

PENGARUH DESAIN *INTAKE MANIFOLD* MOTOR CB125 DUA SILINDER TERHADAP EMISI GAS BUANG MENGGUNAKAN CFD

A. Firdaus^{1*}, N.P. Besi²

¹ Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang

² Teknik Mesin, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Palembang

Corresponding author: anekafirdaus@unsri.ac.id

Corresponding author: Panggarbesinarwi@gmail.com

Abstrak: Kinerja mesin *twin-cylinder* ini sangat ditentukan oleh kinerja dari kedua karburatornya. Apabila salah satu dari kedua karburator tersebut kurang optimal ketika mencampur udara dan bahan bakar, maka kerja mesin akan terganggu. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas emisi gas buang yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini mendesain sistem *intake manifold* dengan karburator tunggal dan pengaruhnya terhadap kinerja mesin dengan parameter uji yang diamati; pengaruh pemanfaatan karburator tunggal dengan desain *intake manifold* berbentuk “Y” 2-1 pada mesin CB125 *twin-cylinder* terhadap kualitas emisi gas buang (kadar gas CO, CO₂, dan partikel HC) yang dihasilkan. Desain sistem *intake manifold* dilakukan dengan bantuan CAD dan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) berbasis komputer. Setelah dipasangkan pada mesin motor, desain sistem *intake manifold* yang dibantu dengan CFD menunjukkan adanya pengaruh terhadap kinerja mesin yang diindikasikan dari emisi gas buang. Simulasi CFD menunjukkan bahwa desain alternatif II memiliki karakteristik aliran fluida dengan penurunan tekanan dari 102.097 Pa (yang terjadi pada inlet) menjadi 101.363 Pa (yang terjadi pada outlet) yang disertai dengan peningkatan kecepatan dari 59,6927 m/s (yang terjadi pada inlet) menjadi 61,4175 m/s (yang terjadi pada outlet). Dengan menggunakan desain *intake manifold* alternatif II, hasil uji emisi menunjukkan bahwa gas CO menurun sekitar 18 %, gas CO₂ menurun sekitar 21,2 %, dan partikel HC menurun sekitar 14,12 %, bila dibandingkan dengan hasil uji emisi dari mesin kondisi standar.

Kata Kunci : intake manifold, “Y” 2-1, uji emisi, computational fluid dynamics

Abstract: The performance of this twin-cylinder engine is highly determined by the performance of both carburetors. If one of the two carburetors is less than optimal when mixing air and fuel, the engine work will be interrupted. This can affect the quality of the resulting exhaust emissions. Therefore, this study designed a manifold intake system with a single carburetor and its effect on machine performance with observed test parameters; the effect of the utilization of a single carburetor with a "Y"2-1 manifold intake design on the cb125 twin-cylinder engine on the quality of exhaust emissions (CO, CO₂, and HC particles) resulting. The design of the intake manifold system is done with the help of CAD and computer-based computational fluid dynamics (CFD) methods. After being attached to the motor engine, the design of the intake manifold system assisted with CFDs shows an influence on engine performance indicated by exhaust emissions. CFD simulations showed that the alternate design II had fluid flow characteristics with a pressure drop from 102,097 Pa (which occurs in the inlet) to 101,363 Pa (which occurs in the outlet) accompanied by an increase in speed from 59.6927 m/s (which occurs in the inlet) to 61.4175 m/s (which occurs in the outlet). Using the alternate intake manifold DESIGN II, the emissions test results showed that CO gas decreased by approximately 18%, CO₂ gas decreased by approximately 21.2%, and HC particles decreased by approximately 14.12%, when compared to the emissions test results of standardized engine conditions.

Keywords : intake manifold, "Y" 2-1, emissions test, computational fluid dynamics

PENDAHULUAN

Honda adalah produsen sepeda motor pertama di Indonesia, didirikan pada 11 juni 1971 dengan nama awal

PT Federal Motor, pada tahun 1972, PT Federal Motor mendatangkan CB series bermesin 2 silinder yaitu Honda CB 125 Twin, CB 175 Twin, CB 200 Twin (Hardiansyah 2016). Kerusakan pada mesin

Honda CB Twin terjadi akibat kurangnya pengetahuan pengguna akan mesin sepeda motor tersebut serta terbatasnya teknisi yang mengerti gejala yang ditimbulkan oleh kerusakan pada mesin Honda CB Twin (Hardiansyah, 2016).

