

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1 Penelitian Terdahulu

Menurut Heri Punomo (2014), juga memaparkan hasil penelitiannya, yakni pemasangan *catalytic converter* berbahan campuran tembaga (Cu) dan manganese (Mn) sangat berpengaruh pada pengurangan konsentrasi gas buang.

*Catalytic converter* terdiri dari *chasing*, *catalyst bed*, adsorben, dan pipa yang terhubung pada *header* dan *muffler* knalpot. Untuk modifikasi dari desain *catalyst bed* belum banyak dilakukan. Salah satu penelitian tentang modifikasi *catalyst bed* dilakukan oleh Bagus Irawan (2012) yang berjudul "*Modifikasi Catalytic Converter Menggunakan Tembaga Berlapis Mangan Untuk Mereduksi Emisi Gas Karboq Monoksida Motor Benin*". Oleh karena itu, perlu adanya penelitian yang lain mengenai variasi desain *catalyst bed* sebagai usaha untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor.

Berdasarkan data-data tersebut, terlihat bahwa emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan dari hasil pembakaran bahan bakar minyak harus mendapatkan perhatian khusus. Oleh sebab itu disusunlah skripsi tentang variasi desain *catalyst bed* pada *catalytic converter* kendaraan bermotor, yang berjudul "**PENGARUH VARIASI LUBANG CATALYST TERHADAP EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR BERBAHAN BAKAR CAMPUR PERTALITE DAN ETANOL**". Diharapkan dengan variasi desain *catalyst bed* pada kendaraan bermotor, yang menggunakan 3 variasi lubang katalis yaitu berlubang penuh berlubang kanan dan berlubang kiri yang menggunakan bahan tembaga berlapis dapat menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

### 1.2 Motor Bakar

Motor bakar merupakan mesin kalor, yang mengubah energy kalor dari ptoses pembakaran dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Motor bakar

dapat dikategorikan sebagai mesin kalor. (Hidayat, 2014). Secara garis besar motor bakar dengan mekanisme langkah yang berulang ulang atau periodic sehingga menghasilkan putaran poros. Komponen utama meliputi ; blok silinder (*cylinder block*), kepala silinder (*cylinder head*), poros engkol (*crank shaft*), piston, batang piston (*connecting rod*), roda gila (*fly wheel*), poros cam (*cam shaft*) dan valve katup (*valve mechanic*).

Menurut Siregar (2009), Motor bakar bekerja menurut prinsip 4 langkah (*tak*), Yang dimaksud dengan istilah "langkah" disini adalah memerlukan 2 putaran poros engkol (4 gerakan piston) untuk menyelesaikan 1 siklus di dalam silinder.

Proses pembakaran pada motor bakar memerlukan takaran tertentu antara campuran udara dan bahan bakar agar bisa menghasilkan pembakaran yang maksimal. Campuran yang dikenal sebagai perbandingan udara dan bahan bakar menentukan, hasil pembakaran. Menurut Buntarto (2015), Campuran bahan bakar dan udara perbandingannya harus sesuai, yaitu sejumlah 14,7 kg udara membutuhkan sejumlah 1 kg bensin.

Pada perbandingan tersebut akan menghasilkan tenaga hasil pembakaran yang maksimal dan emisi gas buang yang rendah. Selanjutnya perbandingan 14,7 : 1 ini dikenal dengan perbandingan *Stoichiometric*. Perbandingan antara udara dan bahan bakar adalah kebutuhan udara yang dikenal sebagai faktor lambda ( $\lambda$ ). Secara sederhana lambda dapat dirumuskan sebagai perbandingan jumlah udara terpakai dengan kebutuhan teoritis. Pada perbandingan *stoichiometric* adalah  $\lambda = 1$ . Jika perbandingan  $\lambda < 1$  menunjukkan mesin mengandung lebih banyak bahan bakar (campuran kaya) sedangkan  $\lambda > 1$  (dibawah batas 1,6) menunjukkan mesin tersebut mengalami kelebihan udara (campuran miskin) akan berdampak pada emisi gas buang sebagai berikut

- Emisi Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon juga akan semakin bertambah bila konsumsi bahan bakar bertambah. Kadar HC akan rendah pada kondisi  $\lambda = 1,1-1,2$ . Pada kondisi campuran kaya, kadar HC akan semakin tinggi dimana bahan bakar tidak dapat terbakar sepenuhnya di dalam silinder.

