

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN CATALYTIC CONVERTER TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA MOTOR YAMAHA Rx-King TAHUN PEMBUATAN 2006

RIMAN SIPAHUTAR^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32, Indralaya.

Korespondensi Pembicara Phone: HP-0811787782, Fax: 0711-317722
Email: riman_sipahutar@yahoo.com

ABSTRAK

Motor Yamaha Rx-King dengan mesin 2-tak cenderung menghasilkan kadar emisi gas buang yang relatif tinggi. Untuk mengurangi kadar emisi gas buang ini, teknologi alternatif yang disarankan adalah penggunaan *catalytic converter (CC)* pada sistem saluran gas buangnya. Dalam penelitian ini, CC yang digunakan ada dua tipe, yaitu tipe *Pipe Catalyst* dan *Monolith (Honeycomb)*. Metodologi pengujian adalah dengan membandingkan hasil pengujian mesin tanpa CC dan dengan kedua tipe CC tersebut. Alat penganalisa yang digunakan adalah Stargas 898 yang menguji dan menganalisis kadar gas-gas, seperti CO, CO₂, HC, O₂, dan NO_x. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Penggunaan dan penerapan *catalytic converter* tipe *Pipe Catalyst* dan *Monolith (Honeycomb)* pada sistem saluran buang (knalpot) dapat mengurangi kadar gas dalam emisi gas buang mesin 2-tak Yamaha Rx-King. *Catalytic converter* tipe *pipe catalyst* menghasilkan persentase penurunan kadar emisi gas CO maksimal 11,53%, gas CO₂ maksimal sebesar 2,06%, dan emisi HC maksimal sebesar 0,46% (pada 4.000 rpm). *Catalytic converter* tipe *monolith (honeycomb)* menyebabkan persentase penurunan kadar emisi gas CO maksimal 23,93%, gas CO₂ maksimal sebesar 2,79%, dan emisi HC maksimal sebesar 0,80% (pada 4.000 rpm).

Kata Kunci : *Catalytic converter, honeycomb, monolith, pipe catalyst.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara, telah menyebabkan menurunnya kualitas udara. Tak pelak, ini mengganggu kesehatan serta keseimbangan iklim global. Menurunnya kualitas udara tersebut, terutama disebabkan karena penggunaan bahan bakar fosil untuk sarana transportasi dan industri, yang umumnya terpusat di kota-kota besar. Dampak negatif akibat menurunnya kualitas udara cukup berat terhadap lingkungan, terutama kesehatan manusia, yaitu dengan menurunnya fungsi paru, peningkatan penyakit pernafasan, dampak karsinogen, dan beberapa penyakit lainnya.

Melihat semua kenyataan ini memang patut dipertanyakan kelangsungan teknologi mesin 2-tak di Indonesia. Apalagi motor tipe ini dikenal sebagai penyumbang gas buang dengan tingkat emisi yang tinggi. Pemerintah sendiri telah mengeluarkan peraturan Kepmen LH No. 141/2003 tentang emisi gas buang. Secara efektif regulasi

ini mulai diberlakukan pada tanggal 1 Januari 2005, yang intinya pabrikan otomotif diwajibkan untuk memproduksi kendaraan yang rendah emisi dengan standar Euro-2.

Ini sesuai dengan isi Kepmen yang menyebutkan aturan emisi untuk kendaraan tipe L (kendaraan roda dua atau roda tiga dengan penggerak motor bahan bakar cetus api dan penyalaan kompresi 2-tak atau 4-tak). Sementara aturan untuk kendaraan yang sedang diproduksi (current production) kategori L berlaku mulai 1 Januari 2007 untuk jenis 2-tak dan 1 Juli 2006 untuk jenis 4-tak. Artinya selama kadar racun gas buang bisa ditekan dan sesuai standar Euro-2 maka produksinya bisa berjalan terus.

