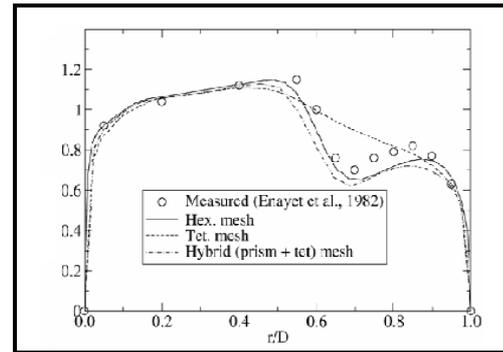
Gambar 3.1 Diagram alir langkah kerja

3.1. Validasi

Sebelum metode komputasi dan model solusi yang terdapat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 tersebut diterapkan pada kasus *Turbo cyclone*, langkah pertama yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah melakukan validasi metode komputasi dan model solusi tersebut. Validasi yang digunakan adalah simulasi aliran internal turbulen pada pipa dengan belokan 90° dengan daerah pengamatan kecepatan sebagaimana tampak pada Gambar 3.2. Sedangkan hasil visualisasi aliran pada penampang pipa pada daerah pengamatan tersebut adalah sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.3, dimana terdapat kesesuaian yang cukup baik antara hasil simulasi dalam penelitian ini dengan referensi fluent pada kasus yang sama. Demikian halnya pada plot kecepatan pada penampang pipa pada 60° dan 75° sebagaimana tampak pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

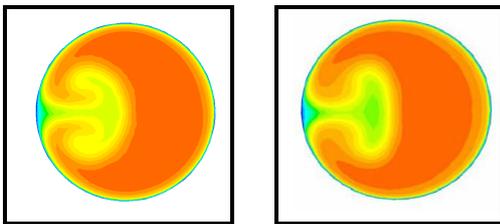


Gambar 3.2 Daerah pengamatan Velocity Magnitude



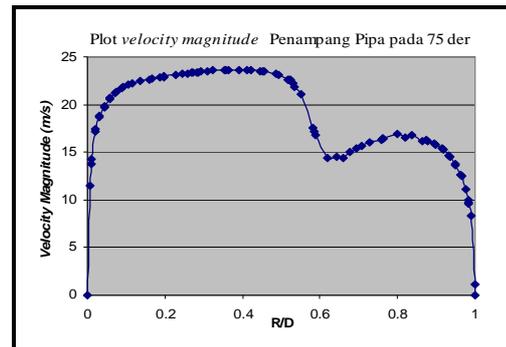
(a) Grafik velocity magnitude hasil simulasi FLUENT Inc [FLUENT Inc, 2005]

1. Visualisasi aliran udara



(a) Hasil simulasi (b) Simulasi FLUENT Inc

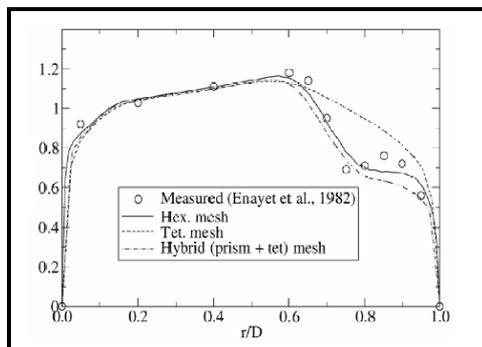
Gambar 3.3 Visualisasi aliran penampang pipa pada 90°



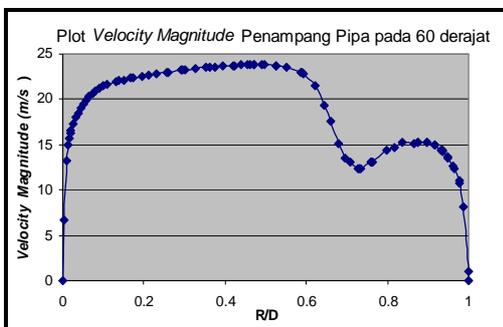
(b) Grafik Velocity Magnitude hasil simulasi

