

PENGARUH *EVAPORATOR* PADA EXHAUST SEPEDA MOTOR KARBURATOR TERHADAP *SI ENGINE* BAHAN BAKAR DUAL FUEL BENSIN-UAP BIOETANOL

Fahril Muhamad ^{1*}, George Endri Kusuma ², Mohamad Hakam ³

Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia ¹ Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia ² Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia ³ Jln. Teknik kimia, Kampus ITS Sukolilo Surabaya

Email : fahrilmuhamad@student.ppns.ac.id

ABSTRAK

Penambahan bahan bakar berbasis nabati khususnya *bioetanol* dari penelitian sebelumnya memberikan efek proses pembakaran makin sempurna, sehingga mesin akan menjadi lebih bersih dan emisi gas buang menurun menjadi ramah lingkungan. Penggunaan *bioetanol* yang mempunyai oktan tinggi dapat menjadikan akselerasi mesin lebih ringan dan cepat. Dilakukan eksperimen menguapkan *bioetanol* dengan mendesain *evaporator* pada exhaust sepeda motor Supra X 125 cc karburator tahun 2008 untuk menciptakan alternatif bahan bakar terbarukan dengan memanfaatkan energi panas dari *exhaust* (regenerasi energi). Dilakukan *dynotest* performa *SI Engine* sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi bukaan katup uap *bioetanol* 30°, 60°, 90° (*fully open throttle*) dengan variasi RPM yang dinaikkan dengan interval 1000 dimulai dari RPM 5000 hingga RPM 9000. Pengujian *SI Engine* dengan *evaporator* pada *exhaust* sepeda motor dual fuel bensin-uap dapat diterapkan dan layak jalan untuk dioperasikan. Hasil eksperimen menggunakan *evaporator* ini diambil data optimum pada variasi *bioetanol* bukaan katup 60°, dengan peningkatan daya dan torsi sebesar 9 HP menjadi 9,4 HP, untuk torsi dari 7,98 Nm menjadi 8,3 Nm pada RPM 8000. Angka efisiensi termal kendaraan mengalami penurunan sebesar 25,6%, dari 90,3% menjadi 65,3%. Untuk data emisi gas buang mengalami penurunan CO sebesar 10%, HC dengan nilai 51%, kemudian mengalami peningkatan CO² sebesar 46,3%.

Kata Kunci : uap *bioetanol*, emisi gas buang, *evaporator*, *dual fuel*, motor karburator.

Nomenclature

Mbb = laju aliran massa (kg/detik)
V = Pemakaian bensin per jam
Qbb = Kalor gas buang (kW)
Pbb = Berat jenis bahan bakar (kg/liter)

m_{bb} = laju aliran bahan bakar (kg/s)
bhp = Daya (watt)
sfc = spesifik fuel consumption (kg/s)
ρ = Massa jenis
η_{th} = efisiensi thermal (%)

