

# PENGARUH *VELOCITY STACK INTAKE* TERHADAP PERFORMA KENDARAAN

Millian Pieter P<sup>1)</sup>, Teng Sutrisno<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra<sup>1,2)</sup>

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia<sup>1,2)</sup>

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658<sup>1,2)</sup>

E-mail : [m24410011@john.petra.ac.id](mailto:m24410011@john.petra.ac.id)<sup>1)</sup>, [tengsutrisno@petra.ac.id](mailto:tengsutrisno@petra.ac.id)<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

Dapat dikatakan bahwa kerja motor bakar ditentukan salah satunya oleh rapat masa laju aliran udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Salah satu upaya untuk meningkatkan performa mesin adalah dengan, mengubah saluran *air intake*. Pada saluran *air intake* diciptakan *open air intake* dimana terdapat filter udara model terbuka berbentuk corong yang juga di sebut dengan *Velocity Stack Intake*. *Velocity stack intake* bertujuan untuk meningkatkan performa kendaraan dengan menghasilkan aliran udara dengan nilai turbulensi yang rendah. Penelitian dilakukan dengan melakukan perubahan pada radius *inlet velocity stack intake* standart 8mm dengan radius yang lebih besar yaitu, 15mm dan 30mm. Perubahan pada radius *inlet* bertujuan untuk menghasilkan koefisien kerugian minor yang rendah dan nilai turbulensi yang rendah.

Dari hasil pengujian daya dan torsi yang dilakukan, daya meningkat sebesar 3.4% dan kenaikan torsi sebesar 6,6% dari standart. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *velocity stack intake* dengan radius *inlet* yang besar yaitu 30mm menghasilkan nilai turbulensi yang kecil sehingga menghasilkan peningkatan daya dan torsi pada kendaraan.

Kata kunci :

Daya dan torsi, *velocity stack intake*, turbulensi

## 1. Pendahuluan

Di era modern seperti ini kendaraan bermotor sangatlah penting bagi semua orang dalam melakukan aktivitasnya. Maka di butuhkan performa kendaraan yang baik. Seiring berkembangnya dunia otomotif membuat para pemilik kendaraan ingin melakukan modifikasi untuk meningkatkan performa pada kendaraan mereka. Untuk meningkatkan performa kendaraan banyak cara yang dapat dilakukan, diantaranya dengan melakukan penggantian parts asli (OEM) dari kendaraan dengan parts *after market* yang banyak beredar di masyarakat.

Dalam melakukan modifikasi pada kendaraan dibutuhkan ketelitian agar menghasilkan peningkatan performa pada kinerja motor bakar. Kinerja motor bakar di pengaruhi oleh aliran udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Oleh karena itu salah satu upaya untuk meningkatkan performa kendaraan adalah dengan melakukan modifikasi pada saluran *air intake* untuk mendapatkan aliran udara dengan kerapatan yang lebih besar. Pada *air intake* diciptakan *open air intake* dimana terdapat filter udara model terbuka berbentuk corong yang juga di sebut dengan *Velocity Stack Intake* [6].

*Velocity stack intake* adalah Perangkat berbentuk terompet dari panjang yang berbeda yang dipasang untuk masuknya udara dari system pembakaran motor bakar dengan system pembakaran karburator [7]. Hal ini dirancang untuk, masuknya udara pada kecepatan tinggi ke saluran intake, dengan nilai turbulensi yang rendah dan dengan aliran udara yang menempel pada dinding *velocity stack intake* sehingga menghasilkan kenaikan daya dan torsi pada kendaraan.

Desain *velocity stack intake* dikenal juga dengan

desain *bellmouth intake*. Penggunaan *bellmouth intake* pada suatu aliran dapat menurunkan nilai dari head loss [4]. Selain dapat menurunkan nilai *head loss* bentuk desain dari *velocity stack intake* dapat meningkatkan laju aliran udara yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan pada suatu aliran [8]. Terjadinya kenaikan laju masa aliran dan penurunan tekanan pada suatu aliran di pengaruhi oleh besar kecilnya radius dari *velocity stack intake* [3].