Gambar 3.5 Perbandingan grafik Velocity Magnitude Penampang Pipa pada 75°

2. Profil kecepatan



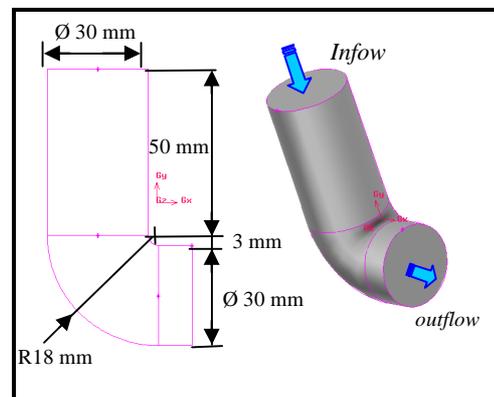
(a) Grafik velocity magnitude hasil simulasi FLUENT Inc [FLUENT Inc, 2005]



(b) Grafik Velocity Magnitude hasil simulasi

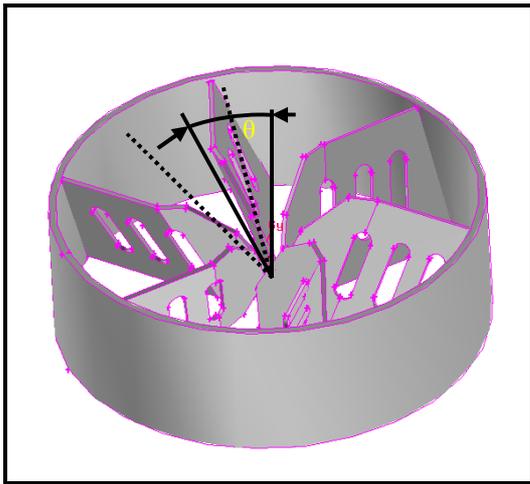
Gambar 3.4 Perbandingan grafik Velocity Magnitude Penampang Pipa pada 60°

3.2 Pemodelan Saluran Udara dan Turbo Cyclone.

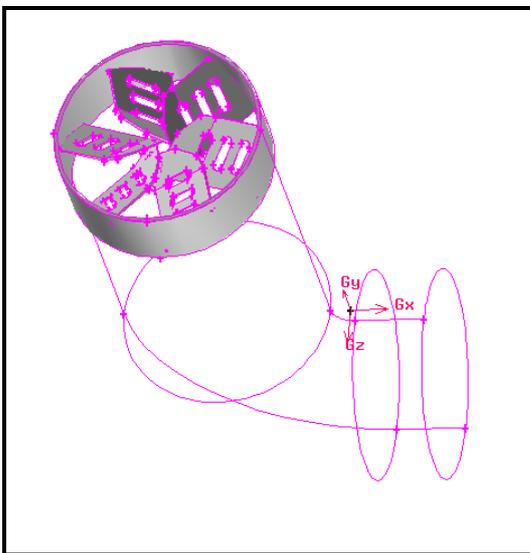


Gambar 3.6 Saluran Udara

Pemodelan saluran udara ditunjukkan oleh Gambar 3.6. Simulasi pertama kali dilakukan pada saluran udara tanpa Turbo Cyclone. Selanjutnya simulasi dilakukan dengan menerapkan Turbo Cyclone pada saluran masuk (Gambar 3.8) dengan melakukan berbagai variasi sudut kemiringan sudu pada 15°, 30° dan 45° seperti diilustrasikan pada Gambar 3.7.

