

REAKTOM

Rekayasa Keteknikan & Optimasi



Diterbitkan Oleh
Fakultas Teknik Universitas Hasyim Asy'ari
Tebuireng Jombang

REAKTOM

Rekayasa Keteknikan dan Optimasi
Jurnal Keteknikan

Vol. 04. No. 01. Mei 2019

E-ISSN: 2548- 4095



Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik
Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Jurnal Reaktom (Rekayasa Keteknikan dan Optimasi) mempublikasikan hasil penelitian ilmiah dosen dan peneliti di bidang ilmu teknik berupa penelitian dasar, perencanaan dan perancangan. Reaktom terbit secara berkala dua bulanan (Januari, September) dalam setahun

Pelindung / Pembina

K.H. Salahuddin Wahid
H. Haris Supratno
H. Tri Rijanto

Penanggung jawab

Nur Kholis

Penyunting ahli

Mochammad Arif Irfa'i (Unesa)
Rachmad Setiawan (ITS)
Munoto (Unesa)
Subuh Isnur Haryudo (Unesa)
Indra Herlambang (Unesa)
Dwi Priyo (Unesa)
Gatot Widodo (Unesa)

Redaksi

Abdiyah Amudi
Meriana Wahyu Nugroho
Handini Novitasari
Ali Hasbi Ramadani
Sulung Rahmawan Wira Ghani
Andhika Mayasari
Humaidillah Kurniadi Wardana
Nailul Izzati

Sekretariat Redaksi

Fakultas Teknik
Kampus UNHASY Tebuireng, Jombang, Jawa Timur
Email: reaktom.ftunhasy@yahoo.com
Website: <http://ejournal.unhasy.ac.id/index.php/reaktom>

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga Jurnal Reaktom volume 04 nomor 01 Mei 2019 dapat bisa terselesaikan dengan baik. Jurnal Reaktom ini menyajikan 7 (tujuh) judul artikel yang mencakup 3 artikel mesin, 1 artikel elektro, 2 artikel sipil, dan 1 artikel industri.

Jurnal Reaktom diadakan dengan tujuan untuk menghimpun sekaligus sebagai media sosialisasi hasil penelitian ilmiah dosen dan peneliti di Bidang Ilmu Teknik berupa penelitian dasar, perencanaan dan perancangan. Jurnal Reaktom ini diharapkan menjadi media untuk saling tukar menukar informasi dan pengalaman, ajang diskusi ilmiah, peningkatan kemitraan di antara peneliti dengan praktisi, peneliti, guru, dan dosen guna mempertajam visi pembuat kebijakan dan pengambil keputusan, serta peningkatan inovasi teknologi tepat guna dari berbagai sumber guna mendukung peningkatan pengembangan sains dan teknologi.

Kami mengucapkan terima kasih kepada rektor Universitas Hasyim Asy' Ari, Dosen, Peneliti yang telah berupaya mensukseskan dan mengirimkan artikel untuk volume 04 Jurnal Reaktom ini. Harapan kami semoga jurnal artikel ini memberikan tambahan pengetahuan kepada pembaca semua. Selain itu juga kami mengundang para pembaca mengirimkan tulisan ilmiah untuk terbitan selanjutnya. Redaksi juga mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca dalam rangka meningkatkan kualitas Jurnal Reaktom ini.

Salam.

Jombang, 13 Mei 2019

Redaksi

Daftar Isi

Halaman Sampul	i
Pengantar Redaksi	iii
Daftar Isi	iv
Analisa Peningkatan Kualitas Pemotongan Ayam dengan Menggunakan Metode Six Sigma di PT.Gemilang Inti Sukses Ahmad Sukron, Sumarsono, Tri Rijanto	1
Analisa Dampak Lalu Lintas Akibat Pembangunan Wisata Alam Desa Medowo Kecamatan Kandangan Kediri Maulida N, Tri Rijanto, Abdiyah Amudi	8
Rancang bangun Las (OAW) <i>Oxy Acetylin Welding</i> Berbahan Bakar Gas <i>Acetylin</i> Untuk Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Hasyim Asy'ari Ali Hasbi R, Retno Eka Pramitasari, Basuki, Fajar Satriya Hadi	17
Rancang Bangun Mesin Impak Charpy dan Kesan Pertemanya Terhadap Minat Belajar Mahasiswa pada Matakuliah Ilmu Bahan Mohammad Munib Rosadi, Basuki, Agung Samudra, Ali Hasbi R	21
Aplikasi Fuzzy dalam Optimalisasi Traffic Light Persimpangan Juanda Rahma Ramadhani, Imamatul Ummah, Abdiyah Amudi, Nanndo Yannuansa	27
Hubungan Minat Belajar, Kecerdasan Emosional, dan Nilai UAS Alat Ukur Terhadap Hasil Belajar Siswa SMK di Jombang Agung Samudra	32
Pengendalian Peralatan Rumah Tangga Menggunakan Arduino Uno Berbasis Bluetooth Ahmad Fauzi, Tri Rijanto, Humaidillah Kurniadi Wardana	39
Rancang Bangun Alat Uji Emisi Ekonomis Menggunakan Sensor Gas MQ2 dan MQ9 Berbasis Arduino Mohamad Adzina Mukhlisin, Nur Kholis, Retno Eka Pramitasari.....	45

