

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya industri otomotif yang sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama, dan makin meningkatnya tingkat pemakaian kendaraan berbahan bakar seperti pada mobil, sepeda motor, kendaraan umum berakibat pada meningkatnya tingkat polusi udara yang disebabkan oleh emisi dari kendaraan berbahan bakar bensin.

Beberapa jenis emisi tersebut di antaranya berupaya untuk membantu mengurangi presentase gas beracun yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor dengan berbagai cara atau juga Karbon Monoksida (CO), Hidrocarbon (HC), Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) yang memiliki dampak yang buruk terhadap kesehatan tubuh manusia dan mengikis lapisan ozon yang ada pada atmosfer. Pencemaran udara yang tinggi membuat dunia prihatin, hal ini membuat semua lapisan masyarakat beralih ke motor berenergi listrik.

Catalytic converter adalah salah satu alat untuk mempercepat terjadinya proses pembakaran sisa-sisa Hidrokarbon, Catalytic converter terbuat dari bahan tembaga khusus yang bersifat cepat panas sehingga mampu mereduksi produksi gas-gas emisi semisal (HC), Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Oksid (NO<sub>x</sub>) yang masih terdapat pada gas buang kendaraan bermotor.

Sewaktu melewati catalytic converter gas tersebut akan mengalami proses kimia secara oksidasi dan reduksi akibat adanya penambahan oksigen dan temperatur tinggi, proses pembakaran sisa hidrokarbon (HC), karbon monoksida

(CO), dan nitrogen oksid (NO<sub>x</sub>) yang masih terdapat pada gas buang sewaktu melewati katalisator, yang semula berbahaya akan berubah menjadi senyawa yang stabil berupa CO<sub>2</sub>, senyawa air H<sub>2</sub>O, senyawa N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>.(Ali Mokhtar.2014) Catalytic Converter merupakan sebuah converter (pengubah) yang menggunakan media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya proses perubahan suatu zat (reaksi kimia) sehingga gas seperti CO dapat teroksidasi menjadi CO<sub>2</sub>(Heisler, 1995).

Mengingat bahaya emisi gas buang tersebut, maka perlu usaha-usaha untuk mengendalikan dan mengurangi pencemaran udara agar dampak negatif bagi manusia dapat dikurangi dan diminimalkan.

Sesuai dengan program Environment Sustainable Transportation (EST) atau lebih dikenal dengan transportasi ramah lingkungan ada 12 program atau pendekatan yang bisa dilakukan untuk mengurangi permasalahan polusi udara yang bersumber dari sektor transportasi, salah satunya adalah Vehicle Emissions Control yang akan menjadi fokus kajian penelitian. Salah satu teknologi rekayasa sebagai wujud dari Vehicle Emission Control adalah modifikasi saluran gas buang dengan melakukan pemasangan Catalytic Converter pada system pembuangan gas kendaraan bermotor.

Peneliti akan melakukan penelitian dengan mengkaji dan melakukan rancang bangun Catalytic Converter dengan bahan Katalis Tembaga-Mangan (Irawan Bagus Rm.2012).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun/membuat alat/rancang bangun yang berfungsi untuk mereduksi emisi gas buang kendaraan bermotor

yang sering disebut dengan Catalytic Converter, khususnya untuk mengurangi emisi gas buang Carbon Monoksida yang menjadi polutan dominan pada motor bensin.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan melakukan pengujian analisa emisi gas buang kendaraan bermotor menggunakan tembaga berbentuk tabung saringan berlapis dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Untuk mengurangi gas gas berbahaya yang terkandung pada gas buang kendaran bermotor yang semakin hari semakin bertambah.
2. Untuk menganalisa pengaruh penggunaan Catalytic Converter berbahan tembaga terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk menghindari meluasnya masalah yang akan di uji, maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan pengujian, antara lain:

1. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil emisi gas buang kendaraan bermotor 125cc dengan knalpot standart.
2. Pengujian dilakukan untuk mencari hasil emisi gas buang kendaraan bermotor 125cc dengan knalpot yang sudah ditambahkan didalamnya dengan bahan katalis tembaga berbentuk tabung.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian emisi gas buang ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu pemerintah dalam mengurangi fakta gas buang kendaraan terhadap batas kualitas udara.
2. Menciptakan Catalytic Converter yang lebih ekonomis dari harga pabrik
3. Memberikan pengetahuan tentang bahan alternatif untuk mereduksi CO dan HC pada emisi gas buang.
4. Menambah pengetahuan dan wawasan tentang uji emisi gas buang. Sebagai bahan penelitian untuk menganalisa uji emisi gas buang dengan *catalytic converter* yang berbentuk tabung.