Penggerak utama motor Honda CB 125 menggunakan mesin *twin-cylinder* yang sejajar (*in-line*), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Karena menggunakan dua silinder, mesin ini menggunakan dua buah karburator yang terpasang di kedua saluran masuk (*intake manifold*) mesin pada masing-masing silindernya, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1 Mesin *twin-cylinder* Honda CB 125.



Gambar 2 Karburator ganda pada mesin CB 125.

Kedua karburator ini adalah identik satu sama lain. Kabel gas dari handel dihubungkan pada kedua karburator tersebut secara paralel, sehingga kedua karburator dapat beroperasi secara bersamaan. Kinerja mesin *twin-cylinder* ini sangat ditentukan oleh kinerja dari kedua karburatornya. Apabila salah satu dari kedua karburator tersebut kurang optimal ketika mencampur udara dan bahan bakar, maka kerja mesin akan terganggu. Fenomena ini juga dapat mempengaruhi kualitas emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin ini. Selain itu, perawatan dan perbaikan dari sistem karburator ganda ini cukup rumit dan memakan waktu yang relatif lama.

Agar kedua karburator dapat bekerja dengan baik perlu dilakukan penyetelan ulang (*tune-up*) secara bersamaan. Biasanya yang dapat diatur pada karburator ini adalah setelan angin dan setelan gas. Namun, penyetelan

karburator secara bersamaan tidaklah mudah dilakukan dan akan memakan waktu yang relatif lama. Permasalahan inilah yang akan diteliti; pemanfaatan karburator tunggal pada mesin CB 125 *twin-cylinder* dan pengaruhnya terhadap kualitas emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin tersebut.

Desain sistem *intake manifold* berbasis *computational fluid dynamics* (CFD) mengadopsi dari penelitian (Luo, Ma-Ji, Chen Guo-hua, dan Ma, Yuan-hao, 2003), untuk pemasangan karburator tunggal pada mesin tersebut.

Mengacu pada penelitian (Tyagi, et al. 2015) pada *manifold inlet* dan modifikasinya untuk mencapai putaran yang optimal dengan rasio udara bahan bakar yang baik. Selama analisis selanjutnya pada kondisi *idle* (1300 rpm), telah disimpulkan bahwa *intake manifold* berbasis venturi telah menunjukkan hasil yang luar biasa dalam menurunkan kadar HC dari 180 ppm menjadi 60 ppm (66,6% pada *Idle Range*).

Teori Perancangan

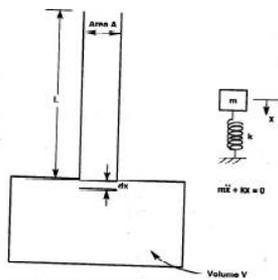
Intake manifold adalah salah satu bagian penting yang menentukan performa atau unjuk kerja dari mesin pembakaran internal. *Manifold* yang didesain dengan baik akan meningkatkan efisiensi volumetrik sampai 20% pada mesin motor. Kinerja mesin dengan *intake manifold* yang sesuai dapat dilihat dari torsi output yang meningkat pada kecepatan putar tertentu. Jadi, sebuah kriteria utama dalam mendesain *intake manifold* adalah bagaimana memperoleh torsi respon yang terbaik pada kisaran kecepatan putar mesin tertentu. *Intake manifold* pada sepeda motor berfungsi sebagai wadah menyalurkan aliran campuran bahan bakar dan udara yang *homogen* ke dalam silinder (Adnan, F., Martis, M., Andrizal, A. 2014).

Dalam sebuah perancangan produk apa pun selalu melibatkan pemahaman yang cukup terhadap proses perancangan itu sendiri. Proses tersebut mencakup identifikasi kebutuhan pelanggan dan batasan (*constraint*), pembuatan konsep desain, pendefinisian spesifikasi, dan tahap akhir perancangan dengan mengacu beberapa spesifikasi tersebut. Setelah riset dilakukan, tiap strategi dari rancangan *intake* akan dievaluasi dan dibandingkan. Ini akan menentukan bahwa metode yang paling efisien dalam merancang sebuah *intake manifold* adalah pengujian sejumlah langkah iterasi dalam perancangan. Sebuah sistem *intake* yang optimal dapat ditentukan melalui pengujian, walaupun

proses ini dapat membebankan dan menghabiskan waktu. Oleh karena itu, strategi perancangan sebuah *intake manifold* yang optimum dibagi menjadi tiga langkah, yaitu:

1. Merancang sejumlah langkah iterasi,
2. Membuat alat,
3. Menguji alat

Sejumlah teknik perancangan *intake manifold*, seperti pipa organ dan teori resonator Helmholtz, dapat diterapkan untuk memperoleh sebuah model yang cukup mendekati. Sebuah resonator Helmholtz adalah sebuah osilator harmonik sederhana dimana massa (m) dimiliki oleh udara pada bagian leher yang sempit dan pegas (k) diberikan oleh volume dari udara yang terperangkap. Model sederhana dari resonator Helmholtz dapat dilihat pada Gambar 3.



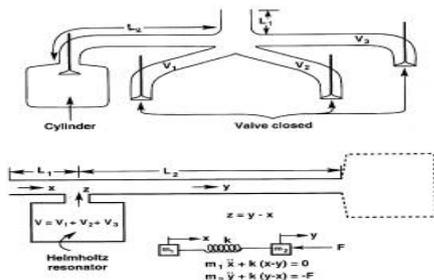
Gambar 3 Model sederhana dari resonator Helmholtz.

Dengan model persamaan matematika diferensial orde kedua, frekuensi pribadi dari resonator Helmholtz dapat dihitung dengan persamaan (1)

$$f = \frac{a}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{V \cdot L}} \quad (1)$$

dimana a adalah kecepatan suara, A adalah luas daerah katup masuk, dan V adalah volume udara yang terperangkap, dan L adalah panjang pipa.

Untuk mesin yang lebih dari satu silinder, model *intake manifold* dapat didekati dengan resonator Helmholtz. Contohnya, mesin dengan empat silinder yang memiliki empat saluran isap. Model resonator Helmholtz dari *intake manifold* ini menggunakan asumsi satu katup isap terbuka dan tiga katup lainnya sedang tertutup, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4 Model *intake manifold* untuk mesin dengan empat silinder.

Dari Gambar 4, sistem persamaan matematik diferensial orde kedua dapat diturunkan dari sebuah model *intake manifold* dengan dua pipa dengan panjang L_1 dan L_2 dan sebuah volume V yang sama dengan volume udara yang terdapat dalam tiga cabang *manifold* yang masing-masing menuju ke tiga katup isap yang sedang tertutup. Sistem persamaan tersebut adalah persamaan (2) dan (3)

$$0 = \rho \cdot A \cdot L_1 \cdot d^2 / (dt^2)(x) + (A^2 \cdot a^2 \cdot \rho) / V(x-y) \quad (2)$$

$$-\rho \cdot L_2 = \rho \cdot A \cdot L_2 \cdot d^2 / (dt^2)(y) + (A^2 \cdot a^2 \cdot \rho) / V(y-x) \quad (3)$$

Pipa organ didasarkan dengan teori gelombang suara (*sound wave*), dan menggunakan asumsi bahwa massa dari udara adalah mampu tekan (kompresibel). Ada dua jenis gelombang udara yang timbul dalam pipa *intake*, yaitu

1. *Compression wave* (gelombang kompresi), yaitu gelombang yang dapat meningkatkan tekanan (*pressure*).
2. *Expansion wave* (gelombang ekspansi), yaitu gelombang yang dapat menurunkan tekanan (*pressure*).

Sifat dari kedua gelombang udara yang mungkin terjadi dalam sebuah pipa *intake manifold* adalah

1. *Transmission* (pancar). Gelombang yang dipancarkan memiliki jenis yang sama dengan gelombang *incident*.
2. *Reflection* (pantul). Jika gelombang *incident* menjumpai penampang yang lebih besar, gelombang yang dipantulkan memiliki jenis yang lain. Sebaliknya, bila gelombang tersebut menabrak penampang yang menyempit, gelombang yang dipantulkan memiliki jenis yang sama.

Kecepatan putar mesin yang tinggi memerlukan pipa *intake runner* yang pendek. Kecepatan putar mesin yang rendah memerlukan pipa *intake runner* yang panjang. Dari penjelasan sebelumnya, beberapa literatur menyebutkan bahwa terdapat beberapa metode perhitungan panjang pipa *intake runner* ini diantaranya adalah teori panjang pipa *runner* variabel, aturan *David Vizard*, formula *Steve Magnante*.

