

ANALISIS UNJUK KERJA MESIN SEPEDA MOTOR 4 TAK DENGAN PENAMBAHAN *TURBULATOR* PADA *INTAKE MANIFOLD*

Setyawan Bakti Wibowo, Soeadgihardo Siswantoro

Program Diploma Teknik Mesin, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada
Jl. Yacaranda, Sekip Unit IV Yogyakarta 55281
Email : setyawanbw@ugm.ac.id

Abstrak

Pada sepeda motor kualitas pencampuran udara dengan bahan bakar akan menentukan kualitas pembakaran dan emisi yang terjadi. Penambahan turbulator akan meningkatkan turbulensi sehingga menyebabkan campuran bahan bakar menjadi lebih homogen dan menjadi pembakaran sempurna. Akan tetapi efek dari penambahan turbulator akan menyebabkan kenaikan hambatan aliran yang menyebabkan jumlah bahan bakar yang masuk ruang bakar akan mengalami gangguan. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan nilai paling optimal penambahan turbulator dengan memvariasikan sudut serang sudu turbulator dengan sudut 35° , 45° , dan 55° serta posisi penempatan turbulator di intake manifold untuk jumlah sudu turbulator 2, 3, dan 4 bilah. Selain itu juga diamati visualisasi aliran menggunakan metode numerik untuk melihat pola aliran yang terjadi akibat penambahan turbulator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan turbulator dengan 2 bilah sudu di bagian belakang dengan sudut 45° menghasilkan emisi yang paling baik, dikarenakan peningkatan olakan pada saluran sementara penurunan tekanan selama di saluran intake manifold cukup kecil.

Kata kunci : “*turbulator*”, “*emisi*”, “*metode numerik*”, “*intake manifold*”, “*pembakaran sempurna*”

1. Pendahuluan

Semakin maraknya isu pemanasan global yang diakibatkan oleh besarnya jumlah emisi yang dihasilkan oleh negara-negara besar termasuk Indonesia, memicu adanya usaha-usaha untuk mengurangi emisi tersebut. Banyaknya kendaraan bermotor mempunyai andil yang besar dalam pembentukan emisi, sehingga banyak produsen-produk kendaraan maupun peneliti-peneliti melakukan modifikasi dan penambahan alat-alat tertentu untuk mengurangi laju emisi gas buang pada kendaraan-bermotor.

Salah satu cara untuk mengurangi emisi yaitu dengan mengusahakan pembakaran menjadi sempurna. Pembakaran yang sempurna dalam ruang bakar sangat dipengaruhi oleh proses pencampuran antara bahan bakar dan udara. Dengan pembakaran yang sempurna diharapkan emisi gas buang akan menjadi turun.

Dalam praktek banyak ditemui upaya untuk meningkatkan efektivitas dalam proses pembakaran dan perpindahan kalor dengan

menjadikan aliran fluida dibuat turbulen. Dalam aliran turbulen terjadi fluktuasi-fluktuasi kecepatan, temperatur dan sifat-sifat fluida yang tidak uniform, fluktuasi tersebut berperan dalam transfer energi dan momentum. Mekanisme turbulensi terdiri atas pusaran-pusaran yang berfluktuasi secara cepat yang mengangkut gumpalan-gumpalan fluida secara tidak teratur, partikel-partikel saling bertabrakan secara acak membentuk aliran lintang dan mencampur fluida secara efektif. Untuk menghasilkan jenis aliran turbulen banyak cara yang telah dilakukan diantaranya dengan memasang *turbulator* pada saluran, dengan harapan aliran fluida yang bersifat laminar berubah menjadi aliran turbulen, dan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pada peralatan industri ataupun pada mesin-mesin pembakaran dalam.

Secara teoritis proses pembakaran akan terjadi sempurna apabila udara yang tersedia adalah cukup sehingga semua unsur karbon menjadi karbondioksida dan semua unsur hidrogen menjadi air. Arismunandar (1988)

menunjukkan bahwa pada proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar tergantung pada perbandingan udara dan bahan bakar, kepadatan campuran udara dan bahan bakar, jarak antara kedua elektroda dan temperatur campuran. Untuk mendapatkan kepadatan dari campuran dengan membuat aliran campuran bahan bakar dan udara yang turbulen sebelum masuk ke ruang bakar (Obert, 1973).

Ying Wu, dkk. (2000) meneliti tentang konsep turbulensi terhadap perpindahan panas pada saluran berbentuk silinder, di dalam silinder dipasangkan kawat spiral. Dengan analisa perpindahan panas dan persamaan momentum untuk menghitung kecepatan tangensial, koefisien gesek lokal, dan bilangan Nusselt. Kemudian dilakukan perbandingan antara data eksperimental dengan perhitungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran turbulen dapat meningkatkan koefisien gesek, dan meningkatkan Bilangan Nusselt.

