

SIMULASI NUMERIK PENGARUH *VELOCITY STACK* PADA MESIN *DIESEL* YANMAR TERHADAP DISTRIBUSI KECEPATAN DAN TEKANAN ALIRAN FLUIDA

Shabri Fajar Waskita Hamukti

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: shabri.20026@mhs.unesa.ac.id

A. Grummy Wailanduw

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: grummywailanduw@unesa.ac.id

Abstrak

Indonesia mengalami masalah kelangkaan bahan bakar dan polusi udara. Salah satu mengatasi masalah tersebut dengan diadakan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yaitu lomba yang berfokus pada kendaraan hemat energi, hemat energi ditinjau dari cara mengemudi, kondisi mesin, geometri lintasan, dan aerodinamika kendaraan. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisa pengaruh variasi *velocity stack* radius 0 mm, 30 mm, 50 mm dengan panjang 75 mm, 95 mm, 120 mm pada variasi bilangan Reynold $6,17 \times 10^4$; $6,86 \times 10^4$; $8,23 \times 10^4$ terhadap distribusi kecepatan dan tekanan aliran fluida berupa data visual kontur kecepatan, kontur tekanan, dan *pathline*. Mesin *diesel* beroperasi dengan sistem *compression-ignition*. Udara akan dikompresikan hingga tekanan dan temperatur tinggi, pembakaran terjadi saat bahan bakar diinjeksikan. Untuk meningkatkan performa mesin perlu modifikasi pada *intake manifold* yaitu *velocity stack* atau *bell-mouth*. Perangkat ini berbentuk seperti terompot untuk mengarahkan aliran udara yang masuk ke ruang bakar dan mengurangi turbulensi pada *inlet intake manifold* sehingga aliran udara yang masuk ke ruang bakar lebih optimal. Penelitian ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan *software* Ansys. Dengan variasi radius *velocity stack* 0 mm, 30 mm, 50 mm dengan panjang 75 mm, 95 mm dan 120 mm. Hasil dari penelitian ini variasi *velocity stack* yang terbaik pada radius 50 mm dengan panjang 75 mm pada $Re = 8,23 \times 10^4$ dengan nilai *velocity outlet* 43,494 m/s; nilai *turbulence intensity* 173,429 %; dan nilai *entrance length* 18,68 mm.

Kata Kunci: kmhe, mesin *diesel*, *intake manifold*, *velocity stack*, *computational fluid dynamic*.

Abstract

Indonesia is suffering from fuel shortages and air pollution. One of them addresses the problem by holding the Energy-Efficient Car Contest (KMHE) which is a race that focuses on energy-efficient vehicles, energy-saving reviews of the way they drive, engine conditions, trajectory geometry, and vehicle aerodynamics. The objective of this study was to analyze the influence of velocity stack variations in radius 0 mm, 30 mm, 50 mm with lengths of 75 mm, 95 mm, 120 mm on the variation of Reynolds numbers $6,17 \times 10^4$; $6,86 \times 10^4$; $8,23 \times 10^4$ on the distribution of fluid flow velocity and pressure, such as visual data of velocity contours, pressure contours and pathlines. The diesel engines operate with a compression-ignition system. The air will be compressed to high pressure and temperature, combustion occurs when fuel is injected. To improve engine performance, modifications are needed on the intake manifold, the velocity stack or bell-mouth. The device is shaped like a trumpet to direct the air flow that enters the combustion chamber and reduce turbulence at the inlets of the manifold so that the flow of air into the combustible chamber is more optimal. This research uses the Computational Fluid Dynamic (CFD) method with Ansys software. Vary the radius of velocity stacks 0 mm, 30 mm, 50 mm with lengths 75 mm, 95 mm and 120 mm. The best result variation of the velocity Stack in the radius 50 mm to length 75 mm at $Re = 8,23 \times 10^4$ with the outlet velocity value 43,494 m/s; the turbulence intensity value 173,429 %; and the entrance length value 18.68 mm.

Keywords: kmhe, *diesel* engine, *intake manifold*, *velocity stack*, *computational fluid dynamic*.

PENDAHULUAN

Kebutuhan minyak bumi di Indonesia terus bertambah setiap tahunnya akibat jumlah penduduk Indonesia yang semakin banyak (KESDM, 2021). Selain itu, ada masalah lain yang serius yaitu polusi udara yang disebabkan oleh gas buang kendaraan. Menipisnya cadangan minyak bumi dan meningkatnya polusi udara, menekan dunia otomotif untuk memproduksi kendaraan yang hemat energi dan juga ramah lingkungan. Hemat energi dapat ditinjau dari sisi cara mengemudi, berat kendaraan, kondisi mesin, geometri lintasan, dan aerodinamika kendaraan. Salah satu caranya dengan diadakannya Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemdikbudristek). KMHE merupakan perlombaan yang berfokus dalam penghematan bahan

bakar yang diikuti oleh perguruan tinggi di Indonesia, yang memiliki tujuan mendorong generasi muda khususnya mahasiswa untuk menciptakan teknologi otomotif yang hemat energi dan ramah lingkungan (KMHE, 2023).

Dalam upaya ikut serta Universitas Negeri Surabaya pada KMHE, tim Garuda Unesa mengembangkan mobil hemat energi kategori urban dengan mesin penggerak *diesel* yang bernama Gared III bermesin *diesel* Yanmar tipe L48N6.