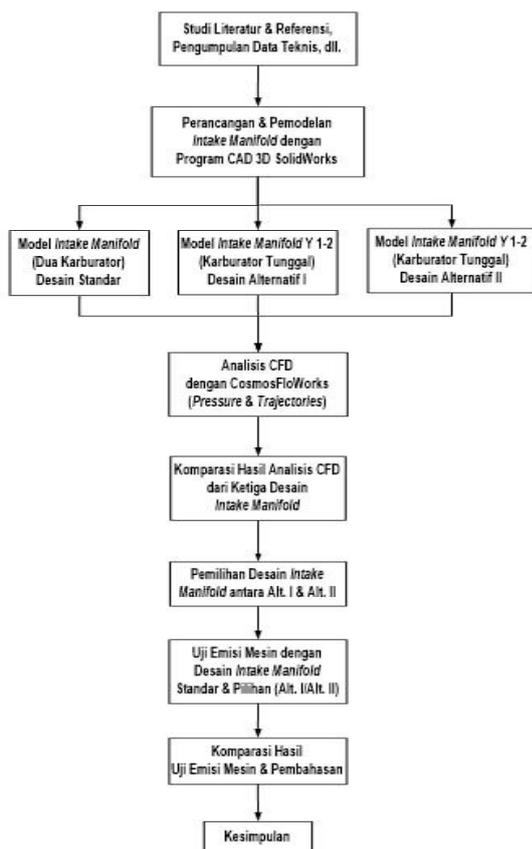
Metode Engelman (1973) untuk merancang *intake* juga dapat diterapkan (Engelman, H. W. 1973). Metode ini menggunakan sebuah model matematika dari *intake manifold* mesin dengan silinder banyak untuk memprediksi frekuensi-frekuensi resonansi dari manifold tersebut. Frekuensi-frekuensi ini akan menjadikan peningkatan aliran dan kepadatan udara dalam sebuah *manifold* untuk kisaran kecepatan putar

mesin tertentu. (Fernandez, E., Hood, M., Lazic, S.) Pengaturan (*tuning*) yang cocok melalui penggunaan sebuah *manifold* yang memiliki geometri rancangan yang mendekati frekuensi resonansi tertentu akan menghasilkan sebuah efek “*supercharging*”.

Model matematika Engelman adalah alat bantu desain yang “*powerful*” karena model ini secara akurat akan memprediksi kecepatan putar mesin dimana efek “*supercharging*” tersebut muncul. Namun, model ini memiliki keterbatasan dalam mendefinisikan kinerja mesin atau performa yang diperoleh dengan menggunakan *manifold* hasil desain. Gambardella (1999) mendesain *Intake System For V-Type Engine*. Hasil rancangan Gambardella telah mendapatkan paten di - US Patent 5,911,205, 1999 - Google Patents.

METODOLOGI

1. Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Langkah dan prosedur penelitian.

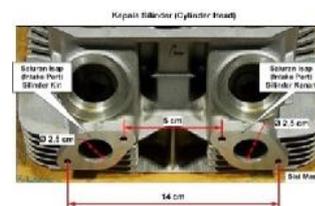
Perhitungan dasar untuk pipa *intake manifold* dilakukan untuk menentukan ukuran dari konstruksi sistem *intake manifold* yang berbentuk sambungan “Y” 1-2. Desain *intake manifold* ini memiliki prinsip “satu

karburator untuk dua silinder”. Konstruksi mesin Honda CB125 standar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Konstruksi mesin Honda CB125.

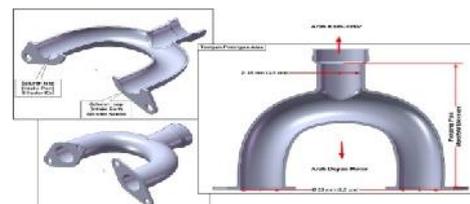
Selain data teknis, data ukuran kepala silinder mesin motor CB125 juga diperlukan untuk perancangan *intake manifold* 1-2 ini, yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan. Data hasil pengukuran tersebut memiliki konstruksi seperti pada Gambar 7. Geometri dan konstruksi lubang saluran *intake* pada mesin Honda CB125 terdiri dari dua lubang dengan diameter 2,5 cm, jarak antara pusat lubang baut *mounting* atas sejauh 5 cm, dan jarak antara pusat lubang baut *mounting* bawah sejauh 14 cm. Dimensi dan geometri lubang saluran *intake* ini dapat dilihat pada Gambar 7.