### **1.5. Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menganalisa gas buang kendaraan bermotor 125cc dengan *catalytic converter* berbahan tembaga berbentuk tabung pada pengurangan Carbon Monoksida yang menjadi polutan dominan pada motor bensin.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

##### **2.1.1. Emisi Gas Buang**

Emisi gas buang adalah hasil dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Yang dimaksud adalah terjadinya proses pembakaran pada ruang bakar kendaraan bermotor dengan bercampurnya udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Dari hasil pembakaran dihasilkan gas polutan yang dikeluarkan melalui knalpot dan di buang ke udara. Penyebab utama emisi gas buang adalah tidak sempurnanya proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar disebabkan pada saat bercampurnya bahan bakar dengan udara terjadi tidak relevan. Maka dari itu dihasilkannya kerak kerak dari hasil pembakaran yang tidak sempurna di dalam ruang bakar.

Emisi gas buang menyebabkan udara menjadi kotor dan dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global, hujan asam serta merusak kesehatan masyarakat. Secara teoritis emisi gas buang mengandung unsur unsur senyawa, senyawa tersebut antara lain:

#### 1. Senyawa Hidro Karbon (HC)

Hidrokarbon (HC) dihasilkan karena bahan bakarnya belum terbakar. Namun, gas tersebut terbuang bersama gas buang akibat pembakaran yang tidak sempurna. Dan penguapan bahan bakar, Hidrokarbon (HC) dibagi menjadi dua kategori yaitu bahan bakar yang tidak terbakar, sehingga juga muncul dalam bentuk gas mentah. Bahan bakar terurai akibat reaksi termal menjadi gugus HC lainnya dikeluarkan bersama gas buang. Senyawa HC dapat memberikan efek yang menyakitkan pada tubuh manusia, menyebabkan sakit tenggorokan, penyakit paru-paru dan kanker. (Sisvantoro, 2014).

#### 2. Senyawa Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Kandungan karbon dioksida pada knalpot sepeda motor sebenarnya mencerminkan proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar, semakin tinggi kandungannya maka semakin sempurna pembakarannya, jika AFR berada pada nilai ideal maka emisi karbon dioksida akan berkisar antara 12% hingga 15%, tapi Jika AFR terlalu ramping atau terlalu ramping, maka emisi CO<sub>2</sub> akan turun drastis, jika CO<sub>2</sub> di bawah 12%, maka kita harus mempertimbangkan emisi lain yang menunjukkan mana AFR yang terlalu kaya atau terlalu kurus, sumber CO<sub>2</sub>nya. pelepasannya sendiri hanya terkena CC saja. Pada ruang bakar yang terkena dampaknya, jika kadar CO<sub>2</sub> rendah namun kadar CO dan HC normal berarti ada kebocoran pada knalpot.

### 3.Senyawa Oksigen (O<sub>2</sub>)

Konsentrasi O<sub>2</sub> di ruang bakar berbanding terbalik dengan CO<sub>2</sub>, jadi Kadar oksigen pembakaran sempurna harus mencukupi kebutuhan setiap molekul HC. Bentuk ruang bakar yang melengkung sempurna mempengaruhi efisiensi pembakaran bahan bakar karena kondisi ini memudahkan molekul untuk memenuhi kebutuhan. Molekul bensin dan udara. Untuk mengurangi emisi HC, molekul oksigen harus meningkatkan jaminan bahwa semua molekul bensin dapat memenuhi konsentrasi normal oksigen dan gas buang dalam kisaran 0,5%-1% molekul gas buang. Sekitar 12% atau kurang hingga mendekati 0%.

### 4.Senyawa karbon monoksida (CO)

Gas karbon monoksida merupakan unsur gas yang relatif tidak stabil dan memiliki kecenderungan bereaksi dengan unsur yang lain, Carbon Monoksida sebenarnya bisa dengan mudah berubah menjadi Carbon Dioksida apabila

tercampur dengan sedikit oksigen dan panas, jika rasio AFR pada mesin yang bekerja bisa tepat.

## 5.Senyawa Nox

Senyawa Nox sebenarnya tidak begitu penting dalam diagnosa mesin,Pada dasarnya, Nox adalah ikatan kimia antara nitrogen dan oksigen,Pada kondisi atmosfer normal, nitrogen merupakan gas inert yang sangat stabil dan tidak dapat bergabung dengan unsur senyawa lainnya.Namun pada saat mesin panas, suhu dan tekanan yang tinggi akan mempengaruhi unsur nitrogen.Senyawa ini dibiarkan memecah ikatannya dan bercampur dengan oksigen. Nox merupakan senyawa yang tidak stabil dan efeknya jika menjadi knalpot sepeda motor akan bercampur dengan oksigen di udara bebas membentuk kandungan NO<sub>2</sub>,Zat ini mengandung racun dan berubah menjadi asam nitrat jika bercampur dengan air sehingga sangat berbahaya jika terhirup oleh tubuh manusia.

### **2.1.2. Sumber Polusi Kendaraan Bermotor**

Ada 4 sumber polusi kendaraan bermotor , Yaitu:

1. Pipa knalpot (knalpot) merupakan sumber terpenting (65-85%) dan mengeluarkan hidrokarbon (HC), baik dibakar maupun tidak Selama pembakaran, berbagai nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), karbon monoksida (CO) dan

campuran alkohol, aldehida, keton, fenol, asam, ester, eter, epoksida, peroksida, dan oksigen lainnya dihasilkan.