PENDAHULUAN

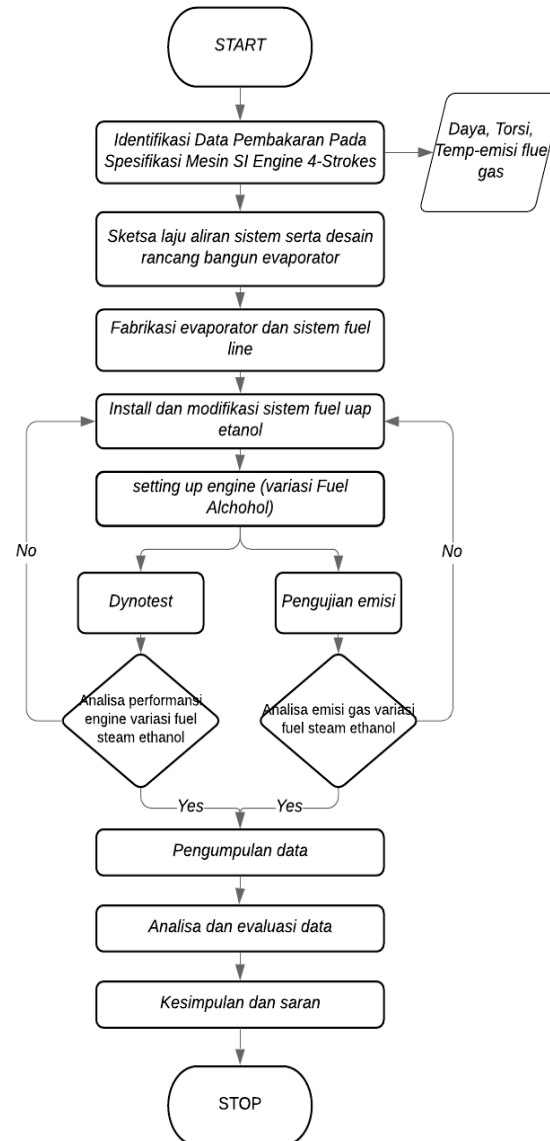
Kebutuhan bahan bakar terus meningkat, hal ini akan memberikan dampak semakin berkurangnya pasokan cadangan minyak bumi serta mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup signifikan berupa bertambahnya gas beracun di udara. Mengacu pada Peraturan Menteri ESDM Nomor 41 Tahun 2018 yaitu kadar standar emisi gas buang di Indonesia yaitu EURO 4, yang sudah diberlakukan untuk kendaraan roda empat dan roda dua berbahan bakar bensin. Peta rencana jangka panjang, diharapkan Indonesia bisa menyentuh penggunaan energi alternatif terbarukan yaitu biofuel (B100) yang disebut sebagai green fuel. Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH MIGAS) merilis laporan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) secara nasional pada periode Januari-September 2016. Menurunnya konsumsi pada bensin RON 88 dipengaruhi oleh konsumsi BBM bensin RON 90 yang diluncurkan sejak tahun 2015 terus meningkat. Dimana pada tahun 2015 jumlah konsumsi bensin RON 90 sebanyak 287.940 KL naik hingga mencapai 2.999.744,43 KL pada September 2016. Jika konsumsi bensin RON 90 diperinci pada tahun 2016, pada Triwulan I sebanyak 376.423,63 KL, kemudian naik pada Triwulan II menjadi 816.442,58 KL dan pada Triwulan III naik menjadi 1.806.878,22 KL. Terlihat pada grafik konsumsi BBM di Indonesia [Gambar 1.2]

Penambahan bahan bakar berbasis nabati khususnya berbasis *bioetanol* secara umum memberikan efek proses pembakaran makin sempurna, sehingga mesin akan menjadi lebih bersih dan emisi gas buang menurun menjadi ramah lingkungan. Penggunaan bahan bakar *bioetanol* yang mempunyai oktan tinggi dapat menjadikan akselerasi mesin lebih ringan dan cepat. Desain *SI Engine* memberikan kesempatan luas untuk peneliti membuka peluang penggunaan bahan bakar alternatif berbasis *bioetanol* sebagai *additive* bahan bakar fosil. Penggunaan alternatif bahan bakar nabati pada *SI Engine* membutuhkan sistem modifikasi *fuel system* yang *adaptable* dan *compatible*, sehingga memudahkan pengguna mesin berbasis *SI Engine*. *Bioetanol* memiliki kadar yang rendah, oleh karena itu perlu dilakukan proses destilasi dengan teknologi terbarukan yang dapat meningkatkan kadar *bioetanol* tersebut. Prototipe rancang bangun *evaporator* yang didesain mampu mengolah penggunaan bahan bakar alternatif berbasis campuran bensin dengan *bioetanol*. Destilasi adalah proses pemurnian *bioetanol* untuk memperoleh gasohol. Proses memperoleh gasohol yaitu *bioetanol* dipanaskan sampai menguap kemudian didistribusikan ke ruang bakar agar molekul bensin dan *alcohol* tercampur dengan sempurna. Penelitian sebelumnya melakukan eksperimen bahwa

etanol dipanaskan menggunakan pemanas eksternal. Pada akhir penelitian ini diharapkan didapatkan desain Rancang Bangun pada *exhaust chamber* sehingga dapat digunakan untuk melakukan produksi uap dengan memanfaatkan panas dari *exhaust* dan dapat digunakan pada berbagai jenis bahan bakar berbasis *bioetanol*

2. METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan beberapa langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Langkah – Langkah Pelaksanaan Penelitian

2.1 Objek Eksperimen

Penelitian ini menggunakan mesin silinder tunggal bertipe SI Engine yang menggunakan sistem bahan bakar jenis karburator. Jenis karburator tipe variabel venturi. Pemilihan tipe mesin yang masih menggunakan karburator karena mesin ini lebih mirip sistemnya dengan mesin yang diungkan pada mesin SI yaitu pada kapal karena kedepeannya penelitian ini lebih diarahkan untuk menunjang perkembangan teknologi mesin terbaru pada mesin penggerak kapal kecil berbahan bakar bensin. Spesifikasi sepeda motor :

