

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA *INTAKE MANIFOLD* MOBIL
ESEMKA STANDAR DENGAN *INTAKE MANIFOLD* MODIFIKASI
MENGUNAKAN *CFD (Computational Fluid Dynamis)*
PADA *SOFTWARE ANSYS 15.0***



Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

**AGUS PRANOTO SYAH
D 200 100 003**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2015

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Naskah publikasi berjudul "**ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA INTAKE MANIFOLD MOBIL ESEMKA STANDAR DENGAN INTAKE MANIFOLD MODIFIKASI MENGGUNAKAN CFD (Computational Fluid Dynamis) PADA SOFTWARE ANSYS 15.0**", telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Agus Pranoto Syah

NIM : D 200 100 003

Disetujui pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 8 Oktober 2015

Pembimbing Utama



Nur Aklis, ST, M.Eng

Pembimbing Pendamping



Ir. H. Sarjito, MT, Ph.D

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin





H. Tri Widodo Besar R, ST, Msc, Ph.D

ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA *INTAKE MANIFOLD* MOBIL ESEMKA STANDAR DENGAN *INTAKE MANIFOLD* MODIFIKASI MENGGUNAKAN *CFD (Computational Fluid Dynamis)* PADA SOFTWARE ANSYS 15.0

Agus Pranoto Syah

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : aguspranoto1691@gmail.com

ABSTRAKSI

Intake manifold merupakan salah satu komponen yang sangat penting. Fungsi intake manifold adalah untuk menghantar udara ke silinder atau ruang bakar, posisi dan sudut belokan pada runner sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan pencampuran bahan bakar didalam silinder atau ruang bakar. Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbedaan karakteristik aliran fluida, keseragaman pendistribusian aliran fluida dimasing-masing runner dan untuk mengetahui tingkat turbulensi aliran fluida pada silinder atau ruang bakar pada intake manifold standar dan setelah dimodifikasi.

Penelitian dilakukan dengan merubah geometri sudut runner intake manifold standar yang memiliki sudut 80° menjadi 65°. Desain pembuatan intake manifold dengan menggunakan software solidworks 2013.

Dari hasil simulasi CFD didapat nilai-nilai kecepatan dan penurunan tekanan pada outlet dimasing-masing runner yang menunjukkan kecepatan yang lebih tinggi untuk intake manifold modifikasi dan penurunan tekanan tidak berbeda secara signifikan pada masing-masing runner intake manifold standar dan setelah dimodifikasi. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan pusaran (vortex) yang lebih baik pada intake manifold modifikasi jika dibandingkan dengan intake manifold standar yang terjadi didalam silinder atau ruang bakar.

Kata kunci : *Intake manifold, Runner, Vortex*

PENDAHULUAN

Intake manifold merupakan salah satu komponen yang sangat penting. Fungsi *intake manifold* adalah untuk menghantar udara ke silinder atau ruang bakar. Bentuk *intake manifold* berupa pipa tabung yang jumlahnya tergantung silinder, *intake manifold* harus mampu mensuplai udara secara merata pada saluran *runner* dan menjadikan aliran udara didalam silinder bersifat turbulen (*swirl flow*) yang berpengaruh terhadap pencampuran bahan bakar didalam silinder atau ruang bakar.

Faktor yang berpengaruh terhadap aliran fluida di *intake manifold* adalah bentuk desain dari *runner* dan *plenum* pada *intake manifold* tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Solanki (2015), melakukan studi pada desain *intake manifold* yang berbeda untuk perbaikan kinerja mesin empat tak pada empat silinder. Dari pengamatan analisis *CFD* dapat disimpulkan bahwa *intake manifold* setelah dimodifikasi dibagian *runner* dan *plenum* menunjukkan kecepatan yang tinggi dan garis-garis aliran didistribusikan dengan baik dan memberikan kecepatan turbulensi yang lebih jika dibandingkan dengan *intake manifold* sebelumnya. Mobil Esemka Rajawali merupakan mobil yang dipersiapkan sebagai mobil nasional, untuk mengembangkan mobil tersebut perlu dilakukan beberapa penelitian, salah satu bagian yang perlu diteliti adalah *intake manifold*. Dalam tugas akhir ini penulis ingin mengetahui bagaimana pengaruh bentuk sudut *runner intake manifold* mobil Esemka.

