

## EMISI CO DAN NOX PADA GAS BUANG KENDARAAN MENGGUNAKAN KATALIS TEMBAGA BERPORITERMODIFIKASI

Stefanus Unjanto<sup>1\*</sup>, Martinus Heru Palmiyanto<sup>1</sup>, Thoharudin<sup>1</sup>, Arif Setyo Nugroho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Akademi Teknologi Warga Surakarta.

Jl Raya Solo Baki KM 2, Kwarasan, Solobaru, Sukoharjo.

\*Email: stefanusunjanto@yahoo.com

### Abstrak

*Tujuan utama pada penelitian ini adalah untuk mereduksi emisi CO dan NO<sub>x</sub> dengan dua metode. Metode pertama dengan pencampuran bahan bakar antara bahan bakar fosil dicampura dengan bahan bakar nabati. Pada penelitian ini, bensin dicampur dengan etanol dengan pencampuran 5%, 10%, dan 20% menjadi bahan bakar motor 4 tak yang diuji dengan wide open throttle (WOT). Data yang diambil adalah emisi pada putaran motor selama pengujian. Sehingga diperoleh data emisi pada tiap-tiap jenis campuran bahan bakar. Metode kedua dengan memberikan katalis sebagai reformer CO dan NO<sub>x</sub> yang terbuat dari tembaga termodifikasi dengan penambahan carbon aktif dan SiO<sub>2</sub>. Dengan variasi pengujian jenis bahan bakar dan jenis modifikasi katalis tersebut dapat diketahui nilai efektifitas reduksi CO dan NO<sub>x</sub> tertinggi. Berdasarkan hasil pengujian emisi gas buang pada masing-masing bahan bakar menunjukkan bahwa pada campuran etanol dan premium 10% volume menunjukkan nilai optimum untuk katalis tembaga terkondisikan dengan carbon aktif dan SiO<sub>2</sub> 10 % menghasilkan konsentrasi optimum CO sebesar 0.15 % vol dan HC 106 ppm.*

**Kata kunci:** Etanol, karbonmonoksida, reduksi, katalis

### 1. PENDAHULUAN.

Oksida nitrogen (NOX) merupakan gas yang diemisikan dari hasil pembakaran yang mana sebagian besar polutan NOX berasal dari pembakaran pada mesin kendaraan. Polutan NOX menimbulkan dampak lingkungan seperti hujan asam, efek rumah kaca, asap foto kimia, dan pelubangan lapisan ozon. Sementara itu, karbon monoksida (CO) juga diemisikan dari pembakaran mesin kendaraan yang mana gas tersebut bersifat racun. Gas CO menghambat aliran O<sub>2</sub> berikatan dengan hemoglobin darah sehingga hemoglobin tersebut berikatan dengan CO membentuk COHb. Kadar COHb dalam darah lebih dari 50% dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, emisi NOX dan CO pada pembakaran mesin kendaraan perlu direduksi sehingga menjadi kendaraan ramah lingkungan.

Penelitian yang dikembangkan untuk mereduksi CO berkembang pada pencampuran bahan bakar berasal fosil dengan bahan bakar nabati. Martins, dkk berhasil mereduksi emisi CO pada gas buang mobil sedan dengan volume mesin 1,4 L dengan pencampuran bahan bakar berupa bensin dan gas alam (CH<sub>4</sub>) dengan etanol. Penelitian yang dilakukan oleh Randazzo dan Sodre juga menunjukkan bahwa dengan pencampuran solar dengan biodiesel dan etanol berdampak pada reduksi emisi karbon monoksida dan juga gas hidro karbon pada mesin 4 silinder berkapasitas 1,25 L yang dilengkapi dengan turbo-charger. Akan tetapi pada kedua penelitian tersebut menghasilkan peningkatan NOX sebagai emisi gas buang.