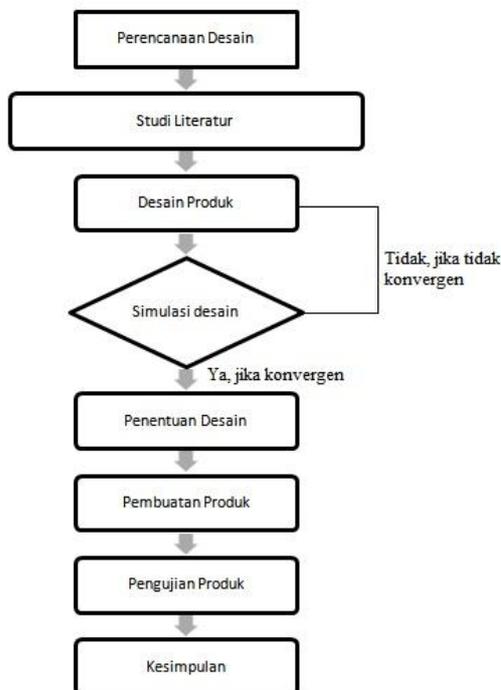
Oleh karena itu dilakukan penelitian seberapa besar pengaruh pengaruh *velocity stack intake* terhadap performa kendaraan. Pada penelitian ini digunakan karburator empat laras dengan *velocity stack intake* standart yang akan di bandingkan dengan hasil modifikasi. Modifikasi yang dilakukan pada *Velocity stack intake* yaitu dengan merubah inlet radius menjadi lebih besar, agar menghasilkan aliran udara yang lebih tenang [1]. Pada sistem pembakaran karburator diharapkan aliran udara yang masuk melalui *velocity stack intake* memiliki aliran yang tenang sedikit fluktuasi sehingga proses pencampuran udara dan bahan bakar menjadi lebih optimal.

Dengan penelitian ini diharapkan mendapatkan desain terbaik *velocity stack intake* yang dapat di aplikasikan pada kendaraan dengan keterbatasan ruang mesin dan mendapatkan kenaikan performa kendaraan meliputi, kenaikan daya dan torsi pada kendaraan.

## 2. Metode Penelitian

Dalam sebuah penelitian terdapat langkah-langkah yang diambil sebagai penentu arah penelitian. Dengan adanya langkah-langkah penelitian yang dilakukan, maka manfaat dan tujuan penelitian akan lebih mudah di

dapatkan. Langkah-langkah dalam Tugas akhir ini dapat di lihat pada gambar 1. Diagram metode penelitian.



Gambar 1. Diagram metode penelitian

### Perencanaan Desain

Desain *Velocity stack intake* direncanakan dengan parameter-parameter seperti berikut :

1. Penempatan *velocity stack intake* harus sesuai dengan ukuran dan lokasi penempatan pada kendaraan
2. Bentuk *velocity stack intake* mengacu pada bentuk *rounded* pada buku *Fox and McDonald's* [7]
3. Desain *Velocity stack intake* harus di optimalkan agar menghasilkan aliran udara terbaik dan menghasilkan kenaikan daya dan torsi pada kendaraan.

### Studi Literatur

Dari permasalahan yang ada maka, dipelajari literatur yang ada dan yang sesuai. Adapun literatur yang sesuai dengan penelitian yang terdapat pada buku *Fox and McDonald's* yang sesuai dengan kegunaan *velocity stack intake* [7].

Menurut literatur yang ada, suatu aliran yang melewati pipa akan menghasilkan suatu aliran yang tenang jika memiliki nilai koefisien kerugian minor yang kecil. Nilai K atau koefisien kerugian minor di tentukan oleh perbandingan radius inlet dengan diameter dalam pipa. Semakin besar radius inlet akan menghasilkan nilai K yang kecil.

Pada penelitian ini diharapkan mendapatkan desain *velocity stack intake* dengan nilai K yang kecil dan menghasilkan aliran yang tenang.

### Desain Produk

Desain *velocity stack intake* menggunakan bantuan *software SolidWorks* dan disesuaikan dengan literatur. Pada proses desain *velocity stack* dilakukan pengukuran dengan menggunakan jangka sorong untuk mendapat ukuran yang sesuai dengan ukuran asli dari *velocity stack intake*.