- Merk : Mesin Honda/supra X 2008
- Silinder : 4-stroke Single Cylinder / 125 cc.
- Compression ratio : 9:1
- Diameter x langkah : 52,4 mm x 57,9 mm
- Daya maksimum : 9,17 HP / 7500 rpm
- Torsi maksimum : 10,1 Nm / 4000 rpm

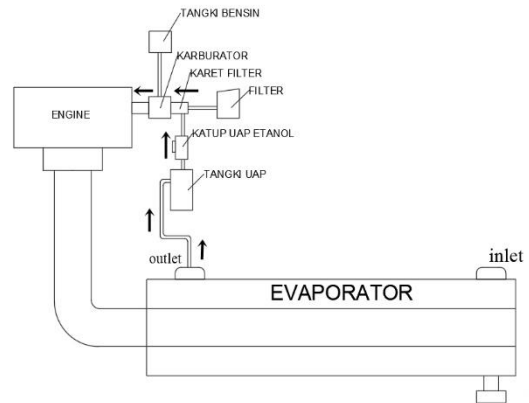


Gambar 2.1 Sepeda Motor Supra X 125 cc

2.2 Sketsa sistem dual fuel

Prinsip kerjanya yaitu memanfaatkan panas gas buang dari engine menuju exhaust chamber, yang dimana di leher exhaust chamber terdapat *evaporator* sebagai wadah sekaligus tangki fluida etanol. Di dalam *evaporator etanol* dipanaskan dengan memanfaatkan panas exhaust chamber. Ada 2 jenis kalor yang memanaskan etanol yaitu secara konveksi dan radiasi. Panas konveksi berasal dari exhaust manifold pada knalpot dan panas radiasi berasal dari crankcase engine. Pada kondisi etanol berubah fase menjadi uap, uap akan mengalir menuju karburator bercampur dengan bensin yang kemudian menuju intake manifold. Dan prinsip laju aliran uap etanol

menuju intake manifold menggunakan efek venturi (efek hisap). Pada saat itu juga di intake manifold bahan bakar bensin di semprotkan bersamaan dengan uap etanol.



Gambar 2.2 Perencanaan sketsa aliran sistem

2.3 Fabrikasi *Evaporator* Pemanas

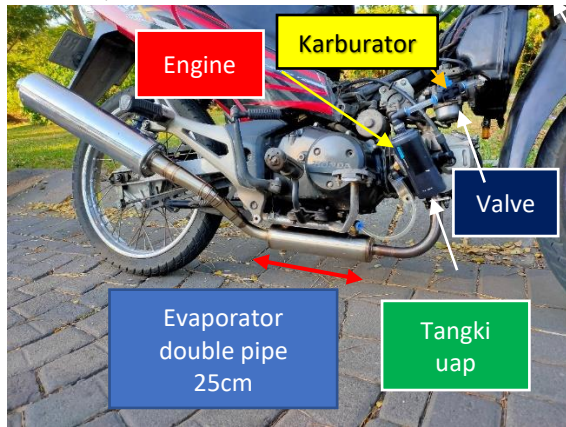
Selanjutnya merupakan tahap fabrikasi. Pembuatan prototype *evaporator* yang sudah dirancang dan digambar dilakukan fabrikasi di workshop. Setelah itu dilakukan pengujian pada terhadap kebocoran pada setiap sambungan dari *evaporator*. Setelah diyakinkan alat tidak mengalami kebocoran maka alat dapat digunakan.



Gambar 2.3 *Evaporator*

2.4 Install dan Setting Up Prototype

Setelah masing-masing komponen sudah selesai diproduksi dan kemudian bisa untuk dilakukan perakitan di media motor uji, penyetingan engine, pada tahap ini hasil prototype dari instalasi rancang bangun pada exhaust akan dilakukan kalibrasi dan pengujian. maka selanjutnya dilakukan pengambilan data sesuai konsep beberapa putaran *engine* dan bukaan valve berbeda.



Gambar 2.4 Setting up prototype

Cara kerja sistem:

1. *Etanol* dipanaskan di dalam *evaporator* dengan volume yang sesuai direncanakan
2. Kemudian *evaporator* akan memproduksi uap *etanol* menuju tangki uap, fungsi tangki uap sebagai wadah untuk menampung uap basah *etanol* agar liquid yang ada di uap dapat tertampung di tangki uap dan tidak mengganggu proses vacuum di dalam karburator, yang menyebabkan mesin mati akibat kelebihan liquid di dalam karburator
3. Jika suhu uap *etanol* telah mencapai target waktu yang direncanakan yaitu 5-10 menit, maka uap dapat di distribusikan/di hisap menuju karburator. Dengan membuka katup pada selang.
4. *Etanol* dapat dikontrol dengan bukaan valve sesuai perancangan, yaitu 30 derajat, 60 derajat dan 90 derajat. Maka dapat ditentukan laju aliran serta koefisien perpindahan panas *etanol* pada *evaporator*.