Selain dengan pencampuran bahan bakar, penelitian lain yang dikembangkan untuk mereduksi CO dan NOX adalah dengan menambahkan katalis sebagai reformer CO dan NOX atau lebih dikenal dengan katalis konverter. Reformer tersebut bekerja dengan mereaksikan CO dengan NOX menghasilkan nitrogen dan karbondioksida, sehingga dengan metode ini kedua polutan (CO dan NOX) tersebut dapat di reduksi [3]. Katalis konverter yang biasa di pasang pada knalpot kendaraan berupa pelet dan monolithic dengan bahan katalis dari logam-logam mulia, antara lain: Paladium, Platinum, dan Rodium. Logam-logam mulia tersebut memiliki aktifitas spesifik yang tinggi, namun memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500 – 900oC sehingga mengurangi aktifitas katalis [3]. Selain itu logam-logam mulia tersebut

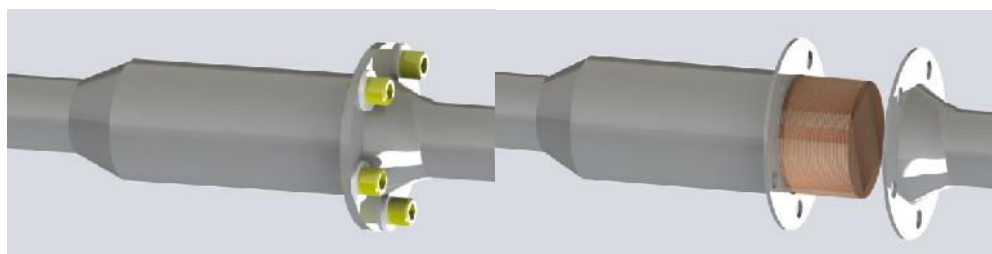
mempunyai kelimpahan yang rendah dan harga yang cukup mahal sehingga perlu dikembangkan katalis yang murah dan memiliki ketersediaan yang melimpah.

Adsorbent memiliki potensi sebagai penjernih gas buang dan penjeraban CO. Yang, dkk [4] mengemukakan bahwa adsorbent komersial yang banyak digunakan antara lain adalah karbonaktif, silika, zeolit, alumina, selective water sorbent (SWS). Dengan demikian, potensi pengembangan katalis dari tembaga yang dimodifikasi dengan adsorbent sangat menarik untuk dikembangkan karena disamping murah dan kesediaanya melimpang, adsorbent memiliki luas penampang yang besar sehingga sangat efektif untuk menjadi bahan dasar katalis.

## 2. METODE PENELITIAN.

Pengujian dilakukan pada kendaraan uji dengan menggunakan standard Wide Open Throttle (WOT) untuk uji unjuk kerja, standard SNI untuk uji emisi dalam keadaan idle dan standard UNECE 83-04 untuk uji emisi gas buang dengan siklus uji emisi [17].

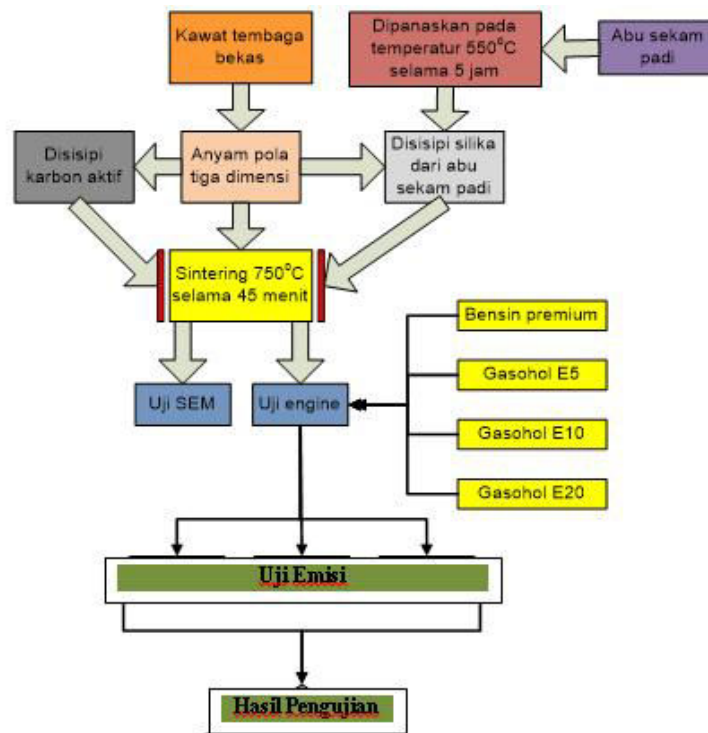
Kendaraan yang digunakan berupa motor empat tak 100 cc dengan tiga jenis bahan bakar yang berbeda, yaitu premium, premium + etanol 5 % premium + etanol 10% dan premium + etanol 20%. Masing-masing jenis bahan bakar tersebut diujikan dengan tiga katalis yang berbeda. Dari pengujian tersebut diambil data emisi gas buang (CO, dan HC). Pemasangan katalis di leher knalpot yang dimodifikasi sehingga memudahkan dalam pengujian dengan tidak mengurangi fungsinya.



