

PENGARUH PENGGUNAAN KATALIS PLAT TEMBAGA PADA KNALPOT SEPEDA MOTOR TERHADAP KANDUNGAN EMISI KARBON MONOKSIDA (CO) DAN HIDROKARBON (HC)

Marvy Muhammad¹, Bahrul Amin², Toto Sugiarto³

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor dari tahun ketahun semakin meningkat. Peningkatan jumlah sepeda motor dapat meningkatkan emisi gas buang yang berdampak langsung terhadap penurunan kualitas udara yang menyebabkan berbagai macam penyakit diantaranya kesukaran bernafas apabila terhirup oleh manusia. Salah satu upaya untuk mengurangi dampak emisi gas buang adalah dengan penambahan alat pengendali emisi gas buang seperti *Catalytic Converter*. *Catalytic Converter* merupakan mekanisme pengontrol emisi gas buang yang berfungsi untuk mempercepat oksidasi gas buang yang bertujuan untuk merubah CO menjadi CO₂ dan HC menjadi H₂O sehingga emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan relative lebih bersih. Pemasangan *Catalytic Converter* pada saluran gas buang yang menggunakan bahan logam katalis Pb, Pt, dan Rh saat ini memerlukan biaya yang cukup mahal dalam pembuatannya, sulit didapat, tidak semua kendaraan bermotor khususnya roda dua yang menggunakan *Catalytic Converter*. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Pengujian dilakukan pada tanggal 29 Desember- 2 Januari 2018, dengan menggunakan Sepeda motor, untuk pengujian emisi gas CO dan HC dengan menggunakan knalpot standar dilakukan pada putaran mesin 1400 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500 rpm, 8500 rpm, dan 9500 rpm. Untuk pengujian emisi gas CO dan HC dengan menggunakan knalpot katalis tembaga dilakukan pada putaran yang sama. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan knalpot katalis tembaga dapat menurunkan emisi gas CO tertinggi sebesar 75,16% pada putaran 1400 rpm, dan penurunan emisi gas HC tertinggi sebesar 55,65% pada putaran 2500 rpm.

Kata kunci : Knalpot Katalis Plat Tembaga, Knalpot Standar, Emisi Gas CO dan HC

ABSTRACT

The increase in the number of vehicles from year to year have made too high population of the vehicles. Increasing the number of motorcycles can increase the exhaust emissions that directly impact on air quality degradation causing various diseases in which breathing difficulties if inhaled by humans. One of the solution to reduce the impact of exhaust emissions is by the addition of exhaust gas control devices such as Catalytic Converter. Catalytic Converter is a gas emission control mechanism that serves to accelerate the oxidation of the exhaust gas which aims to convert CO to CO₂ and HC into H₂O so that the exhaust emissions released by the vehicle are relatively clean. Installation of Catalytic Converter on the exhaust gas channel using Pb, Pt, and Rh metal catalysts currently requires considerable cost in the manufacture, difficult to obtain, not all motor vehicles, especially two wheels using Catalytic Converter. This research uses experimental research method. The tests were performed on 29 December - 2 January 2018, using Motorcycles, for testing of CO and HC emissions with standard exhaust done at engine speed 1400 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500 rpm, 8500 rpm, and 9500 rpm. For testing of CO and HC emissions by using copper catalyst exhausts are carried out in the same rotation. From the result of the research, it is found that copper catalyst exhaust can reduce CO emission by 75,16% at 1400 rpm, and the highest decrease of HC gas emission is 55,65% at 2500 rpm.

Keywords : Copper Exhaust Catalyst, Standard Exhaust, CO and HC Emission Gas

^{1,2,3} Jurusan Teknik Otomotif FT UNP

Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat Padang Utara 25131 INDONESIA

¹marvymarvy@gmail.com, ²bahrul5513@gmail.com, ³totosugiarto@ft.unp.ac.id

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia setiap tahunnya meningkat begitu tinggi sehingga menimbulkan penurunan kualitas lingkungan hidup khususnya pencemaran udara. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016 perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang paling banyak yaitu pada jenis kendaraan roda dua dimana jumlah sepeda motor mendominasi lebih dari 81 % dari jumlah kendaraan bermotor nasional yang telah mencapai lebih dari 129 juta unit. Jumlah kendaraan roda dua di tanah air pada tahun 2016 telah mencapai 105,15 juta unit lebih yang berarti meningkat 8,3 % dari tahun sebelumnya yang baru sebanyak 98,88 juta unit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Perkembangan jumlah kendaraan sepeda motor di Indonesia

Jenis	Tahun 2013	Tahun 2014	Tahun 2015	Tahun 2016
Sepeda Motor	84.732.652	92.976.240	98.881.267	105.150.000

Sumber : Data Badan Pusat Statistik (BPS)

Gas - gas beracun yang keluar dari jutaan knalpot sepeda motor setiap harinya telah menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan yang sangat serius di berbagai negara, termasuk Indonesia. Emisi gas buang yang dihasilkan dari kendaraan bermotor khususnya sepeda motor telah menghasilkan gas buang yang berbahaya di antaranya gas carbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). Gas karbon monoksida dapat menyebabkan kepala pusing, mual, berkunang - kunang, pingsan, kesukaran bernafas, dan kematian (ketika konsentrasi COHb dalam darah 10 - 80%). Sedangkan gas hidrokarbon dapat menyebabkan iritasi membran mukosa, lemas, sedikit pusing, lemah, dan mata berkunang - kunang (Srikandi Fardiaz, 1995).