2. Waduk minyak merupakan sumber kedua (20%) yang mengeluarkan hidrokarbon (HC) apakah terbakar atau tidak.
3. Tangki bahan bakar faktor penyebab cuaca panas Hilangnya penguapan hidrokarbon mentah (5%).
4. Karburator adalah faktor lainnya, terutama saat berkendara dalam posisi tertentu Kemacetan cuaca panas, penguapan dan kehilangan bahan bakar mentah (5-10%).

Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor (kemen LH No.05 tahun 2006).

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (% VOL)	HC(ppm)	
Sepeda motor 2 langkah	> 2010	4,5	12000	Idle
Sepeda motor 4 langkah	> 2010	4,5	2400	Idle

Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	$\geq 2010$	4,5	2000	Idle
--	-------------	-----	------	------

### 2.1.3 Rumus Perhitungan Emisi Gas Buang

Berikut rumus perhitungan emisi gas buang :

- a. Rumus mencari rata-rata mencari nilai emisi gas buang

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{jumlah nilai}}{\text{banyaknya data}}$$

- b. Rumus persentase emisi

$$\text{Persentase emisi} = \frac{\text{rata rata emisi dengan katalis}}{\text{rata rata emisi tanpa katalis}}$$

- c. Rumus persentase penurunan emisi

$$\text{Persentase penurunan emisi} = 100\% - \text{persentase emisi (\%)}$$

(sudaryono :2011).

### 2.1.4. Dampak Gas Buang Bagi Kesehatan

Bahaya gas buang kendaraan bermotor terhadap kesehatan tergantung dari dari toksitas (daya racun) masing masing senyawa dan seberapa luas masyarakat terpapar oleh dampak emisi gas buang.(tugaswati 2009).

Menyatakan berdasarkan sifat kimia dan prilakunya di lingkungan, Dampak bahan pencemar yang terkandung didalam gas buang kendaraan bermotor di golongan sebagai berikut:

1. Bahan-bahan pencemar yang mengganggu saluran pernafasan ialah oksida sulfur, partikulat, oksida nitrogen, ozon dan oksida lainnya.
2. Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik, seperti hidrokarbon monoksida dan timbel/timah hitam.
3. Bahan-bahan pencemar yang dapat mengakibatkan penyakit kanker seperti hidrokarbon

Dampak masing masing senyawa di dalam gas buang terhadap kesehatan adalah sebagai berikut

1. Dampak pencemar CO (Karbon Monoksida) adalah dapat mengurangi jumlah oksigen dalam darah, Sehingga bisa mengganggu cara berpikir otak manusia, penurunan refleks dan gangguan jantung. Apabila jika dikonsumsi dalam jumlah besar akan mengakibatkan kematian.
2. Dampak pencemar HC (Hidrokarbon) adalah dapat mengakibatkan iritasi pada mata, batuk, rasa mengantuk dan bercak kulit.
3. Dampak pencemar Nox (Oksida Nitrogen) adalah dapat menimbulkan gangguan jaringan paru seperti asma dan infeksi saluran pernapasan.

4. Dampak pencemar Sox (Oksida Belerang) adalah dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas, sehingga menimbulkan batuk sampai sesak nafas, meningkatkan kasus asma.
5. Dampak pencemar Pb (Timbal) adalah dapat meracuni sistem pembentukan darah merah, sehingga mengakibatkan gangguan pembentukan sel darah merah, anemia, tekanan darah tinggi dan mengurangi fungsi pada ginjal, pengaruh pada anak-anak adalah penurunan kemampuan otak dan kecerdasan.

### **2.1.5 Dampak Emisi Terhadap Lingkungan**

Tidak semua senyawa yang terkandung dalam knalpot kendaraan bermotor diketahui mempunyai pengaruh terhadap lingkungan diluar manusia. Beberapa senyawa yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna, seperti karbon dioksida tidak beracun, baru-baru ini menarik perhatian. Senyawa CO<sub>2</sub> sebenarnya merupakan komponen alami di udara, sehingga CO<sub>2</sub> sebelumnya tidak termasuk dalam peringkat polusi udara, yang tingkat keparahannya menjadi lebih memprihatinkan dibandingkan biasanya karena penggunaan bahan bakar yang berlebihan setiap tahunnya. Kehadiran karbon dioksida di atmosfer disebut efek rumah kaca. Dapat menyerap energi panas dan mencegah lewatnya energi panas dari atmosfer ke permukaan yang lebih tinggi. Hal ini akan meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi dan dapat menyebabkan naiknya permukaan air laut akibat mencairnya gunung es, Sehingga mengubah berbagai siklus alam.