**Gambar 1. Pemasangan Katalis di knalpot.**

Katalis terbuat dari tembaga berbentuk pejal berdiameter 30 cm dilubangi berbentuk seperti sarang atau anyaman seperti terlihat. Tembaga bekas tersebut selanjutnya disintering pada temperatur 750°C selama 45 menit didalam *furnace* sehingga terbentuk *neck* antar kawat tembaga yang bersinggungan. Sintering anyaman 3D kawat tembaga tersebut menghasilkan tembaga dengan pori-pori yang terbuka sehingga memiliki luas permukaan yang besar yang dapat digunakan sebagai katalis. Katalis yang telah disintering tersebut dipotong sehingga membentuk silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 10 cm.

Silika dari abu sekam padi yang telah diperoleh kemudian disaring dengan mesh 200 dan disisipkan pada pori anyaman kawat tembaga sebelum disintering. Setelah pori-pori tersisipi anyaman tembaga tersebut disintering pada temperatur 750 selama 45 menit. Harapannya, silika tersebut akan masuk dalam pori-pori kawat tembaga saat disintering sehingga dapat memperluas luas area permukaan logam tembaga berpori dari kawat tembaga bekas tersebut. Karbonaktif yang digunakan berasal dari carbon tempurung kelapa.



Gambar 2. Alur Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian proximate dan ultimate sekam padi didapat data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil uji ultimate dan proximate

<i>proximate</i>		Sekam padi
<i>Moisture</i>	%	7.62
<i>Ash</i>	%	18.75
<i>Volatile mater</i>	%	59.4
<i>Fix carbon</i>	%	14.23
<i>ultimate</i>		
<i>Carbon</i>	%	38,02
<i>Hidrogen</i>	%	5,28
<i>Nitrogen</i>	%	0,74
<i>Sulfur</i>	%	0,07
<i>Oksigen</i>	%	37,14

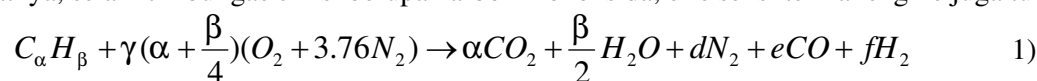
Hasil pengujian emisi didapat data sebagai berikut:

**Tabel 2. data hasil uji emisi**

Variasi Pengujian		Jenis Pegujian	
		Emisi	
Katalis	Bahan bakar	CO	HC
		Tanpa Katalis dan tembaga	Bensin premium
Gasohol E5	2,21		174
Gasohol E10	1,83		154
Gasohol E20	2,7		159
Tembaga dikondisikan dengan carbon	Bensin premium	3,24	225
	Gasohol E5	2,54	173
	Gasohol E10	2,4	152
	Gasohol E20	2,39	152
Tembaga dikondisikan dengan (Carbon+SiO <sub>2</sub> (10%))	Bensin premium	3,39	217
	Gasohol E5	2,13	167
	Gasohol E10	0,15	106
	Gasohol E20	1,12	145
Tembaga dikondisikan dengan (Carbon+SiO <sub>2</sub> (20%))	Bensin premium	2,18	210
	Gasohol E5	1,54	145
	Gasohol E10	1,48	145
	Gasohol E20	0.36	143