Beberapa kendaraan bermotor telah banyak dilakukan modifikasi pada bagian intake manifold dengan cara diberikan pengarah aliran agar dihasilkan aliran yang turbulen, tujuannya adalah meningkatkan kualitas pencampuran bahan bakar dan udara sebelum memasuki ruang bakar. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Soeadgihardo dan Harjono (2006) yang meneliti tentang pengaruh pemberian *turbulator* di dalam intake manifold pada sepeda motor Suzuki Shogun 110 cc 4 tak terhadap emisi gas buangnya. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemasangan *turbulator* pada intake manifold akan memperbaiki emisi gas buangnya.

Rathnaraj & Kumar (2007) melakukan studi tentang pengaruh pemusingan pada saluran masuk mesin diesel menggunakan CFD. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai

variasi kecepatan masuk dari proses injeksi bahan bakar keruang bakar. Dari hasil simulasi didapatkan beberapa model simulasi pemusingan untuk berbagai kecepatan injeksi dari bahan bakar yang akan mempengaruhi besarnya turbulensi dan pencampuran bahan bakar dan udara.

Dari hasil beberapa penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan *turbulator* akan menyebabkan kenaikan turbulensi yang menyebabkan pencampuran udara dengan bahan bakar menjadi lebih homogen, akan tetapi efek dari penambahan *turbulator* akan menjadikan peningkatan gradient tekanan yang menyebabkan hambatan aliran campuran bahan bakar – udara keruang bakar. Agar penambahan *turbulator* efektif maka perlu dicari nilai paling optimal dari peningkatan turbulensi dengan gradient tekanan yang serendah mungkin. Modifikasi dari sudut pengarah dan posisi penempatan *turbulator* akan mempengaruhi turbulensi dan gradient tekanan.

Soeadgihardo dan Setyawan (2008) meneliti tentang visualisasi aliran menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk melihat peningkatan turbulensi aliran akibat pemasangan *turbulator* pada intake manifold. Dari penelitian tersebut diperlihatkan adanya peningkatan turbulensi akibat penambahan *turbulator*, akan tetapi penambahan tersebut juga menyebabkan kenaikan gradient tekanan, sehingga perlu dicari nilai turbulensi tertinggi dengan penurunan tekanan yang paling rendah untuk mendapatkan modifikasi penambahan *turbulator* paling optimal.

Sementara Sulaiman dkk. (2010) meneliti tentang modifikasi aliran masuk campuran bahan bakar pada mesin Go-Kart 200 cc dan melihat karakter dan visualisasinya menggunakan teknik *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dan divalidasi dengan

eksperimen. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan jumlah laju aliran masuk bahan bakar keruang bakar, dari desain yang digunakan mampu menambah laju aliran massa sampai dengan 6%.

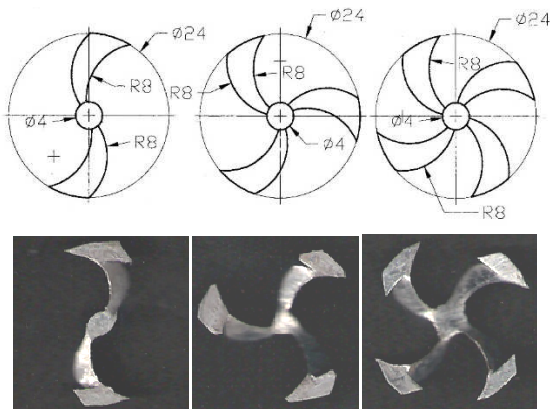
Dalam penelitian ini akan dicari nilai paling optimal dari modifikasi *turbulator* berupa sudut pengarah dan posisi penempatan *turbulator* pada intake manifold untuk mendapatkan hasil pembakaran yang ditandai dengan kualitas emisi gas buang yang paling baik.

2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan dua metode penelitian yaitu berupa eksperimen dan simulasi numerik untuk mendukung hasil penelitian eksperimen. Penelitian dilakukan dengan memodifikasi *turbulator* untuk dianalisa hasil pembakaran maupun visualisasi aliran yang paling baik.

2.1 Bahan atau Materi Penelitian

Bahan yang akan dilakukan pengujian dan diteliti adalah *turbulator* yang diletakkan pada *intake manifold* kendaraan bermotor 4 tak merk Honda SupraX 125 dengan memvariasikan sudut serang sudu dan posisi penempatannya pada *intake manifold* masing-masing untuk jumlah bilah *turbulator* 2, 3 dan 4.



Gambar 1. Bentuk *turbulator* untuk 2, 3 dan 4 bilah

2.2 Alat yang Dipakai

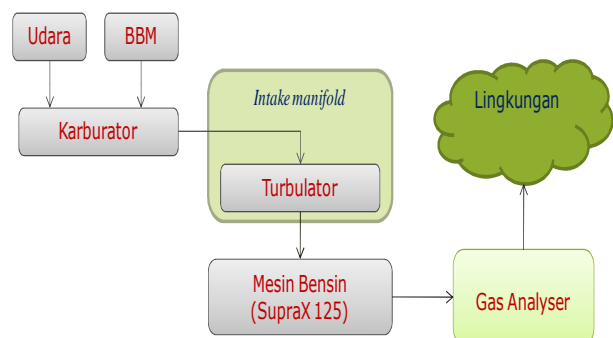
Alat yang digunakan dalam penelitian eksperimen meliputi peralatan utama, seperti sepeda motor dan *gas analyzer* maupun peralatan-peralatan tambahan, seperti *tachometer*, *stopwatch*, tabung pengukur bahan bakar, dan *lain-lain*. Sepeda motor yang digunakan untuk pengujian *turbulator* adalah Honda Supra X-125 tahun 2006.