Mesin Yanmar L48N6 merupakan mesin *diesel* tipe *direct injection* 4 langkah 1 silinder 219cc mempunyai daya mesin maksimal 4,69 HP pada putaran mesin 3600 rpm dan torsi maksimum 11,8 Nm pada putaran mesin 2600 rpm (Catalogs Yanmar L-N/L-V/L-W, 2024). Mesin

diesel beroperasi dengan sistem *Compression-ignition* (pengapian-kompresi). Pada mesin ini udara terlebih dulu dikompresikan hingga tercipta tekanan dan temperatur yang cukup tinggi sehingga pembakaran secara spontan terjadi pada saat bahan bakar dikabutkan ke dalam ruang bakar (Moran and Shapiro, 2004).

Modifikasi yang dilakukan bisa berupa pengurangan bobot pada *flywheel*, meningkatkan rasio kompresi ruang bakar, dan modifikasi pada bagian *intake manifold*. Adapun modifikasi yang dapat dilakukan yaitu penggunaan *velocity stack* atau biasa disebut dengan *bell-mouth intake*. *Velocity stack* merupakan komponen berbentuk terompet yang bertujuan untuk mengarahkan aliran agar piston lebih mudah menghisap udara dengan mengurangi turbulensi pada *inlet intake manifold* (Husain, 2021). Dalam penelitian (Pieter dan Sutrisno, 2017), studi ini menyelidiki pengaruh *velocity stack* terhadap mesin motor bakar dengan variasi *velocity stack* radius 8mm, 15mm, 30mm, hasil terbaik pada radius 30mm dengan nilai turbulensi yang kecil. Dalam penelitian (Badrawada dkk., 2022), Dalam penelitian ini, variasi radius dan diameter *velocity stack* VS5, VS15, dan VS25 digunakan; radius fillet yang lebih besar meningkatkan torsi dan tenaga mesin, sementara konsumsi bahan bakar menurun. Dalam Penelitian (Fauzun dan Yogiswara, 2021), Peneliti menganalisa *pressure loss* pada 9 variasi radius dan panjang *bell-mouth*, hasil terbaik *bell-mouth* dengan radius 30 mm dan panjang 95. Dengan memvariasi radius dan panjang *velocity stack* diharapkan performa mesin *diesel* Yanmar L48N6 menjadi lebih optimal.

Simulasi yang digunakan yaitu simulasi numerik menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Kelebihan menggunakan metode simulasi yaitu keluesan pengguna untuk memodifikasi objek memakan biaya yang besar, selain itu keunggulan metode simulasi adalah kemampuannya untuk melihat aliran udara lebih baik pada ruang dan waktu.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan simulasi aliran fluida menggunakan metode numerik *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dengan *software* Ansys Fluent 2024.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Lokasi Penelitian
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Aerodinamika Gedung A8 Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian
Penelitian *velocity stack* pada *intake manifold* mesin *diesel* ini dimulai pada Bulan 1 Mei-19 Juni 2024.

Variabel Penelitian

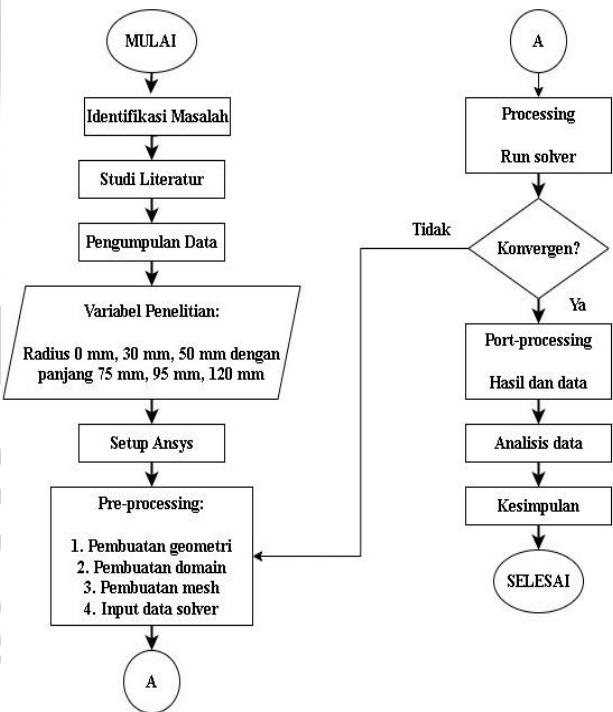
- Variabel Bebas
 - Variasi radius *velocity stack* 0 mm, 30 mm, 50 mm dengan panjang 75 mm, 95 mm, 120 mm.
- Variabel Terikat
 - *Velocity contour*.
 - *Pressure contour*.

- Variabel Kontrol
 - Fluida yang mengalir udara.
 - Mesin yang digunakan mesin *diesel* Yanmar L48N6 1 silinder.
 - Aliran fluida *steady*.
 - Variasi *Re* yang digunakan $6,17 \times 10^4$; $6,86 \times 10^4$; $8,23 \times 10^4$.