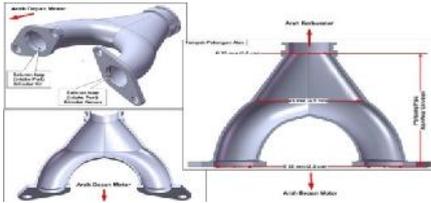
Gambar 7 Dimensi saluran isap

2. Model CAD dan CFD

Model *intake manifold* yang telah dirancang dengan bantuan program 3D CAD, yaitu *SolidWorks* 2007, ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8 Alternatif desain I sistem *intake manifold*.



Gambar 9 Alternatif desain II sistem intake manifold.

Kedua desain alternatif intake manifold tersebut berbentuk huruf “Y” 2-1 yang menghubungkan satu karburator dengan dua saluran isap (intake port) pada kepala silinder mesin CB125.

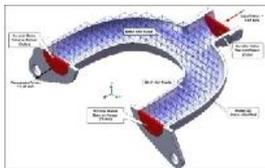
Sebagai penentu desain mana yang cocok dan baik, karakteristik aliran fluida pada kedua alternatif desain intake manifold akan dikaji secara numeris melalui simulasi berbasis CFD (Computational Fluid Dynamics) yang dibuat dengan bantuan program CosmosFloWorks. Pemodelan aliran dalam silinder dilakukan dengan menggunakan CFD melalui dua desain manifold (Jemni, M. A., Kantchev, G., Abid, M. S. 2011). Program berbasis analisis CFD ini telah terintegrasi dalam program SolidWorks, sehingga memiliki friendly user interface yang cukup mudah untuk dipahami. Tampilan program CosmosFloWorks dapat dilihat pada Gambar 10



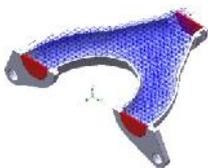
Gambar 10 Tampilan program CosmosFloWorks.

Model CFD dari kedua desain intake manifold itu memiliki bentuk yang tersusun dari elemen-elemen yang berhingga dari fluida dalam intake manifold dapat dilihat pada Gambar 11.

(a) Desain alternatif I



(b) Desain alternatif II



Gambar 11 Model mesh dari fluida dalam intake manifold.

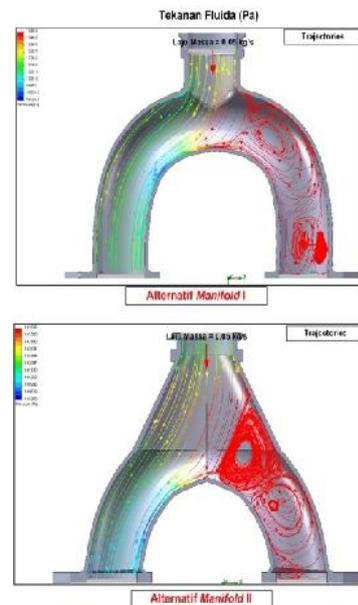
Pemodelan CFD dari intake manifold ini memiliki kondisi batas (input data awal) sebagai berikut :

1. Pada inlet, gas yang masuk adalah udara (air) dengan laju massa ditentukan sebesar 0,05 kg/s.
2. Pada outlet, kondisi tekanan ditentukan sama dengan tekanan atmosfer dengan kecepatan gas keluar sebesar 0,05 m/s.
3. Outlet dari intake manifold yang dipilih sebagai kondisi batas model adalah yang menuju saluran masuk silinder sebelah kanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

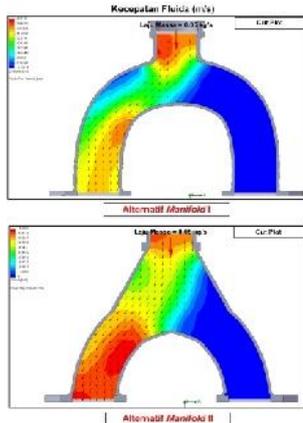
1. Hasil Simulasi CFD

Hasil analisis CFD dari dua desain intake manifold dengan konfigurasi “1-2” yang menunjukkan distribusi tekanan (dalam Pa) dari partikel-partikel fluida yang mengalir (trayektori) dengan debit 0,05 kg/s ditunjukkan dalam Gambar 12.



Gambar 12 Perbandingan distribusi tekanan (trayektori).