- Emisi Karbon Monoksida (CO)

Pada kondisi campuran kaya, emisi bertambah secara linier terhadap penggunaan bahan bakar. Pada saat campuran kurus, kadar CO berada pada level paling rendah. Apabila terjadi campuran yang ticalak seragam, misalnya campuran kurus dan gemuk masing-masing silinder untuk mesin dengan multisilinder, kadar CO rata-rata yang dihasilkan justru akan berada di atas kondisi 1.

- Emisi Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Tingkat kadar NO<sub>x</sub> pada gas buang berlawanan dengan FIC dan CO. Campuran yang kurus akan lebih menambah NO<sub>x</sub>, karena NO<sub>x</sub> timbul dari temperatur yang berlebihan pada ruang bakar, terutama dengan perbandingan kompresi yang tinggi.

Pada saluran gas buang terjadi tekanan balik. Timbulnya hambatan dalam aliran gas buang pada saluran gas buang disebut tekanan balik. (Adi, 2015) Hal ini terjadi karena adanya ekspansi gas buang secara tiba-tiba dalam saluran gas buang. Sementara, lubang keluaran knalpot sengaja dirancang untuk mengurangi dampak negatif gas buang berupa suara berfrekuensi tinggi yang dapat mengganggu pendengaran, sehingga tidak semua gas buang keluar dalam saluran gas buang secara bersamaan.

### 1.3 *Catalytic Converter*

Semakin bertambah perkembangan teknologi dan transportasi di Indonesia semakin bertambahnya persentasinya yang mengakibatkan meningkatkan bertambahnya konsumsi bahan bakar dan semakin tidak bisa untuk di kurangi tingkat pencemaran udara akibat emisi gas buang yang dihasilkan. Emisi gas yang di peroleh dari motor adalah CO, HC, dan polutan lainnya. Berbagai usaha dalam meminimalisir emisi gas buang, adalah menggunakan modifikasi catalyst.

Katalis Konverter yang menggunakan tembaga berlapis dirancang meminimalis emisi gas buang yang diproduksi dan di letakan setelah *exhaust manifold* pada akhir pembakaran (Irawan, 2012). Pemasangan

katalis converter yang menggunakan tembaga berlapis bertujuan untuk merubah polutan-polutan yang berbahaya seperti CO, HC, dan NO, menjadi gas yang tidak berbahaya, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O) dan nitrogen (N<sub>2</sub>) melalui reaksi kimia.

Adapun jenis-jenis katalis konverter yang telah ada sebagai berikut.

1. Katalyst Konverter Oksidasi

Katalis konverter oksidasi bekerja pada keadaan udara berlebih dan mengubah HC dan CO menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>. Namun, katalis konverter ini tidak memberikan pengaruh terhadap NO<sub>x</sub>

2. Katalyst Konverter Dua Jalan

Katalis konverter dua jalan terdiri dari dua sistem yang dipasang segaris. Sistem yang pertama (bagian depan) merupakan katalis reduksi yang berfungsi untuk menurunkan emisi NO<sub>x</sub> Sedangkan sistem yang kedua (bagian belakang) merupakan katalis oksidasi yang dapat menurunkan emisi HC dan CO.

3. Katalyst Konverter tiga jalan

Katalis konverter ini dirancang untuk mengurangi gas-gas polutan, seperti CO, HC, NO,, yang keluar dari sistem gas buang dengan cara mengubahnya melalui reaksi kimia menjadi CO<sub>2</sub>, uap air (H<sub>2</sub>O), dan nitrogen (N<sub>2</sub>).