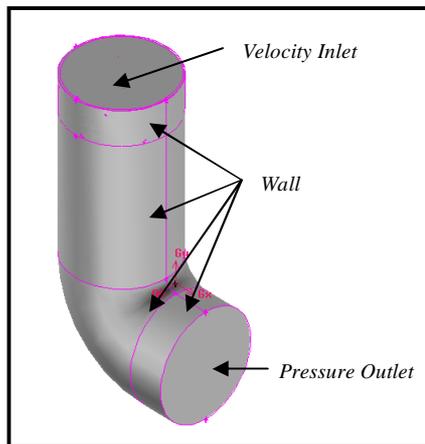


Gambar 3.7 Variasi sudut sudu Turbo Cyclone.



Gambar 3.8 Pemasangan Turbo Cyclone dalam saluran udara

Berbagai kondisi batas yang diterapkan dalam simulasi ini adalah sebagaimana tampak pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Kondisi batas untuk model Saluran Udara.

Berbagai variasi model yang disimulasikan dalam penelitian ini, ditampilkan pada Tabel 3.3.

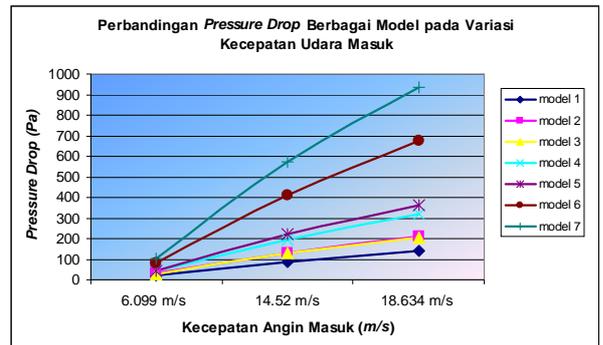
Tabel 3.3. Berbagai variasi model yang disimulasikan.

Model	Jenis Variasi
Model 1	saluran udara tanpa turbo cyclone
Model 2	saluran udara dengan turbo cyclone kemiringan sudu 15° berlubang
Model 3	saluran udara dengan turbo cyclone kemiringan sudu 15° tanpa lubang
Model 4	saluran udara dengan turbo cyclone kemiringan sudu 30° berlubang
Model 5	saluran udara dengan turbo cyclone kemiringan sudu 30° tanpa lubang
Model 6	saluran udara dengan turbo cyclone kemiringan sudu 45° berlubang
Model 7	saluran udara dengan turbo cyclone kemiringan sudu 45° tanpa lubang

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

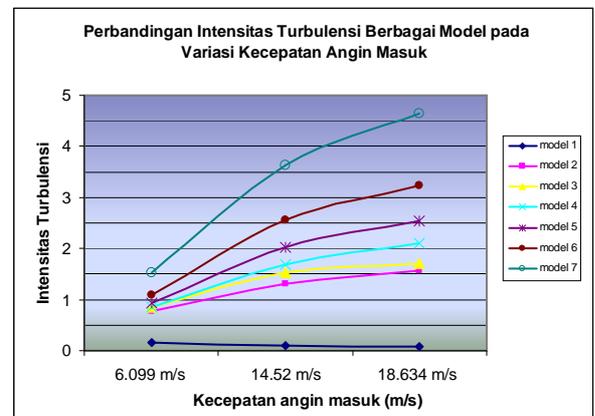
4.1 Pressure drop

Secara umum pada semua model *pressure drop* yang terjadi mengalami peningkatan sejalan dengan naiknya kecepatan udara masuk. Semakin tinggi kecepatan udara masuk, semakin tinggi pula *pressure drop*-nya. Perubahan bentuk sudu dari yang berlubang menjadi tidak berlubang juga berdampak meningkatkan *pressure drop*. Grafik perbandingan penurunan tekanan berbagai model turbo cyclone pada berbagai kecepatan masuk ditampilkan pada Gambar 4.1.