Mengingat bahaya emisi gas buang kendaraan bermotor, perlu dilakukan usaha dalam penanggulangannya agar dampak negatif dari emisi gas buang dapat di kurangi, sekaligus ikut membantu mensukseskan program langit biru yang

dicanangkan oleh pemerintah. Adapun beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi polusi udara pada sepeda motor antara lain :

1. Mengembangkan substitusi bahan bakar dengan tujuan untuk mengurangi polutan (substitusi ini bisa berupa bahan bakar tanpa timbal ataupun gas).
2. Mengembangkan sumber tenaga alternatif yang rendah polusi (sumber tenaga bisa berupa tenaga listrik, tenaga surya, ataupun tenaga angin).
3. Mengembangkan sistem pembuangan yang lebih sempurna (sistem pembuangan dari hasil gas buang bisa disempurnakan dengan menggunakan semacam *reheater*, ataupun dengan menggunakan *catalytic converter*. Adapun bahan yang dapat dijadikan sebagai pembuatan *catalytic converter* diantaranya : emas/ logam mulia, Rhodium, Platinum, Tembaga, Nikel.

Berdasarkan upaya yang telah disebutkan di atas maka peneliti akan mengambil salah satu upaya untuk mengurangi polusi udara pada sepeda motor yaitu dengan mengembangkan sistem pembuangan agar lebih ramah lingkungan dengan menggunakan *catalytic converter* katalis plat tembaga pada sepeda motor. Alasan peneliti menggunakan *catalytic converter* dengan katalis plat tembaga pada sepeda motor dibandingkan dengan pembuatan *catalytic converter* dengan menggunakan bahan lain didasarkan oleh beberapa hal, yaitu :

1. Material ini mudah didapatkan di pasaran
2. Harga yang relatif lebih murah
3. Tahan terhadap panas yang tinggi
4. Memiliki ketahanan korositas

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor untuk kendaraan bermotor tipe L (sepeda Motor) yang bertujuan agar dapat mengetahui batas maksimum zat atau pencemar udara

yang boleh dikeluarkan oleh saluran buang sepeda motor lama. Agar lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Ambang Batas Emisi Gas Buang Sepeda Motor Lama

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda motor 4 langkah	< 2010	4,5	12000	Idle
Sepeda motor 2 langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	≥ 2010	4,5	2000	Idle

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006

Mengingat dari bahaya emisi gas buang karbon monoksida dan hidrokarbon yang dapat menyebabkan gangguan iritasi mata, hidung, paru-paru dan saluran pernapasan, maka perlu usaha-usaha penanggulangan agar dampak negatif dari emisi gas buang dapat dikurangi karena pencemar udara terbesar disebabkan oleh transportasi. Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengatasi masalah pencemaran udara yang disebabkan oleh transportasi terutama sepeda motor lama yang masih menggunakan sistem konvensional/ sistem karburator adalah dengan cara pemasangan katalis pada saluran buang.

Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui pengaruh pemasangan katalis tembaga pada saluran buang kendaraan. Kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap keluaran emisi gas CO dan HC sehingga penelitian ini mengambil Judul "Pengaruh Penggunaan Katalis Plat Tembaga Pada Knalpot Sepeda Motor Terhadap Kandungan Emisi Karbon Monoksida (CO) dan Hidrocarbon (HC)".

KAJIAN TEORI

Emisi Gas Buang Kendaraan

Menurut Wardan (1989 : 345) "Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksudkan disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan".

Sedangkan menurut Martyr (2007 : 326) "Gas buang umumnya terdiri unsur-unsur yang berbahaya maupun unsur yang tidak berbahaya. Emisi gas buang yang tidak beracun adalah nitrogen (N), oksigen (O₂), karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) sedangkan gas buang yang beracun adalah karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen monoksida (NO_x) dan partikulat molekul (PM)". Menurut Bonnick (2008: 188) "Emisi gas buang adalah hasil dari proses pembakaran. Pada kondisi ideal gas buang yang dihasilkan adalah karbon dioksida, uap air dan nitrogen. Namun karena berbagai kondisi operasi mesin gas buang mengandung berbagai jenis gas dan bahan lain seperti CO, HC, NO_x, HC dan NO₂".