Dampak pencemaran SO<sub>2</sub> terhadap lingkungan yang umum terlihat yaitu pada tumbuhan, pada daun merupakan bagian paling sensitif terhadap pencemaran SO<sub>2</sub>, akan muncul tanda seperti bercak atau noda berwarna putih atau coklat kemerahan pada daun. Dalam beberapa kasus, kerusakan pada tumbuhan dan bangunan disebabkan oleh pencemaran SO<sub>2</sub> dan SO<sub>3</sub> di udara, yang masing-masing menjadi asam sulfit dan asam sulfat. (Hilmiawan, 2011)

## **2.2 Catalytic Converter**

Catalytic converter merupakan suatu alat yang dirancang pada sistem pembuangan emisi gas buang kendaraan bermotor yang terletak pada knalpot. Fungsi dari *catalytic converter* adalah untuk mengurangi senyawa berbahaya yang terkandung di dalam emisi gas buang kendaraan. Untuk mengetahui aliran di dalam saluran pembuangan terbilang cukup sulit, tetapi dengan menggunakan perangkat lunak seperti *fluent* dan *ansys*, simulasi dapat dilakukan untuk menentukan pola yang terbentuk di dalam saluran pembuangan. Simulasi dilakukan bertujuan untuk menentukan pola aliran yang terbentuk di dalam saluran pembuangan. Dengan dilakukan simulasi aliran bertujuan untuk mengetahui keadaan sebenarnya dari fenomena fisik yang terlihat di dalam aliran fluida pada saluran pembuangan. Semakin meratanya gas buang mengenai permukaan *catalytic converter* maka semakin besar terjadinya proses reduksi emisi gas buang. Berikut adalah gambar catalytic pada knalpot:



Gambar 2.1. Catalytic Converter

*Catalytic converter* adalah salah satu teknologi yang digunakan untuk mereduksi gas buang CO menjadi CO<sub>2</sub>, HC menjadi H<sub>2</sub>O, dan NO<sub>x</sub> menjadi N<sub>2</sub> pada saat dikeluarkan dari knalpot. *Catalytic converter* yang umum dipakai ada berbagai macam bentuk, secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua golongan yaitu : Sistem *Single bed Oxidation*, yaitu mampu mengubah CO dan HC menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. *Catalytic* jenis ini beroperasi pada beroperasi pada kendaraan udara berlebih (*Excess air setting*). Udara berlebih yang digunakan untuk proses oksidasi dapat diperoleh melalui pengaturan campuran miskin (*Lean mixture setting*) atau system injeksi udara sekunder. Jenis ini banyak digunakan pada motor diesel karena kemampuannya mengoksidasi zat-zat partikel dengan mudah.

Pada system ini terdiri dari dua system katalis yang dipasang segaris. Dimana gas buang pertama kali mengalir melalui *Catalytic Reduksi* dan kemudian *Catalytic Oksidasi*. Sistem pertama (bagian depan) merupakan katalis reduksi

yang berfungsi menurunkan emisi NO<sub>x</sub>, sedang system kedua ( bagian belakang ) merupakan katalis oksida yang menurunkan emisi HC dan CO. Mesin yang dilengkapi dengan system ini biasanya dioperasikan dengan kondisi campuran kaya. Tipe yang lain adalah *Tree-Way Catalytic Converter*. Pada tipe ini dirancang untuk mengurangi gas-gas polutan seperti CO, HC dan Nox yang keluar dari exhaust system dengan cara mengubah melalui reaksi kimia menjadi CO<sub>2</sub>. Uap air (H<sub>2</sub>O) dan Nitrogen (N).

Aplikasi pada perlakuan terhadap gas buang kendaraan bermotor dengan memasang *Catalytic Converter* banyak dikembangkan dan dilakukan oleh peneliti akhir-akhir ini. Menurut Dowden dalam bukunya "*Catalytic Hand Book*", umumnya *Catalytic Converter* yang dipakai pada kendaraan bermotor (ada di pasaran) adalah tipe pelet dan monolithic dengan bahan katalis dari logam-logam mulia seperti *Paladium (Pd)*, *Platinum (Pt)*, dan *Rodium (Rh)*.

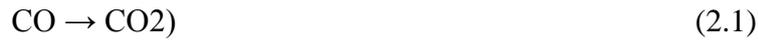
Logam-logam mulia tersebut memiliki aktifitas spesifik yang tinggi, namun memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500 – 900°C sehingga mengurangi aktifitas katalis. Selain itu logam-logam mulia tersebut mempunyai kelimpahan yang rendah dan harga yang cukup mahal. Pemasangan *Catalytic Converter* pada saluran gas buang yang menggunakan bahan logam katalis Pd, Pt dan Rh dengan penyangga alumina, silica dan keramik, saat ini memerlukan biaya yang cukup mahal dalam pembuatannya, sulit di dapat dan kurang cocok digunakan di Indonesia yang bahan bakarnya masih ada yang mengandung Pb. Jenis *Catalytic Converter* ini dapat mengkonversi emisi gas buang (CO, HC dan NO<sub>x</sub>) cukup tinggi (80 - 90%).

Disamping itu beberapa logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksida dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru > Mn, Cu >> Ni > Fe > Cr > Zn dan oksida dari logam-logam tersebut.