Teknologi Injeksi Ditech juga dilengkapi peranti pengontrol jumlah pasokan bensin-udara. Tujuannya untuk bisa mencapai perbandingan campuran ideal 1:15 (1 molekul bensin, 15 molekul udara). Namun, jika ingin mengubah rasio campuran menjadi "kaya atau miskin", bisa diatur ulang dengan program komputer tertentu.

Di Indonesia sendiri pabrikan telah bersiap menghadapi regulasi pemerintah. Yamaha kini tengah fokus pada pengembangan teknologi untuk RX-King. Salah satunya adalah pemasangan teknologi air induction system (AIS). Fungsinya sebagai penambah udara bersih (O_2) di sistem gas buang. Prinsip kerjanya adalah mengubah racun hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO) menjadi karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O).

Dengan demikian betapa pentingnya untuk perlu diungkapkan sejauh mana keterkaitan antara teknologi pengurang emisi gas buang yang sudah ada dengan mutu gas buang itu sendiri. Karena itu penulis sengaja melakukan penelitian tentang hubungan teknologi pengurang emisi gas buang dengan mutu gas buang yaitu : **"Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Yamaha RX-King Tahun 2006"**.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan Catalytic Converter dengan variasi putaran terhadap emisi gas buang CO pada motor Yamaha RX-King tahun 2006.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan Catalytic Converter dengan variasi putaran terhadap emisi gas buang HC pada motor Yamaha RX-King tahun 2006.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan Catalytic Converter dengan variasi putaran terhadap kinerja motor Yamaha RX-King tahun 2006.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Yamaha Rx-King

Pada produk andalannya di kategori mesin dua tak itu, Yamaha Motor Company mengembangkan teknologi yang dapat menekan emisi gas buang. Bagi konsumen sepeda motor Indonesia kendaraan roda dua model bebek (di dunia dikenal sebagai moped) menjadi jenis yang paling laku. Selain moped, motor sport 100 cc sampai 150 cc menjadi lapis kedua jenis sepeda motor yang digemari pembeli. Tak pelak, beberapa ATPM mengeksploitasi motor jenis ini dengan pengembangan model dan keragaman warna catnya. Amati saja Honda Tiger Megapro maupun Suzuki Thunder dan Kawasaki Ninja, semua tampak saling beradu pada penampilan dan gemerlap warnanya.

Namun, terdapat satu motor sport yang amat digemari konsumen karena performa akselerasinya yaitu Yamaha Rx-King. Karena soal 'tarikannya' yang menjadi unggulan, pabrikan Yamaha tak pernah mengubah bentuknya sejak 15 tahun lalu.

Namun, Rx King tetap memiliki pangsa pasar cukup besar. Inilah satu-satunya motor sport yang tanpa mengalami perubahan bentuk secara radikal namun masih mampu bertahan walau persaingan amat ketat. Namun, popularitas Rx-King seakan menurun demikian muncul Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 141 Tahun 2003 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang sedang diproduksi. Dalam Kepmen ini diberlakukan pembatasan emisi buang motor bermesin dua tak yang memang terbilang tinggi kadar karbon monoksidanya (CO).

Pada produk andalannya di katagori mesin dua tak itu, Yamaha Motor Company mengembangkan teknologi yang dapat menekan emisi gas buang. Secara awam teknologi itu dapat dimengerti sebagai adanya kombinasi penambahan peranti *Air Intake System (AIS)* dengan penggunaan knalpot yang telah dipasangi *tiga katalis* di dalamnya.

Peranti tiga katalis yang mengandung lapisan senyawa kimia itu akan mengikat sejumlah partikel dan senyawa beracun buangan mesin dua tak hingga memenuhi persyaratan Euro II. Sayangnya, pihak Yamaha masih belum merincikan jenis dan mekanisme kerja detail sistem ini. Tentu faktor persaingan antar pabrikan motor sebagai penyebabnya. "Yang jelas dalam pengetesan di pabrik Yamaha Jepang maupun Yamaha Indonesia, penguasaan teknologi ini bisa membuat Rx-King memenuhi syarat Euro II".