2.3 Prosedur Penelitian

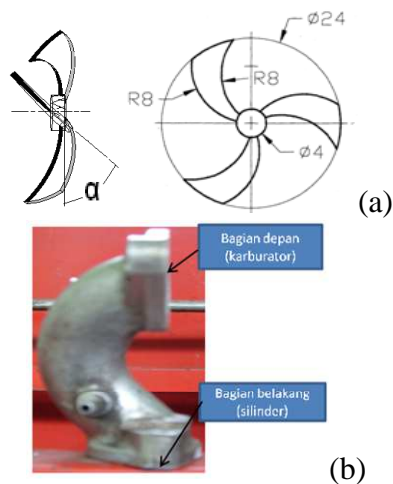
2.3.1 Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk melihat sejauh mana pengaruh nyata dari penambahan *turbulator* pada *intake manifold*. Sudut serang sudu *turbulator* dan posisi penempatan *turbulator* akan mempengaruhi besarnya penurunan tekanan dan peningkatan turbulensi udara yang akan *menghasilkan* kualitas pencampuran bahan bakar – udara yang paling optimal. Sebagai indikator kualitas pencampuran bahan bakar – udara dilakukan pengujian emisi untuk melihat kualitas pembakaran dengan metode pengujian sebagaimana terlihat pada gambar 2.

Variasi yang dilakukan meliputi sudut sudu *turbulator* pada 35° , 45° dan 55° dengan penempatan di ujung depan, di belakang, maupun kedua ujung saluran *intake manifold* sebagaimana terlihat pada gambar 3.

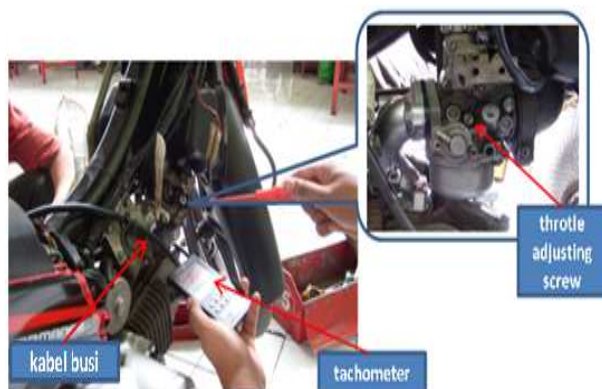


Gambar 2. Skema pengujian



**Gambar 3. (a) Geometri turbulator
(b) posisi penempatan turbulator**

Pengaturan putaran mesin sepeda motor dapat diatur dengan mengatur *throttle adjusting screw* dan penggunaan *tachometer* untuk melihat besarnya angka putaran mesin. Pada pengujian pertama menggunakan putaran mesin 1500 rpm, kemudian 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, dan 4500 rpm.



Gambar 4. Pengujian dan pengaturan rpm mesin

Pengukuran emisi gas buang menggunakan alat uji emisi (*gas analyzer*), dengan memasukkan bagian alat tersebut yaitu gas inlet pada saluran gas buang sepeda motor atau knalpot. Gas *inlet* terhubung pada alat uji emisi, dan akan diterjemahkan kadar emisi melalui angka (digit). Gas yang diukur pada pengujian ini adalah HC, CO, CO₂, dan O₂.



Gambar 5. Pengujian emisi gas buang

2.3.2 Simulasi

Penelitian berupa simulasi numerik dilakukan untuk mengamati pola aliran pada *intake manifold* berupa saluran berbentuk silinder berbelok. Simulasi aliran digunakan untuk melihat secara detail visualisasi aliran yang terjadi pada *intake manifold*. Pembuatan model simulasi aliran dalam intake manifold terlebih dahulu dengan penyusunan persamaan-persamaan atur yaitu persamaan konservasi massa dan konservasi momentum. Selanjutnya untuk menyelesaikan persamaan-persamaan atur dibentuk secara non-dimensi agar lebih mudah dalam melakukan diskritisasi yang akan diterapkan dalam geometri-geometri modelnya. Diskritisasi dilakukan agar persamaan-persamaan diferensial diubah menjadi persamaan-persamaan aljabar sehingga bisa dijalankan pada proses komputasi numerik (Patankar, 1980). Pendekatan ini dilakukan dengan memadukan persamaan diferensial untuk tiap titik pada model.