Teknik Pengumpulan Data

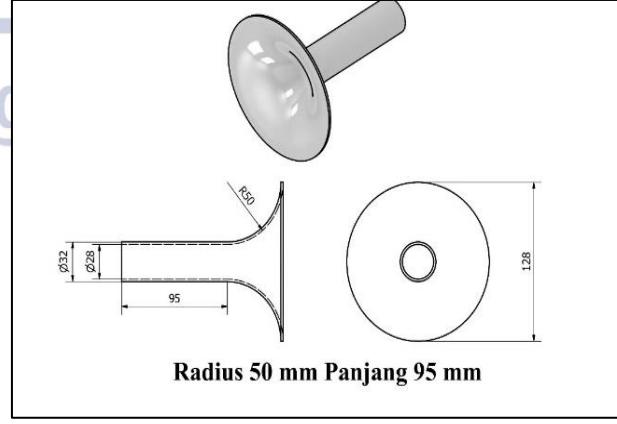
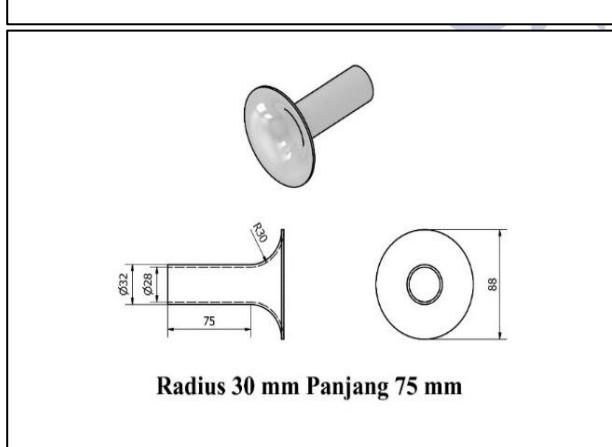
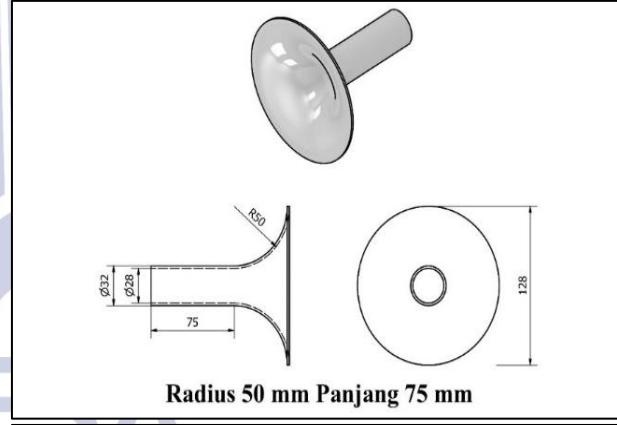
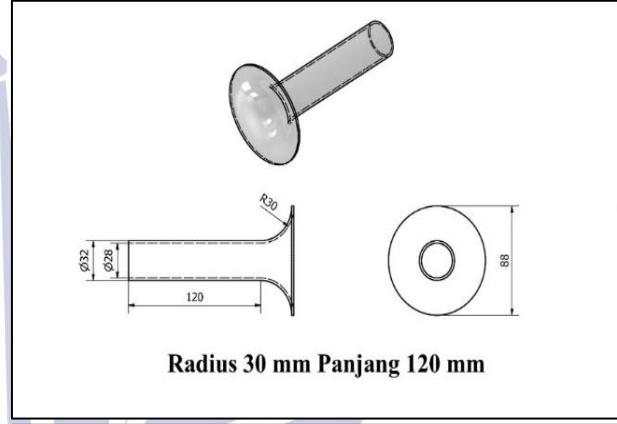
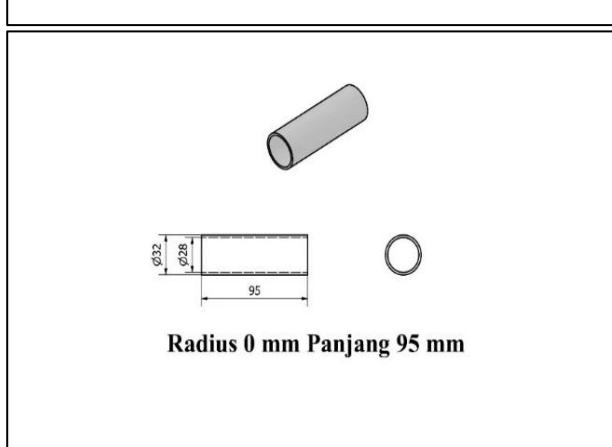
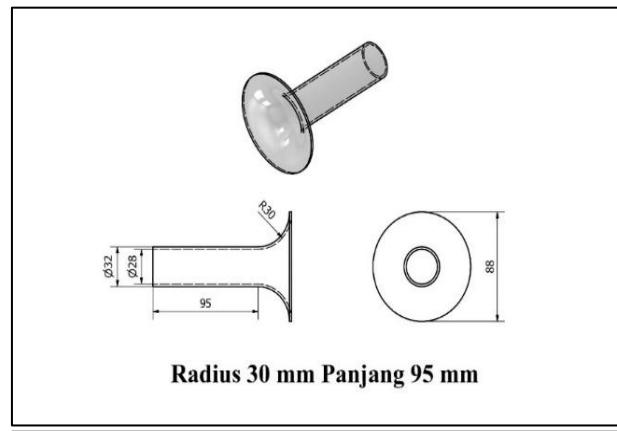
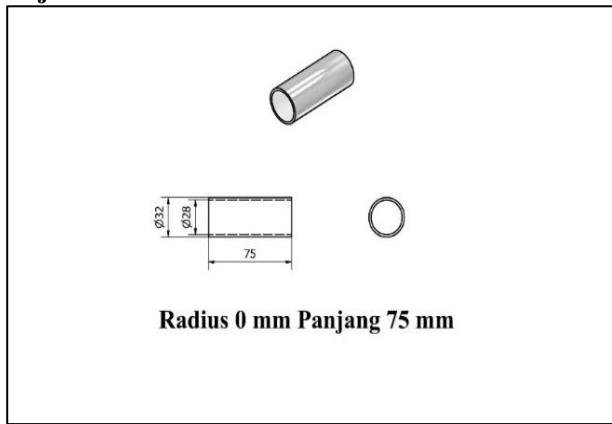
- *Pre-processing*
 - Pembuatan Geometri
 - Pembuatan Domain
 - *Meshing*
 - Setting *solver*
- Tahap *Processing*
 - *Run solver*
 - Iterasi
- Tahap *Post-processing*
 - *Pressure contour*
 - *Velocity contour*
 - *Pathline*