Dalam penelitian ini digunakan 2 desain yang berbeda, yaitu *velocity stack intake* dengan radius 15 mm dan 30 mm.

### Perhitungan kecepatan aliran

Parameter yang dibutuhkan pada tahap simulasi adalah laju kecepatan aliran udara yang melewati *velocity stack intake*. Maka rumus yang dapat diaplikasikan adalah [5] :

Kecepatan putaran torak :

$$V_t = \frac{SN}{30.000} \quad (1)$$

Laju aliran udara :

$$V_g = \frac{SN}{30.000} \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad (2)$$

Dari persamaan 1 dan 2 maka diperoleh data laju aliran udara pada setiap rpm sebagai berikut :

Tabel 1. Tabel perhitungan kecepatan udara.

Dari data diatas digunakan rata-rata kecepatan udara antara 4000-4500 rpm, dimana diperoleh kecepatan rata-rata aliran udara sebesar 20m/s .

Setelah mendapatkan nilai kecepatan aliran udara, tahap selanjutnya adalah menghitung laju masa udara dengan bantuan *software fluent*, dengan rumus :

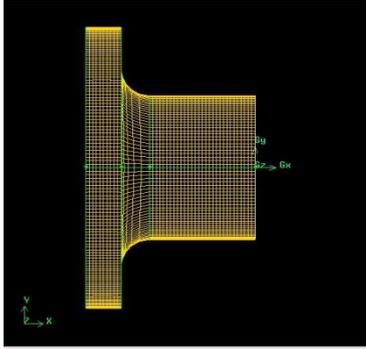
$$\dot{m} = \rho \bar{v} A \quad (3)$$

Dengan Persamaan 3, maka diperoleh laju masa udara sebesar :

$$\dot{m} = 0.062475 \text{ kg/s}$$

### Simulasi Desain

Proses simulasi dilakukan dengan bantuan *software fluent 6.3.26* dan terdiri dari beberapa parameter pengujian yaitu, *Velocity magnitude*, *Static pressure*, dan *Turbulent intensity*. Proses simulasi diawali dengan melakukan *meshing* pada setiap desain *velocity stack intake*. *Meshing* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. meshing

Meshing merupakan proses pemotongan model menjadi beberapa bagian kecil-kecil, tujuan meshing adalah menciptakan titik referensi analisa perhitungan. Pada metode tersebut perhitungan diawali dari informasi kondisi boundary kemudian dilakukan perhitungan ke setiap titik referensi.

### Penentuan Desain

Penentuan desain *velocity stack intake* dengan mempertimbangkan nilai *velocity magnitude*, *turbulent intensity*, dan *static pressure* yang terbaik.

### Pembuatan Produk

Proses pembuatan produk diawali dengan pembuatan desain dengan bantuan *software SolidWorks* yang kemudian dicetak pada kertas dan di proyeksikan pada besi baja sebagai pembuatan *moulding*. Proses pembuatan produk menggunakan metode press dimana pipa di tekan secara perlahan pada *moulding* dengan menggunakan dongkrak seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Proses fabrikasi

Proses pengepresan dilakukan secara manual, dan ditekan secara perlahan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada *velocity stack intake*

### Pengujian Produk

Pengujian produk dilakukan dengan menggunakan dynamometer chassis [2], dimana

dilakukan perbandingan kondisi kendaraan dengan menggunakan *velocity stack* standart dan yang sudah di modifikasi.