Berdasarkan hasil pengujian emisi gas buang pada masing-masing bahan bakar menunjukkan bahwa pada premium E10 menunjukkan nilai optimum untuk katalis tembaga terkondisikan dengan carbon aktif dan SiO<sub>2</sub> 10 % menghasilkan konsentrasi optimum CO sebesar 0.15 % voldan HC 106 ppm.

Karbon monoksida (CO) merupakan gas beracun yang terbentuk dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar. Pembakaran tidak sempurna tersebut disebabkan oleh kurangnya pasokan oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga campuran udara dan bahan bakar yang masuk tidak mencapai AFR stoikiometri pembakaran ( $AFR_{act} < AFR_{st}$ ) seperti terlihat pada persamaan. Akibatnya, selain timbul gas emisi berupa karbon monoksida, efisisensi termal engine juga turun.



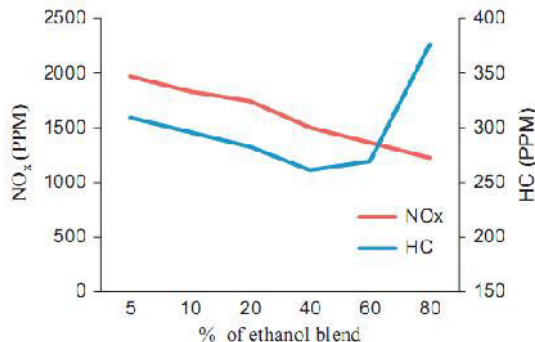
Krishna et al. (2012) meneliti tentang pengaruh pencampuran 20% etanol dan 20% metanol pada bensin sebagai bahan bakar kendaraan dengan mesin dua langkah. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa dengan peencampuran alkohol baik metanol maupun etanol dapat menurunkan konsentrasi karbon monoksida pada gas buang dari 5% hingga menjadi 1,2%. Hal ini karena pada pembakaran alkohol, gas buang yang dihasilkan memiliki kandungan uap air yang lebih banyak dari carbon bebas sehingga karbon monoksida yang terbentuk dapat bereaksi dengan uap air membentuk hidrogen dan karbon dioksida. Reaksi antara karbon monoksida dan uap airdisebut sebagai reaksi water gas shift seperti terlihat pada persamaan 2. Selain itu, pada senyawa alkohol memiliki komponen oksigen sehingga dapat menambahkan oksigen yang bereaksi pada reaksi pembakaran.



Tidak seperti karbon monoksida, Nitric Oxide (NO<sub>x</sub>) terbentuk karena adanya oksidasi pada temperatur tinggi diatas 1800 K melalui mekanisme yang disebut dengan Zeldovich Mechanism. Mekanisme tersebut melibatkan tiga reaksi yang terlihat pada persamaan 3-5.