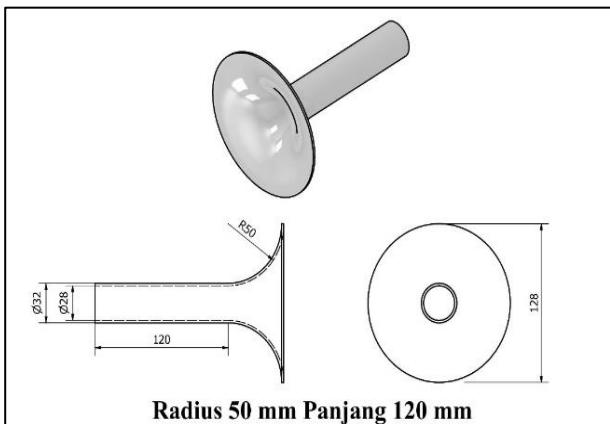
Flow Chart Penelitian



Gambar 1 Flowchart penelitian

Objek Penelitian



Gambar 2 Variasi dimensi *velocity stack*

Validasi Model

Validasi model memastikan bahwa hasil simulasi dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan meningkatkan kredibilitas model.

Tabel 1 Validasi model

No	Penelitian	Reynold Number $5,69 \times 10^4$	
		Velocity magnitude outlet (m/s)	Error (%)
1	Eksperimen (Pieter dan Sutrisno, 2017)	35,551613	-
2	<i>k-ε</i> standart	35,082226	1,320
3	<i>k-ε</i> realizable	35,114281	1,230
4	<i>k-ε</i> RNG	35,114643	1,229
5	<i>k-ω</i> standart	35,999540	1,260
6	<i>k-ω</i> SST	35,100602	1,269

Dengan menggunakan model viscous *k-ε* RNG, diperoleh persentase error terkecil yaitu 1,229%. Menurut (Tuakia, 2008) model *k-ε* memiliki keunggulan dalam menyelesaikan aliran dengan angka Reynold yang tinggi. Sebaliknya, model RNG memiliki istilah tambahan dalam persamaannya, yang secara signifikan meningkatkan akurasi.

Grid Independence Test

Tujuan utama dari *Grid Independence Test* (GIT) adalah untuk memastikan bahwa hasil simulasi tidak lagi sensitif terhadap perubahan settingan *mesh*, sehingga dapat diandalkan dan konsisten.

Tabel 2 Grid independence test

No	Edge Sizing Number Divisions	Element	Nodes	Velocity Magnitude (m/s)	Error (%)
1	70	492850	93592	33,24	6,50
2	80	541697	103059	33,60	5,49
3	90	579232	110400	33,86	4,75
4	100	606425	115701	34,06	4,19

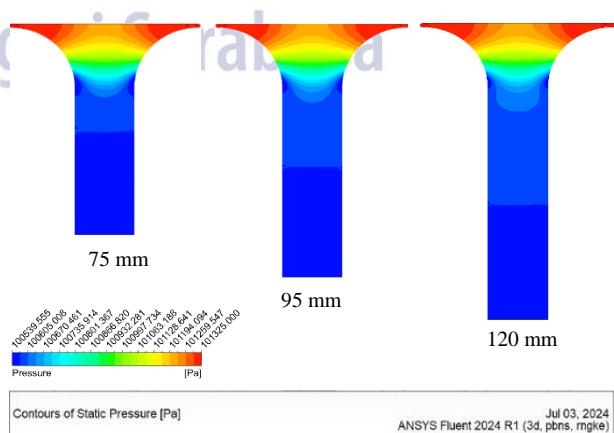
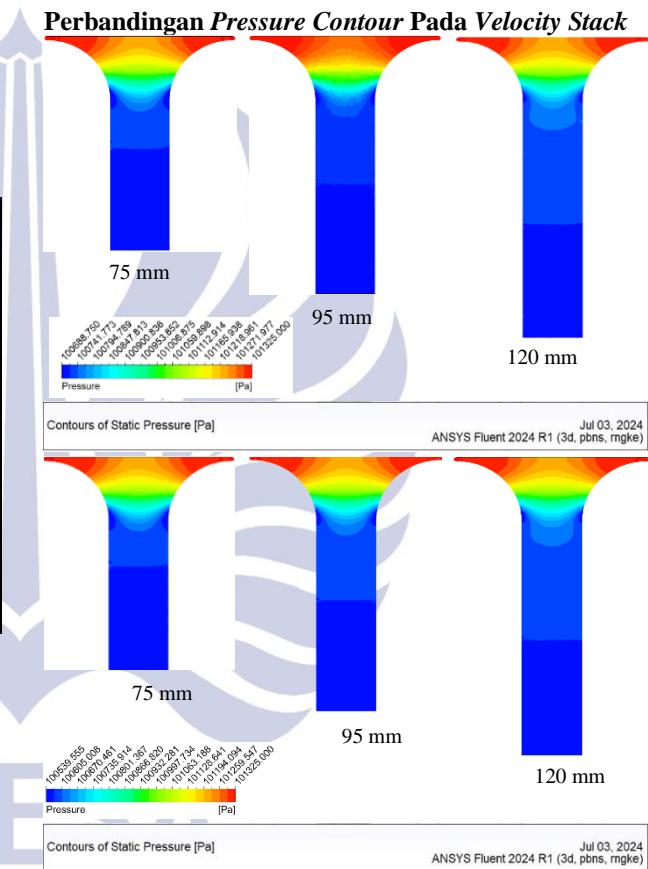
5	110	630976	120467	34,09	4,11
6	120	651932	124487	33,99	4,39
7	130	671792	128271	33,95	4,50