Dalam beberapa penelitian terdahulu, *CFD (computational fluid dynamics)* telah banyak digunakan untuk meneliti *intake manifold*. Terlihat bahwa aliran fluida didalam *intake manifold* bisa

sepenuhnya dikembangkan, serta kita dapat melihat karakteristik aliran fluida selama tahap desain *intake manifold*.

BATASAN MASALAH

Agar tidak mengalami perluasan pembahasan, diberikan batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

1. Analisis pada studi ini dilakukan dengan menggunakan metode komputasi *CFD* pada *Software Ansys 15.0*.
2. Kecepatan aliran fluida diasumsikan konstan 2,3 m/s.
3. Fluida yang digunakan pada studi ini adalah udara.
4. Analisis dilakukan pada kondisi *steady*.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbedaan karakteristik aliran fluida pada *intake manifold* standar dan setelah dimodifikasi.
2. Untuk mengetahui keseragaman pendistribusian aliran fluida pada masing-masing *runner intake manifold* standar dan setelah modifikasi.
3. Untuk mengetahui tingkat turbulensi aliran fluida didalam silinder.

TINJAUAN PUSTAKA

Solanki (2015), melakukan studi tentang simulasi pada desain *intake manifold* yang berbeda untuk perbaikan kinerja mesin empat tak pada empat silinder. Dari pengamatan analisis *CFD* dapat disimpulkan bahwa model baru pada *intake manifold* setelah dimodifikasi pada bagian *runner* dan *plenum* menunjukkan kecepatan udara masuk dan mendistribusikan udara secara merata di semua *runner* dengan

kecepatan tinggi dan tingkat turbulensi lebih baik dari pada model sebelumnya.

Aadepu (2014), melakukan penelitian tentang desain *intake manifold* IC dengan meningkatkan volumetrik. Pada penelitian tersebut dilakukan dua simulasi *software* yaitu satu dimensi dan tiga dimensi, simulasi *software* satu dimensi bertujuan untuk mendapatkan konfigurasi *intake manifold* yang memberikan efisiensi volumetrik lebih baik sedangkan simulasi *CFD* bertujuan untuk memvisualisasikan aliran fluida didalam *intake manifold* dan pada penelitian ini dilakukan pada kondisi *steady state*. Perubahan *plenum* dilakukan untuk memperbaiki pola aliran fluida menuju *runner* dengan merubah desain *plenum* yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja *intake manifold*, dari hasil penelitian tersebut memberikan peningkatan 7% efisiensi volumetrik dapat dicapai.

Ebrahimi (2006), melakukan studi dengan mengoptimalkan *intake manifold* menggunakan analisis 3D *CFD* dengan mengamati efek panjang *runner* pada efisiensi volumetrik. Dalam studi ini disajikan metode yang kuat untuk mengevaluasi kinerja *intake manifold*, prosedur dan hasil simulasi dalam kondisi *steady* dan *unsteady* sebagaimana yang telah dipilih, Menurut hasil ini beberapa saran telah direkomendasikan untuk meningkatkan kinerja *intake manifold*. Untuk mencapai efisiensi volumetrik yang menguntungkan dari berbagai putaran mesin disarankan untuk meningkatkan panjang *runner* IM 120% dari *intake manifold* awal, menurut hasil simulasi 3D komputasi *CFD* dapat digunakan sebagai alat yang berguna untuk mengoptimalkan desain dari *intake manifold*.

Di dalam penelitian ini akan melakukan perubahan geometri pada sudut *runner intake manifold* mobil Esemka yang memiliki sudut 80° dan akan dimodifikasi menjadi 65°, perubahan ini dimaksudkan agar aliran fluida yang masuk didalam silinder atau ruang bakar bersifat turbulen (*swirl flow*), pusaran (*vortex*) ini dibutuhkan untuk pencampuran udara dan bahan bakar didalam silinder atau ruang bakar.