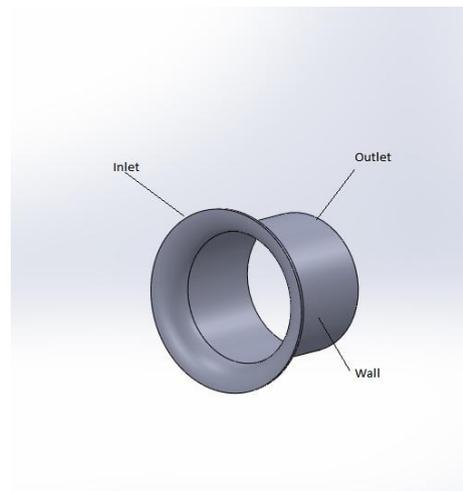
Gambar 4. Pengujian dengan dyno test

Pengujian dengan dynamometer atau dyno test seperti yang terlihat pada gambar 3. dilakukan dengan mengambil data terbaik dari setiap pengujian *velocity stack intake*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian daya dan torsi pada kendaraan yang di pengaruhi oleh variasi radius inlet *velocity stack intake*

## 3. Hasil dan Pembahasan

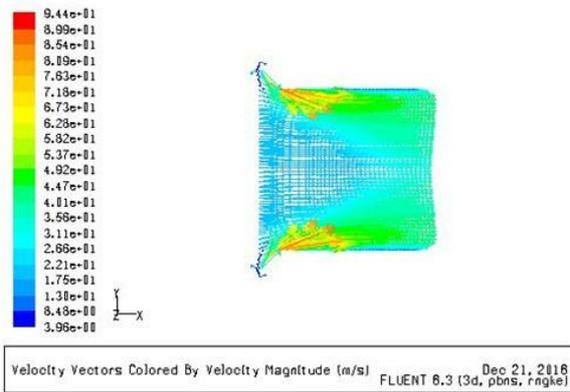
### Hasil analisa simulasi fluida

Pada tahap ini, proses simulasi dilakukan dengan bantuan *software fluent 6.3.26* dan telah di tentukan domain simulasi yang terdapat pada gambar 5.



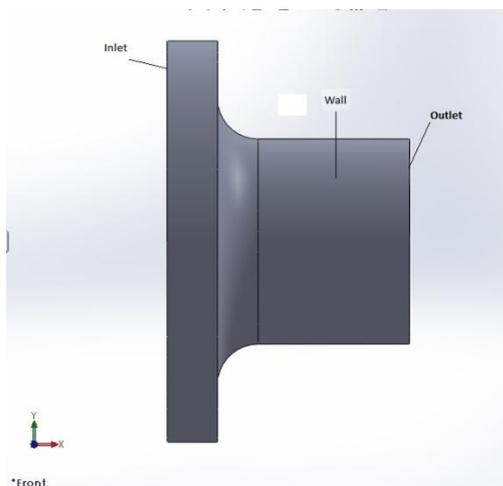
Gambar 5. Domain simulasi

Pada tahap simulasi, dibutuhkan penambahan *contour* agar arah aliran udara dapat terpusat pada saluran inlet sehingga di dapatkan data yang akurat.



Gambar 6. Terjadinya *reversed flow*

Pada gambar 6. Terlihat adanya aliran yang tidak terarah pada saluran *inlet* yang menyebabkan hasil simulasi tidak konvergen. Aliran yang bergerak tidak terpusat pada saluran inlet dapat dilihat pada tanda panah berwarna biru yang bergerak menjauhi saluran inlet. Hal ini terjadi karena adanya aliran udara yang terbentur dinding *inlet* dari *velocity stack intake* sehingga terjadi *reversed flow* yang membuat hasil simulasi tidak konvergen dengan syarat konvergensi  $10^{-5}$ .

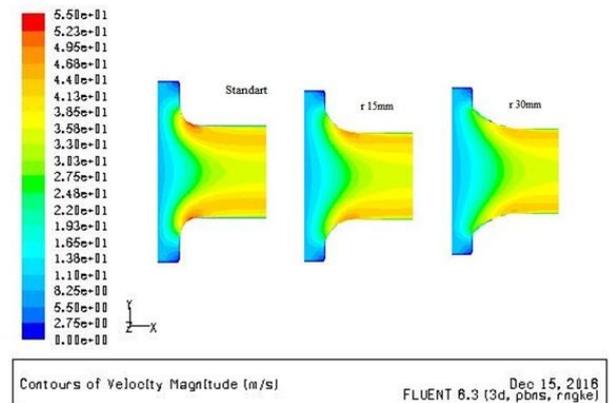


Gambar 7. Penambahan *contour*

Penambahan *contour* pada gambar 7 dilakukan dengan bantuan *software SolidWorks*, penambahan *contour* pada setiap desain memiliki dimensi yang sama agar tidak mempengaruhi hasil simulasi.