2.5 Pengujian performansi prototype terhadap SI Engine

Pada tahap ini dilakukan pengujian performansi pada evaporator terhadap SI Engine setelah proses setting up selesai. Dalam hal ini proses setting up dan perancangan benar-benar jadi. Indikator yang didapat saat pengujian antara lain :

1. Indikator utama :
 - Daya pada engine bisa naik dengan adanya evaporator dan uap etanol
 - Emisi pada sepeda motor turun akibat campuran dengan uap etanol
 - Sistem Dual Fuel pada *Evaporator* diharapkan dapat digunakan sebagai terobosan inovasi baru.
 - Bagus untuk mesin dan ramah lingkungan
2. Indikator penunjang :

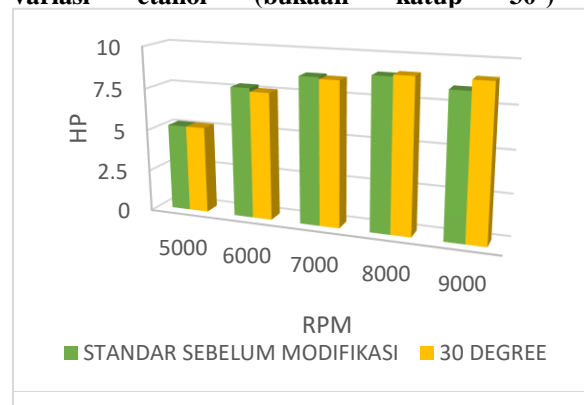
- Efisiensi termal kendaraan saat menggunakan *evaporator*

Dari hasil pengujian tersebut dapat dihasilkan data sebagai pedoman untuk dilakukan analisa dari hasil pengujian tersebut serta perbandingan dari sebelum dilakukannya pemodelan modifikasi exhaust chamber ini dengan sesudah pemodelan modifikasi dalam pencampuran bahan bakar alternatif yaitu uap etanol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen menghasilkan data daya, torsi, emisi dan efisiensi termal kendaraan. Adanya pengaruh uap etanol yang dihasilkan dari pemasangan *evaporator* dapat meningkatkan daya dan torsi, menurunkan emisi gas buang dan efisiensi termal kendaraan.

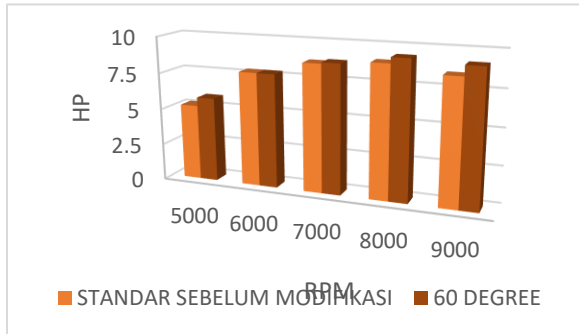
3.1 Pengujian Daya kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol (bukaan katup 30°)



Gambar 3.1 Grafik daya sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi 30 derajat

Dari grafik di atas menunjukkan pada pengujian dynotest (On Wheel), grafik daya yang dihasilkan dari pengujian kondisi standart sebelum modifikasi dan kondisi sesudah modifikasi variasi etanol bukaan katup 30 derajat. Terlihat mengalami sedikit penurunan daya pada RPM 6000 dan RPM 7000, yaitu selisih 0,2 HP pada RPM 6000 dari 7,8 HP menjadi 7,6 HP, kemudian selisih 0,1 HP pada RPM 7000 dari 8,7 HP menjadi 8,6 HP. Daya maksimum yang terhitung oleh mesin dynotest pada kondisi standart sebelum modifikasi berada di RPM 8000 yaitu 9 HP kemudian turun pada RPM 9000 menjadi 8,5 HP. Sedangkan daya maksimum pada kondisi sesudah modifikasi dengan bukaan katup 30 derajat berada pada RPM 8000 dengan nilai 9,1 HP hingga RPM 9000 dengan nilai yang sama yaitu 9,1 HP. Disini terlihat perbedaan daya pada akhir RPM yang disebabkan adanya pencampuran bahan bakar etanol pada karburator.