LANDASAN TEORI

Penurunan Tekanan

Dalam suatu aliran terdapat penurunan tekanan dari satu titik ke hilir titik. Penurunan tekanan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\Delta p = \frac{v^2 \cdot f \cdot L \cdot \rho}{2 \cdot D} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

Δp = penurunan tekanan (Pa)

v^2 = kecepatan fluida (m/s)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

ρ = densitas fluida (Kg/m³)

f = faktor gesekan (Diagram Moody)

Kerugian Belokan

Belokan dalam pipa mengakibatkan kerugian tenaga, kerugian-kerugian tersebut disebabkan daerah-daerah aliran yang terpisah didekat sisi dalam belokan. Kerugian belokan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$hf = 0,051 \cdot k \cdot v^2 \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

hf = kehilangan tekanan (m)

v = kecepatan fluida (m/s)

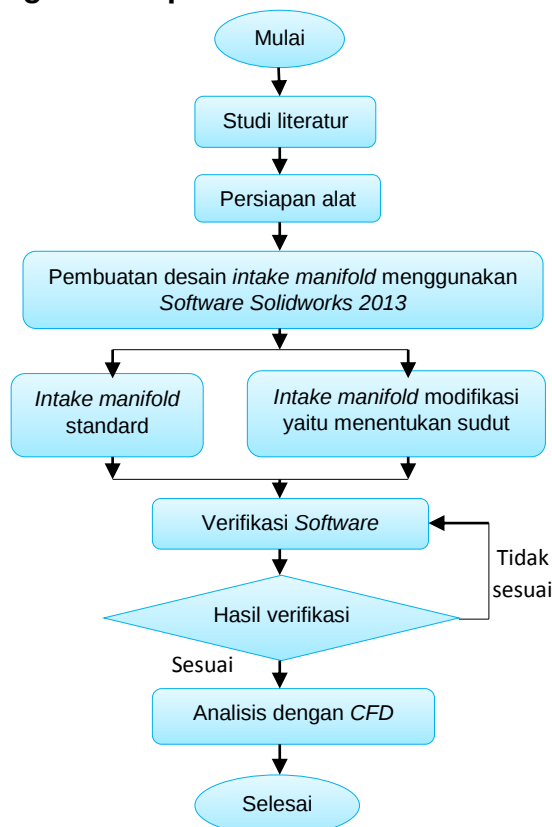
k = koefisiensi yang besarnya ditentukan tipe sambungan dan atau belokan

Pendekatan Komputasi CFD

Dinamika fluida komputasi, biasanya disingkat sebagai *CFD* (*Computational Fluid Dynamics*), adalah cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang melibatkan dari aliran fluida. Pada analisis komputer digunakan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan untuk mensimulasikan interaksi cairan dan gas dengan permukaan yang didefinisikan oleh kondisi batas, dengan kecepatan tinggi komputer agar hasil analisis yang lebih baik dapat dicapai.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian



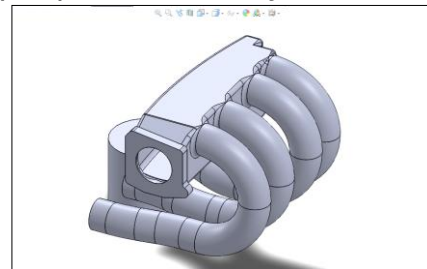
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Studi literatur mencari mengenai penelitian yang serupa berupa jurnal-jurnal penelitian maupun teori yang

menyangkut penelitian tersebut, sehingga akan memiliki perbedaan variabel dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

Pembuatan *intake manifold*

Dalam penelitian ini desain geometri menggunakan *solidworks 2013* kemudian disimpan dengan format (*.igs) untuk mempermudah tahap *import* file ke *Ansys 15.0*.



Gambar 2. Desain *intake manifold*

Verifikasi *software*

Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa pemrograman komputer dan implementasi model konseptual sebuah program komputer adalah benar. Dibawah ini merupakan hasil validasi yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui kebenaran dari sebuah pemrograman komputer.

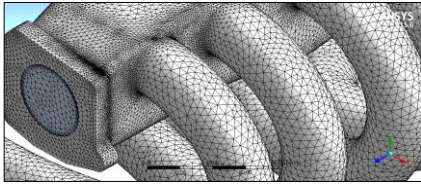
Tabel 1. Perbedaan Perhitungan penurunan tekanan

Komputasi <i>CFD</i>	Analitis
1,56987 (Pa)	1,63877 (Pa)
Selisih tekanan dari 2 perhitungan = 4,20 %	

Langkah-langkah komputasi

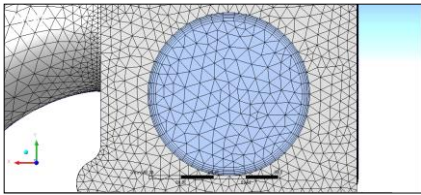
a. Pengaturan *Meshing*

Untuk *mesh* pada pemodelan menggunakan *meshing* dengan panjang tepi yang seragam 4 mm untuk domain *intake manifold*. Model bisa dilihat pada (gambar 3).