### Velocity Magnitude

Dengan parameter *velocity magnitude* pada proses simulasi, dapat dilihat perbedaan profil kecepatan yang diakibatkan oleh perbedaan radius inlet pada *velocity stack intake*. Profil kecepatan ditandai dengan warna orange yang tersebar pada dinding *velocity stack intake*. Warna orange menunjukkan tingkat kecepatan yang tinggi pada dinding.



Gambar 8 . Profil kecepatan

Desain *velocity stack* dengan radius 30 mm, memiliki peningkatan kecepatan udara yang terbesar, hal ini terjadi karena aliran udara yang melewati inlet dengan bentuk menyerupai *nozzle*. Hal ini menyebabkan laju masa udara terkompresi dan menyebabkan terjadinya peningkatan kecepatan laju masa udara. Pada gambar 8. di tunjukan warna kemerahan yang menempel pada dinding *velocity stack*. Desain *velocity stack* dengan radius 30 mm memiliki keunggulan di dibandingkan dengan radius 15 mm dan standart karena laju aliran udara pada radius 30 mm menempel pada dinding *velocity stack*.

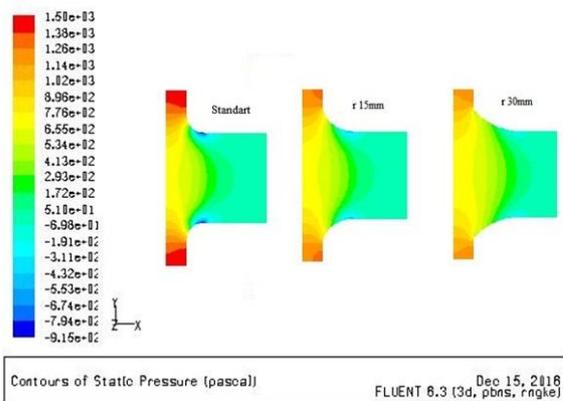
Tabel 1. Nilai rata-rata *velocity magnitude*

Radius (mm)	Velocity Magnitude (m/s)
8	34.501305
15	34.516853
30	35.551613

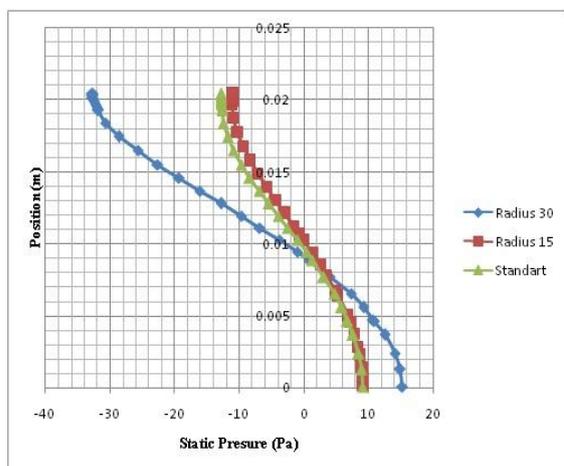
Dari hasil simulasi didapatkan nilai kecepatan rata-rata pada outlet. Desain *velocity stack* dengan radius 30 mm memiliki nilai kecepatan yang terbesar yaitu sebesar 35.551613 m/s. Peningkatan laju aliran udara pada *velocity stack intake* terjadi karena adanya penyempitan *streamline* yang menyebabkan terkompresinya aliran udara.

### Static Pressure

Dari hasil simulasi, *velocity stack intake* dengan radius 30, memiliki nilai static pressure terendah. Dapat dilihat pada gambar .9, dimana daerah persebaran warna hijau muda yang menandakan rendahnya tekanan dalam *velocity stack intake*.