3.2 Pengujian Daya kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol (bukaan katup 60°)

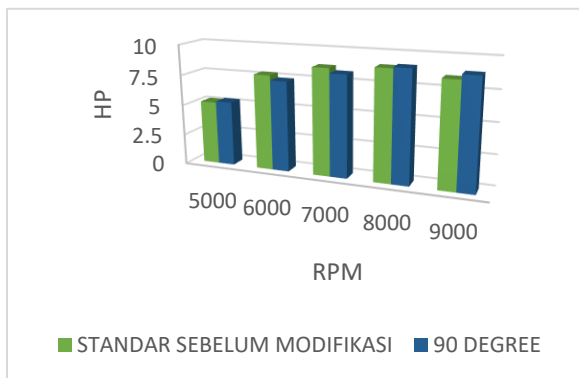


Gambar 3.2 Grafik daya sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi 60 derajat

Dari grafik di atas menunjukkan data pengujian standart sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi variasi etanol bukaan katup 60 derajat. Terdapat perbedaan daya pada RPM 5000, RPM 8000 dan RPM 9000. Daya maksimum yang terhitung oleh mesin dynotest pada kondisi standart sebelum modifikasi berada di RPM 8000 yaitu 9 HP kemudian turun pada RPM 9000 menjadi 8,5 HP. Sedangkan daya maksimum pada kondisi sesudah modifikasi dengan bukaan katup 60 derajat berada pada RPM 8000 dengan nilai 9,4 HP hingga RPM 9000 dengan nilai 9,1 HP. Disini terlihat perbedaan nilai daya yang cukup signifikan.

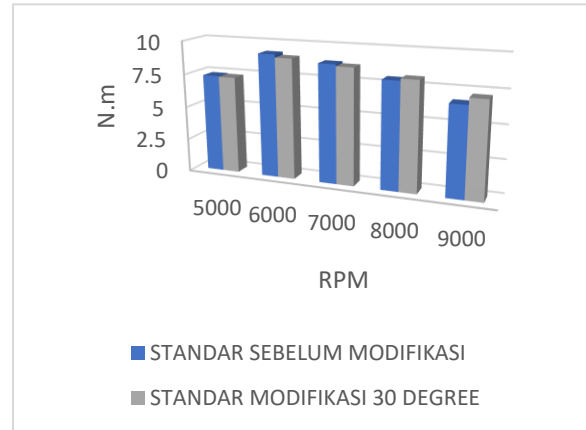
3.3 Pengujian Daya kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol open throttle full (bukaan katup 90°)

Dari grafik di bawah menunjukkan data pengujian standart sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi variasi etanol bukaan katup 90 derajat. Terdapat penurunan daya pada RPM 6000 dan RPM 7000 pada bukaan katup 90 derajat, disini tercatat pada RPM 6000 pada nilai 7,4 HP dan RPM 7000 8,3 HP sedangkan pada kondisi standart tercatat dayanya 7,8 HP dan 8,7 HP. Namun daya maksimum mengalami peningkatan pada bukaan katup 90 derajat pada RPM 8000 dan RPM 9000 dengan nilai 9,1 HP dan 8,9 HP sedangkan pada kondisi standart 9 HP dan 8,5 HP.



Gambar 3.3 Grafik daya sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi open full 90 derajat

3.4 Pengujian Torsi kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol open throttle (bukaan katup 30°)

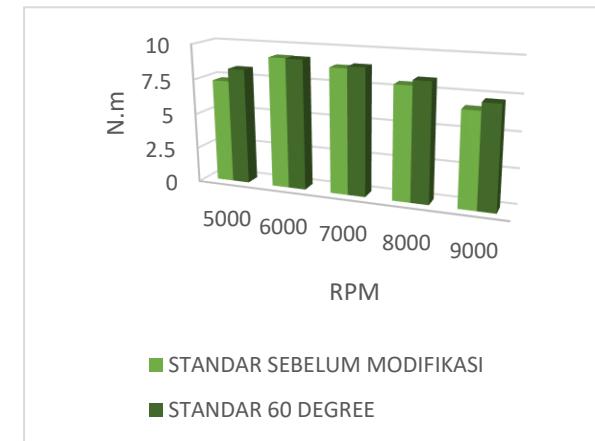


Gambar 3.4 Grafik torsi sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi 30 derajat

Torsi yang dihasilkan sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi variasi bukaan katup 30 derajat pada RPM 6000 dan RPM 7000 menunjukkan perbedaan, yaitu mengalami sedikit penurunan pada variasi 30 derajat dengan nilai 9,28 N.m menjadi 9,02 N.m dan 8,82 N.m menjadi 8,68 N.m, sedangkan di RPM >7000 cenderung mengalami peningkatan dibanding dengan kondisi sebelum modifikasi. Hal ini dikarenakan pada RPM tinggi laju aliran etanol mengalami peningkatan yang menyebabkan torsi mengalami kenaikan.