Gambar 3. Model *meshing*

Lapisan batas pada permukaan dalam *intake manifold* akan dipresentasikan dengan daerah tebal 2,5 mm dan mengandung 5 lapisan batas.



Gambar 4. Posisi lapisan batas

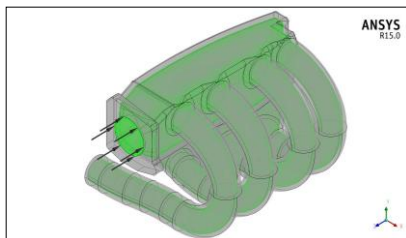
b. Menentukan Material Properti

- Properti *domain*

Tipe *domain* menggunakan fluida jenis *air ideal gas* pada tekanan 1 atm. Model *turbulence* menggunakan tipe *shear stress transport*.

- Kondisi batas (*boundary condition*)

Kondisi batas yang dipakai pada daerah perhitungan dibagi atas *inlet*, *outlet* dan permukaan dalam pada *intake manifold*.



Gambar 5. Kondisi batas *domain* komputasi

Kondisi batas untuk simulasi bisa dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Kondisi batas untuk simulasi

Location	Type Boundary	Boundary Condition	Value
Inlet	Inlet	Constan normal speed	2.3 m/s
Outlet	Outlet	Average static pressure	0 Pa
Permukaan dalam	Wall	No Slip	

c. Tahap *Solver*

Pada tahap *solver*, persamaan yang dilibatkan dalam simulasi *CFD* akan diselesaikan secara *iterative*, yang artinya perhitungan dilakukan hingga hasil menuju eror terkecil.

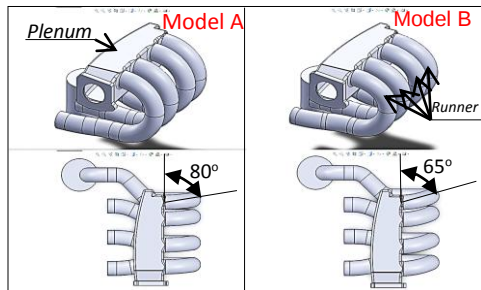
d. Tahap *Post processing*

Pada tahap ini mengandung kemampun grafis yang dibutuhkan untuk menampilkan hasil perhitungan termasuk kemampuan visual yang lain seperti animasi. Hasil dari simulasi *CFD* ini dapat berupa plot vektor kecepatan dan kontur distribusi tekanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Profil *Intake Manifold*

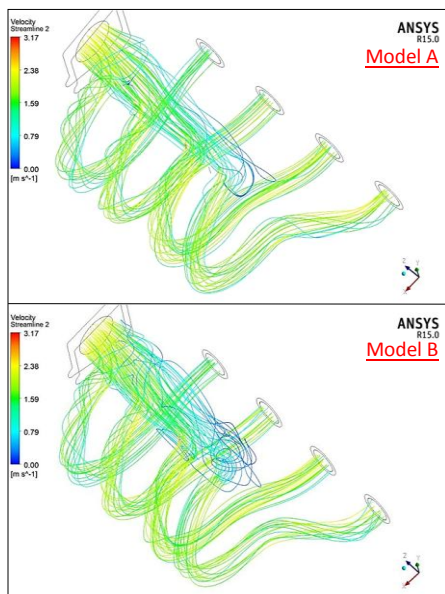
Proses analisis ini dibuat dengan dua model *intake manifold*, yaitu menyerupai *intake manifold* standar mobil Esemka Rajawali dan *intake manifold* modifikasi dengan membedakan sudut kemiringan pada empat saluran menuju *outlet* (*runner*). Namun untuk dimensi lainnya beserta *plenum* yang sama, perbedaan *intake manifold* dapat kita lihat pada gambar dibawah ini (Gambar 6) untuk model A adalah standar dengan sudut 80° dan model B adalah modifikasi dengan sudut 65°.