Gambar 9. Profil tekanan



Grafik.1 Static pressure

Dari grafik 1. Dapat dilihat *velocity stack* dengan radius 30 mm memiliki tekanan yang rendah pada dinding namun memiliki tekanan yang tinggi pada *centerline*. Peningkatan tekanan pada *centerline* disebabkan karena adanya distribusi energi dari dinding terdistribusi ke *centerline*. Peningkatan tekanan pada *centerline* mengakibatkan penurunan laju kecepatan aliran udara, namun dengan adanya distribusi energi dari dinding ke *centerline* mengakibatkan kenaikan tekanan di sertai dengan kenaikan laju kecepatan udara, sehingga pada *centerline* memiliki tekanan yang tinggi dengan laju kecepatan udara yang tinggi.

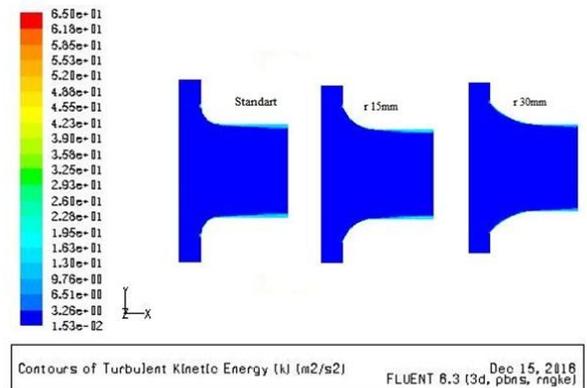
Perpindahan distribusi energi terjadi karena adanya jumlah laju masa udara yang sama terkompresi melewati *inlet velocity stack intake* yang menyerupai *nozzle*. Dengan terkompresinya laju aliran udara, maka terjadi peningkatan laju kecepatan udara pada dinding dan kenaikan tekanan pada *centerline*.

Tabel 2. Nilai rata-rata *Static Pressure*

Radius (mm)	<i>Static Pressure</i> (Pa)
8	-12.680243
15	-13.034167
30	-23.38146

### **Turbulent Kinetic Energy**

Dengan nilai turbulensi yang kecil, menghasilkan kinerja motorbakar yang optimal karena pada sistem pembakaran karburator, diharapkan turbulensi yang kecil pada saluran inlet agar proses pencampuran udara menjadi lebih optimal.



Gambar . *Turbulent kinetic energy*

Tabel. 3 Nilai rata-rata Turbulent

Radius (mm)	<i>Turbulent kinetic energy</i> (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
8	6.2125139
15	6.9810729
30	5.7912116

Dari hasil simulasi dapat dilihat *velocity stack intake* dengan radiu 30 mm memiliki nilai turbulensi yang rendah sehingga menghasilkan aliran udara yang lebih tenang dengan sedikit fluktuasi. Dengan nilai turbulensi yang rendah membuat pencampuran udara dan bahan bakar menjadi lebih baik sehingga dapat meningkatkan kinerja motor bakar.

### **Total Pressure**

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan pengujian 3 parameter, *static pressure*, *turbulent kinetic energy* dan *velocity magnitude* didapatkan hasil yang terbaik pada *velocity stack intake* dengan radius 30 mm. Oleh karena itu, dilakukan penambahan parameter yaitu *total pressure* pada masing-masing *velocity stack intake*. Total pressure adalah kandungan energy yang terdapat dalam aliran, dimana aliran dengan nilai *total pressure* yang besar adalah aliran yang optimal.

Tabel 4. Nilai Total Pressure

Radius (mm)	Total Pressure (Pa)
8	752.99219
15	746.90845
30	777.5625

Dari tabel 4, ditemukan *velocity stack intake* dengan radius 30mm, memiliki kandungan energy terbesar di dibandingkan dengan radius 15 dan 8.

### Perhitungan Koefisien Kerugian Minor

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan koefisien kerugian minor untuk mengetahui nilai K pada setiap desain *velocity stack intake* [7].