Teknik Analisis Data

Metode simulasi digunakan untuk menganalisis Perubahan distribusi kecepatan dan tekanan fluida dengan variasi yang telah ditentukan sebelumnya akan dihitung dengan menggunakan teknik simulasi yang telah dibahas dalam pembahasan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Pressure Contour Pada Velocity Stack



Gambar 3 Pressure contour velocity stack radius sama panjang berbeda

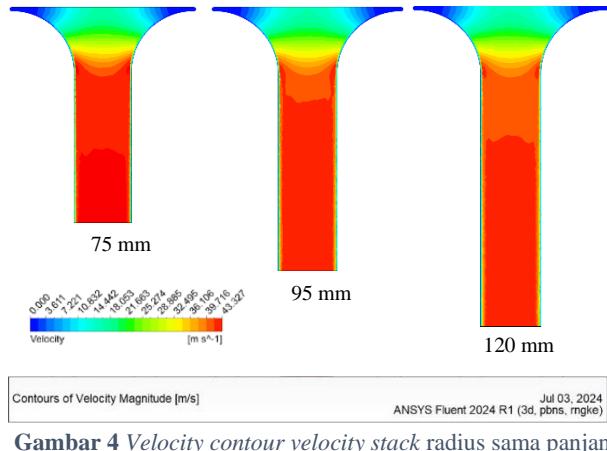
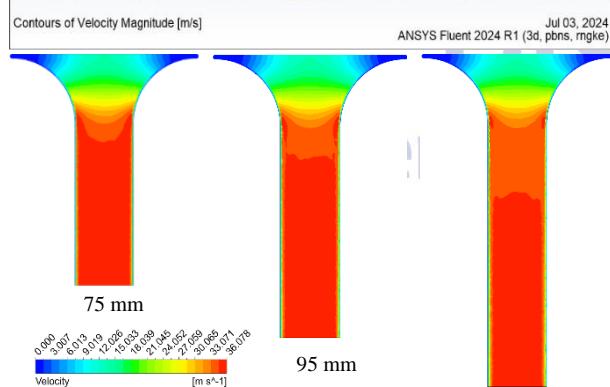
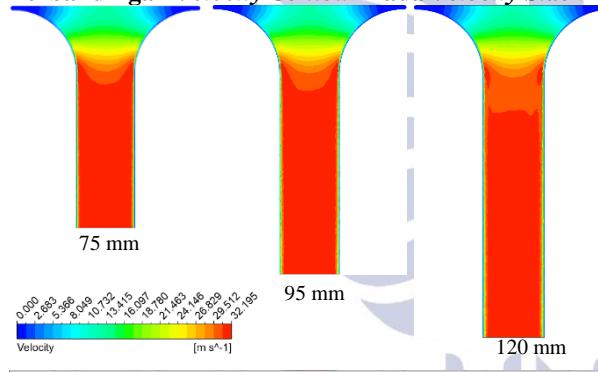
Gambar 3 menunjukkan kontur tekanan *velocity stack* radius sama panjang berbeda pada setiap Re. Diperoleh hasil tekanan hisap sebesar 100688,751 Pa pada Re $6,17 \times 10^4$; tekanan hisap sebesar 100539,557 Pa pada Re $6,86 \times 10^4$; dan tekanan hisap sebesar 100194,068 Pa pada Re $8,23 \times 10^4$. Semakin besar nilai Re maka tekanan hisap yang dihasilkan semakin tinggi karena aliran dengan Re yang tinggi memiliki profil kecepatan yang lebih cepat berkembang, sehingga gradien tekanan dalam pipa lebih rendah.

Pada leher *velocity stack* terjadi *circular low-pressure zone* ditunjukkan kontur biru tua akibat dari perubahan tekanan.

Pada bagian *entrance regional* dekat dinding terjadi kontur berwarna merah karena udara yang masuk terbentur oleh dinding *velocity stack* sehingga udara pada bagian *inlet* udara tidak terhisap secara sempurna.

Semakin jauh dari dinding *velocity stack* udara mengalami *pressure drop* akibat dari hisapan piston ditandai dengan perubahan kontur dari oranye menjadi biru muda. Semakin panjang *velocity stack* maka keadaan *entrance length* menjadi lebih panjang karena udara mengalami kehilangan tekanan akibat dari gesekan dengan dinding *velocity stack*. Pada aliran dengan nilai *Reynold number* yang tinggi, *entrance length* lebih pendek karena gaya inersia yang dominan.