Gambar 6. Model *intake manifold* A dan B

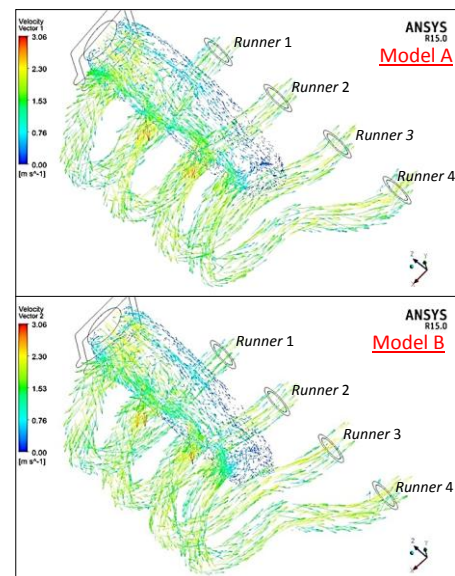
Keseragaman Pendistribusian Aliran Fluida pada *Runner*

Didalam *intake manifold* aliran fluida harus mampu mengalir atau terdistribusikan secara merata pada masing-masing *runner* yang bertujuan agar secara terus-menerus mampu mensuplai udara pada masing-masing silinder dengan baik untuk proses pembakaran. Dari hasil komputasi *CFD* aliran fluida pada kedua *intake manifold* dapat kita lihat pada gambar 4.2, dimana terdapat keterangan pada *legend* terletak dibagian kiri atas menunjukkan kecepatan tertinggi dengan nilai 2,17 m/s sedangkan kecepatan terendah menunjukkan nilai 0,00 m/s sebagaimana batasan yang telah dipilih.



Gambar 7. Garis arus aliran fluida model A dan B

Keseragaman pendistribusian udara didalam silinder akan berpengaruh terhadap kinerja mesin terutama pada pembakaran dimasing-masing silinder sehingga kinerja tiap-tiap silinder bisa lebih maksimal. Terlihat bahwa aliran fluida pada *intake manifold* modifikasi menunjukkan kecepatan aliran fluida yang lebih tinggi pada masing-masing *runner* dan jika dibandingkan dengan *intake manifold* standar yang memiliki sudut *runner* 80° sehingga berpengaruh pada kecepatan aliran fluida karena belokan mendadak pada sudut *runner*. Dibawah ini merupakan gambar vektor kecepatan pada kedua model *intake manifold*.



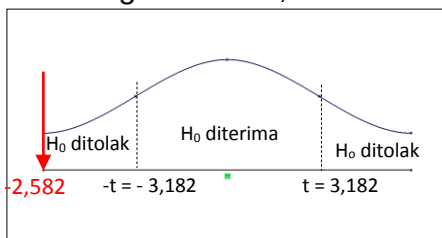
Gambar 8. Gambar vektor kecepatan model A dan B

Dari hasil komputasi *CFD* didapat hasil kecepatan dari masing-masing *outlet* pada *runner* kedua model *intake manifold*.

Tabel 3. Kecepatan pada *outlet* model A dan B

<i>Intake manifold</i> standar (A)	<i>Intake manifold</i> modifikasi (B)
Runner 1 = 1,0105 m/s	Runner 1 = 1,0389 m/s
Runner 2 = 1,2282 m/s	Runner 2 = 1,2389 m/s
Runner 3 = 1,2431 m/s	Runner 3 = 1,2443 m/s
Runner 4 = 1,2726 m/s	Runner 4 = 1,2967 m/s

Dari hasil yang didapat dari komputasi *CFD*, dapat disimpulkan bahwa *intake manifold* modifikasi memiliki kecepatan aliran fluida yang lebih baik pada bagian *outlet* disetiap masing-masing *runner*, kecepatan aliran fluida yang tinggi akan berpengaruh terhadap efisiensi volumetrik udara yang masuk ke ruang bakar sehingga proses pembakaran didalam silinder bisa lebih sempurna karena udara yang dibutuhkan didalam silinder bisa tersuplai secara baik. Perbedaan kecepatan ini dapat diketahui dengan uji *t test* pada *software SPSS*, dimana pengujian ini digunakan untuk mengetahui perbedaan statistik kecepatan rata-rata aliran fluida pada masing-masing *runner* sebelum dan sesudah dimodifikasi berdasarkan perbandingan antara t_{hitung} dengan t_{tabel} . Dalam perhitungan yang dilakukan dengan bantuan *software SPSS* diketahui t_{hitung} menunjukkan nilai - 2,583 sedangkan t_{tabel} 3,183.