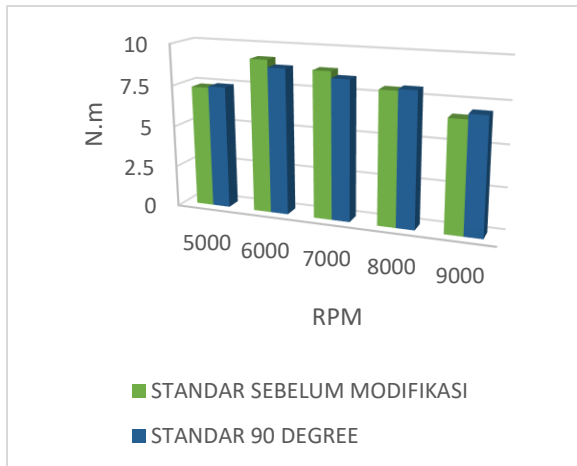
3.5 Pengujian Torsi kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol open throttle (bukaan katup 60°)

Grafik di bawah terlihat pada RPM 5000 sudah mengalami perbedaan yang signifikan dan pada RPM 6000 dan RPM 7000 cenderung relatif sama, sedangkan pada RPM 8000 hingga RPM 9000 mengalami peningkatan.



Gambar 3.5 Grafik torsi sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi 60 derajat

3.6 Pengujian Torsi kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol open throttle full (bukaan katup 90°)



Gambar 3.6 Grafik torsi sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi 90 derajat

Torsi yang dihasilkan pada RPM 6000 dan 7000 menunjukkan perbedaan yang terlihat cenderung turun, sedangkan pada RPM 8000 dan RPM 9000 relatif sama dan sedikit mengalami kenaikan.

Disini bisa disimpulkan bahwa terdapat kenaikan daya dan torsi pada variasi etanol bukaan katup 60 derajat pada RPM 8000 dengan nilai 9,4 HP dan 8,35 N.m, sedangkan ada penurunan daya pada variasi etanol bukaan katup full (90 derajat) pada RPM 7000 dan RPM 8000 yang disebabkan:

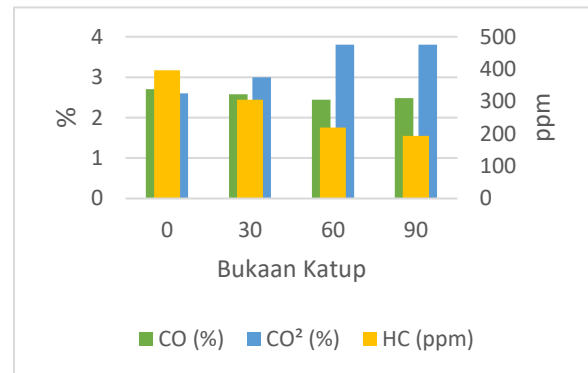
1. karena terlalu banyak konsumsi bahan bakar etanol yang masuk menuju karburator yang menyebabkan penumpukan bahan bakar yang menyebabkan mesin menjadi kebanjiran.
2. Suhu uap etanol yang masih kurang ideal pada kondisi full bukaan katup yang dimana masih ada kandungan air/liquid yang ikut terbawa menuju karburator yang mengakibatkan sulit terbakar. Yaitu LHV *etanol* lebih kecil dibandingkan dengan pertalite murni, menyebabkan penurunan daya dan torsi.
3. Penurunan ini sangat wajar dari tinjauan secara *engineering* wajar terjadi karena jetting karburator yang setara dengan pertalite, maka membutuhkan penyesuaian jetting/spuyyer karburator yang lebih besar.
4. Peningkatan daya dan torsi terjadi akibat cukupnya konsumsi etanol pada bukaan katup 60 derajat dan suhu penguapan yang telah mencapai titik ideal yaitu pada temperatur 90°C – 95°C yang dimana liquid pada uap terkondensasi di tangki uap.
5. Pengujian dengan variasi bahan bakar tambahan biofuel *etanol* meningkatkan daya dan torsi mesin pada putaran lebih tinggi dibandingkan dengan pertalite murni. Karakteristik biofuel *etanol* mengandung oksigen yang mampu membantu proses pembakaran di ruang bakar