Disamping itu masih ada logam katalis yang lebih murah, mudah dikerjakan dan mudah didapat untuk dijadikan catalytic Converter antara lain : CuO/zeolite alam, CuAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu, Mn, Mg dan Zeolit Alam, *Catalytic Converter* jenis ini mampu mengurangi emisi gas buang (CO, HC, Nox) cukup tinggi antara 16% sampai 80%.

Salah satu teknologi rekayasa sebagai wujud dari *Vehicle Emission Control* adalah modifikasi saluran gas buang dengan melakukan pemasangan *Catalytic converter* pada system pembuangan gas kendaraan bermotor. Peneliti akan melakukan penelitian dengan mengkaji dan melakukan rancang bangun *Catalytic Converter* dengan bahan Katalis Tembaga-Mangan (RMBagus Irawan,2012).

*Catalytic Converter* merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan polutan dari emisi kendaraan bermotor, khususnya untuk motor berbahan bakar bensin . *Catalytic Converter* berfungsi untuk mempercepat oksidasi emisi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO), serta mereduksi nitrogen oksida (NOx). Tujuan pemasangan *Catalytic Converter* adalah merubah polutan-polutan yang berbahaya seperti CO, HC, dan NOx menjadi gas yang tidak berbahaya, seperti karbondioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O) dan nitrogen (N<sub>2</sub>) melalui reaksi kimia. Pengkonversian polutan-polutan berbahaya tersebut tergambar pada reaksi sebagai berikut:



Pada reaksi nomor 1 dan 2 terjadi reaksi oksidasi (penambahan oksigen), sedangkan pada reaksi nomor 3 memerlukan pengeluaran oksigen (reduksi).

### 2.2.1 Proses Terbentuknya Gas Buang Kendaraan

Kendaraan bisa berjalan dikarenakan adanya proses pembakaran di dalam ruang bakar. Ledakan di ruang bakar menyebabkan piston bergerak untuk memutar poros engkol. Syarat terjadinya pembakaran ada 3 yaitu udara, bahan bakar dan api, Apabila salah satu syarat tersebut tidak terpenuhi maka pembakaran tidak pernah terjadi. Ketiga syarat tersebut saling berkaitan maka akan menghasilkan gas sisa pembakaran yang di buang melalui sistem exhaust (pembuangan). Udara terdiri dari unsur oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan nitrogen ( $\text{N}_2$ ) sedangkan bahan bakar mengandung campuran hidrogen (H) dan karbon (K) atau disebut hidrokarbon (HC). Pembakaran terdiri atas 2 yaitu:

1. Pembakaran sempurna  $(\text{HC} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$

Ketika pembakaran sempurna terjadi Hidrokarbon (HC) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ), Akan melakukan reaksi kimia untuk membentuk senyawa Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Kedua senyawa tidak beracun.

2. Pembakaran tidak sempurna  $(\text{HC} + \text{O}_2 = \text{HC} + \text{CO} + \text{Nox})$

Terjadi ketika, Hidrokarbon (HC) dan Oksigen (O<sub>2</sub>) bereaksi membentuk senyawa karbon monoksida (CO), Hidrokarbon yang tidak terbakar (HC) dan Nitrogen oxide (Nox). Ketiga senyawa ini adalah senyawa yang beracun. pembakaran yang tidak sempurna ini menghasilkan gas gas beracun yang sangat berbahaya. Berikut proses terbentuknya gas beracun sebagai berikut :

- Hidrokarbon (HC)

Terbentuk dikarenakan bahan bakar yang tidak terbakar sehingga menyebabkan terbentuknya senyawa HC kembali.

- Karbon Monoksida (CO)

Terbentuk karena bahan bakar yang terbakar sebagian dan udara yang kurang cukup untuk membakar bahan bakar.

- Nitrogen Oxide (Nox)

Terbentuk karena reaksi antara nitrogen (N<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) pada proses pembakaran dengan suhu yang sangat tinggi.

### **2.2.2 Prinsip Kerja *Catalytic Converter***

kerja catalytic converter terbagi atas 3 tahap yaitu:

1. tahap awal dari proses yang dilakukan catalytic converter adalah rodium catalyst. tahap ini menggunakan platinum dan rodium untuk membantu mengurangi emisi Nox. ketika molekul NO atau NO<sub>2</sub> bersinggungan dengan katalis, sirip katalis mengeluarkan atom nitrogen dari molekul dan menahan nya. sementara oksigen yang ada di ubah ke bentuk O<sub>2</sub>. Atom