Berdasarkan pendapat para ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa Emisi gas buang adalah suatu hasil proses pembakaran dalam mesin yang dihasilkan oleh kendaraan dimana gas buang tersebut ada yang berbahaya/ beracun contohnya karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan nitrogen monoksida (NO_x) dan ada juga yang tidak berbahaya seperti nitrogen (N), oksigen (O₂), karbon dioksida (CO₂) dan uap air (H₂O).

Karbon Monoksida (CO)

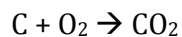
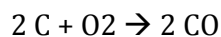
Menurut Srikandi (1992 : 94) "Karbon Monoksida adalah suatu komponen tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas 192° C. Di dalam udara bila diberikan api akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru dan menjadi CO₂ (Carbon Dioksida). Berasal dari kendaraan bermotor 93%, power generator 7%, terutama tempat sumbernya adalah pada kendaraan disaat Idling". Pendapat lain dikemukakan oleh Soedomo (2001 : 148) "Sebagian besar CO terbentuk akibat proses pembakaran bahan-bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar, secara tidak sempurna, misalnya dari pembakaran bahan bakar minyak, pemanas, proses-proses industri dan pembakaran sampah".

Komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air. CO yang terdapat di alam

terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut :

- a) Pembakaran yang tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b) Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- c) Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan Oksidasi.

Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar terjadi melalui beberapa tahap sebagai berikut (Srikandi, 1992 : 95) :



Reaksi pertama gas CO dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna akibat kurangnya campuran udara. Pada reaksi kedua dengan campuran udara yang mencukupi maka akan terjadi pembakaran yang sempurna dan akan menghasilkan gas CO₂. Gas CO terbentuk karena kurangnya udara dalam proses pembakaran. Dapat dikatakan bahwa semakin rendah perbandingan antara udara dengan bahan bakar, maka semakin tinggi jumlah CO yang dihasilkan.

Emisi gas buang sangat tergantung pada perbandingan campuran bahan bakar dengan udara, jadi untuk mengetahui kadar emisi gas buang maka alat uji emisi dilengkapi dengan pengukur nilai λ (lambda) atau AFR (air-fuel ratio) yang dapat mengindikasikan campuran tersebut. Teori stoichiometric menyatakan, untuk membakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 gram oksigen. Dengan kata lain, perbandingan campuran ideal yaitu 14,7 : 1.

Perbandingan campuran ini disebut AFR atau perbandingan udara dan bensin (bahan bakar). Untuk membandingkan antara teori dan kondisi nyata, dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah lambda (λ), secara sederhana, dituliskan sebagai berikut :

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7, maka: $\lambda = 14,7 / 14,7 = 1,0$ Artinya :

$\lambda = 1$; berarti campuran ideal

$\lambda > 1$; berarti campuran kurus (lebih banyak udara)

$\lambda < 1$; berarti campuran kaya (kaya bahan bakar)

Pendapat lain dikemukakan oleh Soedomo (2001 : 8) "Keracunan gas CO timbul sebagai akibat terbentuknya karboksihemoglobin (COHb) dalam darah. CO yang lebih besar dibandingkan oksigen (O₂) terhadap Hb menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh terganggu". Berkurangnya penyediaan oksigen keseluruhan tubuh ini akan membuat sesak nafas dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak mendapat udara segar kembali.

Berdasarkan kutipan di atas dapat disimpulkan CO adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. CO terbentuk dari proses pembakaran yang tidak lengkap karena jumlah udara yang tidak cukup pada campuran bahan bakar dan udara atau tidak cukupnya waktu pada siklus untuk menyelesaikan pembakaran, CO berbahaya bila terhirup karena dapat menyebabkan sesak nafas dan kematian.

Hidrokarbon (HC)

Wisnu (2004 : 51) Menyatakan "Hidrokarbon (HC) adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan dan padatan". HC merupakan ikatan kimia dari karbon (C) dan hidrogen (H). Wisnu (2004 : 54) Menyatakan "Hidrokarbon terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen, maka Hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buang hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara". Pendapat lain dikemukakan oleh Soedomo (2001 : 143) "HC merupakan pencemar utama yang disebabkan oleh kendaraan bermotor dari lalu lintas di dalam perkotaan".

Menurut pendapat Wardan (1989 : 345) mengemukakan bahwa "Hidrokarbon adalah emisi yang timbul karena bahan

bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama-sama gas buang menuju atmosfer. HC bisa menyebabkan mata pedih, tenggorokan sakit, paru-paru sakit dan penyakit lain dan bahkan mungkin dapat menyebabkan kanker". Toyota Astra Motor (1988 : 11) menyatakan gas buang HC terbagi menjadi bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah dan bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC yang lain yang keluar bersama gas buang. Di bawah ini adalah sebab- sebab utama timbulnya HC :

- 1) Dinding - dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dapat menyebabkan sebagian bahan bakar tidak mampu melakukan pembakaran.
- 2) Missing (missingfire)
- 3) Adanya *overlap intake valve* (kedua katup sama - sama terbuka) yang merupakan gas pembilas/ pembersih.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa penyebab timbulnya gas buang hidrokarbon (HC) adalah merupakan hasil pembakaran bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna dan keluar melalui saluran buang. Efek yang ditimbulkan oleh gas hidrokarbon yaitu, mata terasa pedih serta menyebabkan gangguan iritasi mata, hidung, paru-paru dan saluran pernapasan.