Secara umum, kecepatan aliran fluida dari inlet menuju outlet dari kedua desain intake manifold tersebut dapat mengalami kenaikan atau penurunan kecepatan (velocity). Untuk itu, kecepatan aliran fluida yang diamati adalah kecepatan dalam arah sumbu z (dalam satuan m/s). Kecepatan aliran fluida dalam kedua desain intake manifold juga dapat ditampilkan dalam bentuk cut plot, seperti dalam Gambar 13.

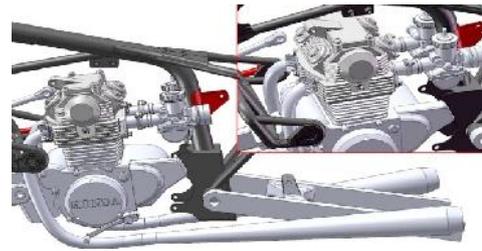


Gambar 13 Kecepatan aliran fluida (*cut plot*).

Pada alternatif I, terjadi penurunan kecepatan aliran dari 79,4833 m/s menjadi 61,3038 m/s. Pada alternatif II, terjadi peningkatan kecepatan dari 59,6927 m/s menjadi 61,4175 m/s. Perbedaan kecepatan aliran fluida dari kedua desain ini juga menunjukkan adanya pengaruh pembesaran ruang (volume) di bagian tengah dari *intake manifold* tersebut. Pada alternatif desain II, kepadatan fluida akan meningkat karena adanya pembesaran volume di daerah ini (volume inlet dan daerah tengah ini tidak seragam). Ini tidak terjadi pada alternatif I karena volume inlet dan daerah tengah ini hampir seragam.

2. Hasil Uji Emisi

Dalam penelitian ini, sistem *exhaust manifold* tetap dibiarkan standar, seperti pada Gambar 14.



Gambar 14 Sistem *exhaust* dan *intake manifold* standar.

Dengan menggunakan alat *Gas Analyzer* dilakukan pengukuran kadar kandungan beberapa gas (CO, CO₂, dan O₂) dalam % volume dan partikel sisa pembakaran (hidrokarbon/HC) dalam ppm volume, untuk variasi kecepatan putar mesin 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm.

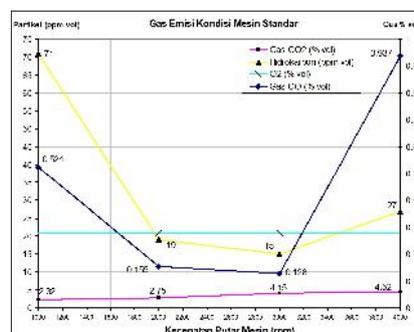
Permasalahan emisi gas buang ini tidak bisa dianggap enteng, karena dapat mengganggu keberlangsungan hidup. Perlu dicarikan solusi untuk menekan laju emisi yang dilepaskan kendaraan bermotor ke lingkungan (A Firdaus, Al Rafif, 2017).

Tahap pertama, uji emisi gas buang dilakukan pada mesin motor dengan *intake manifold* standar (dua karburator untuk masing-masing silinder). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. dengan grafik pada Gambar 15.

Untuk pengujian tahap kedua, sistem *intake manifold* alternatif I yang telah dibuat dipasangkan pada mesin motor dengan menggunakan satu karburator. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. dengan grafik pada Gambar 16.

Tabel 1 Hasil uji emisi gas buang mesin *intake manifold* standar.

No.	RPM	Partikel dan Gas dalam Emisi Gas Buang			
		CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)
1	1000	0.524	2.32	71	20.9
2	2000	0.155	2.75	19	20.9
3	3000	0.128	4.15	15	20.9
4	4000	0.937	4.52	27	20.9

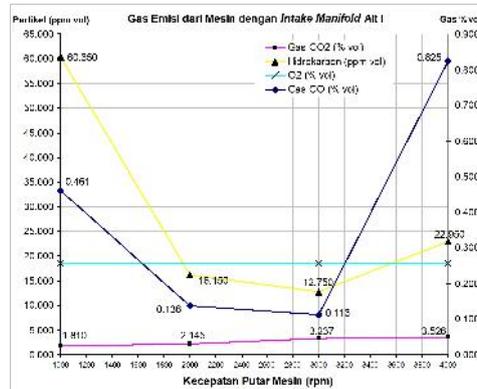


Gambar 15 Grafik hasil uji emisi gas buang mesin *intake manifold* standar.