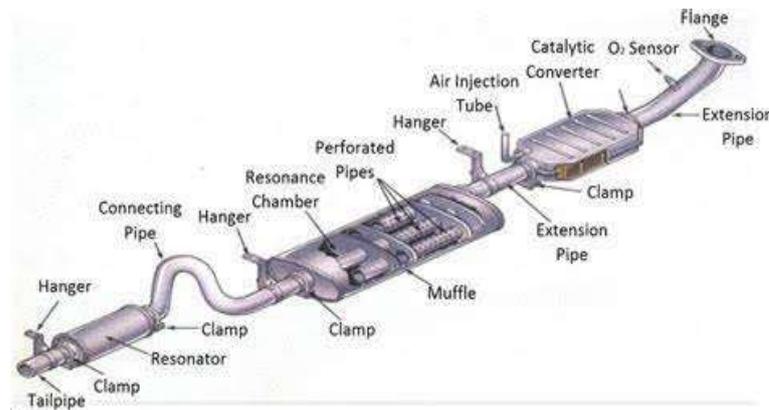
nitrogen yang terperangkap dalam katalis tersebut diikat dengan atom nitrogen lainnya sehingga bentuk terbentuk format  $N_2$ .

2. .tahap kedua dari proses ini disebut oxidization catalyst. Proses ini ini tujuannya mengurangi hidrokarbon yang tidak yang tidak terbakar di dalam ruang bakar dan CO dengan membakarnya melalui katalis platinum dan palladium. Katalis ini membantu reaksi CO dan HC dengan oksigen yang ada di dalam gas buang. Reaksinya sebagai berikut : $2CO+O_2=2CO_2$ .
3. tahap ketiga adalah pengendalian sistem yang memonitor arus gas buang. Informasi yang di peroleh dipakai lagi sebagai kendali sistem injeksi bahan bakar. Ada sensor oksigen yang di letakkan sebelum catalytic converter dan cenderung lebih dekat ke mesin ketimbang konverter itu sendiri .sensor ini memberi informasi ke Elektronik Control system (ECS) seberapa banyak oksigen yang ada di dalam saluran gas buang. ECS akan mengurangi atau menambah jumlah oksigen sesuai rasio udara-bahan bakar. Skema pengendalian membuat ECS memastikan kondisi mesin mendekati rasio stokiometri dan memastikan ketersediaan oksigen didalam saluran buang untuk proses oksidasi HC dan CO yang belum terbakar.

Setiap kendaraan memiliki jumlah sensor yang berbeda, tergantung dengan kebutuhan dan teknologi mesinnya. Umumnya kendaraan yang menggunakan sistem injeksi menggunakan dua sensor oksigen yang berbeda tempat. Sensor tersebut berfungsi memberikan informasi ke ECS agar mengatur kembali pasokan udara kedalam ruang bakar.

### 2.3 Knalpot

Knalpot merupakan salah satu bagian dari kendaraan atau alat yang di pasang dengan tujuan sebagai saluran akses pembuangan gas hasil pembakaran di dalam ruang bakar kendaraan bermotor. Setiap mesin mengeluarkan sisa hasil pembakaran akan di buang melalui knalpot yang berbentuk pipa. Oleh karena itu knalpot selalu di letakan di bagian belakang kendaraan dan menghadap ke belakang .karena ada banyak sisa pembakaran. Berikut adalah contoh gambar knalpot dan bagian bagian nya:



Gambar 2.2. Knalpot

Sistem kerja knalpot sendiri sudah ada sejak lama dan menduplikasi dari mesin-mesin industri yang memanfaatkan cerobong untuk mengeluarkan asap. Ada beberapa fungsi dari knalpot sebagai berikut:

1. meredam suara dari ruang bakar

knalpot mampu meredam suara bising dari ruang bakar. Pada saat udara bercampur dengan bahan bakar di dalam ruang bakar akan muncul ledakan dan tentu terjadi suara bising yang memekakkan telinga. Oleh karena itu

ketika knalpot dilepaskan suara yang mengganggu akan terdengar, sedangkan ketika knalpot di pasang suara tersebut justru hilang.

## 2. Meningkatkan tenaga yang di miliki

Walapun tidak mutlak, knalpot berpotensi untuk bisa meningkatkan tenaga pada kendaraan, hanya saja cara ini berfungsi dengan baik jika knalpot di desain dengan tepat dan penambahan yang sesuai.

## 3. Mengurangi polusi udara

Terdapat teknologi catalytic converter yang berada di dalam knalpot fungsinya mengkonversi karbon dari sisa pembakaran menjadi lebih ramah lingkungan.

### 2.3.1 Bagian Bagian knalpot

Berikut ini adalah bagian-bagian dari knalpot pada kendaran bermotor:

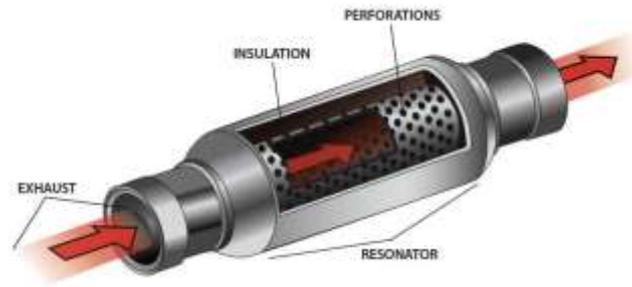
#### 1.Header



Gambar 2.3. Header

Header merupakan bagian ujung dari knalpot yang berbentuk seperti pipa saluran yang terhubung langsung ke lubang saluran buangruang bakar.jumlah header tergantung pada jumlah silinder yang dimiliki oleh kendaraan.fungsi utama header untuk menghubungkan sistem knalpot secara keseluruhan.