$$\text{Head loss} : K \frac{\bar{v}^2}{2g} \quad (4)$$

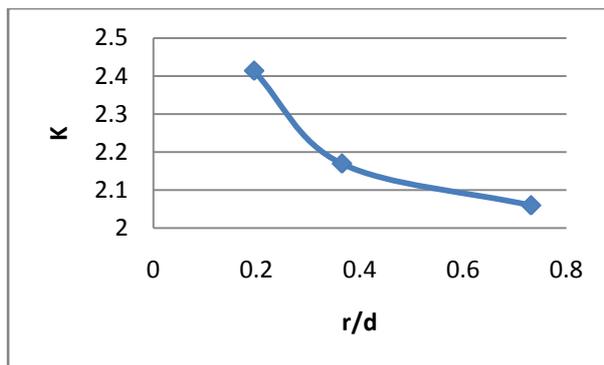
$$\text{Pressure loss} : (k \frac{\bar{v}^2}{2g}) \rho \cdot g \quad (5)$$

$$K = \frac{\Delta P}{\bar{v}^2 \rho} \quad (6)$$

Dari persamaan-persamaan di atas, maka di dapatka nilai K sebagai berikut :

Tabel 5. Tabel perhitungan nilai K

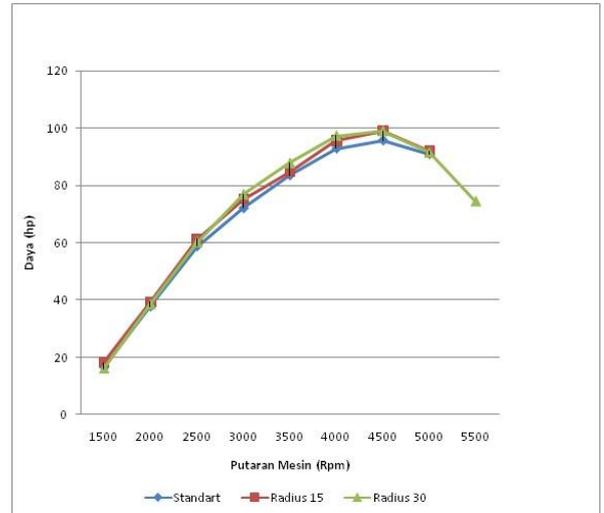
r (mm)	r/d (mm)	Pin (Pa)	Pout (Pa)	ΔP (Pa)	K
8	0.195	1169.902	-12.6802	1182.582	2.413433
15	0.365	1049.938	-13.0342	1062.973	2.169332
30	0.731	985.7787	-23.3815	1009.16	2.059511



Grafik 2. Perbandingan r/D terhadap K

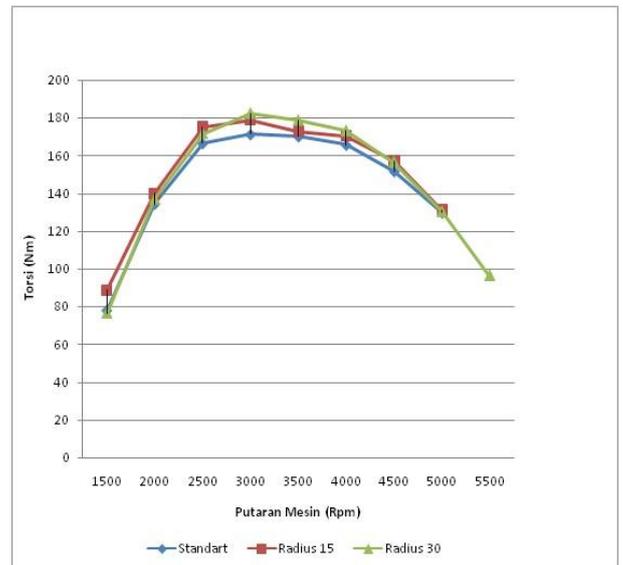
Dari grafik 2. dapat dilihat semakin besar perbandingan r/D maka nilai koefisien kerugian minor semakin kecil.

### Karakteristik kinerja Motor bakar Akibat Variasi Velocity Stack intake



Grafik 3. Perbandingan daya

Daya meningkat dari 95,8 hp menjadi 99,1 hp pada 4500rpm. Pada kondisi ini, dimana *velocity stack intake* dengan radius 15mm terjadi kenaikan daya pada rpm 1500-3000rpm namun pada 3000-3500 terjadi penurunan tenaga. Dengan menggunakan *velocity stack intake* radius 30 mm terjadi peningkatan daya pada 2000-4500 rpm. Peningkatan daya yang di hasilkan radius 15 mm dan 30 mm terjadi peningkatan daya yang sama. Berdasarkan perhitungan persentase kenaikan daya sebesar 3.4% dari daya standart.