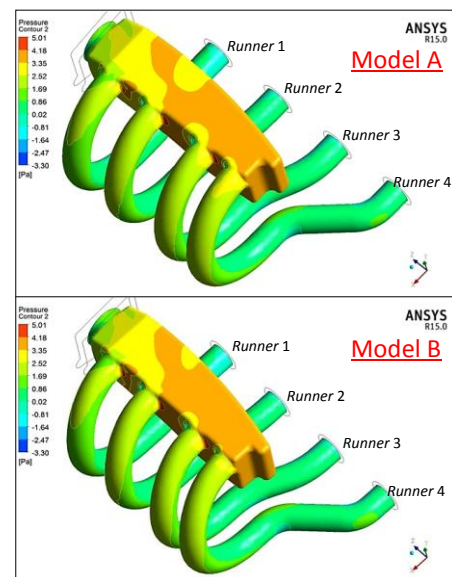


Gambar 9. Perbedaan statistik kecepatan model A dan B

Dari keterangan (gambar 9), dimana H_0 yaitu Rata-rata kecepatan

aliran fluida sebelum dan sesudah dimodifikasi adalah sama atau tidak berbeda secara signifikan dan jika H_0 ditolak maka H_1 diterima yaitu menunjukkan rata-rata kecepatan aliran fluida sebelum dan sesudah dimodifikasi adalah tidak sama secara signifikan. Dari keterangan gambar 9 menunjukkan t_{hitung} terletak pada daerah H_0 ditolak maka H_1 diterima dan dapat disimpulkan bahwa kecepatan aliran fluida pada *intake manifold* sebelum dan sesudah dimodifikasi adalah tidak sama atau berbeda secara signifikan.

Kontur tekanan dapat dilihat pada gambar 10, pada *legend* menunjukkan tekanan tertinggi dengan nilai 5,01 (Pa) dan tekanan terendah dengan nilai - 3,30 (Pa) sebagaimana batasan yang telah dipilih.



Gambar 10. Kontur tekanan pada model A dan B

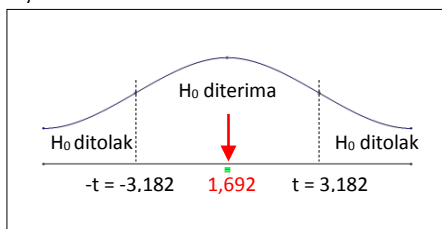
Dari hasil komputasi *CFD* didapat nilai-nilai tekanan pada bagian *inlet* dan bagian *outlet* dimasing-masing *runner* menunjukkan penurunan tekanan aliran fluida didalam *intake manifold*, dari hasil *CFD* didapat nilai tekanan pada *inlet* model A = 1,5770 (Pa) dan model

B = 1,5735 (Pa). sedangkan tekanan pada *outlet* dimasing-masing *runner* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Penurunan tekanan pada model A dan B

<i>Intake manifold</i> standar (A)	<i>Intake manifold</i> modifikasi (B)
Runner 1 = 0,1323 (Pa)	Runner 1 = 0,0120 (Pa)
Runner 2 = 0,0233 (Pa)	Runner 2 = 0,0088 (Pa)
Runner 3 = 0,0243 (Pa)	Runner 3 = 0,0138 (Pa)
Runner 4 = 0,0506 (Pa)	Runner 4 = 0,0627 (Pa)

Tekanan udara tinggi yang masuk keruang bakar akan membantu pencampuran mencapai kondisi pembakaran dengan lebih cepat sehingga keterlambatan pembakaran terutama pada kondisi kecepatan putaran yang tinggi dapat dihindari. Dari hasil *CFD* tersebut dapat kita lihat bahwa perbedaan sudut *runner* berpengaruh pada penurunan tekanan yang terjadi pada aliran fluida didalam *intake manifold*. Dalam perhitungan yang dilakukan dengan bantuan *software* SPSS diketahui t_{hitung} menunjukkan nilai 1,692 sedangkan t_{tabel} 3,183.