4. *Denox Catalytic Converter (Learn Burn)*

Sistem ini memiliki sistem yang hampir sama dengan *three tinny catalytic converter*, tapi NO, diubah pada daerah udara yang bertebih. *Catalytic converter* ini memiliki efisiensi penurunan NO<sub>x</sub> hingga 50%.

Berikut ini adalah bagian-bagian dari katalis konverter (*Catalytic Coverter yang menggunakan tembaga berlapis*)

#### 1.4 Ketentuan catalyst

Di dunia industri katalis telah digunakan secara luas, terutama pada

industri kimia. Akhir-akhir ini katalis juga digunakan untuk menangani masalah polusi udara, terutama untuk mengurangi emisi gas karbon monoksida pada kendaraan bermotor. Menurut Zakhim (2016:17), karakteristik dan sifat-sifat katalis adalah sebagai berikut

Tidak terjadi perubahan dalam massa dan komposisi kimia secara signifikan pada akhir dari suatu reaksi.

1. Secara umum, dibutuhkan sejumlah kecil katalis untuk menghasilkan reaksi yang hampir tak terbatas.
2. Katalis dapat lebih efektif bila ditentukan dengan baik.
3. Katalis bekerja/bereaksi secara spesifik.
4. Pada umumnya, katalis tidak dapat memulai suatu reaksi.
5. Katalis tidak mempengaruhi posisi akhir dari kesetimbangan, akan tetapi memperpendek waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan.
6. Perubahan temperatur dapat mengubah laju dari reaksi katalitik.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai katalis adalah menggunakan logam-logam mulia antara lain Platinum, Rhodium dan Palladium. Namun, karena jumlahnya terbatas dan harga mahal maka membatasi pemakaiannya.

Pemanfaatan bahan sebagai katalis juga dapat menggunakan abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari limbah batu bara. *Fly ash* dapat dijadikan adsorben emisi gas buang CO kendaraan bermotor. (Lasryza dkk, 2012). Bahan lain yang dapat digunakan adalah kulit durian. Karbon aktif kulit durian (*Duriozibelhimus*) dapat menurunkan konsentrasi gas CO dari kendaraan bermotor 0,604% menjadi 0,192% dengan adanya daya adsorpsi 68,2%. (Dirga, 2014). Selain itu, karbon aktif yang ekonomis dapat dibuat dari limbah padat seperti cangkang kelapa sawit, kulit kakao, serbuk gergaji, sekam padi, kulit durian dan lainnya. Pada penelitian ini, Kahan yang digunakan sebagai katalis adalah aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ).

## 1.5 Emisi gas buang

Dari industri otomotif yang sebagian besar penggunaan bahan bakar

bensin sebagai bahan bakar utama dan jumlah kendaraan seperti mobil, sepeda motor, dan kendaraan umum jadi lebih meningkat polusi udara dan emisi gas buang dari pembakaran yang kurang sempurna dari kendaraan bermotor.

Emisi adalah istilah kolektif yang digunakan untuk menggambarkan gas dan partikel yang berbahaya yang dilepaskan ke udara oleh berbagai sumber, jumlahnya dan perubahan jenisnya dengan perubahan aktivasi industri, teknologi, dan sejumlah lainnya. (Sharaf, 2013).

Di pembakaran pada kendaraan bermotor tidak pernah berlangsung dengan sempurna jadi menghasilkan emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan polutan lainnya yang mempunyai dampak buruk kepada makhluk hidup, lingkungan dan juga dapat mengikis ozon yang ada pada atmosfer.

Berdasarkan Undang-Undang No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 1 ayat 12 yang berisikan bahwa Pencemaran Lingkungan Hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak berfungsi sesuai peruntukannya, maka dapat dipastikan bahwa jika sesuatu zat, benda atau energi yang masuk ke dalam lingkungan berakibat yang menurunkan kualitas lingkungan maka kegiatan tersebut telah dikategorikan dengan pencemaran. (UU No. 23 Tahun 1997).