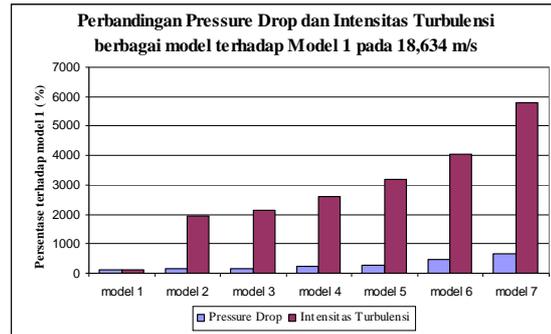
Gambar 4.1 Grafik Pressure drop Vs Kecepatan udara masuk.

4.2 Intensitas turbulensi

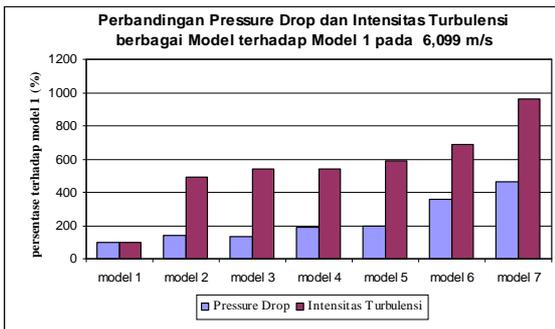


Gambar 4.2 Grafik Intensitas Turbulensi Vs Kecepatan udara masuk.

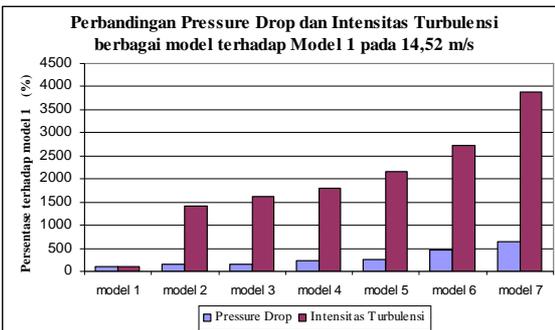
Dari Gambar 4.2 terlihat bahwa pada semua model yang menggunakan *turbo cyclone* terjadi peningkatan intensitas turbulensi. Semakin tinggi kecepatan udara semakin tinggi pula intensitas turbulensinya. Penambahan sudut sudu *turbo cyclone* juga mempengaruhi intensitas turbulensi outlet saluran udara. Semakin besar sudut sudu *turbo cyclone* intensitas turbulensinya juga semakin besar. Demikian juga dengan pengubahan bentuk sudu *turbo cyclone* mempunyai pengaruh terhadap intensitas turbulensi outlet.. Dari gambar juga terlihat bahwa model 7 memiliki peningkatan intensitas turbulensi yang paling besar.



Gambar 4.5 Grafik Kenaikan Parameter Vs. Model, pada kecepatan udara masuk 18,634 m/s

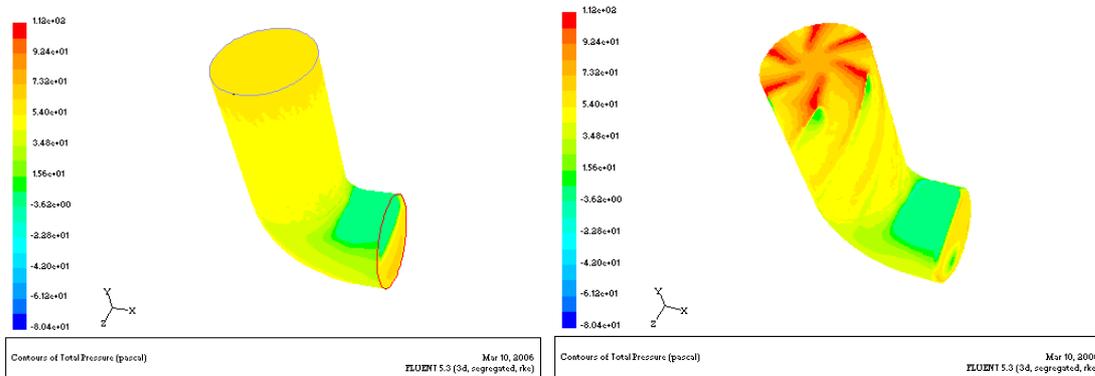


Gambar 4.3 Grafik Kenaikan Parameter Vs. Model, pada kecepatan udara masuk 6,099 m/s,