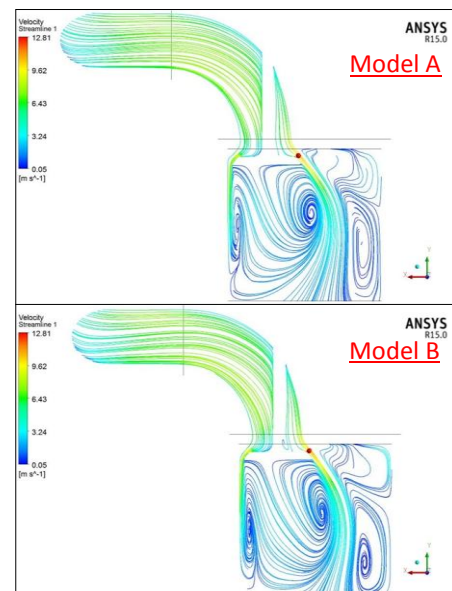


Gambar 11. Perbedaan penurunan tekanan model A dan B

Dari keterangan diatas (gambar 11) t_{hitung} terletak pada daerah H_0 diterima, maka dapat disimpulkan bahwa penurunan tekanan aliran fluida *intake manifold* sebelum dan sesudah dimodifikasi adalah sama atau tidak berbeda secara signifikan.

Hasil Simulasi Aliran Fluida pada Silinder

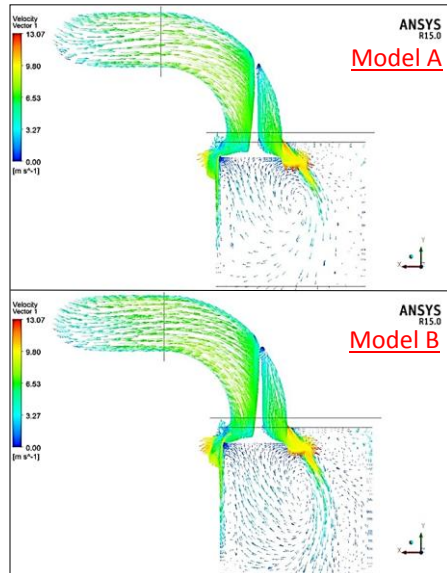
Proses pembakaran didalam silinder memerlukan sifat udara yang berputar (*vortex*) untuk membantu proses pencampuran bahan bakar dan udara dengan baik. Dari hasil komputasi *CFD* aliran fluida pada silinder atau ruang bakar dari ke dua model *intake manifold* dapat kita lihat pada gambar 12, untuk model A pada bidang *plane* X,Y dengan nilai arah Z = -0,16 m dan model B pada bidang *plane* X,Y dengan nilai arah Z = -0,17 m sebagaimana batasan yang telah dipilih untuk kedua model.



Gambar 12. Garis arus aliran fluida pada silinder model A dan B

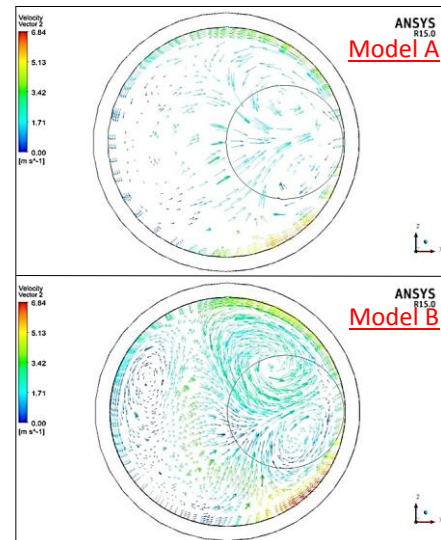
Terlihat aliran fluida yang mengalir pada bagian katup menuju silinder atau ruang bakar menunjukkan kecepatan yang tinggi, ini dibuktikan dengan kontur garis *streamlines* menunjukkan kecepatan 5,8515 m/s untuk model A dan model B menunjukkan kecepatan 10,6081 m/s dengan koordinat (-0,206, -0,203, -0,169) kisaran yang dipilih untuk kedua model, dimana kecepatan udara yang tinggi sangat berpengaruh

terhadap sifat pusaran (*vortex*) udara didalam silinder. Vektor kecepatan aliran fluida, dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Vektor kecepatan pada bidang X,Y

Perbedaan sudut *runner* mengakibatkan pusaran (*vortex*) aliran fluida mengalami perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan sudut *runner intake manifold* standar. Sedangkan (gambar 14) adalah vektor kecepatan yang diambil pada bidang *plane Z,X* dengan nilai arah $Y = -0,25$ m untuk ke dua model, dengan *symbol size* 3 mm untuk ke dua model sebagaimana batasan yang telah dipilih.