## 2. Resonator



Gambar 2.4. Resonator

Resonator merupakan saringan yang berfungsi untuk menyaring suara bising ketika terjadi pembakaran di dalam ruang bakar. Semua suara ledakan akan di saring melalui resonator.

## 3. Silincer



Gambar.2.5.Silincer

Silincer merupakan bagian knalpot yang terletak pada belakang knalpot dan biasanya berbentuk casing bagian luar knalpot. Fungsi utama silincer hampir sama dengan resonator hanya saja letak nya berbeda.

## 2.4 Katalis Tembaga

Katalis adalah zat yang dapat meningkatkan laju reaksi tanpa dirinya mengalami perubahan kimia secara permanen. Katalis dapat bekerja membentuk senyawa antara atau mengadsorpsi zat yang direaksikan. Katalis tidak hanya digunakan dalam kebutuhan industri, katalis juga digunakan dalam bidang otomotif untuk mengoksidasi emisi gas buang kendaraan. Oksidasi adalah reaksi pengikatan oksigen oleh suatu zat, sumber oksigen pada reaksi oksidasi disebut oksidator. Oksidator yang banyak digunakan adalah udara. Katalis digunakan dalam saluran knalpot. Contoh teknologi yang menggunakan katalis dalam bidang otomotif adalah *catalytic converter*.

## 2.5 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan sesuatu atau materi yang bisa diubah ke dalam bentuk yang lain, yakni energi. Bahan bakar biasanya mengandung energi panas yang bisa dilepaskan atau dimanipulasi sehingga berubah menjadi bentuk energi demi kepentingan tertentu, contohnya kendaraan atau mesin. Bahan bakar dibedakan menjadi beberapa jenis yang sesuai kandungan oktanya contohnya sebagai berikut:

1. Bahan bakar padat Bahan bakar ini berbentuk padat. Bahan bakar ini menjadi sumber energi panas yang biasanya digunakan oleh manusia untuk melakukan berbagai proses pembakaran. Contoh dari bahan bakar padat yaitu kayu, batu bara, dan uranium
2. Bahan bakar cair Bahan bakar cair merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair umumnya

berasal dari minyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari oil shale, tar sands, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral (Wiratmaja, 2010).

### 2.5.1 Peralite

Peralite adalah salah satu bahan bakar gasoline yang memiliki angka oktan sebesar 90.karakteristik peralite memiliki warna hijau terang serta lebih jernih,berbeda dengan pendahulu nya yaitu premium yang berwarna kuning dan pertamax yang berwarna biru. Peralite sangat sangat baik digunakan untuk kendaraan dengan kompresi sebesar 9:1 hingga 10:1. Jika sibandingkan dengan bahan bakar premium karena nilai okatan yang dimiliki peralite lebih tinggi dari premium.berikut tabel spesifikasi bahan bakar peralite:

Table 2.1. Spesifikasi Peralite (PT. Pertamina 2015)

No	Karakteristik	Satuan	Batasan Min	Batasan Max	Metode uji
1	Bilangan Oktana Riset	RON	90.0	–	ASTM D2699
2	Stabilitas Oksidasi	menit	360	–	ASTM D525
3	Kandungan Sulfur	% <i>m/m</i>	–	0,05 <sup>1)</sup>	ASTMD2622a tau ASTM D4294 atau ASTM D5453 atau ASTM D7039
4	Sulfur Marcaptan	% <i>m/m</i>		0,002 <sup>2)</sup>	ASTM D3227

5	Kandungan Timbal (pb)	<i>g/l</i>	Dilaporkan		ASTM D3237 atau ASTM D50059
			Injeksi tidak diizinkan		
6	Kandungan Logam	<i>mg/l</i>			ASTM D3831
	-Mangan		–	1 <sup>3)</sup>	atau ASTM D5185
	-Besi		–	1 <sup>3)</sup>	atau UOP 391
7	Kandungan Oksigen	<i>% m/m</i>	–	2.7 <sup>4)</sup>	ASTM D4815 atau ASTM D6839 atau ASTM D5599
8	Kandungan Olefin	<i>% v/v</i>	Dilaporkan		ASTM D1319 atau ASTM D6839 atau ASTM D6730
9	Kandungan Aromatik	<i>% v/v</i>	Dilaporkan		ASTM D1319 atau ASTM D6839 atau ASTN D 6730 atau ASTM D5580
10	Kandungan Benzena	<i>% v/v</i>	Dilaporkan		ASTM D5580 atau ASTM D6839

					atau ASTM D6730  atau ASTM D3606
11	Destilasi:				ASTM D86
	10% Vol Penguapan	°C	-	74	
	50% Vol Penguapan	°C	77	125	
	90% Vol Penguapan	°C	-	180	
	Titik Didih Akhir	°C	-	215	
	Residu	% vol	-	2.0	
12	Sedimen	mg/l	-	1	ASTM D5452
13	Unwashed Gum	mg/100ml	-	70	ASTM D381
14	Washed Gum	mg/100ml	-	5	ASTM D381
15	Tekanan Uap	kPa	45	69	ASTM D5191  atau ASTM D323
16	Berat Jenis pada suhu(15°C)	Kg/m <sup>3</sup>	715	770	ASTM D 4052  atau ASTM D1298
17	Korosi Bilah Tembaga	merit		Kelas 1b	ASTM D130
18	Penampilan visual		Jermih dan terang		Visual
19	Warna		hijau		visual