Terdapat empat faktor utama yang mempengaruhi emisi suatu kendaraan bermotor, yaitu:

1. Kondisi dan teknologi kendaraan.
2. Kondisi jalan.
3. Kualitas bahan bakar.
4. Ketepatan pemeliharaan kendaraan.

2.2. Klasifikasi Motor Bakar

Motor bakar dapat di klasifikasikan dengan berbagai cara, antara lain sebagai berikut :

2.2.1. Berdasarkan Jenis Bahan Bakar yang Digunakan

1. Motor bakar bensin
2. Motor bakar gas
3. Motor bakar diesel

2.2.2. Berdasarkan Metode Penyalaan Bahan Bakar

1. Motor bakar penyalaan busi (Motor bakar bensin dan motor bakar gas)
2. Motor bakar penyalaan kompresi (motor bakar diesel)

2.2.3. Berdasarkan Jumlah Siklus Operasinya

1. Motor bakar siklus dua langkah (2-tak)
Motor bakar ini adalah motor yang pada dua langkah torak/piston (satu putaran poros engkol) sempurna akan menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja).
2. Motor bakar siklus empat langkah (4-tak)
Motor bakar ini adalah motor yang pada setiap langkah torak / piston (dua putaran poros engkol) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja).

2.2.4. Berdasarkan Proses Pembakaran

1. Motor bakar siklus Otto (pembakaran bahan bakar terjadi pada volume konstan).
2. Motor bakar siklus Diesel (pembakaran bahan bakar dilakukan pada keadaan tekanan konstan).
3. Motor bakar siklus gabungan (bahan bakar sebagian di bakar pada volume konstan dan sebagian lagi pada tekanan konstan).

2.2.5. Berdasarkan Kecepatan Mesin

1. Motor bakar kecepatan rendah (kecepatan poros engkol lebih kecil dari 120 rpm).
2. Motor bakar kecepatan sedang (kecepatan poros engkol antara 120 – 500 rpm).
3. Motor bakar kecepatan tinggi (kecepatan poros engkol lebih dari 500 rpm).

2.3. Pembakaran

2.3.1. Prinsip Pembakaran

Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar dengan oksigen yang diikuti oleh sinar dan panas. Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan.

Proses pembakaran dimana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk produk yang berupa gas. Faktor yang menentukan penyalaan campuran bahan bakar dan udara antara lain :

- * Komposisi
Komposisi bahan bakar yang mengandung inert gas seperti N_2 , CO_2 , akan mengurangi nyala dari bahan bakar.
- * Temperatur
Semakin meningkat temperatur pembakaran maka jarak batas kemampuan nyala dari bahan bakar akan semakin meningkat. Ketika temperatur penyalaan sendiri tercapai maka campuran bahan bakar dan udara akan terbakar secara spontan tanpa perlu adanya penambahan energi dari luar.
- * Tekanan
- * Kelembaban
Jika kelembaban ruang bakar meningkat maka batas atas dan bawah dari jangkauan kemampuan nyala bahan bakar akan semakin mengecil.
- * Pusaran pembakaran turbulensi
- * Bentuk ruang pembakaran

2.3.2 Proses Pembakaran

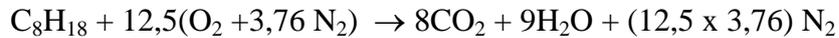
Sebagaimana telah kita ketahui sebagai bahan bakar motor bensin terutama mengandung unsur-unsur karbon dan hidrogen yang hasil pembakarannya akan menghasilkan emisi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2) dan hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC) atau terkadang disingkat emisi HC saja.

Dalam pembakaran hidrokarbon, jika oksigen dan hidrokarbon tidak bercampur dengan baik, maka akan terjadi proses cracking dimana pada penyalaan akan timbul asap. Pembakaran semacam ini disebut pembakaran tidak sempurna.