Grafik 4. Perbandingan torsi

Dari hasil penelitian dapat di simpulkan bahwa dengan adanya perubahan radius pada *velocity intake stack* memberikan peningkatan daya dan torsi pada mesin. Peningkatan daya dan torsi lebih maksimal pada putaran bawah. Torsi meningkat dari .171.2 Nm pada 3000rpm menjadi 178.8 Nm pada 3000rpm dengan menggunakan *velocity stack intake* berradius 15 mm.

Peningkatan daya terjadi rpm 1500-3000rpm dengan menggunakan *velocity stack intake* radius 15 mm membuat terjadinya perubahan karakteristik pada torsi yang lebih besar pada putaran bawah. Kenaikan yang cukup menonjol terjadi pada radius 30, dimana torsi meningkat dari 171.2 Nm menjadi 182.6 Nm pada 3000rpm, kenaikan torsi terjadi pada 2000-3000 rpm. Berdasarkan perhitungan persentase *velocity stack intake* dengan radius 30 mm terjadi kenaikan sebesar 6,6% dari torsi standart. Kenaikan torsi terjadi pada 2000-3000 rpm.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian menggunakan dynamometer dan software fluent pada kendaraan Toyota Corolla 1974 di dapatkan hasil sebagai berikut :

1. Ditemukan desain *velocity stack intake* yang optimal dengan parameter, velocity magnitude, turbulent intensity, static pressure dan total pressure yang terbaik yaitu *velocity stack intake* dengan radius 30mm.
2. Dari hasil dynotest didapatkan kenaikan daya sebesar 3.4% dan kenaikan torsi sebesar 6,6% dari standart.
3. Dengan radius yang besar menghasilkan nilai K yang kecil.
4. Meningkatkan kinerja motor bakar pada rpm rendah.
5. *Velocity stack intake* dengan radius 30mm menghasilkan laju aliran udara yang lebih tenang.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Blair, Gordon P, Cahoon, W.Melvin. (n.d). *Special investigation : design of an intake bellmouth*. Retrived march 13, 2016, from [http://www.nsxprime.com/wiki/File:\(Blair\\_and\\_Cahoon\)\\_Design\\_of\\_an\\_intake\\_bellmouth\\_Sept.\\_2006.pdf](http://www.nsxprime.com/wiki/File:(Blair_and_Cahoon)_Design_of_an_intake_bellmouth_Sept._2006.pdf)
2. *Chassis Dynamometer*. (n.d). Retrived march 23, 2016, from <http://auto.howstuffworks.com/chassisdynamometer.htm>
3. El-Zahaby, Aly M., Kabeel, A.E., Elsayed, S.S., Obiaa, M.F. (2016, August). CFD analysis of flow field for shrouded wind turbine's diffuser model with different flange angels. *Alexandria engineering journal*.
4. Hasyid, M., Husain, A., Ahmad., Z. (2015, October). Discharge characteristic of lateral circular intake in open channel flow. *Flow Measurement and Instrumentation*, 46(2015), 87-92
5. Kristanto P. (2015). *Motor Bakar torak (teori dan aplikasinya)*. Surabaya : Andi
6. *Otomotifnet.com*. (2014). Velocity stack intake dongkrak power dan torsi. Retrived May 6, 2016, from

<http://otomotifnet.com/Motor/Test/Tes-Velocity-Stack>

7. Pritchard, Philip j. (2011). *Fox and McDonald's Introduction to fluid mechanics*. United sates of america : John wiley & sons inc
8. Sorribes-Palmer, F., Sanz-Andres, A., Ayuso, L., Sant, R., Franchini, S. (2016, December). Mixed CFD-1D wind turbines diffuser design optimization. *Renewable energy*, 105(2017), 386-399
9. Wikipedia the free encyclopedia. (2016). Velocity stack intake. Retrived January 6, 2016, from [https://en.wikipedia.org/wiki/Velocity\\_stack](https://en.wikipedia.org/wiki/Velocity_stack)