Persamaan kekekalan massa untuk aliran dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_k \alpha_k) + \nabla \cdot (\rho_k \alpha_k \bar{u}_k) = 0 \quad (1)$$

Persamaan momentum:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_k \rho_k \bar{u}_k) + \nabla \cdot (\alpha_k \rho_k \bar{u}_k \bar{u}_k) = -\alpha_k \nabla P_k + \nabla \cdot \alpha_k \tau_k + S \quad (2)$$

Persamaan turbulen kinetik dan disipasi energi (k-ε) :

$$\alpha_k \left[\frac{\partial k_k}{\partial t} + (y_k \cdot \nabla) k_k \right] = \nabla \cdot \alpha_k \frac{\mu_k^i}{\rho_k \sigma_k} \nabla k_k + S_k^k \quad (3)$$

$$\alpha_k \left[\frac{\partial \varepsilon_k}{\partial t} + (y_k \cdot \nabla) \varepsilon_k \right] = \nabla \cdot \alpha_k \frac{\mu_k^i}{\rho_k \sigma_k} \nabla \varepsilon_k + S_k^\varepsilon \quad (4)$$

Untuk penyelesaian persamaan menggunakan metode Euler-Lagrangian model dengan keseimbangan gaya :

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u - u_p) \quad (5)$$

dan gaya penahan per satuan unit massa :

$$F_D = \frac{18\mu}{\rho_p d_p^2} C_D \frac{Re}{24} \quad (6)$$

dengan koeffisien drag menurut Morsi and Alexander (1972) :

$$C_D = \frac{24}{Re_{sph}} (1 + b_1 Re_{sph}^{b_2}) + \frac{b_3 Re_{sph}}{b_4 + Re_{sph}} \quad (7)$$

dengan

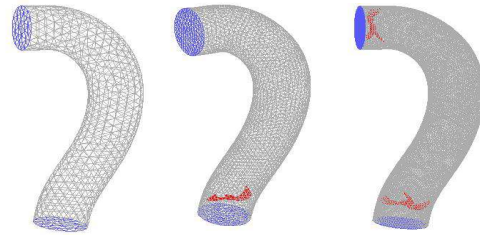
$$b_1 = \exp(2.3288 - 6.4581\phi + 2.4486\phi^2)$$

$$b_2 = 0.0964 + 0.5565\phi$$

$$b_3 = \exp(4.905 - 13.8944\phi + 18.4222\phi^2 - 10.2599\phi^3)$$

$$b_4 = \exp(1.4681 + 12.2584\phi - 20.7322\phi^3 + 15.8855\phi^4)$$

Pada proses pemodelan, *Intake manifold* dibelah selanjutnya digambar untuk dibuat model simulasinya dengan membagi domainnya menjadi beberapa volume atur. Saluran diberikan modifikasi untuk penambahan *turbulator* yang diletakkan di depan maupun kombinasi dengan di belakang saluran sejumlah 2, 3 atau 4 sudu mengacu pada hasil eksperimen dengan hasil yang baik. Menentukan fluida-fluida yang akan mengalir di dalam saluran berikut propertinya (udara dan butiran bahan bakar), dan menetapkan syarat awal dan syarat batas untuk aliran. Syarat awal berupa kecepatan aliran bahan bakar – udara yang memasuki saluran masuk *intake manifold* dari perhitungan jumlah udara yang dihisap ke ruang bakar tiap langkah hisap, sedang syarat batas adalah kondisi aliran pada batas dinding saluran dan dinding *turbulator* dianggap tidak ada slip ($v = 0$). Bahan bakar sendiri diinjeksikan pada saluran masuk yang didapatkan dari eksperimen pada putaran mesin standar sebesar 4 cc/min untuk konsumsi bahan bakarnya. Selanjutnya akan dilakukan proses simulasi dengan menyelesaikan persamaan atur untuk tiap-tiap batas volume.

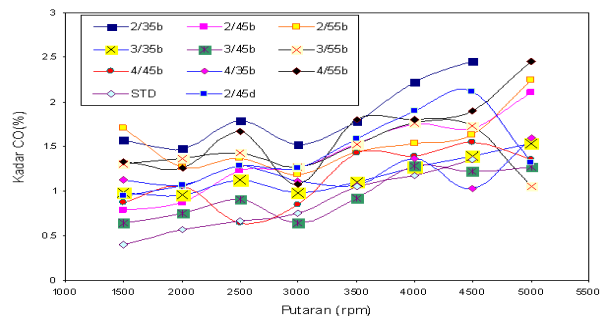


Gambar 6. Jaringan model saluran masuk standar dan modifikasi turbulator

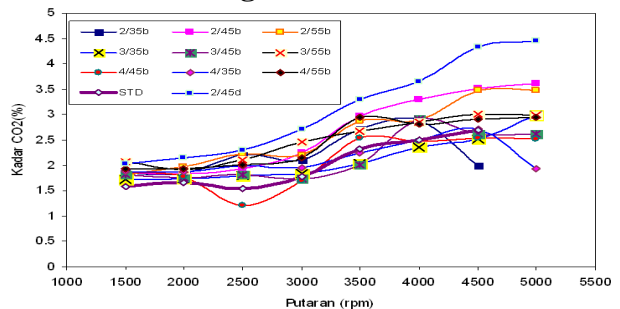
3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini didapatkan hasil pengamatan terhadap nilai emisi gas buang dengan memodifikasi aliran pada *intake manifold* dengan penambahan *turbulator* dengan variasi besar sudut pengarah dan posisi penempatan turbulator. Adapun hasil pengamatan diperlihatkan pada gambar 3.1 sampai dengan gambar 3.4. Untuk kode penomoran spesimen ditulis sebagai XX/YYZ, dengan :