Knalpot Pada Kendaraan

Menurut pendapat Jalius dan Wagino (2008 : 299) mengemukakan bahwa "Gas buang sepeda motor keluar disalurkan melalui knalpot ke udara luar". Pada bagian dalam knalpot dikonstruksi sedemikian rupa sehingga di samping menampung gas buang, knalpot juga dapat meredam suara yaitu pada bagian silincernya. Menurut pendapat Daryanto (1999 : 88) mengemukakan bahwa "Knalpot adalah alat untuk membuang gas sisa pembakaran pada sepeda motor untuk menurunkan suhu udara yang sangat tinggi akibat kompresi di dalam ruang bakar (silinder)".

Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa knalpot adalah sebagai tempat pembuangan sisa pembakaran yang dibakar di dalam ruang bakar dan di keluarkan melalui knalpot ke udara bebas.

Katalis

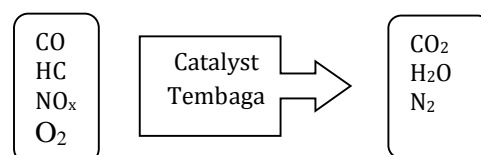
Menurut pendapat Bayu (2010 : 12) mengemukakan bahwa "Katalis adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi untuk mempercepat laju reaksi. Katalis ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi". Menurut pendapat Bagus dan Muhammad (2005 : 90) mengemukakan bahwa "katalis merupakan suatu zat yang mempengaruhi kecepatan reaksi tetapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangan kimia pada akhir reaksi".

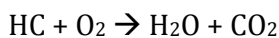
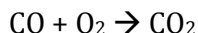
Berdasarkan pendapat para ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa katalis adalah suatu zat yang mempengaruhi kecepatan suatu reaksi kimia tetapi tidak ikut berubah bentuk zat kimia baru.

Tembaga (Cu)

Menurut G. Svehla (1985 : 229) "Tembaga adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat. Melebur pada 1038° C. Karena potensial standarnya positif, (+0,34 V untuk pasangan Cu/ Cu²⁺), ia tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen tembaga bisa larut sedikit. Sedangkan Menurut pendapat Suhardi (1998 : 47) "Tembaga memiliki sifat-sifat antara lain : berat jenisnya 8,9 , titik lelehnya sampai 1083° C, mempunyai daya hantar listrik dan panas yang baik, dan tahan pengaruh udara lembab karena melindungi diri dengan karbonat tembaga".

Pengaruh Katalis Tembaga Terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC





Pada reaksi di atas menjelaskan bahwa ketika gas karbon monoksida (CO) melewati katalis tembaga yang beroksidasi, karbon monoksida (CO) mengambil oksigen dari oksida tembaga sehingga karbon monoksida (CO) bergabung dengan oksigen untuk membentuk karbon dioksida (CO₂), begitu juga dengan gas hidrokarbon (HC) apabila melewati katalis tembaga yang beroksidasi, hidrokarbon (HC) mengambil oksigen dari tembaga sehingga hidrokarbon bergabung dengan oksigen untuk membentuk air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂).

METODOLOGI PENELITIAN

Desain Penelitian

Desain penelitian ini digolongkan pada penelitian pendekatan eksperimen. Menurut Sugiyono (2010 : 72) mendefinisikan bahwa "Penelitian dengan metode eksperimen merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalkan.

Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *workshop* jurusan Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dan waktu pelaksanaannya yaitu pada tanggal 29 Desember- 2 Januari 2018. Data hasil penelitian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

Tabel 10. Data hasil pengujian sepeda motor tanpa perlakuan

Kecepatan (RPM)	Temperatur Mesin (°C)	Emisi Gas Buang	Tanpa Perlakuan			Rata-rata
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	
1400	80°- 90°	CO(%)	1.4	1.58	1.51	1.49
		HC(ppm)	792	635	727	697
2500	80°- 90°	CO(%)	2.91	2.27	2.34	2.5
		HC(ppm)	334	316	332	327
3500	80°- 90°	CO(%)	2.32	2.3	2.33	2.31
		HC(ppm)	249	252	247	249
4500	80°- 90°	CO(%)	3.81	3.93	3.52	3.75
		HC(ppm)	147	149	136	144
5500	80°- 90°	CO(%)	3.93	3.95	3.8	3.89
		HC(ppm)	161	147	158	155
6500	80°- 90°	CO(%)	4.09	4.4	3.47	3.98
		HC(ppm)	131	132	135	132
7500	80°- 90°	CO(%)	3.39	3.48	3.28	3.38
		HC(ppm)	110	124	118	117
8500	80°- 90°	CO(%)	4.85	4.88	4.83	4.85
		HC(ppm)	227	220	229	225
9500	80°- 90°	CO(%)	5.7	5.6	5.45	5.58
		HC(ppm)	323	330	327	326