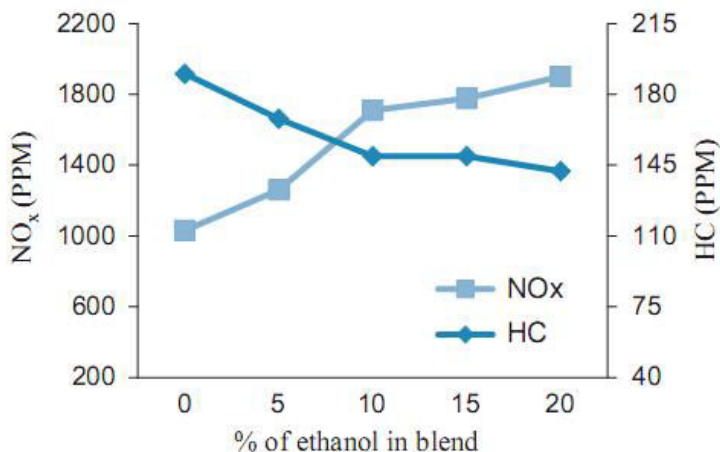


Masum, dkk 2010 memaparkan bahwa dengan pencampuran bensin dengan etanol akan mereduksi konsentrasi NO<sub>x</sub> dan konsentrasi HC (hidrokarbon) pada pencampuran dari 5 hingga 40%, akan tetapi pada pencampuran etanol-bensin lebih dari 40% justru akan meningkatkan konsentrasi NO<sub>x</sub> walaupun konsentrasi HC tetap menurun seiring dengan peningkatan prosentase pencampuran bensin-etanol seperti terlihat pada Gambar3. Penurunan konsentrasi NO<sub>x</sub> tersebut karena dengan semakin banyaknya prosentase etanol dapat menurunkan temperatur pembakaran yang mana dengan temperatur pembakaran yang rendah dapat mengurangi terbentuknya NO<sub>x</sub>.



**Gambar 3. Hubungan antara emisi NO<sub>x</sub> dan HC terhadap prosentase etanol-bensin pada 2000 rpm**

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Najafi, dkk, pada penelitian tersebut memaparkan pencampuran etanol-bensin dari 0-20% sebagai bahan bakar kendaraan yang diuji pada putara 3500 rpm. Penelitian tersebut menghasilkan hubungan antara prosentase pencampuran terhadap NO<sub>x</sub> dan HC. Dengan semakin besarnya pencampuran antara etanol-bensin maka semakin besar konsentrasi emisi NO<sub>x</sub> dengan penurunan konsentrasi HC seperti terlihat pada gambar 4. Peningkatan konsentrasi NO<sub>x</sub> tersebut karena pengaruh jumlah pasokan udara pembakaran yang mendekati AFR stoikiometri. Pada proses pembakaran penelitian tersebut, dengan semakin besar etanol maka AFR semakin mendekati pembakarandengan AFR stoikiometri sehingga temperatur pembakarannya semakin tinggi yang mengakibatkan besarkan pembentukan NO<sub>x</sub>.



**Gambar 4. Hubungan antara emisi NO<sub>x</sub> dan HC terhadap prosentase etanol-bensin pada 3500 rpm**

Cara yang paling mudah untuk mereduksi karbon monoksida adalah dengan mereaksikan dengan oksigen sehingga terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan karbon dioksida (persamaan 6). Akan tetapi dengan penambahan oksigen pada ruang bakar sehingga menjadi pembakaran miskin dapat menyebabkan penurunan temperatur ruang bakar yang berakibat pada turunnya daya dan torsi.



NO<sub>x</sub> merupakan senyawa campuran nitric oxide (NO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), dinitrogen trioxide (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dinitrogen tetroxide (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), dan dinitrogen dioxide. Diantara senyawa campuran tersebut nitric oxide dan nitrogen dioxide yang sering dijumpai. Untuk mereduksi senyawa nitrogen-oksida tersebut dapat dilakukan dengan memisahkan antara nitrogen dengan oksigen melalui reaksi pada persamaan 7.



Selain menggunakan cara pada persamaan 6 dan 7, untuk mereduksi CO dan NO<sub>x</sub> secara bersamaan dapat dilakukan dengan persamaan 8. Pada proses pembakaran, gas buang pembakaran memiliki emisi berupa CO dan NO yang mana gas tersebut berakibat fatal bagi lingkungan. Reduksi CO dan NO menghasilkan nitrogen dan karbon dioksida.