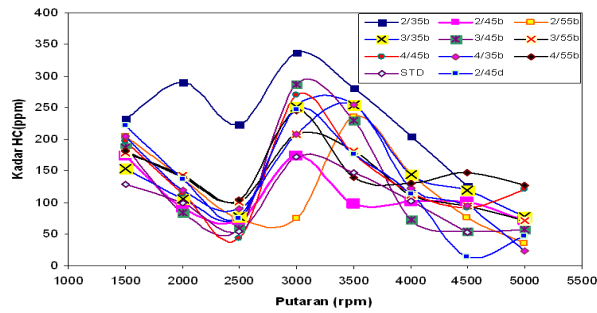
- XX : jumlah bilah ($xx = 2/3/4$)
- YY : besarnya sudut α ($yy = 35/45/55$)
- Z : dan penempatan di posisi depan atau belakang ($z = d/b$)



Gambar 7. Hasil pengujian emisi gas buang untuk kadar CO



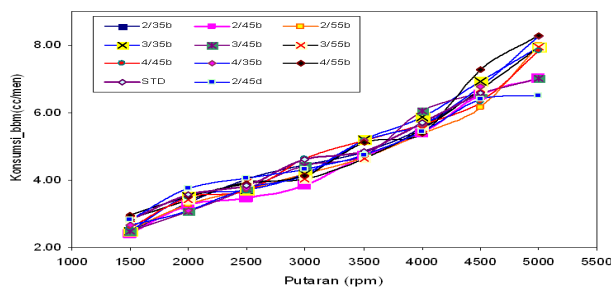
Gambar 8. Hasil pengujian emisi gas buang untuk kadar CO₂



Gambar 9. Hasil pengujian emisi gas buang untuk kadar HC

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian emisi gas buang untuk kondisi standar dan beberapa variasi penempatan dan sudut *turbulator*. Gambar 7 menunjukkan kadar CO hasil pembakaran dengan kadar terendah pada kondisi standar, 3/45b dan 2/45b. Sementara pada gambar 8 menunjukkan nilai CO₂ merepresentasikan jumlah pembakaran sempurna yang terjadi yang mana nilai terbesar terjadi pada kondisi 2/45d, 2/45b dan 2/55b.

Gambar 9 menunjukkan kadar HC yang dihasilkan dari pembakaran dengan nilai terendah terjadi pada spesimen 2/45b dan 2/55b, sedangkan untuk konsumsi bahan bakar terlihat adanya pengurangan konsumsi bahan bakar dengan pemberian *turbulator* yang terlihat pada gambar 10 dengan nilai paling rendah yaitu pada spesimen *turbulator* 2/45b.



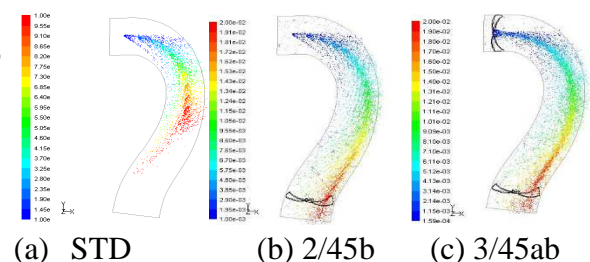
Gambar 10. Hasil pengujian konsumsi bahan bakar

Simulasi numerik menggunakan teknik *Computational Fluid Dynamics (CFD)* digunakan untuk melihat visualisasi dan

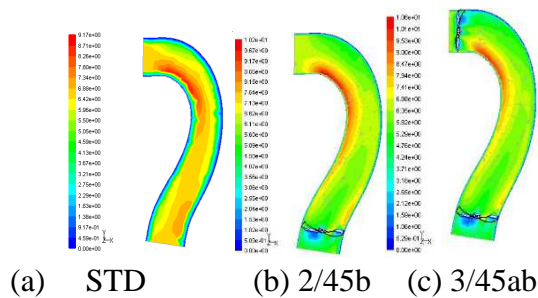
karakteristik aliran fluida. Dari hasil penelitian ini terlihat sejumlah fenomena-fenomena aliran dalam *intake manifold* pada kondisi standar perubahan-perubahan setelah dilakukan modifikasi dengan penambahan *turbulator* pada saluran.