### 2.5.2 Pembakaran

Proses pembakaran merupakan reaksi kimia yang berlangsung sangat cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang menimbulkan panas sehingga mengakibatkan tekanan dan temperatur gas yang tinggi. Oksigen untuk keperluan pembakaran di peroleh oleh udara yang merupakan campuran antara oksigen dan

nitrogen serta beberapa gas lain dengan persentase yang relatif kecil dan dapat diabaikan. Terdapat dua macam fenomena pembakaran yaitu :

1. pembakaran normal Pembakaran ini terjadi bila mana penyalaan campuran udara dan bahan bakar semata-mata diakibatkan oleh percikan bunga api yang berasal dari busi. Adapun nyala api akan menyebar secara merata dalam ruang bakar 25 denan kecepatan normal sehingga campuran udara dan bahan bakar terbakar pada suatu periode yang sama
2. pembakaran abnormal Terjadi sebagian campuran bahan bakar mengalami penyalaan sendiri yang biasanya tidak disebabkan oleh percikan bunga api dari busi. Hal ini di karenakan temperatur campuran bahan bakar udara terlalu tinggi yang salah satunya disebabkan hasil dari langkah kompresi hingga mencapai titik nyalanya sehingga menyebabkan campuran tersebut akan menyala dengan sendirinya. Ataupun titik panas pada permukaan ruang bakar yang menimbulkan percikan api dengan sendirinya baik sebelum ataupun sesudah penyalaan.

Campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder mula-mula terbakar ketika busi mengeluarkan api listrik, yaitu pada saat beberapa derajat engkol sebelum torak mencapai TMA. Kemudian nyala api merambat ke segala arah dengan kecepatan yang sangat tinggi (25-50 m/det), sementara itu campuran dibagian yang terjauh dari busi masih menunggu giliran untuk terbakar.

Akan tetapi ada kemungkinan bagian campuran tersebut terakhir, karena terdesak oleh penekanan torak maupun oleh gerakan nyala api

pembakaran yang merambat dengan cepat itu temperaturnya dapat melampaui temperatur penyalaan sendiri sehingga akan terbakar dengan cepat (meledak). Proses terbakar sendiri dari bagian campuran yang terakhir (terjauh dari busi).

Hasil yang di dapat dari reaksi pembakaran dapat di bedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan jenis pembakarannya, yaitu :

1. Pembakaran Sempurna Setiap pembakaran sempurna pasti akan menghasilkan karbondioksida dan H<sub>2</sub>O. Reaksi pembakaran sempurna ini hanya dapat berlangsung jika campuran udara dan bahan bakar sesuai dengan kebutuhan dan campuran stokiometris (nilai stokiometris 14,7) dan cukup waktu untuk pembakaran campuran bahan bakar dan udara.
2. Pembakaran Tidak Sempurna Pembakaran tidak sempurna terjadi apabila kebutuhan oksigen untuk pembakaran tidak cukup ( $\phi < 14,7$ ). Yang dihasilkan dari proses pembakaran ini adalah hidrokarbon yang tidak terbakar dan apabila sebagian dari hidrokarbon yang terbakar maka aldehide, ketone, asam karbosiklis dan karbon monoksida akan menjadi polutan dalam gas buang.
3. Pembakaran Dengan Udara Berlebih Pada kondisi temperatur yang tinggi, nitrogen dan oksigen yang terdapat dalam udara pembakaran akan bereaksi dan akan membentuk oksida nitrogen ( $\phi > 14,7$ ).

### 2.5.3 Air Full Ratio

Air Fuel Ratio adalah faktor yang mempengaruhi kesempurnaan proses pembakaran didalam ruang bakar. Merupakan komposisi campuran bensin dan udara. Idelanya AFR bernilai 14,7 artinya campuran terdiri dari 1 bensin dan 14,7 udara biasa disebut stoichiometry. Berikut pengaruh komposisi AFR pada kinerja motor :

Campuran Miskin :

- Tenaga mesin berkurang
- Terkadang terjadi detonasi
- Konsumsi bensin irit

Campuran Ideal :

- Kondisi paling ideal

Campuran Kaya :

- Bensin agak boros
- Tidak terjadi detonasi
- Mesin lebih bertenaga (Wisnu Arya Wardana, 2001).