Perbandingan Velocity Contour Pada Velocity Stack



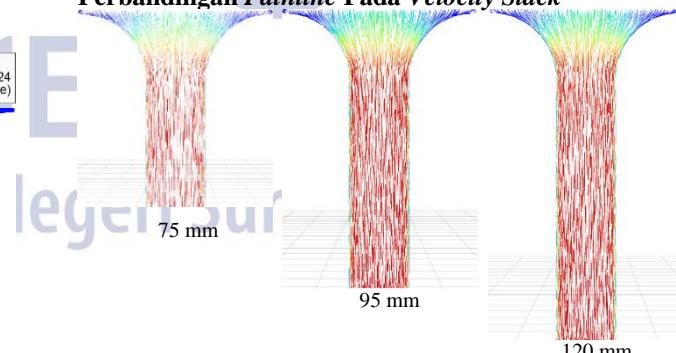
Gambar 4 Velocity contour *velocity stack* radius sama panjang berbeda

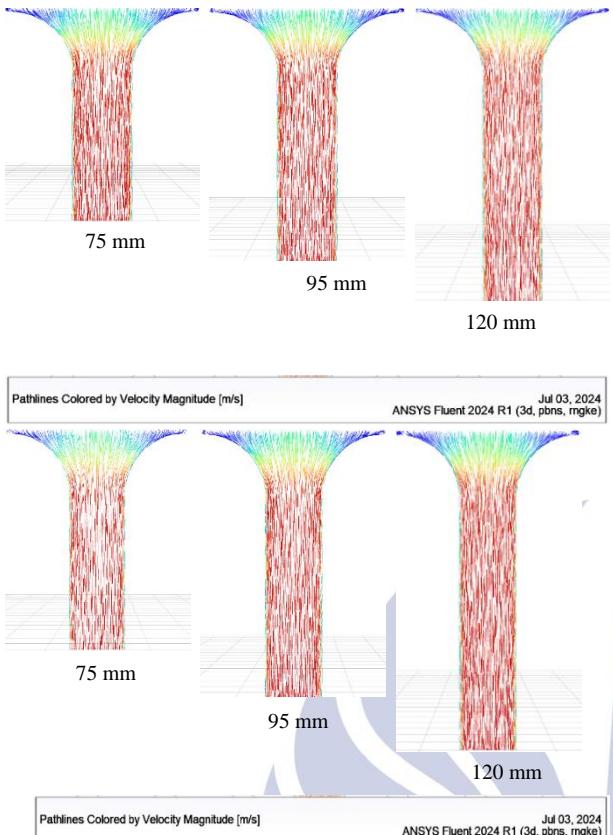
Gambar 4 menunjukkan kontur kecepatan *velocity stack* radius sama panjang berbeda pada setiap Re. Kondisi fluida saat dekat dengan dinding mengalami sedikit *separation zone* ditunjukkan dengan kontur berwarna biru tua 0 m/s. *Separation zone* terjadi ketika aliran fluida terpisah dari permukaan suatu benda disebabkan oleh gradien tekanan yang tidak menguntungkan selama ekspansi aliran. Hal ini memisahkan aliran dari permukaan benda dan menciptakan daerah aliran lain dengan tekanan lebih rendah.

Fluida yang jauh dari dinding mengalami sedikit gesekan, semakin tengah posisi fluida pada pipa maka fluida mengalami percepatan ditandai dengan perubahan warna kontur biru ke merah. Fluida bergerak meluncur mengikuti bentuk pipa tanpa adanya tumbukan antar partikel sehingga tidak ada *loss energi*.

Kontur berwarna orange dengan tanda panah menunjukkan jarak *entrance length*, pada *velocity stack* pendek dan *Reynold number* besar, jarak *entrance length* menjadi lebih pendek akibat dari gaya inersia yang dominan.

Perbandingan Pathline Pada Velocity Stack





Gambar 5 Pathline velocity stack radius sama panjang berbeda

Gambar 5 menunjukkan pathline velocity stack radius sama panjang berbeda pada setiap Re . Panjang 75 mm aliran udara seragam jarak garis pathline jauh. Panjang 95 mm terlihat udara masuk dengan terarah dan seragam jarak antar garis pathline menjadi lebih dekat. panjang 120 mm terlihat udara masuk dengan terarah dan seragam, jarak antar garis pathline menjadi sangat dekat.

Jarak yang lebih jauh karena partikel fluida yang mengikuti pathline dapat mengalami perpindahan yang lebih luas dan kompleks. Ketika melacak jalur partikel selama periode waktu tertentu, partikel tersebut dapat terpengaruh oleh berbagai gaya, perubahan kecepatan, dan interaksi dengan lingkungan sekitarnya.

Ketika aliran udara masuk pada *inlet* radius 0 mm ditunjukkan dengan garis pathline berwarna kuning. Selanjutnya garis pathline terjadi *vena contracta*, koefisien kehilangan tekanan menjadi lebih besar, dimana garis semakin rapat dan terjadi tumbukan antar partikel udara. Ketika udara masuk pada *inlet* radius 30 mm terlihat udara masuk dengan terarah, tidak ada turbulensi pada *inlet* karena berbentuk *rounded*. Ketika udara masuk pada *inlet* radius 50 mm terlihat udara masuk semakin terarah, tidak ada turbulensi pada *inlet* karena berbentuk semakin membulat (*rounded*).