Reaksi antara CO dan NO melalui katalis. Katalis yang digunakan biasanya terbuat dari logam mulia seperti Paladium (Pd), Platinum (Pt), dan Rodium (Rh) sehingga selain harganya mahal, logam mulia memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500-900 derajat Celcius sehingga mengurangi aktifitas katalis. Oleh sebab itu penggunaan logam transisi yang mempunyai kelimpahan yang tinggi dan harga relatif murah dapat menjadi salah satu alternatif. Beberapa oksida logam transisi yang cukup aktif dalam mengoksidasi emisi gas CO antara lain : CuO, NiO dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Beberapa bahan yang diketahui sebagai katalis oksidasi yaitu Platinum, Plutonium, nikel, Mangan, Chromium dan oksidanya dari logam-logam tersebut Sedangkan beberapa logam diketahui sebagai katalis reduksi, yaitu besi, tembaga, nikel paduan dan oksida dari bahan-bahan tersebut.

Irawan, dkk (2013) meneliti tentang reduksi CO pada katalis dari tembaga. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa dengan penggunaan tembaga sebagai katalis konverter dapat mereduksi CO dari 6,2% hingga menjadi 1,2%. Selain itu, penggunaan katalis konverter juga berpengaruh terhadap daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan tingkat kebisingan seperti yang diteliti oleh Manunggal dkk (2013) Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa dengan penggunaan katalis konverter tersebut baik daya dan torsi terjadi peningkatan daripada daya dan torsi pada motor tanpa katalis konverter. Sedangkan pada konsumsi bahan bakar, mesin dengan katalis konverter akan lebih irit pada putaran mesin diatas 5500 rpm. Dengan penggunaan katalis konverter tersebut juga berdampak pada pengurangan kebisingan knalpot.

Selain dengan logam dan oksidanya, katalis yang terbuat dari karbon aktif juga dikembangkan. Wang, dkk (2013) mengembangkan katalis dengan tipe Wacker dibuat dengan variasi karbon aktif sebagai penyangga. Karbon aktif tersebut berasal dari bahan yang berbeda-beda, antara lain: kayu, kulit kacang, dan batubara. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa dengan penyangga karbon aktif yang berasal dari kayu memiliki konversi pembakaran CO dan NO<sub>x</sub> yang paling tinggi sebesar 88% karena pada karbon aktif yang berasal dari kayu tersebut memiliki luas permukaan paling besar diantara karbon aktif yang lain yaitu sebesar BET=1023 m<sup>2</sup>/g.

Silika banyak dikembangkan untuk kebutuhan industri seperti sebagai insulator, campuran semen, katalis, dan adsorben. Salah satu pengembangannya sebagai katalis, silika juga dikembangkan sebagai katalis pada oksidasi CO dan NO<sub>x</sub>. Patel, dkk (2011) mengembangkan katalis untuk mereduksi CO dan NO<sub>x</sub> dengan menggunakan mesoporous silica SBA 15 sebagai penyangga CuO. Mesoporous silica SBA 15 memiliki luas permukaan yang cukup besar (BET=574 m<sup>2</sup>/g) dengan volume jenis 1032 cm<sup>3</sup>/g. Penelitian dilakukan dengan variasi Cu loading dari 4,02-10,1%. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa dengan semakin tinggi loading Cu maka semakin besar pula konversi NO. Temperatur juga berpengaruh terhadap konversi NO, dengan semakin tinggi temperatur maka semakin besar pula konversi NO.

#### 4. KESIMPULAN

Karbon monoksida (CO) merupakan gas beracun yang terbentuk dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar. Pembakaran tidak sempurna tersebut disebabkan oleh kurangnya pasokan

oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga campuran udara dan bahan bakar yang masuk tidak mencapai AFR stoikiometri pembakaran ( $AFR_{act} < AFR_{st}$ )

Pencampuran bensin dengan etanol akan mereduksi konsentrasi  $NO_x$  dan konsentrasi HC (hidrokarbon) pada pencampuran dari 5 hingga 40%, akan tetapi pada pencampuran etanol-bensin lebih dari 40% justru akan meningkatkan konsentrasi  $NO_x$