2.3.3. Pembakaran Sempurna

Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai saat terjadinya loncatan bunga api pada busi. Selanjutnya api membakar gas bakar yang berada di

sekelilingnya dan terus menjalar keseluruh bagian sampai semua partikel gas bakar terbakar habis. Di dalam pembakaran normal pembagian nyala api pada waktu ignition delay terjadi merata diseluruh bagian. Pada keadaan yang sebenarnya mekanisme pembakaran didalam motor ini bersifat kompleks. Bahan bakar standar motor bensin adalah isooktan (C_8H_{18}), persamaan reaksi pembakarannya dengan udara adalah :



2.3.4. Pembakaran Tidak Sempurna

a. Knocking

Dalam hal ini gas baru yang belum terbakar terdesak oleh gas yang sudah terbakar. Sehingga tekanan dan suhunya naik sampai mencapai keadaan hampir terbakar. Jika pada saat ini gas tadi terbakar dengan sendirinya, maka akan timbul ledakan (detonasi) yang menghasilkan gelombang kejutan yang berupa suara ketukan (knocking noise). Fluktuasi tekanan yang besar dan cepat ini terjadi pada akhir pembakaran. Sebagai akibatnya tenaga mesin akan berkurang dan jika sering terjadi maka akan memperpendek umur mesin.

Hal-hal yang menyebabkan *knocking* adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan kompresi yang tinggi, tekanan kompresi, suhu pemasangan campuran dan suhu silinder yang tinggi
2. Masa pengapian terlalu cepat.
3. Putaran mesin rendah dan penyebaran api lambat.
4. Penempatan busi dan konstruksi ruang bakar tidak tepat, serta jarak penyebaran api terlalu jauh.

b. Pre-Ignition

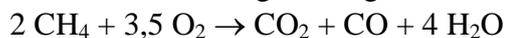
Pre-ignition adalah merupakan suatu gejala pembakaran tidak normal. Peristiwanya hampir sama dengan knocking tetapi terjadi pada saat busi belum memercikan api, disini bahan bakar terbakar dengan sendirinya akibat dari tekanan dan suhu yang tinggi sebelum terjadinya busi menyala. Pre-Ignition adalah peristiwa pembakaran yang terjadi sebelum sampai pada saat yang dikehendaki.

2.3.5. Pembakaran Tidak Lengkap

Pembakaran yang tidak lengkap yaitu pembakaran yang ada kelebihan atau kekurangan oksigen atau hidrogen.



Jadi dalam persamaan reaksi di atas jelas ada kelebihan O_2 (oksigen), sedangkan contoh reaksi kekurangan oksigen:



Pada persamaan reaksi di atas masih ada CO yang tidak terbakar dan keluar bersama-sama dengan gas buang. Hal tersebut disebabkan karena pembakaran kekurangan oksigen.

3. PENGUJIAN

3.1 Peralatan Pengujian

3.1.1 Motor Uji

Motor uji yang digunakan adalah motor bensin 2-tak pada motor Yamaha RX-King 135 cc dalam keadaan standar berbahan bakar Premium, dengan sistem saluran buang (*exhaust manifold*) yang standar maupun dengan yang memiliki katalis. Dalam

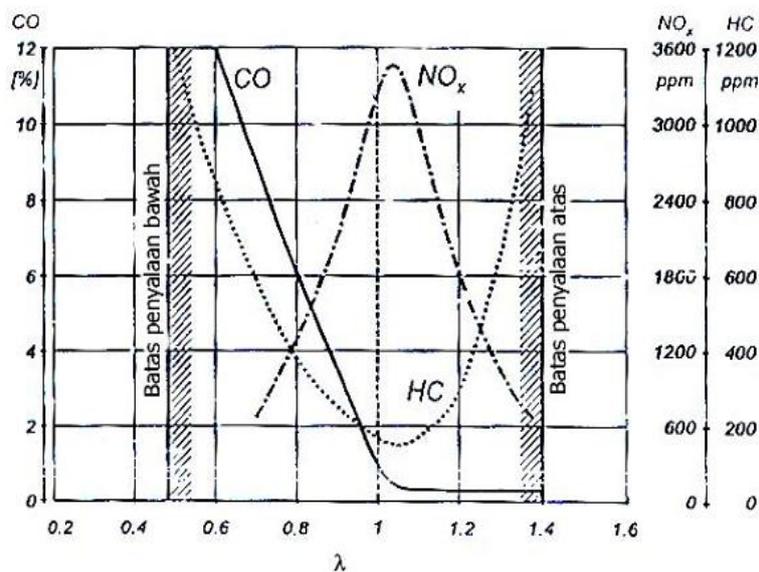
persiapan pengujian ini dilakukan penggantian komponen-komponen berupa filter udara, minyak pelumas mesin dan oli samping, serta busi. Pada bagian saluran buang (*exhaust manifold*) standar sedikit dimodifikasi agar dapat memudahkan proses pengambilan sampel gas buang.