Tabel 11. Data hasil pengujian sepeda motor dengan katalis tembaga

Kecepatan (RPM)	Temperatur Mesin (°C)	Emisi Gas Buang	Tanpa Perlakuan			Rata-rata
			Uji 1	Uji 2	Uji 3	
1400	80°- 90°	CO(%)	0.46	0.34	0.31	0.37
		HC(ppm)	334	564	300	399
2500	80°- 90°	CO(%)	2.31	1.51	1.42	1.74
		HC(ppm)	100	164	171	145
3500	80°- 90°	CO(%)	1.61	1.58	1.6	1.59
		HC(ppm)	206	208	204	206
4500	80°- 90°	CO(%)	3.21	3.2	3.24	3.21
		HC(ppm)	110	101	97	102
5500	80°- 90°	CO(%)	3.51	3.55	3.5	3.52
		HC(ppm)	132	121	135	129
6500	80°- 90°	CO(%)	3.08	3.14	3.03	3.08
		HC(ppm)	116	118	121	118
7500	80°- 90°	CO(%)	2.41	2.65	2.29	2.45
		HC(ppm)	105	106	102	104
8500	80°- 90°	CO(%)	4.28	4.4	4.25	4.31
		HC(ppm)	168	182	173	174
9500	80°- 90°	CO(%)	5.08	5.02	4.95	5.02
		HC(ppm)	271	268	266	268

Analisa dan Pembahasan

Tabel 12. Rata-rata Emisi Gas CO

No	Putaran Mesin (RPM)	Emisi Gas CO		Selisih
		Knalpot Standar	Knalpot Katalis Tembaga	
1	1400	1.49	0.37	1.12
2	2500	2.5	1.74	0.76
3	3500	2.31	1.59	0.72
4	4500	3.75	3.21	0.53
5	5500	3.89	3.52	0.37
6	6500	3.98	3.08	0.93
7	7500	3.38	2.45	0.9
8	8500	4.85	4.31	0.54
9	9500	5.58	5.02	0.56

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 1400 rpm rata-ratanya sebanyak 1.49%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 0.37%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 1400 rpm yaitu sebanyak 1.12% dengan persentase penurunan sebesar 74.17%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 2500 rpm rata-ratanya sebanyak 2.50%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 1.74%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 2500 rpm yaitu sebanyak 0.76% dengan persentase penurunan sebesar 30.4%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 3500 rpm rata-ratanya sebanyak 2.31%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 1.59%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 3500 rpm yaitu sebanyak 0.72% dengan persentase penurunan sebesar 25.21%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 4500 rpm rata-ratanya sebanyak 3.75%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 3.21%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 4500 rpm yaitu sebanyak 0.53% dengan persentase penurunan sebesar 14.30%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 5500 rpm rata-ratanya sebanyak 3.89%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 3.52%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 5500 rpm yaitu sebanyak 0.37% dengan persentase penurunan sebesar 9.58%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 6500 rpm rata-ratanya sebanyak 3.98%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 3.08%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 6500 rpm yaitu sebanyak 0.93% dengan persentase penurunan sebesar 22.61%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 7500 rpm rata-ratanya sebanyak 3.38%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 2.45%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 7500 rpm yaitu sebanyak 0.93% dengan persentase penurunan sebesar 27.51%.

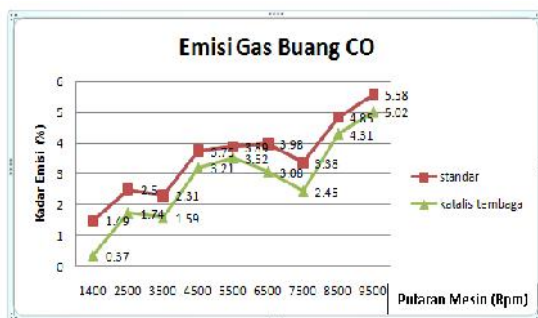
Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 8500 rpm rata-ratanya sebanyak 4.85%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 4.31%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 8500 rpm yaitu sebanyak 0.54% dengan persentase penurunan sebesar 11.13%.

Kandungan emisi gas buang CO yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 9500 rpm rata-ratanya sebanyak 5.58%, sedangkan dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 5.02%. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas CO pada putaran mesin 9500 rpm yaitu sebanyak 0.56% dengan persentase penurunan sebesar 10.03%.

Dari keseluruhan hasil data CO yang didapat dapat dilihat bahwa pada kadar emisi gas buang dan putaran mesin, terdapat perbedaan yang sangat jelas antara penggunaan knalpot katalis plat tembaga dan knalpot standar dalam mempengaruhi emisi gas buang CO pada sepeda motor yang diuji. Hal ini sejalan dengan teori (Springer-Verlag, 1970) bahwa *catalytic converter* merupakan sebuah *converter* (pengubah) yang menggunakan media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu terjadinya proses perubahan suatu zat, misalnya CO bisa dirubah untuk menjadi CO₂. Penggunaan knalpot katalis plat tembaga cenderung menghasilkan emisi gas buang dengan kadar CO yang lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan knalpot standar penurunan penggunaan knalpot katalis plat tembaga terhadap kandunga CO.