Untuk penelitian menggunakan simulasi data-data aliran didasarkan pada kondisi kerjayaitu berada di kisaran kecepatan mesin 4500 rpm. Data kebutuhan konsumsi bahan bakar didapatkan dari hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Dari hasil pengamatan pada penelitian ini didapatkan visualisasi aliran berupa aliran partikel bahan-bakar, kontur kecepatan, maupun peningkatan turbulensi pada aliran pada kondisi standar dan setelah diberikan variasi *turbulator* seperti ditunjukkan pada gambar 11, 12 dan 13.

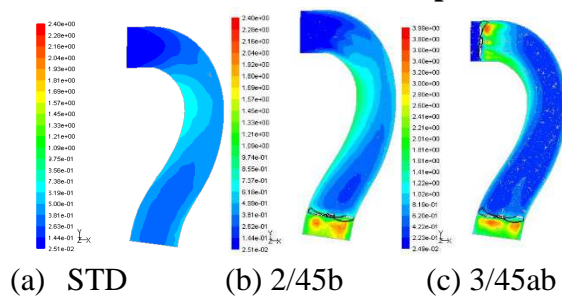
Pada gambar 11 menunjukkan aliran partikel campuran bahan bakar udara pada kondisi standar dan setelah penambahan *turbulator*. Pada kondisi standar aliran bahan bakar mengalir secara teratur sampai keluar. Dengan penyisipan *turbulator* di depan saluran menyebabkan aliran mengalami olakan setelah melewati *turbulator*, sehingga aliran partikel cenderung lebih menyebar selama berada di saluran. Pada tambahan penyisipan *turbulator* dibagian belakang saluran akan menjaga olakan pada kondisi sebelumnya dan akan menambah olakan saat aliran keluar saluran. Penambahan jumlah bilah selanjutnya akan menambah intensitas olakan.



Gambar 11. Aliran partikel pada saluran masuk



Gambar 12. Kontur kecepatan



Gambar 13. Kontur turbulensi

Gambar 12 menunjukkan kontur kecepatan dengan warna menunjukkan kecepatan aliran. Pada kondisi standar kecepatan cukup tinggi sepanjang saluran. Penyisipan turbulator di bagian belakang menyebabkan pemerataan kecepatan dengan nilai kecepatan yang masih cukup tinggi, sedangkan penambahan *turbulator* di bagian depan akan lebih meningkatkan pemerataan kecepatan akan tetapi penurunan kecepatan juga cukup signifikan. Penambahan jumlah bilah akan membuat penurunan kecepatan akibat efek rugi-rugi saluran yang lebih signifikan.

Gambar 13 menunjukkan energi kinetik turbulen dari aliran bahan bakar di *intake manifold*. Pada saluran standar energi kinetik akibat turbulensi tidak terlihat karena tidak adanya perubahan peningkatan turbulensi yang cukup besar dari aliran. Setelah ada penyisipan *turbulator* menyebabkan adanya turbulensi yang akan meningkatkan energi kinetik aliran efek dari kecepatan aliran dan intensitas turbulensi juga akan meningkatkan nilai dari energi kinetik turbulen. Pada penambahan *turbulator* di bagian belakang saluran lebih mendominasi pusaran dan

peningkatan energi kinetik turbulensi setelah keluar saluran menuju ruang bakar, sedangkan penambahan di bagian depan saluran memberikan efek awal olakan ketika memasuki saluran, sehingga mengurangi kecepatan dan peningkatan olakan saat keluar saluran lebih kecil.

Dari hasil penelitian eksperimen di atas terlihat bahwa pada kondisi standar sebenarnya sudah memiliki kualitas pembakaran yang cukup baik. Sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No:KEP-141/MENLH/9/2003 tentang Standar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor tipe baru dan current production maupun Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No.167 tahun 2003 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, hasil yang didapatkan dari pengujian masih jauh di bawah standar ambang batas emisi gas buang dengan kadar CO kurang dari 4,5% dan HC kurang dari 2400 ppm.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Soeadghardo dan Harjono (2005) dan Soeadghardo dan Setyawan (2008) ada perbedaan yang signifikan dari hasil yang didapatkan dikarenakan bentuk geometri dari intake *manifold* pada kendaraan Honda SupraX-125 yang sudah mengalami pusingan (melingkar), berbeda dengan bentuk *intake manifold* pada Honda SupraX-110 dan Shogun 110 yang masih berbelok tegak lurus. Hal ini menyebabkan pada kondisi standar kondisi pencampuran udara – bahan bakar sudah cukup bagus, dan pemberian *turbulator* tidak sangat signifikan memberikan perubahan perbaikan nilai emisi gas buang, sebagaimana yang telah didapatkan pada penelitian Soeadghardo dan Harjono (2005).