Gambar 3.1 Motor bakar 2-tak yang digunakan sebagai motor uji

3.1.2 Exhaust Gas Analyzer

Salah satu parameter terpenting dalam menentukan besarnya emisi gas buang yang dihasilkan adalah perbandingan massa udara dan bahan bakar. Gambar 3.4 menunjukkan angka kualitatif dari NO, CO, dan HC hasil emisi gas buang yang bervariasi terhadap perbandingan massa udara dan bahan bakar. Pada kondisi operasi normal, motor bensin beroperasi pada daerah mendekati stoikiometrik atau dapat pula beroperasi pada daerah kaya bahan bakar, agar menjamin motor dapat beroperasi dengan lancar.



Gambar 3.2 Hubungan antara emisi motor bensin dengan Lambda (λ)

Dari gambar dapat dilihat bahwa pada daerah yang miskin bahan bakar (kelebihan udara), emisi gas buang yang dihasilkan ketiga jenis polutan ini tergolong rendah hingga saatnya kualitas pembakaran yang terjadi menjadi rendah (biasanya terjadi *misfire*). Bentuk dari kurva juga mengindikasikan kompleksitas dari pengaturan emisi gas buang tersebut.

Untuk menganalisis gas buang digunakan alat yang disebut *exhaust gas analyzer* dengan merk dagang Stargas 898. Alat ini telah memenuhi standar pengujian di Eropa

(OIML Class O type approved). Tampilan dan bentuk fisik dari alat Stargas 898 ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Peralatan pengambilan dan penganalisis sampel emisi gas buang

Alat Stargas 898 ini menguji dan menganalisis kadar gas-gas, seperti CO, CO₂, HC, O₂, dan NO_x (optional). Selain itu, data-data pendukung, seperti lambda, RPM dan temperatur mesin, juga dapat dilihat pada *print-out* data hasil analisis. Format *print-out* data hasil analisis dapat dilihat pada gambar berikut.

```

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. -----

TYPE STATGAS 898
OIML CLASS 0
REPORT N.
116/OIML/00/RM
09/27/2004

RPM      0850      [1/min]
CO       3.498    [%Vol]
CO2      12,5     [%Vol]
HC       1464    [ppmVol]
O2       0,52    [%Vol]
NOx      1       [ppmVol]
CO COR.  -.----  [%VOL]
^        -.----  [-]
TEMP.    080     [oC]

.....
ENVIRONMENT CONDITIONS
.....
Temperature      :25 [oC]
Pressure :100 [KPa]
Rel. Humidity:40 [%]
DATE:           09/27/2004
TIME:           15:41
.....

```

Gambar 3.4 Format Data Hasil Analisis Gas Buang

3.1.3 Sistem Knalpot Uji

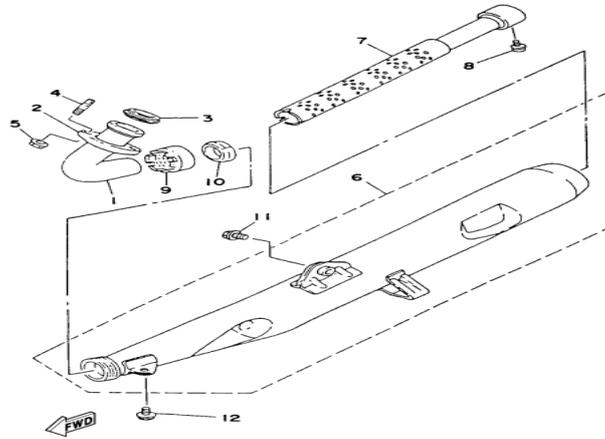
Sistem knalpot yang digunakan dalam penelitian ini memiliki dua konfigurasi yang berbeda, yaitu:

1. Knalpot standar tanpa *catalytic converter*.
2. Knalpot standar yang dilengkapi dengan *catalytic converter*.

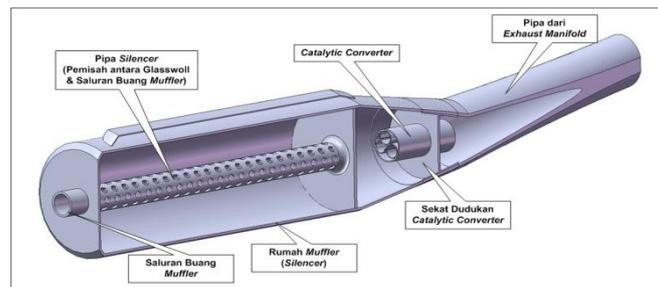
Knalpot standar tanpa *catalytic converter* merupakan knalpot yang diproduksi bersamaan dengan motor Yamaha Rx-King, seperti pada gambar di halaman berikut.

Knalpot standar dengan *catalytic converter* merupakan knalpot yang diproduksi bersamaan dengan motor Yamaha New Rx-King, seperti pada gambar berikut.

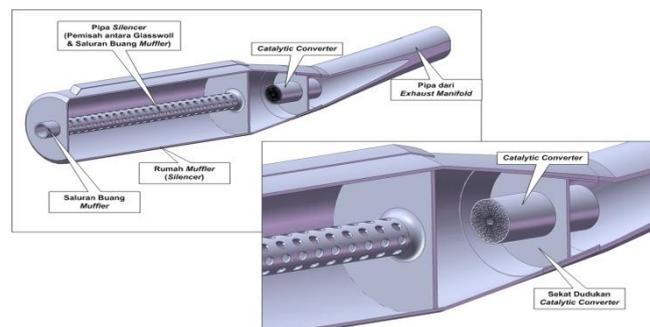
Jenis *catalytic converter* yang digunakan ada dua macam, yaitu tipe *pipe catalyst* dan tipe *monolith (honeycomb)*, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



Gambar 3.5 Knalpot standar tanpa *catalytic converter*



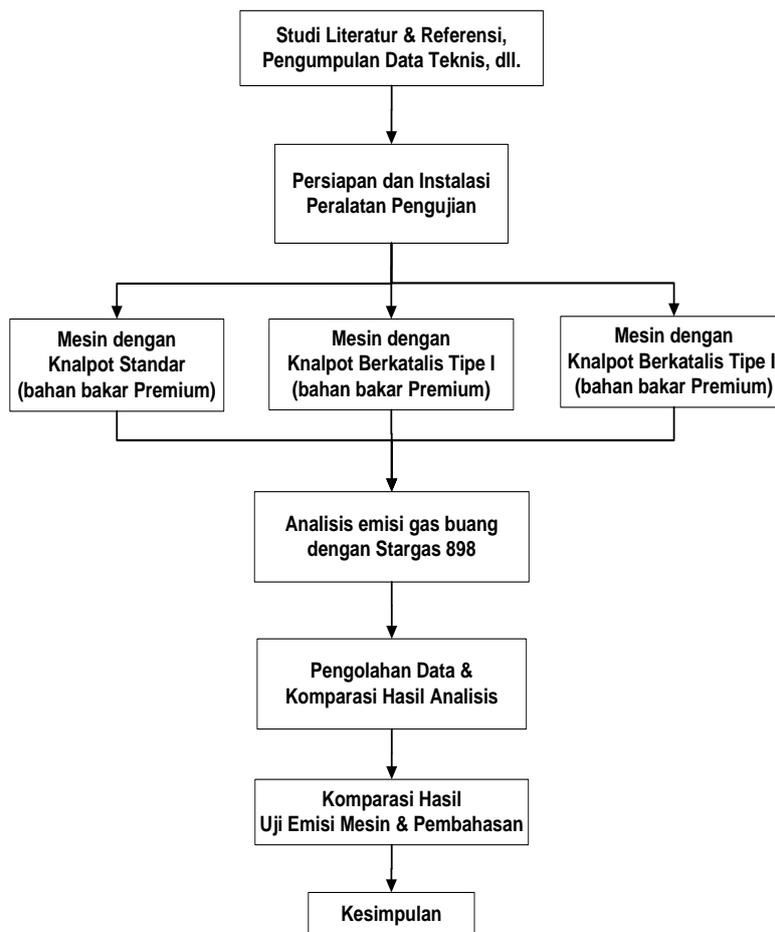
Gambar 3.6 (a) Knalpot standar dengan *catalytic converter* tipe *pipe catalyst*