Menurunnya kandungan emisi gas CO pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO sehingga gas buang karbon monoksida apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi CO₂ hal ini sejalan menurut Emel Seran (2010) yang mengemukakan bahwa "Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar 300° C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam.

Untuk melihat lebih jelas, maka data dalam tabel tersebut disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan knalpot yang berbeda.



Gambar 12. Grafik Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Pada Sepeda Motor Yang

Menggunakan Knalpot Standar dan Knalpot Katalis Tembaga.

Berdasarkan grafik pengujian pada gambar 12, dapat dilihat rata-rata kandungan emisi gas CO tertinggi pada sepeda motor dengan knalpot standar pada RPM 9500 yaitu 5.58 %, dan untuk kadar CO terendah pada RPM 1400 yaitu 1.49 %. Sedangkan rata-rata kadar CO tertinggi pada sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis tembaga adalah pada RPM 9500 yaitu 5.02 % dan untuk kadar CO terendah pada RPM 1400 yaitu 0.37 %. Hal ini sejalan dengan teori (Krisnanil, Ali Mokhtar 2005) bahwa semakin merata gas buang mengenai permukaan catalytic converter maka semakin besar terjadinya proses reduksi emisi. Pada tabel 12 di atas telah didapatkan hasil dari rata-rata penelitian emisi gas buang CO pada sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan knalpot katalis plat tembaga dengan putaran yang bervariasi, tapi untuk lebih detailnya penelitian ini, maka dilakukan uji statistik dengan rumus uji t. Kemudian melakukan uji t pada hasil penelitian ini, maka didapatkan hasil t_{hitung} . Setelah dilakukan analisis data dengan uji t pada hasil pengujian kadar CO, didapatkan hasil t_{hitung} kemudian dibandingkan dengan t_{tabel} pada taraf signifikan 5 %.

Tabel 13. Analisa Data Hasil Pengujian Kadar CO Dengan Menggunakan Uji t.

Variabel	x	y	nx	ny	sx	sy	t	Signifikasi
1400	1,49	0,37	3	3	0,211	0,079	8,75	Signifikan
2500	2,50	1,74	3	3	0,350	0,240	3,16	Signifikan
3500	2,31	1,59	3	3	0,027	0,017	42,35	Signifikan
4500	3,75	3,21	3	3	0,081	0,026	7,77	Signifikan
5500	3,89	3,52	3	3	0,210	0,020	4,43	Signifikan
6500	3,98	3,08	3	3	0,473	0,055	3,28	Signifikan
7500	3,38	2,45	3	3	0,102	0,183	7,05	Signifikan
8500	4,85	4,31	3	3	0,025	0,079	11,36	Signifikan
9500	5,58	5,02	3	3	0,126	0,065	7,08	Signifikan

Analisa data hasil pengujian kadar CO dengan menggunakan uji t pada setiap putaran mesin didapat t_{hitung} dan kemudian dibandingkan dengan t_{tabel} , didapatkan perbedaan kadar CO pada masing-masing putaran mesin sepeda motor. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh penggunaan knalpot katalis plat tembaga terhadap kadar emisi gas buang CO pada sepeda

motor dibandingkan dengan menggunakan knalpot standar.

No	Putaran Mesin (RPM)	Emisi Gas HC		Selisih
		Knalpot Standar	Knalpot Katalis	
1	1400	697	399	298
2	2500	327	145	182
3	3500	249	206	43.33
4	4500	144	102	41.33
5	5500	155	129	26
6	6500	132	118	14.34
7	7500	117	104	13
8	8500	225	174	51
9	9500	326	268	58.34

Tabel 14. Rata-rata Emisi Gas HC

Dari tabel 14 dapat dilihat perbedaan kandungan tingkat emisi gas buang hidrokarbon pada sepeda motor yang diuji dengan menggunakan knalpot standar dan menggunakan knalpot katalis tembaga.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 1400 rpm rata-ratanya sebanyak 697 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 399 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 1400 rpm yaitu sebanyak 298 ppm dengan persentase penurunan sebesar 42,75 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 2500 rpm rata-ratanya sebanyak 327 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 145 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 2500 rpm yaitu sebanyak 182 ppm dengan persentase penurunan sebesar 55,69 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot

standar pada putaran mesin 3500 rpm rata-ratanya sebanyak 249 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 206 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 3500 rpm yaitu sebanyak 43 ppm dengan persentase penurunan sebesar 17,37 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 4500 rpm rata-ratanya sebanyak 144 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 102 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 4500 rpm yaitu sebanyak 42 ppm dengan persentase penurunan sebesar 28,70 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 5500 rpm rata-ratanya sebanyak 155 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 129 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 5500 rpm yaitu sebanyak 26 ppm dengan persentase penurunan sebesar 16,73 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 6500 rpm rata-ratanya sebanyak 132 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 118 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan

kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 6500 rpm yaitu sebanyak 14 ppm dengan persentase penurunan sebesar 10,80 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 7500 rpm rata-ratanya sebanyak 117 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 104 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 7500 rpm yaitu sebanyak 13 ppm dengan persentase penurunan sebesar 11,07 %.

Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 8500 rpm rata-ratanya sebanyak 225 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 174 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 8500 rpm yaitu sebanyak 51 ppm dengan persentase penurunan sebesar 22,63 %.

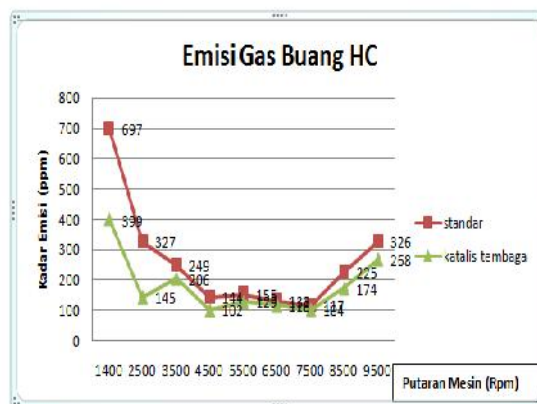
Kandungan emisi gas buang HC yang dihasilkan sepeda motor dalam kondisi standar dengan menggunakan knalpot standar pada putaran mesin 9500 rpm rata-ratanya sebanyak 326 ppm, sedangkan kandungan emisi gas HC yang dihasilkan sepeda motor dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada putaran mesin yang sama adalah sebanyak 268 ppm. Hal ini menunjukkan terjadinya perbedaan yaitu penurunan kandungan emisi gas HC pada putaran mesin 9500 rpm yaitu sebanyak 58 ppm dengan persentase penurunan sebesar 17,85 %.

Dari keseluruhan hasil data HC yang didapat dapat dilihat bahwa pada kadar emisi gas buang dan putaran mesin, terdapat perbedaan yang sangat jelas

antara penggunaan knalpot katalis plat tembaga dan knalpot standar dalam mempengaruhi emisi gas buang HC pada sepeda motor yang diuji. Hal ini sejalan dengan teori (Heri, 2013 :1) bahwa *catalytic converter* terbuat dari bahan tembaga khusus yang bersifat panas sehingga mampu mereduksi produksi gas-gas emisi semisal CO,NO,HC. Penggunaan knalpot katalis plat tembaga cenderung menghasilkan emisi gas buang dengan kadar HC yang lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan knalpot standar.

Menurunnya kandungan emisi gas HC pada sepeda motor dikarenakan sifat dari kimia tembaga yaitu dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO sehingga gas buang hidrokarbon apabila melewati tembaga panas akan beroksidasi dengan oksigen menjadi H₂O hal ini sejalan menurut Emel Seran (2010) yang mengemukakan bahwa “Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar 300° C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam.

Untuk melihat lebih jelas, maka data dalam tabel tersebut disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini dengan membandingkan emisi gas buang yang sejenis dengan putaran yang sama tetapi menggunakan knalpot yang berbeda. Data yang didapatkan dari hasil pengujian dapat diuraikan kandungan gas hidrokarbon pada sepeda motor yang menggunakan knalpot standar dan yang menggunakan knalpot katalis plat tembaga adalah sebagai berikut :



Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Pada Sepeda Motor Yang Menggunakan Knalpot Standar dan Knalpot Katalis Tembaga.

Berdasarkan grafik hasil pengujian pada gambar 13, rata-rata emisi gas buang HC tertinggi pada sepeda motor dengan menggunakan knalpot standar pada RPM 1400 yaitu 697 ppm dan kadar HC terendah pada RPM 7500 yaitu 117 ppm. Sedangkan kadar emisi gas buang HC tertinggi pada sepeda motor yang diuji dengan menggunakan knalpot katalis plat tembaga pada RPM 1400 yaitu 399 ppm dan kadar HC terendah pada RPM 4500 yaitu 102 ppm.

Sama halnya seperti emisi gas buang CO perlu dilakukan analisis data dan menghitung standar deviasinya dengan uji t pada hasil pengujian kadar HC, didapatkan hasil t_{hitung} dengan analisis data pada taraf signifikan 5 % kemudian hasilnya dapat disimpulkan signifikan atau tidak signifikan.