3.7 Pengujian Emisi kondisi standard sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi etanol

Tabel 3. 1 Data emisi supra x 125

| No. | Gas Emission | Pertalite | pertalite+etanol bukaan katup | | |
|-----|---------------------|-----------|-------------------------------|------------|------------|
| | | | 30 derajat | 60 derajat | 90 derajat |
| 1 | CO (%) | 2,7 | 2,58 | 2,44 | 2,48 |
| 2 | CO ² (%) | 2,6 | 3 | 3,8 | 3,8 |
| 3 | HC (ppm) | 396 | 305 | 219 | 194 |
| 4 | O ² (%) | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 20,9 |

Berdasarkan tabel 3.1 menunjukkan pada penambahan biofuel *etanol* pada bahan bakar SI Engine mampu secara signifikan menurunkan kadar gas HydroCarbon mencapai 52,1% pada saat bukaan katup *etanol* 90 derajat dibandingkan hanya bahan bakar pertalite tanpa *etanol*. Parameter reaksi pembakaran juga ditunjukkan gas emisi CO² yang mengalami peningkatan sebesar 46,2% pada bukaan katup *etanol* 60 derajat dan 90 derajat. Peningkatan reaksi pembakaran pada CO² disebabkan penambahan atom oksigen dari *etanol* sehingga AFR pembakarannya mendekati nilai AFR pembakaran bensin stokiometri 14,7. Namun disini lain kadar Carbon Mondoksida mengalami penurunan sebesar 11,2% yang artinya penurunan ini menunjukkan reaksi pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan gas berbahaya CO dapat direduksi dengan penambahan *etanol*.



Gambar 3.7 Grafik hasil pengujian emisi gas buang

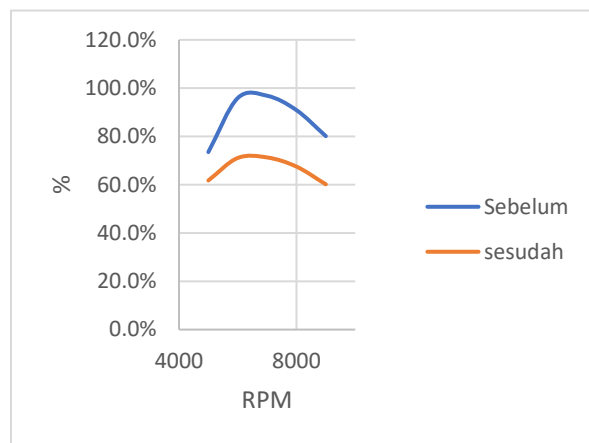
Pembakaran tidak sempurna yang mengalami penurunan 11,2% dapat diperbaiki dengan reaksi pembakaran sempurna yaitu CO² dengan nilai 46,2%. Jadi dengan kata lain penambahan biofuel *etanol* rata-rata mampu menurunkan kadar emisi gas buang pada SI engine.

Analisa pengaruh *evaporator* terhadap emisi gas buang yaitu secara keseluruhan mampu menurunkan emisi gas buang terutama pada penggunaan biofuel *etanol* variasi bukaan katup 90 derajat. Perbaikan emisi CO ini dipengaruhi kualitas pembakaran yang lebih baik di ruang bakar oleh AFR pembakaran yang mendekati AFR stokiometri bensin. Pada pembakaran variasi bukaan katup 90 derajat dibandingkan kondisi standard tanpa variasi *etanol*. Perbaikan proses pembakaran ditunjukkan juga oleh kenaikan CO² yang

merupakan produk pembakaran sempurna pada penggunaan bahan bakar tunggal dan variasi bukaan katup valve 30, 60 dan 90 derajat. *Evaporator* juga meningkatkan kualitas pembakaran secara signifikan pada bukaan katup valve 90 derajat yang ditunjukkan oleh tabel 3.1 yang terlihat bahwa mampu menurunkan emisi HC.

3.8 Perhitungan Efisiensi termal

Efisiensi termal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas dari bahan bakar diubah menjadi daya efektif oleh motor. Perhitungan efisiensi termal dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan menggunakan LHV (low heating value) sebagai parameter dan menggunakan temperatur suhu pada intake dan exhaust.



Gambar 4. 1 Grafik efisiensi termal kendaraan

Dari grafik di atas terdapat perbedaan yang signifikan terhadap efisiensi termal kendaraan, dari kondisi sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan variasi *etanol*. Dapat disimpulkan dari grafik terjadi penurunan sebagai berikut:

1. Sisi positif turunya efisiensi termal yaitu semakin banyak konsumsi bahan bakar yang dikonsumsi untuk pembakaran maka semakin turun efisiensinya dikarenakan pencampuran LHV *etanol* yang rendah, *etanol* terdapat kadar alkohol 97% dan air 3% yang dapat mendinginkan suhu termal kendaraan. Dilain sisi menjadi ramah lingkungan, daya dan torsi naik, emisi gas buang menjadi turun.
2. Penurunan ini sangat wajar dari tinjauan secara *engineering* wajar terjadi karena jetting karburator yang setara dengan pertalite, maka membutuhkan penyesuaian jetting/spuyyer karburator yang lebih besar.