Pengendalian emisi gas buang harus dilakukan agar dapat melestarikan lingkungan dan tercipta kondisi lingkungan udara yang sehat. Teknologi pengendalian emisi yang dilakukan untuk mereduksi gas buang yang berbahaya sudah di terapkan di negara negara maju. Metode dan teknik yang dilakukan ada beberapa macam antara lain pemilihan bahan bakar, pemilihan proses dan perawatan mesin. Untuk mengurangi gas buang kendaraan bermotor tersebut, salah satu metode yang bisa digunakan adalah dengan modifikasi pada saluran gas buang yaitu dengan pemasangan *catalytic converter yang berlapis tembaga* pada saluran gas buang.

### 1.5.1 Hidrokarbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap bensin, yang tidak terbakar akan ikut terbang bersama sisa pembakaran adalah hidrokarbon. (Bakeri dkk, 2012).

Menurut Purnomo (2014), sumber emisi HC dapat dibagi menjadi dua bagian, sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah.
2. Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang.

Sebab utama timbulnya HC, sebagai berikut

1. Sekitar dinding-dinding ruang bakar bertemperatur rendah, dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran.
2. Adanya overlapping katup (kedua katup bersama – sama terbuka).

Hidrokarbon juga lolos ke udara melalui penguapan bahan bakar. Hidrokarbon juga akan semakin bertambah bila konsumsi bahan bakar bertambah. Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR = Air-to-Fuel-Ratio) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin yang mendekati ideal. Tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat "bersembunyi" dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi. Di samping itu dari mekanisme katup, akibat penyetelan katup yang tidak tepat, keausan ring piston dan kebocoran kompresi akan menyebabkan bertambahnya gas hidrokarbon.

Selain itu, penyebab timbulnya hidrokarbon juga karena adanya pengaruh dari kinerja mesin. Mesin yang tidak bekerja secara maksimal biasanya terjadi akibat kerusakan pada komponen mesin. Misalnya, kerusakan pada busi. Elektroda busi yang kotor akan menghambat aliran listrik, sehingga loncatan tegangan listrik dari elektroda positif ke elektroda negatif kurang besar. (Widodo, 2015, hal : 41). Hal ini juga menyebabkan tenaga mesin menjadi berkurang

karena percikan bunga api yang dihasilkan busi kecil saat melakukan pembakaran sehingga proses pembakaran tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna yang menyebabkan bertambahnya emisi gas buang hidrokarbon.

Rata-rata emisi gas hidrokarbon pada mesin 4 tak dalam kondisi normal adalah 200-400 ppm (part per million) untuk mesin karburator, 50-200 untuk mesin dengan EFI dan 0-50 ppm untuk mesin EFI dengan katalisator (Sunman, 2004).

Menurut Budiyono (2001), Hidrokarbon bereaksi dengan adanya nitrogen oksida dan sinar matahari untuk membentuk ozon. Ozon dapat mengganggu pernafasan dan kerusakan paru-paru. Selain itu hidrokarbon juga beracun dan berpotensi menyebabkan kanker.

### **1.5.2 Karbon Monoksida (CO)**

Karbon monoksida (CO) adalah produk dari pembakaran yang tidak sempurna dan terjadi bila karbon di dalam bahan bakar dioksidasi sebagian dan bukan teroksidasi penuh menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). (Sharaf, 2013). Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan. Di kota besar yang padat lalu lintasnya akan banyak menghasilkan gas CO sehingga kadar CO dalam udara relatif tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan. selain itu, gas CO dapat pula terbentuk dari proses industri.

Karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Jika terhisap ke dalam paru-paru akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan tubuh. Hal ini dapat terjadi karena gas CO bersifat racun metabolisme, ikut bereaksi secara metabolisme dengan darah.

Menurut Ningsih (2012), Senyawa ini sangatlah beracun karena dapat berikatan kuat dengan hemoglobin dan menghambat proses pengangkutan oksigen ke jaringan-jaringan tubuh. Karbon monoksida berikatan 200 kali lebih kuat dengan hemoglobin daripada oksigen dan oleh karenanya sangat sulit melepaskannya ketika telah



berikatan dengan darah.