*Pengaruh Desain Intake Manifold Motor CB125
Dua Silinder Terhadap Emisi Gas Buang Menggunakan CFD*

Tabel 2 Hasil uji emisi gas buang mesin dengan *intake manifold* I.

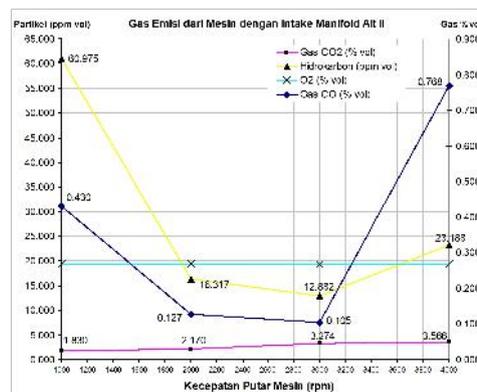
No.	RPM	Partikel dan Gas dalam Emisi Gas Buang			
		CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)
1	1000	0.461	1.810	60.350	18.559
2	2000	0.136	2.145	16.150	18.559
3	3000	0.113	3.237	12.750	18.559
4	4000	0.825	3.526	22.950	18.559



Gambar 16 Grafik hasil uji emisi gas buang mesin *intake manifold* Alt I.

Tabel 3. Hasil uji emisi gas buang mesin dengan *intake manifold* II

No.	RPM	Partikel dan Gas dalam Emisi Gas Buang			
		CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)
1	1000	0.430	1.830	60.975	19.437
2	2000	0.127	2.170	16.317	19.437
3	3000	0.105	3.274	12.882	19.437
4	4000	0.768	3.566	23.188	19.437



Gambar 17 Grafik hasil uji emisi gas buang mesin *intake manifold* Alt II.

Untuk pengujian tahap ketiga, sistem *intake manifold* alternatif II yang telah dibuat dipasangkan pada mesin motor dengan menggunakan satu karburator. Uji emisi gas buang yang dihasilkan dari kedua knalpot disalurkan menuju selang masuk dari alat *Gas Analyzer*. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 dengan grafik pada Gambar 17.

3. Perbandingan Desain *Intake Manifold* dan Pengaruhnya Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Motor CB125 *Twin-Cylinder*

Kandungan gas CO, CO₂, dan partikel HC yang terdapat di dalam gas hasil pembakaran hasil pengukuran dengan alat *Gas Analyzer* dari mesin yang menggunakan

intake manifold alternatif I cenderung mengalami penurunan untuk tiap rpm (1000, 2000, 3000, dan 4000).

a. Kadar Gas CO

Dengan menggunakan desain *intake manifold* alternatif II, hasil uji emisi menunjukkan bahwa gas CO menurun sekitar 18 %, bila dibandingkan dengan hasil uji emisi dari mesin kondisi standar. Penurunan kadar gas ini disebabkan oleh meningkatnya efisiensi volumetrik mesin yang memberikan efek terhadap kualitas proses pembakaran dalam ruang bakar. Unsur karbon (C) dari bahan bakar bensin bereaksi dengan gas oksigen (O₂) dari udara yang menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO₂).

Pada kecepatan putar 2000 dan 3000 rpm, pembakaran dalam mesin cenderung menjadi efisien yang ditandai dengan penurunan kadar gas CO. Ini menunjukkan bahwa pada kisaran rpm tersebut, desain *intake manifold* alternatif II cukup berpengaruh dalam peningkatan efisiensi volumetrik mesin.

b. Kadar Gas CO₂

Dengan menggunakan desain *intake manifold* alternatif II, hasil uji emisi menunjukkan bahwa gas CO₂ menurun sekitar 21,2 %, bila dibandingkan dengan hasil uji emisi dari mesin kondisi standar. Penurunan kadar gas ini disebabkan oleh meningkatnya efisiensi volumetrik mesin yang memberikan efek terhadap kualitas proses pembakaran dalam ruang bakar. Unsur karbon (C) dari bahan bakar bensin bereaksi dengan gas oksigen (O₂) dari udara yang menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO₂).