Korelasi dengan RPM semakin tinggi semakin turun yaitu karena pada putaran tinggi, turbulensi yang terjadi cukup besar sehingga terjadi pencampuran bahan bakar dan udara, tetapi bahan bakar menjadi banyak terbuang dikarenakan waktu pengapian yang tidak dimajukan akan berbanding terbalik dengan kecepatan rambat api yang tetap. Semakin advance waktu pengapian, puncak maksimum dari efisiensi termal akan semakin turun. Hal ini dikarenakan

efisiensi dan pembakaran bahan bakar sangat dipengaruhi oleh waktu pengapian.

4 KESIMPULAN

Studi lanjutan mengenai *Evaporator* pada *Exhaust 4-Stroke Carburator SI Engine Sepeda Motor Berbahan Bakar Dual Fuel Bensin-Uap Bioetanol* memiliki kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancang bangun *evaporator* pada *exhaust 4-stroke carburator si engine sepeda motor berbahan bakar dual fuel bensin-uap* dapat diterapkan dan layak jalan untuk dioperasikan.
2. Nilai performance yang dihasilkan dari penggunaan rancang bangun *evaporator* beserta variasi *bioetanol* dapat menambah besar *max wheel power* dan torsi. Daya maksimal dan optimal berada di variasi bukaan katup 60 derajat pada RPM 8000 dengan nilai 9,4 HP dan 8,35 Nm. Untuk nilai efisiensi termal yang didapat dari hasil eksperimen mengalami penurunan setelah kondisi modifikasi yaitu dari 90,9% menjadi 65,3%.

Angka emisi gas buang dengan penggunaan rancang bangun *evaporator* dengan variasi *bioetanol* terhadap *SI Engine* mampu menurunkan emisi gas buang Untuk data emisi gas buang mengalami penurunan CO sebesar 10% dan HC dengan nilai 51%. Kemudian mengalami peningkatan CO² dengan nilai 46,3%.Disini didapat hasil pengujian pada variasi *bioetanol* katup bukaan 90 derajat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Untuk itu penulis tidak lupa mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak George Endri Kusuma, ST., MSc.Eng. Selaku dosen pembimbing 1.
2. Bapak Dr. Mohamad Hakam, ST., MT. Selaku dosen pembimbing 2.
3. Orang tua penulis dan keluarga yang selalu memberi dukungan moril dan materil yang besar demi suksesnya Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman kuliah yang banyak memberikan masukan mengenai penulisan laporan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bundiarto, D. S. (n.d.). *Jian Eksperimental Tentang Pengaruh Injeksi Uap Air Pada Saluran Intake Dan Exhaust Terhadap Kinerja Motor Bensin 2 Langkah 110 Cc*.
- Civronlit, J., & Batanghari, U. (2017). *Pengaruh Injeksi Air Dan Pengaturan Derajat Pengapian Terhadap Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Sepeda Motro Myson*. 2(1).
- Kuncoro, A., & Wisnugroho, S. (2016). LPG Sebagai Energi Alternatif Bahan Bakar Dual-Fuel Mesin Diesel Kapal Nelayan Tradisional. *Prosiding Seminar Sains Dan Teknologi*, (November), 1–12.
- Majdah Zawawi1 and Noriah Ramli. (2016). ***Rancang Bangun Sistem Otomasi Diesel Dual Fuel Dengan Kontrol Programmable Logic Control (PLC)*** (May), 31–48.
- Mulyatno, I. P., Sisworo, S., & Panuntun, D. S. (2013). Kajian Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Dual Fuel System (Lpg-Solar) Pada Mesin Diesel Kapal Nelayan. *Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan*, 10(2), 98–107.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/kpl.v10i2.5124>
- Paper, C. (2016). *Karakterisasi unjuk kerja mesin diesel generator set sistem*. (March).
- Tarigan, E. F. K. P. (2012). *Rancang Bangun Alat Uji Injektor untuk Mesin Sedan Toyota 4A-FE Berbasis Mikrokontroler Atmel 8535 Menggunakan Sensor Efek Hall*. Teknik Elektro Universitas Indonesia. Depok.