Tabel 3 Perbandingan *velocity magnitude*

Dimensi		Velocity (m/s)		
		$Re = 6,17 \times 10^4$	$Re = 6,86 \times 10^4$	$Re = 8,23 \times 10^4$
Radius 0 mm	Panjang 75 mm	V <i>inlet</i>	16,137	17,979
	Panjang 75 mm	V <i>outlet</i>	32,274	35,958
	Panjang 95 mm	V <i>inlet</i>	16,106	17,933
	Panjang 95 mm	V <i>outlet</i>	32,212	35,867
	Panjang 120 mm	V <i>inlet</i>	15,891	6,357
	Panjang 120 mm	V <i>outlet</i>	34,961	34,961
Radius 30 mm	Panjang 75 mm	V <i>inlet</i>	6,455	7,192
	Panjang 75 mm	V <i>outlet</i>	32,274	35,958
	Panjang 95 mm	V <i>inlet</i>	6,442	7,173
	Panjang 95 mm	V <i>outlet</i>	32,212	35,867
	Panjang 120 mm	V <i>inlet</i>	16,784	7,114
	Panjang 120 mm	V <i>outlet</i>	35,568	35,568
Radius 50 mm	Panjang 75 mm	V <i>inlet</i>	3,227	3,596
	Panjang 75 mm	V <i>outlet</i>	32,274	35,958
	Panjang 95 mm	V <i>inlet</i>	3,221	3,587
	Panjang 95 mm	V <i>outlet</i>	32,212	35,867
	Panjang 120 mm	V <i>inlet</i>	17,120	8,560
	Panjang 120 mm	V <i>outlet</i>	32,271	35,799

Tabel 4 merupakan perbandingan *velocity magnitude* pada *velocity stack* radius 0mm, 30mm, 50mm dengan panjang 75mm, 95mm, 120mm pada variasi bilangan $Re = 6,17 \times 10^4, 6,86 \times 10^4, 8,23 \times 10^4$. Hasil Terbaik dari *velocity magnitude* yaitu pada *velocity stack* radius 50 mm Panjang 75 mm pada $Re = 8,23 \times 10^4$ dengan *velocity outlet* paling besar yaitu 43,494 m/s.

Semakin besar radius *velocity stack* turbulensi pada *inlet* semakin kecil, semakin panjang *velocity stack losses* yang terjadi semakin besar akibat penampang dinding semakin besar. Nilai kecepatan berbanding lurus dengan *Reynold number* tetapi berbanding terbalik dengan nilai tekanan. Hal ini sesuai

Peningkatan kecepatan fluida dapat menyebabkan penurunan tekanan yang lebih besar melalui komponen, menyebabkan disipasi energi. *Vena contracta* terbentuk ketika lubang *inlet* memiliki sudut tajam. Kehilangan energi mekanik terjadi ketika fluida mempercepat aliran melalui area aliran yang berkurang di *vena contracta* (Pritchard *et al.*, 2011).

Tabel 4 Perbandingan *entrance length*

Dimensi		Entrance Length		
		Re $6,17 \times 10^4$	Re $6,86 \times 10^4$	Re $8,23 \times 10^4$
Radius 0 mm	Panjang 75 mm	19,59	19,25	18,68
	Panjang 95 mm	19,59	19,25	18,68
	Panjang 120 mm	19,59	19,25	18,68
Radius 30 mm	Panjang 75 mm	19,59	19,25	18,68
	Panjang 95 mm	19,59	19,25	18,68
	Panjang 120 mm	19,59	19,25	18,68
Radius 50 mm	Panjang 75 mm	19,59	19,25	18,68
	Panjang 95 mm	19,59	19,25	18,68
	Panjang 120 mm	19,59	19,25	18,68

Tabel 4 merupakan perbandingan *entrance length* pada *velocity stack* radius 0mm, 30mm, 50mm dengan panjang 75mm, 95mm, 120mm pada variasi bilangan Reynold $6,17 \times 10^4$; $6,86 \times 10^4$; $8,23 \times 10^4$. Hasil Terbaik yaitu pada bilangan Reynold $8,23 \times 10^4$.

Ketika nilai Re semakin tinggi, panjang *entrance* cenderung lebih pendek. Ini karena aliran dengan Re yang tinggi memiliki profil kecepatan yang lebih cepat berkembang (Pritchard *et al.*, 2011)

Pada Re $6,17 \times 10^4$ *entrance length* memiliki panjang 19,59 mm dari *inlet*; pada Re $6,86 \times 10^4$ *entrance length* memiliki panjang 19,25 mm dari *inlet*; pada Re $8,23 \times 10^4$ *entrance length* memiliki panjang 18,68 mm dari *inlet*. *Entrance length* berbanding terbalik dengan nilai Re. Ketika nilai Re semakin tinggi, panjang *entrance* cenderung lebih pendek. Ini karena aliran dengan Re yang tinggi memiliki profil kecepatan yang lebih cepat berkembang.