Sama halnya dengan gas CO, kadar gas CO₂ juga cenderung menurun pada kecepatan putar 2000 dan 3000 rpm. Ini menunjukkan bahwa pembakaran dalam mesin cenderung menjadi efisien pada kisaran rpm tersebut karena efisiensi volumetrik relatif meningkat, sebagai efek dari penggunaan desain *intake manifold* alternatif II.

c. Partikel HC

Dengan menggunakan desain *intake manifold* alternatif II, partikel HC menurun sekitar 14,12 %, bila dibandingkan dengan hasil uji emisi dari mesin kondisi standar. Penurunan kadar partikel sisa ini disebabkan oleh meningkatnya efisiensi volumetrik mesin yang memberikan efek terhadap kualitas proses pembakaran dalam ruang bakar. Unsur karbon (C) dan hidrogen (H₂) dari bahan bakar bensin juga bereaksi dengan oksigen (O₂) dari udara yang menghasilkan partikel hidrokarbon (HC).

KESIMPULAN

1. Desain sistem *intake manifold* sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin, terutama pada sisi kualitas

pembakaran yang ditunjukkan melalui hasil uji emisi gas buang.

2. Pada alternatif I, terjadi penurunan tekanan dari 102.827 Pa (yang terjadi pada inlet) menjadi 100.148 Pa (yang terjadi pada outlet). Penurunan kecepatan aliran dari 79,4833 m/s (yang terjadi pada inlet) menjadi 61,3038 m/s (yang terjadi pada outlet).
3. Pada alternatif II, terjadi penurunan tekanan dari 102.097 Pa (yang terjadi pada inlet) menjadi 101.363 Pa (yang terjadi pada outlet). Peningkatan kecepatan dari 59,6927 m/s (yang terjadi pada inlet) menjadi 61,4175 m/s (yang terjadi pada outlet).
4. Dengan menggunakan desain *intake manifold* alternatif I, hasil uji emisi menunjukkan bahwa gas CO menurun sekitar 12 %, gas CO₂ menurun sekitar 22 %, dan partikel HC menurun sekitar 15 %, bila dibandingkan dengan hasil uji emisi dari mesin kondisi standar.
5. Dengan menggunakan desain *intake manifold* alternatif II, hasil uji emisi menunjukkan bahwa gas CO menurun sekitar 18 %, gas CO₂ menurun sekitar 21,2 %, dan partikel HC menurun sekitar 14,12 %, bila dibandingkan dengan hasil uji emisi dari mesin kondisi standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, F., Martis, M., Andrizal, A. (2014). Pengaruh Penggunaan Intake Manifold Tipe X Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Co Dan Hc Pada Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2008. *Engineering Education Journals*. Ejournal.unp.ac.id
- Engelman, H. W. (1973) Design of a Tuned Intake Manifold." ASME Paper 73-WA/DGP-2.
- Fernandez, E., Hood, M., Lazic, S. Manifold Tuning, file presentasi (ppt) dalam seminar.
- Firdaus, A., Al-Ravif, R. (2017). Analisa Campuran Bioethanol Dengan Premium Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Honda CBR 150 cc Fuel Injection. *Proceeding AVoER9* ISBN: 978-979-19072-1-7.
- Fontana, G.; Galloni, E.; Jannelli, E; and Palmaccio, R. (2003). Influence of the intake system design on a small spark-ignition engine performance: A theoretical analysis. SAE Paper No1-3134-3135. doi:10.4271/922378.
- Gambardella, CB. (1999). Intake system for V-Type Engine. - US Patent 5,911,205, 1999 - Google Patents.
- Hardiansyah, Z. (2016). Aplikasi Sistem Pakar Pendeteksi Kerusakan Mesin Sepeda Motor Honda CB Twin, *Proseeding SNTI V*, Universitas Trisakti.

- Jemni, M. A., Kantchev, G., Abid, M. S. (2011). "Influence of intake manifold design on in-cylinder flow and engine performances in a bus diesel engine converted to LPG gas fuelled, using CFD analyses and experimental investigations". Elsevier, volume 36, issue 5, May 2011, page 2701-2715.
- Luo, Ma-Ji, Chen Guo-hua, dan Ma, Yuan-hao, (2003). Three-dimensional transient numerical simulation for intake process in the engine port-valve-cylinder system, *Journal of Zhejiang University SCIENCE*, www.zju.edu.cn/jcus Vol.4 No.3, Juni 2003, hal. 309-316.
- Tyagi, R. K., Sharma, S. K., Chandra A., Maheshwari, S., Goyal, P., (2015), Improved Intake Manifold Design For I.C. Engine Emission Control" *Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 10, No. 9 (2015) 1188 - 1202 © School of Engineering, Taylor's University.