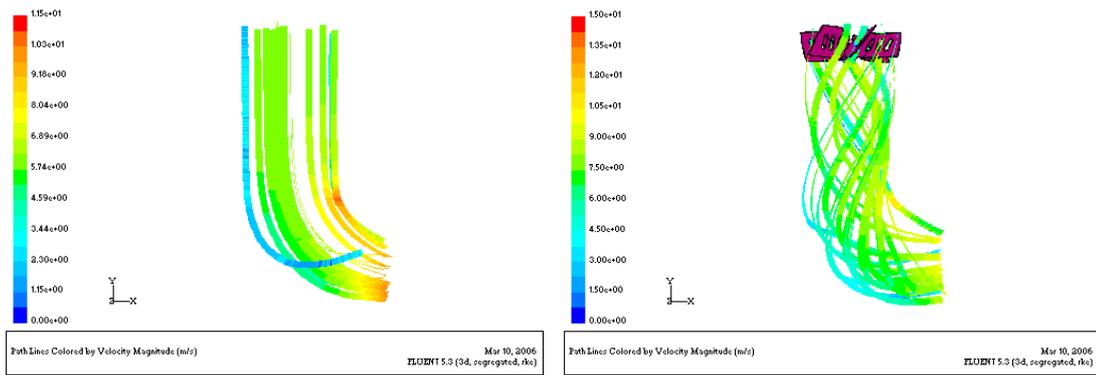


Gambar 4.4 Grafik Kenaikan Parameter Vs. Model, pada kecepatan udara masuk 14,52 m/s.

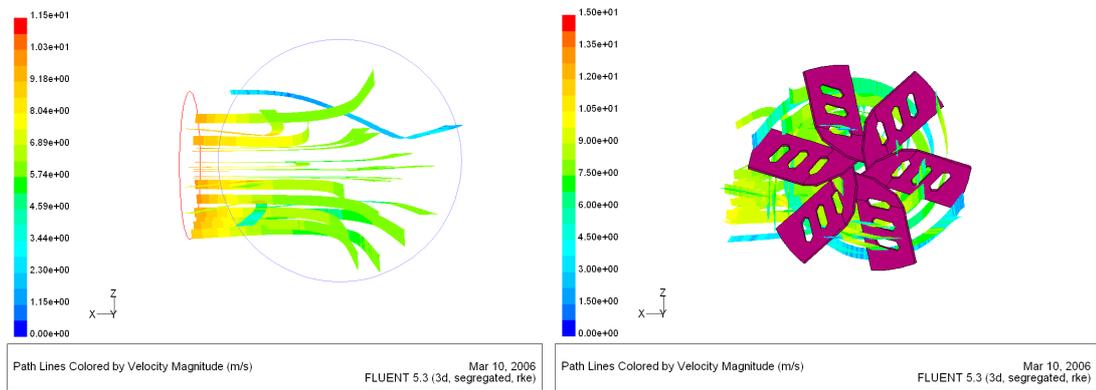
Penambahan *turbo cyclone* pada saluran udara dapat mengubah karakteristik aliran udaranya. Terutama terhadap tekanan dan intensitas turbulensi. Dari simulasi didapatkan hasil yaitu terjadi peningkatan tekanan pada sisi inlet dan outlet, penurunan tekanan dan juga peningkatan intensitas turbulensi saluran udara. Dari gambar grafik di atas terlihat bahwa pada saluran udara yang dilengkapi dengan *turbo cyclone*, aliran udaranya memiliki sifat intensitas turbulensi sebanding dengan *pressure drop*nya. Semakin tinggi intensitas turbulensi juga dibarengi dengan kenaikan *pressure drop*nya. Terjadinya kenaikan *pressure drop* ini karena semakin tinggi kecepatan udara, tekanan pada sisi inlet juga semakin tinggi. Sedangkan untuk tekanan outletnya pada semua model untuk tiap kecepatan udara relatif hampir sama. Variasi bentuk sudu, antara berlubang dan tidak berlubang serta semakin besarnya sudut sudu juga memiliki peran pada naiknya *pressure drop* dan intensitas turbulensi. Pada model yang sudunya tidak berlubang memiliki *pressure drop* dan intensitas turbulensi yang lebih besar dibandingkan dengan yang sudunya tidak berlubang. Serta semakin besar sudut sudu *turbo cyclone*, *pressure drop* dan intensitas turbulensinya juga akan semakin besar pula.