Penambahan *turbulator* tidak selalu menunjukkan perbaikan kualitas pembakaran. Pada beberapa kasus menunjukkan adanya peningkatan kualitas pembakaran seperti pada 2/45b, 2/55b, 3/45b dan beberapa variasi lainnya sedangkan beberapa kasus yang lain menunjukkan penurunan kualitas pembakaran seperti pada 2/35b dan 4/45b. Penambahan *turbulator* tersebut akan menambah nilai gradien tekanan yang juga berefek pada penurunan kecepatan aliran dalam saluran *intake manifold*, sehingga jumlah bahan bakar yang bisa mengalir ke ruang bakar menjadi berkurang. Sedangkan energi kinetik turbulen juga akan meningkat pada penggunaan *turbulator* sampai dengan jumlah bilah 2 dan 3 bilah, selanjutnya mengalami sedikit penurunan akibat efek dari penurunan kecepatan.

Kecenderungan penambahan sudu lebih dari 3 bilah mulai tidak efektif terhadap perbaikan kualitas pembakaran. Hal ini juga ditunjukkan pada penelitian Soeadgihardo dan Setyawan (2008) yang menunjukkan kenaikan turbulensi dan gradien tekanan pada sudu lebih dari 4 buah yang mengalami penurunan kualitas aliran pencampuran bahan bakar dengan udara. Sehingga jumlah sudu untuk *turbulator* dengan bentuk seperti spesimen uji paling optimal adalah menggunakan 2 atau 3 bilah.

Akibat penambahan *turbulator* konsumsi bahan bakar cenderung mengalami perubahan, hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh hambatan aliran dikarenakan kenaikan turbulensi akibat penempatan *turbulator*. Pengaruh lain adalah dengan peningkatan kecepatan akibat pengurangan luas area saluran *intake manifold*. Penambahan *turbulator* akan mengurangi luasan penampang saluran *intake manifold* sehingga kecepatan akan naik dan

menyebabkan jumlah konsumsi bahan bakar juga naik, akan tetapi efek sebaliknya penambahan *turbulator* akan menambah hambatan aliran sehingga jumlah campuran bahan bakar – udara yang akan masuk ke saluran pembakaran akan berkurang, sehingga dari kedua faktor tersebut yang lebih dominan akan berpengaruh pada konsumsi bahan bakar. Dari data penelitian didapat untuk variasi *turbulator* 2/45b mempunyai penghematan rata-rata hingga 7%.

Sudut pengarah pada *turbulator* akan mempengaruhi araha aliran dalam pembentukan pusungan (*swirl*) aliran bahan bakar – udara. Sudut *turbulator* yang dibuat (α) merupakan besar sudut antara kemiringan sudu terhadap penampang aliran (*intake manifold*). Pada sudut yang besar aliran masih cukup halus dengan tingkat olakan yang kecil, sementara semakin kecil sudut pengarah menyebabkan aliran lebih turbulen akan tetapi hambatan aliran menjadi lebih besar.

Pada hasil pengujian kadar emisi gas buang, untuk variasi sudut 35° memiliki nilai CO yang paling tinggi dengan CO₂ yang rendah. Sedangkan untuk sudut 45° dan 55° memiliki nilai yang hampir sama dengan kadar CO lebih rendah dan CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 35° . Hal ini menunjukkan bahwa pada sudut 35° besarnya hambatan lebih dominan dari pada efek peningkatan turbulensi untuk perbaikan campuran. Sehingga pembakaran sempurna lebih susah untuk didapatkan. Sedangkan pada sudut yang lebih besar efek turbulensi cukup signifikan terhadap hambatan yang timbul, sehingga berpengaruh terhadap kualitas pencampuran bahan bakar menjadi lebih baik dan pembakaran menjadi lebih sempurna dengan indikasi perbaikan kualitas emisi yang mana nilai CO₂ meningkat.

Pada hasil visualisasi terlihat pula aliran bahan bakar menjadi lebih merata dan tersebar akibat pemberian *turbulator*. Pemberian sudut pengarah memungkinkan aliran lebih merata dan kenaikan energi kinetik turbulensi, tetapi sudut 35° membuat gradien tekanan menjadi cukup tinggi sehingga kerugian aliran meningkat dan jumlah pasokan bahan bakar menjadi berkurang.

Posisi penempatan *turbulator* juga akan mempengaruhi aliran campuran bahan bakar – udara yang akan masuk ke ruang bakar. Penempatan *turbulator* di bagian depan saluran akan membuat olakan aliran sejak awal masuk saluran *intake manifold* ditambah dengan bentuk geometri dari saluran yang sudah mengalami putaran sehingga aliran akan lebih turbulen akan tetapi kecepatan aliran juga akan mengalami penurunan selama dalam saluran. Penempatan *turbulator* di posisi depan akan mendapatkan hasil yang cukup bagus untuk jumlah sudu yang sedikit (2 bilah) sedangkan untuk bilah yang lebih banyak pengaruh rugi-rugi aliran akan sangat mempengaruhi hambatan dan kecepatan campuran, sehingga nilai emisi juga kurang baik.