Tabel 5 Perbandingan *turbulence intencity*

Dimensi		Re $6,17 \times 10^4$	Re $6,86 \times 10^4$	Re $8,23 \times 10^4$
Radius 0 mm	Panjang 75 mm	531,560 %	614,063 %	614,063 %
	Panjang 95 mm	528,214 %	588,856 %	688,488 %
	Panjang 120 mm	535,580 %	624,393 %	716,264 %
Radius 30 mm	Panjang 75 mm	220,226 %	240,246 %	280,031 %
	Panjang 95 mm	217,418 %	237,104 %	275,883 %
	Panjang 120 mm	215,440 %	235,054 %	273,536 %
Radius 50 mm	Panjang 75 mm	173,420 %	189,725 %	221,349 %
	Panjang 95 mm	221,746 %	242,279 %	282,471 %
	Panjang 120 mm	194,915 %	209,964 %	245,588 %

Tabel 5 merupakan perbandingan *turbulence intencity* pada *velocity stack* radius 0mm, 30mm, 50mm dengan panjang 75mm, 95mm, 120mm pada variasi bilangan Reynold $6,17 \times 10^4$; $6,86 \times 10^4$; $8,23 \times 10^4$. Hasil Terbaik

yaitu pada *velocity stack* radius 50 mm panjang 75 mm dengan persentase *turbulence intencity* paling kecil pada setiap Re.

Nilai *turbulence intencity* dipengaruhi oleh perubahan geometri pipa dan juga *Reynolds number*. Nilai Re melebihi ambang batas, guncangan turbulen muncul secara periodik dalam aliran. Seiring dengan peningkatan Re, frekuensi dan durasi guncangan turbulen juga meningkat hingga mencapai kondisi turbulensi yang sepenuhnya.

Kondisi fluida pada radius 0 terjadi turbulensi pada *inlet* karena bentuk *square-edge*, koefisien kehilangan tekanan menjadi lebih besar. Pada radius 30 udara bergerak meluncur mengikuti bentuk pipa tanpa adanya tumbukan antar partikel sehingga tidak ada energi tambahan karena bentuk *rounded*. Pada radius 50 tumbukan partikel pada *inlet* semakin berkurang karena bentuk *inlet* semakin membulat. Hal ini sesuai dengan penelitian (Pieter dan Sutrisno, 2017) menunjukan bahwa penggunaan *velocity stack intake* dengan radius *inlet* yang besar menghasilkan nilai turbulensi yang kecil.

PENUTUP

Simpulan

Pada bab ini, peneliti dapat menyimpulkan bahwa:

- Hasil terbaik dari perbandingan *pressure contour* yaitu pada radius 50 panjang 75 dengan nilai *velocity outlet* terbesar pada Re $6,17 \times 10^4$; $6,86 \times 10^4$; $8,23 \times 10^4$. Semakin besar Re maka tekanan hisap semakin tinggi, Ini terjadi karena aliran dengan Re yang tinggi memiliki gradien tekanan dalam pipa lebih rendah.
- Hasil terbaik dari perbandingan *velocity contour* yaitu pada panjang 75 mm dengan *entrance length* 18,68 mm. Re semakin tinggi, *entrance* cenderung lebih pendek. Ini karena aliran dengan Re yang tinggi memiliki profil kecepatan yang lebih cepat berkembang.
- Hasil terbaik dari perbandingan *pathline* yaitu pada Radius 50 mm dengan nilai *turbulent intencity* paling kecil. Pada *velocity stack* dengan radius kecil, menghasilkan turbulensi yang besar akibat dari bentuk *square-edge*, sehingga koefisien kehilangan tekanan menjadi lebih besar. Semakin besar radius *velocity stack*, maka turbulensi yang terjadi semakin kecil karena bentuknya *rounded*.

Hasil terbaik pada penelitian ini yaitu pada radius 50 mm dengan panjang 75 mm pada Re $8,23 \times 10^4$ dengan *velocity outlet* 43,494 m/s, nilai *turbulent intencity* 173,429%, dengan *entrance length* 18,68 mm.

Saran

- Diperlukan adanya eksperimen untuk membuktikan secara nyata bahwa penggunaan *velocity stack* pada mesin diesel yanmar L48N6.
- Untuk menghasilkan pola aliran fluida yang lebih detail, diperlukan kerapatan *mesh* yang lebih kecil dan jenis model *mesh* yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badrawada, I.G.G., Susastriawan, A.A.P., Pradipta, Y. 2022. "Effect of Velocity Stack Geometry on The Performance of 150cc-Four Stroke Motorcycles". *Engineering and Applied Science Research* 2022;49(4):587-592.
- Fauzun. Yogiswara, C. W. 2021. "The effect of bellmouth radius and venturi restrictor length on the power and torque of BM-9's engine". *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, 8(2), 477–483.
- Husain, A. Nursya'i. 2021. "Studi Komputasional Pengaruh Desain Velocity Stack Intake Manifold Terhadap Efisiensi Volumetrik Mesin Astro 108cc Menggunakan Computational Fluid Dynamics". Mechanical Engineering Study Program. University of Muhammadiyah Ponorogo.
- KESDM. 2021. *Statistik EBTKE 2021. Direktorat Panas Bumi Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta.
- KMHE. 2023. *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi*. (2023). (<https://kmhe.kemdikbud.go.id/>, diakses 29 Januari 2024).
- Moran, M. J., Shapiro, H. N. 2004. *Termodinamika Teknik Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Pieter, Millian. Sutrisno, Teng. 2017. "Pengaruh Velocity Stack Intake Terhadap Performa Kendaraan". *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. Universitas Kristen Petra.
- Pritchard, Philip J, & Leylegian. (2011). *Fluid Mechanics*. Manhattan: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Tuakia, F. 2008. Dasar Dasar CFD Menggunakan Fluent. xii, 331 hlm.; 20 cm
- Yanmar. (2024). *Catalogs Yanmar Air-cooled Diesel Engine L-N/ L-V/ L.W.* (<https://www.yanmar.com/enth/engine/products/diesel/aircooled/lseries/>), diakses 13 Februari 2024)