Di kota-kota besar, sumber utama penghasil CO adalah kendaraan bermotor seperti mobil, truk, bus, dan sepeda motor karena proses pembakaran yang tidak sempurna.

Menurut Bachtiar (2017:40), bila karbon di dalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO<sub>2</sub> sebagai berikut :  $C + O_2 \rightarrow CO_2$

Apabila unsur oksigen udara tidak cukup, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon didalam bahan bakar terbakar dengan proses sebagai berikut :  $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO$

**Tabel 2.1. Sumber Pencemaran Gas CO**

No	Sumber Pencemaran	Bagian (%)	Total (%)
1	Transportasi		63,8
	Mobil bensin	59,0	
	Mobil Diesel	0,2	
	Pesawat Terbang	2,4	
	Kereta Api	0,1	
	Kapal laut	0,3	
	Sepeda Motor	1,8	
2	Pembakaran Stasioner		1,9
	Batubara	0,8	
	Minyak	0,1	
	Gas alam (dapat diabaikan)	0,0	
3	Proses Industri		9,6
4	Pembuangan limbah padat		7,8
5	Sumber lain – lain		16,9
	Kebakaran hutan	7,2	
	Pembakaran batu bara sisa	1,2	
	Pembakaran limbah pertanian	8,3	
	Pembakaran lain – lainnya	0,2	
	Total	100,0	100,0

Sumber : Ningsih, 2012.

Transportasi kendaraan bermotor mempunyai pengaruh besar

terhadap banyaknya gas CO. Mobil bensin mempunyai pengaruh yang besar terhadap banyaknya gas CO yaitu 59%.

## 1.6 Bahan Bakar Yang Digunakan

**Pertalite** adalah bahan bakar yang sudah umum digunakan dimasyarakat dan mudah untuk dicari. Spesifikasi dari pertalite RON 90 ini tidak ada kandungan mangan besi atau timbal.

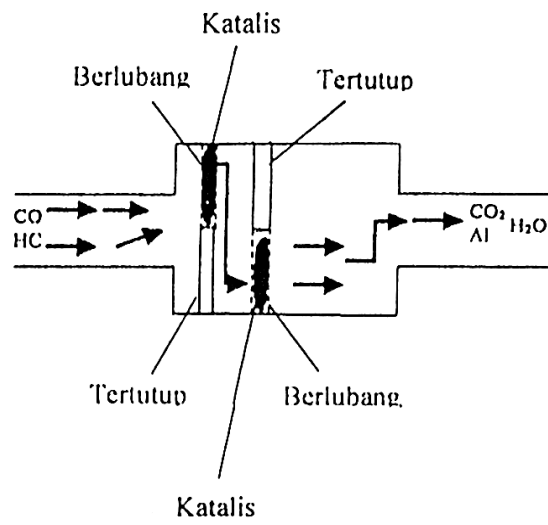
**Etanol** adalah Cairan tak berwarna yang mudah menguap dengan aroma khas, etanol terbakar tanpa asap dengan lidah api berwarna biru yang kadang tidak terlihat pada cahaya biasa.

### Spesifikasi etanol

- Rumus kimia  $C_2H_5OH$
- Massa molar 46,06844 g/mol
- Penampilan Cairan tak berwarna/bau khas
- Densitas 0,7893 g/cm
- Titik lebur -114,14
- Titik didih 78,29
- Kelarutan dalam air Tercampur penuh
- Tekanan uap 58 kPa (20oC)
- Keasaman (pKa) 15,9
- Viskositas 1,200 cP (20oC)
- Momen dipol 1,69 D (gas)

### *Catalyst Bed*

*Catalyst bed* adalah dudukan katalis pada *catalytic converter*. Dudukan katalis ini terletak di bagian luar katalis tepatnya di depan dan belakang katalis. Pada penelitian ini terdapat 3 desain dudukan katalis yang akan digunakan yakni sebagai berikut



**Gambar 2.1 Aliran Gas Buang Pada Dudukan Katalis**