Berdasarkan hasil pengujian emisi gas buang pada masing-masing bahan bakar menunjukkan bahwa pada premium E10 menunjukkan nilai optimum untuk katalis tembaga terkondisikan dengan carbon aktif dan  $SiO_2$  10 % menghasilkan konsentrasi optimum CO sebesar 0.150 % vol dan HC 106 ppm.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui program hibah penelitian dosen pemula.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amanda Alves Martins, Anderson Dias Rocha Rodrigo, and Ricardo Sodr e José, "Cold Start and Full Cycle Emissions from A Flexible Fuel Vehicle Operating with Natural Gas, Ethanol and Gasoline," *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, vol. 17, pp. 94–98, 2014.
- Archana Patel, Thomas E. Rufford, Victor Rudolph, and Zhonghua Zhu, "Selective Catalytic Reduction of NO by CO Over CuO Supported on SBA-15: Effect of CuO Loading on The Activity of Catalysts," *Catalysis Today*, vol. 166, pp. 188–193, 2011.
- B.M. Masum et al., "Effect of Ethanol–Gasoline Blend on  $NO_x$  Emission in SI Engine," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 24, pp. 209–222, 2013.
- Cristiane Alves Sierra-Pereira and Ernesto Antonio Urquieta-González, "Reduction of NO with CO on CuO or  $Fe_2O_3$  Catalysts Supported on  $TiO_2$  in The Presence of  $O_2$ ,  $SO_2$  and Water Steam," *Fuel*, vol. 18, pp. 137–147, 2014
- D. Demirskyi, D. Agrawal, and A. Ragulya, "Neck Formation between Copper Spherical Particles under Single-mode and Multi Mode Microwave Sintering," *Materials Science and Engineering A*, vol. 527, pp. 2142–2145, 2010.
- Farook Adam, Jimmy Nelson Appaturi, and Anwar Iqbal, "The Utilization of Rice Husk Silica As a Catalyst: Review and Recent Progress," *Catalysis Today*, vol. 190, pp. 2-14, 2012.
- Fattah IM Rizwanul et al., "Impact of Various Biodiesel Fuels Obtained from Edible and Non-edible Oils on Engine Exhaust Gas and Noise Emissions," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 18, pp. 552–67, 2013.
- K. Kordatos et al., "Synthesis of Highly Siliceous ZSM-5 Zeolite Using Silica from Rice Husk Ash," *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 115, pp. 189–196, 2008.
- K. Pacultova, L. Obalova, F. Kovanda, and K. Jiratova, "Catalytic Rreduction of Nitrous Oxide with Carbon Monoxide Over Calcined Co–Mn–Al Hydrotalcite," *Catalysis Today*, vol. 137, pp. 385–389, 2008.
- L. Randazzo M ario and R. Sodr e José , "Exhaust Emissions from A Diesel Powered Vehicle Fuelled by Soybean Biodiesel Blends (B3–B20) with Ethanol as an Additive (B20E2–B20E5)," *Fuel*, vol. 90, pp. 98–103, 2011.
- M.V.S. Murali Krishna, K. Kishor, P.V.K. Murthy, A.V.S.S.K.S. Gupta, and S. Narasimha Kumar, "Comparative Studies on Performance Eevaluation of A Two Stroke Copper Coated Spark Ignition Engine With Alcohols With Catalytic Converter," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, pp. 6333–6339, 2012.
- M. K. Yunus, M. M. Ahmad, A. Inayat, and S Yusup, "Simulation of Enhanced Biomass Gasification for Hydrogen Production using iCON," in *World Academy of Science*, 2010.
- Prawoto and Bagus Anang Nugroho, "Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Pada Kondisi Idle dan dengan Standar ECE 83-04," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 8, pp. 70-82, 2006.
- RM. Bagus Irawan, Purwanto, and Hadiyanto, "Unjuk Kemampuan Katalis Tembaga Berlapis

Mangan Dalam Mengurangi Emisi Gas Carbon Monoksida Motor Bensin," in *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Semarang, 2013, pp. 532-541.

R.T Yang, *Adsorbent: Fundamental and Application.*: John Welly & Sons, 2003.