Gambar 3.6 (b) Knalpot standar dengan *catalytic converter* tipe *monolith (honeycomb)*

3.2 Metodologi Pengujian

Penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini memiliki tahap dan prosedur dengan garis besar seperti yang ditunjukkan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.7 di halaman berikut.



Gambar 3.7 Langkah-langkah penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Emisi gas buang (CO, CO₂ dan HC) dengan variasi kecepatan 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm pada motor 2 tak dengan menggunakan knalpot standar tanpa catalytic converter dan knalpot standar yang dilengkapi dengan catalytic converter (jenis pipe catalyst dan monolith atau honeycomb) ditabelkan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.1

Hasil Pengujian Emisi Gas Buang pada Motor 2 tak dengan knalpot standar tanpa *catalytic converter*

Tanpa Catalytic Converter					
No.	RPM	Emisi Gas Buang			
		CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)
1	1000	1.928	13.513	59.113	1.872
2	2000	1.622	13.473	54.846	1.881
3	3000	1.585	14.145	54.632	1.881
4	4000	2.645	14.542	57.021	1.871

Tabel 4.2

Hasil Pengujian Emisi Gas Buang pada Motor 2-tak dengan knalpot standar yang dilengkapi dengan CC tipe *pipe catalyst*

Dengan menggunakan catalytic converter tipe <i>pipe catalyst</i>					
No.	RPM	Emisi Gas Buang			
		CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)
1	1000	1.785	13.244	58.945	1.867
2	2000	1.461	13.265	54.675	1.866
3	3000	1.403	13.870	54.454	1.876
4	4000	2.340	14.243	56.757	1.845

Tabel 4.3

Hasil Pengujian Emisi Gas Buang pada Motor 2-tak dengan knalpot standar yang dilengkapi dengan CC tipe *monolith*.

Dengan menggunakan catalytic converter tipe <i>Monolith</i> atau <i>Honeycomb</i>					
No.	RPM	Emisi Gas Buang			
		CO (% vol)	CO ₂ (% vol)	HC (ppm vol)	O ₂ (% vol)
1	1000	1.624	13.216	58.855	1.865
2	2000	1.388	13.225	54.468	1.876
3	3000	1.326	13.765	54.279	1.857
4	4000	2.012	14.136	56.565	1.863

Untuk mengetahui besarnya penurunan kadar emisi gas buang dengan penggunaan catalytic converter tipe *pipe catalyst* dapat diperoleh dengan membandingkan Tabel 4.1 dengan Tabel 4.2 dan hasilnya ditabelkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4

Persentase penurunan Emisi Gas Buang pada Motor 2-tak dengan knalpot standar yang dilengkapi dengan CC tipe *pipe catalyst*.