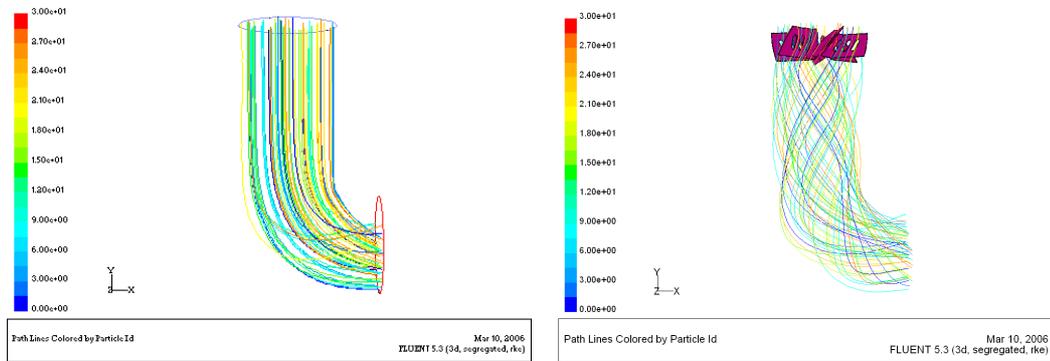
Gambar 4.6 Kontur Tekanan Total inlet, outlet dan dinding model 1 dan 4 pada kecepatan 6,099 m/s.



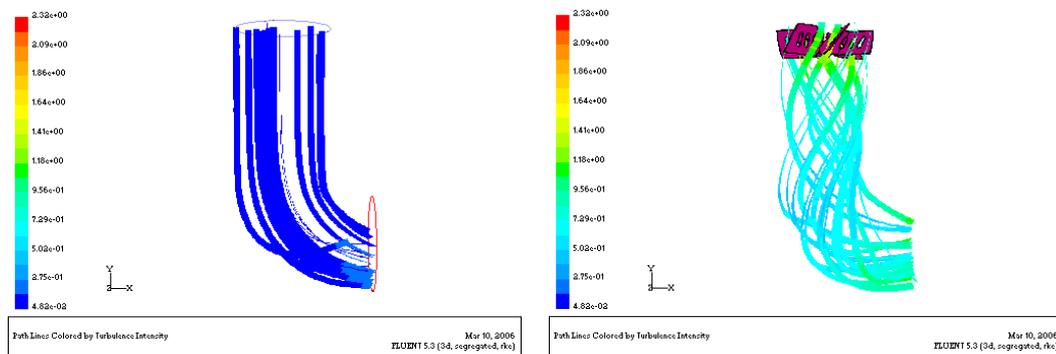
Gambar 4.7 Kontur Besar Kecepatan model 1 dan 4 pada kecepatan angin 6,099 m/s.



Gambar 4.8 Kontur Besar Kecepatan, pandangan atas (sisi inlet) model 1 dan 4 pada kecepatan angin 6,099 m/s.



Gambar 4.9 Pandangan depan model 1 dan 4 pada kecepatan udara masuk 6,099 m/s.