Penambahan *turbulator* pada bagian belakang saluran *intake manifold* akan langsung berpengaruh pada saluran masuk ruang bakar. Olakan akan cukup signifikan setelah melewati *turbulator*, sedangkan selama melewati saluran tidak melewati hambatan aliran sehingga penurunan tekanan pada saluran juga cukup kecil. Penambahan turbulensi pada saluran lebih dipengaruhi oleh saluran *intake manifold* yang melingkar. Kecepatan aliran dalam saluran juga lebih stabil sehingga jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar juga masih standar.

Penempatan *turbulator* pada kedua ujung akan meningkatkan turbulensi aliran

sepanjang aliran maupun setelah keluar saluran menuju ruang bakar. Pada *intake manifold* yang sudah mengalami pemusingan saluran, pemberian *turbulator* pada kedua posisi tidak efektif dan akan membuat kerugian saluran yang besar untuk jumlah sudu lebih dari 3.

Dari hasil pengamatan emisi dan visualisasi penambahan *turbulator* pada posisi di belakang saluran *intake manifold* akan mendapatkan nilai yang paling optimal akibat aliran mengalami peningkatan turbulensi saat keluar saluran menuju ke ruang bakar. Hal ini terjadi pada variasi *turbulator* dengan jumlah sudu 2 dan sudut pengarah sebesar 45° . Hambatan yang terjadi dalam saluran *intake manifold* tidak signifikan terjadi dibandingkan dengan penambahan *turbulator* bagian di depan. Besaran sudut juga tidak signifikan menciptakan hambatan, sementara proses olakan (*swirl*) juga tetap berlangsung baik didalam saluran akibat bentuk dari saluran maupun setelah keluar saluran akibat penambahan *turbulator*. Sehingga dari eksperimen maupun visualisasi numerik mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi paling baik pada variasi 2/45b.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa hasil yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Karakteristik aliran pencampuran bahan-bakar dengan udara pada jenis kendaraan Honda SupraX 125 sudah memiliki kualitas yang lebih baik dilihat dari nilai emisi gas buangnya maupun visualisasi aliran dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan kendaraan Honda SupraX 110 dikarenakan bentuk saluran *intake manifold* lebih melingkar sehingga aliran udara dalam saluran lebih turbulen.

2. Penambahan modifikasi pada *intake manifold* akan meningkatkan olakan aliran sehingga campuran bahan bakar udara lebih homogen. Jumlah sudu *turbulator* yang lebih banyak dan sudut sudu yang lebih kecil menyebabkan kenaikan turbulensi, akan tetapi efek yang lain adalah semakin besarnya hambatan aliran dan kenaikan gradien tekanan yang menyebabkan kerugian aliran campuran bahan bakar - udara, sehingga pembakaran menjadi tidak optimal. Dari hasil penelitian didapatkan penggunaan *turbulator* dengan 2 bilah sudu dengan sudut 45^0 yang ditempatkan dibagian belakang (2/45b) menghasilkan hasil emisi yang paling baik yang didukung oleh visualisasi aliran pada *intake manifold*.

5. Daftar Pustaka

- Anonim, 2003, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-141/MENLH/9/2003 tentang Standar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor tipe baru dan current production.
- Anonim, 2003, Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No.167 tahun 2003 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
- Arismunandar Wiranto, 1988, Penggerak Mula : Motor Bakar Torak, edisi keempat, Bandung
- S.A, Sulaiman and S. H. M. , Murad and I., Ibrahim and Z. A. , Abdul Karim (2010), *Study Of Flow In Air-Intake System For A Single-Cylinder Go-Kart Engine*, International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME), 1 . pp. 91-104. ISSN 1985-9325(Print); 2180-1606 (Online)
- Morsi, S. A. and Alexander, A. J., 1972, *An Investigation of Particle Trajectories in Two- Phase Flow Systems*, J. Fluid Mech., 55(2):193 - 208
- Obert, O. F., 1973, *Internal Combustion Engines and Air Pollution*, Harper & Row Publishers, Inc., New York
- Patankar, S.V., 1980, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, Hemisphere Publishing Corporation, Toronto: McGraw-Hill, Canada
- Rathnaraj, J.D. dan Kumar, T.M.N., 2007, *Studies on Variable Swirl Intake System for DI Diesel Engine Using CFD*, International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Vol.2 No.3. pp.383-393.
- Soeadgihardo S. dan Harjono, 2006, Pengaruh pengarah aliran pada *intake manifold* sepeda motor terhadap emisi gas buang, Media Teknik, No.2 Th. XXVIII, hal.49-53
- Soeadgihardo S. dan Setyawan, 2008, Pengaruh Modifikasi pada *Intake Manifold* Terhadap Aliran Campuran Bahan Bakar-Udara, Laporan Penelitian DPP-SPP tahun 2008, Fakultas Teknik UGM
- Ying Wu, H., Er Cheng, H., Jun Shuai, R., dan Tai Zhou, Q., 2000, *An Analytical Model for Decaying Swirl Flow and Heat Transfer inside a Tube*, Journal of the ASME. Vol.122 No. 1, pp. 204 – 208.