No.	RPM	Persentase penurunan Emisi Gas Buang								
		CO (% vol)			CO ₂ (% vol)			HC (ppm vol)		
		Tanpa CC	CC pipe catalyst	% penurunan	Tanpa CC	CC pipe catalyst	% penurunan	Tanpa CC	CC pipe catalyst	% penurunan
1	1000	1,928	1,785	7,42	13,513	13,244	1,99	59,113	58,945	0,28
2	2000	1,622	1,461	9,93	13,473	13,265	1,54	54,846	54,675	0,31
3	3000	1,585	1,403	11,48	14,145	13,870	1,94	54,632	54,454	0,33
4	4000	2,645	2,340	11,53	14,542	14,243	2,06	57,021	56,757	0,46

Dari Tabel 4.4 terlihat bahwa dengan penggunaan catalytic converter tipe *pipe catalyst* pada variasi putaran 1000, 2000, 3000 dan 4000 rpm, kadar emisi CO (% vol) mengalami penurunan bervariasi antara 7,42 – 11,53 %, dan kadar emisi CO₂ (% vol) mengalami penurunan bervariasi antara 1,54 – 2,06 %, sedangkan emisi HC (ppm vol) mengalami penurunan bervariasi antara 0,28 – 0,46 %.

Besarnya penurunan kadar emisi gas buang dengan penggunaan catalytic converter tipe *Monolith* atau *Honeycomb* dapat diperoleh dengan membandingkan Tabel 4.1 dengan Tabel 4.3 dan hasilnya ditabelkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Persentase penurunan Emisi Gas Buang pada Motor 2-tak dengan knalpot standar yang dilengkapi dengan CC tipe *monolith*.

No.	RPM	Persentase penurunan Emisi Gas Buang								
		CO (% vol)			CO ₂ (% vol)			HC (ppm vol)		
		Tanpa CC	CC monolith	% penurunan	Tanpa CC	CC monolith	% penurunan	Tanpa CC	CC monolith	% penurunan
1	1000	1.928	1.624	15.77	13.513	13.216	2.20	59.113	58.855	0.44
2	2000	1.622	1.388	14.43	13.473	13.225	1.84	54.846	54.468	0.69
3	3000	1.585	1.326	16.34	14.145	13.765	2.69	54.632	54.279	0.65
4	4000	2.645	2.012	23,93	14.542	14.136	2.79	57.021	56.565	0.80

Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa dengan penggunaan catalytic converter tipe monolith atau honeycomb pada variasi putaran 1000, 2000, 3000 dan 4000 rpm, kadar emisi CO (% vol) mengalami penurunan bervariasi antara 14,43 – 23,93 %, dan kadar emisi CO₂ (% vol) mengalami penurunan bervariasi antara 1,84 – 2,79 %, sedangkan emisi HC (ppm vol) mengalami penurunan bervariasi antara 0,44 – 0,80 %.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan dalam bab sebelumnya, beberapa hal penting yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. *Catalytic converter* baik jenis *pipe catalyst* maupun jenis *monolith (honeycomb)* yang dipasang pada knalpot standar motor 2-tak dapat berfungsi untuk mengurangi emisi gas buang karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan hidrokarbon (HC).
2. Penggunaan *catalytic converter* jenis *pipe catalyst* yang dipasang pada knalpot standar motor 2-tak dapat menghasilkan pengurangan emisi gas buang CO hingga 11,53 %, emisi gas buang CO₂ hingga 2,06 % dan emisi gas buang HC hingga 0,46 %, masing-masing pada putaran 4000 rpm.
3. Penggunaan *catalytic converter* jenis *monolith atau honeycomb* yang dipasang pada knalpot standar motor 2-tak dapat menghasilkan pengurangan emisi gas buang CO hingga 23,93 %, emisi gas buang CO₂ hingga 2,79 % dan emisi gas buang HC hingga 0,80 %, masing-masing pada putaran 4000 rpm.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Hardianto, Toto (1993). Usaha Pengurangan dan Pengontrolan Polusi Gas Buang. ITB, Bandung.
- 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, Vol.4, No.3, Juni 2003, hal. 309-316.
- Obert, E.F. (1973). Internal Combustion Engines and Air Pollution. Harper & Row, Publishers, Inc., New York, USA.
- Soelaiman, Fauzi (1993). Dampak dari Berbagai Polusi Udara terhadap Lingkungan. ITB, Bandung.