Gambar 14. Vektor kecepatan pada bidang Z,X

Tingkat turbulensi (*swirl flow*) yang tinggi didalam silinder akan menghasilkan proses pembakaran semakin simultan dan akan menghasilkan reaksi yang lebih sempurna, pembakaran yang sempurna didalam silinder atau ruang bakar akan berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar. Pada komputasi *CFD* dapat kita lihat perbedaan sudut pada *runner* berpengaruh pada tingkat turbulensi (*swirl flow*) yang lebih tinggi setelah dimodifikasi menunjukkan dengan bantuan komputasi kita dapat mengetahui kondisi aliran fluida yang sebenarnya didalam *intake manifold*.

KESIMPULAN

Dalam tugas akhir ini telah dilakukan simulasi pada model *intake manifold* mobil Esemka dengan perbedaan pada sudut *runner*. Dari hasil proses simulasi dengan kondisi *steady* dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik aliran fluida pada *intake manifold* standar dan modifikasi memiliki perbedaan pusaran (*vortex*) yang terjadi dikarenakan perubahan sudut pada *runner*. Hal ini dapat

dibuktikan dengan hasil simulasi yang dilakukan dengan komputasi *CFD*.

2. Keseragaman aliran fluida pada *intake manifold* standar dan modifikasi memiliki perbedaan kecepatan dan tekanan dimasing-masing *outlet* dikarenakan perubahan sudut pada *runner*. Terlihat bahwa setelah dilakukan uji *t test* untuk mengetahui perbedaan statistik kecepatan aliran fluida *intake manifold* sebelum dan sesudah dimodifikasi adalah tidak sama atau berbeda secara signifikan, sedangkan penurunan tekanan yang terjadi sebelum dan sesudah dimodifikasi adalah sama atau tidak berbeda secara signifikan.
3. Hasil simulasi aliran fluida pada silinder dari kedua *intake manifold* memiliki perbedaan jika dilihat pada vektor kecepatan. perubahan geometri pada *runners intake manifold B* yang telah dimodifikasi memiliki pusaran (*vortex*) yang lebih banyak jika dibandingkan dengan *intake manifold A*, membuktikan tingkat turbulensi (*swirl flow*) yang berbeda jika dibandingkan dengan *intake manifold* standar.

SARAN

Dari simulasi yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, terdapat beberapa hal yang mungkin menjadi masukan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Peningkatan perangkat *hardware* akan mendukung waktu lamanya proses simulasi menjadi semakin capet dan menurunkan nilai eror pada hasil simulasi.
2. Untuk memprediksi aliran didalam *intake manifold* yang lebih akurat, kualitas *mesh* harus cukup tinggi,

dengan mengubah skala *mesh* menjadi sekecil mungkin.

3. Untuk membuat domain pada *intake manifold* dengan *software Ansys 15.0* terbilang sulit, oleh karena itu domain dibuat dengan menggunakan *solidworks 2013*.
4. Untuk penelitian selanjutnya disarankan juga untuk memodifikasi geometri pada bagian *plenum* agar didapatkan nilai kecepatan dan tingkat turbulensi yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ebrahim, Reza. 2006. *"Intake Mnanifold Optimazation by Using 3D CFD Analisis with Observing the Effect of Lenght of Runners on Volumetric Efficiency"*. Proceedings of the 3rd BSME-ASME International Coference on Thermal Engineering, Dhaka, Bangladesh.
- Jafar, M. Hassan. 2014. *"CFD Simulation for Manifold with Tapered Longitudinal Section"*. Department of Machanical Engineering, University of Tecnology, Baghdad, Iraq.
- Novianto, Ridwan M. 2014. *"Simulasi Perilaku Aerodinamika dalam Kondisi Steady dan Unsteady pada Mobil menyerupai Toyota Avanza dengan CFD"*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Solanki, P. D. 2015. *"Simulation Studies on Different Intake Manifold Designs for Performance Improvement of Four Stroke Four Cylinder Diesel Engine"*. Mechanical Engineering Department, Student of Master of Engg. (I.C Engine and Automobile) SVMIT, Bharuch, Gujurat, India.
- Suresh, Aadepu. 2014. *"Design of Intake Manifold of IC Engines with Improved Volumetric Efficiency"*. Department of Mechanical Engineering, Aurobindo Collage of Engineer and Technology, Ibrahimpatman-501506, Andra Pradesh, India.