Gambar 4.10 Pandangan depan model 1 dan 4 pada kecepatan udara masuk 6,099 m/s.

4.3 Visualisasi Pola Aliran

Seperi telah dijelaskan di atas, penambahan *turbo cyclone* pada saluran udara dapat mempengaruhi karakteristik aliran udara, dua diantaranya yaitu *pressure drop* dan intensitas turbulensi. Beberapa ilustrasi yang ditampilkan pada Gambar 4.6 hingga Gambar 4.10 memberikan visualisasi tentang perubahan/perbedaan karakteristik aliran udara pada saluran udara tanpa *turbo cyclone* (model 1), saluran udara dengan *turbo cyclone* standar (model 4) dan variasi model lain.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi efek *turbo cyclone* terhadap karakteristik aliran udara dalam saluran udara ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan *turbo cyclone* pada saluran udara dapat mengubah karakteristik aliran udara, dalam hal ini yaitu terjadinya *pressure drop* dan naiknya intensitas turbulensi outlet.
2. Besarnya *pressure drop* dan intensitas turbulensi sangat dipengaruhi oleh bentuk sudu. Dalam hal ini semakin besar sudut kemiringan sudu akan semakin besar pula *pressure drop* dan intensitas turbulensinya. Bentuk sudu tidak berlubang juga memiliki *pressure drop* dan intensitas turbulensi yang lebih besar dibanding model dengan *turbo cyclone* yang sudunya berlubang.
3. Pemasangan *turbo cyclone* sangat berpengaruh dalam menaikkan tekanan pada sisi masukan/inlet daripada sisi keluaran/outlet. Sehingga besarnya *pressure drop* lebih dominan dipengaruhi oleh tekanan inlet.
4. Dari simulasi didapatkan model 7 memiliki intensitas turbulensi dan *pressure drop* paling besar untuk semua kecepatan angin. Yaitu 105,32 Pa dan 1,52 pada kecepatan udara 6,099 m/s, 570,45 Pa dan 3,62 pada kecepatan udara 14,52 m/s, serta 937,73 Pa dan 4,64 pada kecepatan udara 18,634 m/s.

5. Dari simulasi juga didapatkan hasil pada model yang menggunakan *turbo cyclone*, intensitas turbulensi sebanding dengan *pressure drop*. Semakin tinggi intensitas turbulensinya semakin tinggi pula *pressure drop*-nya. Sehingga pemilihan model yang paling optimal akan sangat tergantung pada daerah kerja putaran mesinnya.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian desain sudu yang lebih bervariasi yang lain untuk mencari bentuk sudu yang optimal, dengan *viscous model* lain seperti *k-ε RNG* atau *LES*. Karena berdasarkan penelitian *Korean National Industry Research Intitute*, bentuk sudu sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan, aliran pada *intake manifold* hingga ke ruang bakar. Sehingga simulasi bisa menghasilkan estimasi penghematan bahan bakar.

REFERENSI

- [1] Fox, Robert W., McDonald, Alan T.: "Introduction to Fluid Mechanics," 4th Ed. New York. John Wiley & Sons, 1994.
- [2] Gerhart, Philip M., Gross, dan Richard J.: "Fundamentals of Fluid Mechanics." Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Co., 1985.
- [3] Anderson, Jr. John D.: "Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications." New York, 1995.
- [4] Kegel, T.: "Flowmeter Installation Effects." Colorado Engineering Experiment Station, Inc. (CEESI). PDF.
- [5] Kim, Sei Y, *Air flow system for internal combustion system*, US Patent, 1988.
- [6] Islek, Akay A., *The Impact of Swirl in Turbulent Pipe Flow*, 2004.
- [7] Wang, Lingjuan, *Analysis of Cyclone Pressure Drop*, Texas A&M University College Station.
- [8] Kim, Sung-Eun, Tiberiu Barbat, Peter Spicka, *Meshing and CFD Accuracy*, Fluent Inc., 2005.