Tabel 15. Analisa Data Hasil Pengujian Kadar HC Dengan Menggunakan Uji t

Variabel	\bar{x}	\bar{y}	n_x	n_y	s_x	s_y	t	Signifikasi
1400	697	399	3	3	16,30	18,17	4,04	Signifikan
2500	327	145	3	3	6,55	7,21	8,37	Signifikan
3500	249	206	3	3	2,51	2	10,28	Signifikan
4500	144	102	3	3	7	6,65	8,18	Signifikan
5500	155	129	3	3	7,37	4,16	4,31	Signifikan
6500	132	118	3	3	2,07	2,53	7,62	Signifikan
7500	117	104	3	3	7,02	2,08	3,27	Signifikan
8500	225	174	3	3	4,72	7,09	10,38	Signifikan
9500	326	268	3	3	3,51	2,51	23,28	Signifikan

Analisa data hasil pengujian kadar HC dengan menggunakan uji t pada setiap putaran mesin didapat t_{hitung} dan dibandingkan dengan t_{tabel} . Didapatkan perbedaan kadar HC pada masing-masing putaran mesin sepeda motor. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa dengan knalpot katalis plat tembaga mempengaruhi kadar emisi gas buang HC pada sepeda motor dibandingkan dengan menggunakan knalpot standar.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian tentang data hasil penelitian di atas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut : [1] Setelah dilakukan pengujian kadar CO dan HC dalam gas buang dengan menggunakan *four gas analyzer*, dapat disimpulkan bahwa mesin yang menggunakan knalpot katalis plat tembaga menunjukkan angka gas buang CO dan HC yang rendah sehingga

dikatakan baik dibandingkan dengan menggunakan knalpot standar. [2] Penggunaan knalpot katalis plat tembaga pada sepeda motor dengan meletakkan katalis pada bagian muffler dan menggunakan desain yang terlihat pada gambar 11 halaman 39 dapat menurunkan emisi gas CO dan HC bila dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan knalpot standar. Pada emis gas buang CO penurunan tertinggi mencapai 75,16 % pada putaran 1400 rpm, untuk HC penurunannya mencapai 55,65 % pada putaran 2500 rpm. [3] Hasil dari uji t secara keseluruhan menunjukkan hasil bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ yang mana t_{hitung} mempunyai nilai 2,920 pada taraf signifikan 5% yang berarti perbedaan yang ditimbulkan dari keseluruhan data adalah signifikan.

SARAN

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini, masih terdapat kekurangan. Untuk itu perlu beberapa hal yang penulis rekomendasikan agar penelitian ini lebih sempurna diantaranya adalah : [1] Penelitian ini hanya membahas tentang pengaruh penggunaan knalpot katalis plat tembaga terhadap emisi gas buang, sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut yang membahas tentang pengaruhnya terhadap suara yang ditimbulkan. [2] Penelitian selanjutnya diharapkan dapat membahas tentang kecepatan aliran udara gas buang antara penggunaan knalpot katalis dan yang tidak menggunakan katalis/ yang menggunakan knalpot standar. [3] Lebih lanjut diharapkan dapat membahas tentang semua jenis emisi gas buang yang dihasilkan pada sepeda motor seperti Nox, CO₂, dan O₂ untuk mengkaji lebih dalam lagi pengaruh penggunaan knalpot katalis plat tembaga.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Alwi, Erzeddin, dan Amrizal Arief. 1996. *Sepeda Motor*. Ikip Padang Press.
- [2] Ardiansyah, Bayu. 2010. *Studi Kimia Antarmuka Pada Reaksi Hidrogenasi*

- dengan Katalis Ni/ Al₂O₃. Makalah FMIPA UI.
- [3] Bonnick, Alan. 2008. *Automotive Science and Mathematic*. Oxford : Elsevier Ltd.
- [4] Daryanto. 1999. *Pengetahuan Komponen Mobil*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [5] Gupta,H.N. 2009. *Fundamental Of Internal Combustion Engines*. Delhi: PHI Learning Private Limited.
- [6] Jama, Jalius, dan Wagino. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [7] Martyr, A.J, Plint M.A. 2007. *Engine Testing*. United Kingdom : Elsilver.
- [8] Peraturan Menteri Lingkunga Hidup No. 05 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
- [9] Pulkrabek, Willard W. 2004. *Enginering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine*.New Jersey: Pearson-hal.
- [10] Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara*. Badung: ITB Bandung.
- [11] Suparni, S.R, dan Sari P. 2008. *Kimia Industri*. Departemen Pendidikan Nasional : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [12] Svehla, G. 1985. *Kimia Analisis*. PT. Kalman Media Pusaka : Jakarta.
- [13] Sofyan, T,Bondan. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik.
- [14] Suyanto, Wardan. 1989. *Teori Motor Bensin*. Jakarta : Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- [15] Tim Penyusun. 2014. *Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir/ Skripsi Universitas Negeri Padang*. Padang: UNP.
- [16] Toyota. 1995. *Materi Pelajaran Engine Group New Step 2*. Jakarta: Pt. Toyota Astra Motor.
- [17] Suyanto, Wardan. 1989. *Teori Motor Bensin*. Jakarta : Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- [18] Wardhana, Wisnu.2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi offset.