Rancang Bangun Alat Uji Emisi Ekonomis Berbasis Arduino

RANCANG BANGUN ALAT UJI EMISI EKONOMIS MENGGUNAKAN SENSOR GAS MQ2 DAN MQ9 BERBASIS ARDUINO

Mohamad Adzina Mukhlisin

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Hasym asy'ari , Email : adzina.koboy@gmail.com

Nur Kholis

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasym asy'ari , Email: nurkholis.unhasy@yahoo.com

Retno Eka Pramitasari

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasym asy'ari, Email: retnomita91@gmail.com

Abstrak

Emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor yang ada. *Carbon monoxide (CO)* dan *Hydro Carbon (HC)* adalah zat berbahaya yang terkandung dalam emisi gas buang. Penelitian ini bertujuan membuat alat uji emisi (*prototype*) untuk mengukur kadar *CO* dan *HC* pada emisi gas buang. Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan metode rancang bangun *waterfall model*. Alat uji emisi (*prototype*) berbasis arduino dengan sistem kerja konsentrasi *CO* dan *HC* pada emisi akan dibaca oleh sensor *MQ2* dan *MQ9* yang terhubung dengan arduino dan ditampilkan pada layar LCD berupa angka digital dengan menggunakan program Bahasa C. Selanjutnya pada *prototype* diambil data dan diperbandingkan dengan data pada *gas analyzer* menggunakan metode Uji T. Hasil pengujian kadar *CO* dan *HC* pada alat uji emisi (*prototype*) dengan hasil pengujian *gas analyzer* masih menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikansi pembacaan kadar *CO* sebesar 0.319 dan kadar *HC* sebesar 0.896.

Kata Kunci: Emisi gas buang, *MQ2*, *MQ9*, Arduino

Abstract

Exhaust emissions generated by motor vehicles are increasing as the number of motor vehicles increases. Carbon monoxide (CO) and Hydro Carbon (HC) is harmful substance contained in exhaust emissions. This study aims to make emission test (prototype) to measure CO and HC levels on exhaust emissions. This type of research is an experimental research with the waterfall model design method. Arduino-based emission test (prototype) with working system of CO and HC concentration on emission will be read by MQ2 and MQ9 sensor connected with Arduino and displayed on lcd screen in digital number using C language program. Further data on the prototype is taken and compared with the data on the gas analyzer using the T Test method. The results of testing the CO and HC levels on emission test equipment (prototype) with the results of testing using a gas analyzer still showed a significant difference with the significance value of CO level readings of 0.319 and HC levels of 0.896.

Keywords: exhaust emissions, *MQ2*, *MQ9*, Arduino

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, jumlah kendaraan yang ada semakin meningkat dan hal ini menyebabkan tingkat polusi yang ditimbulkan emisi gas buang semakin tinggi. Maka dari itu perlu dilakukan upaya untuk menekan angka polusi yang disebabkan oleh kendaraan bermotor.

Di Indonesia salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah untuk menekan angka polusi adalah

dengan adanya Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor. Aturan tersebut menjelaskan bahwa kendaraan bermotor wajib melakukan uji emisi gas buang dengan metode yang telah ditentukan dan hasil pengujian kadar emisi gas buang kendaraan bermotor tersebut tidak boleh melewati nilai ambang batas yang telah ditetapkan.

Standar nilai ambang batas emisi gas buang yang

ditetapkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup dengan parameter kadar konsentrasi *CO* (*Carbon Monoxide*) dalam satuan persen (%) dan *HC* (*Hydro Carbon*) dalam satuan ppm (*part per milion*) adalah 4.5% dan 12000 ppm untuk sepeda motor 2 langkah dengan tahun < 2010, 5.5% dan 2400 ppm untuk sepeda motor 4 langkah dengan tahun < 2010, 4.5% dan 2000 ppm untuk sepeda motor 2 dan 4 langkah dengan tahun \geq 2010. Nilai tersebut merupakan standart emisi gas buang untuk kendaraan bermotor kategori L dengan metode uji pada keadaan *idle*. Peraturan tersebut berlaku untuk semua jenis kendaraan bermotor kategori L yang telah diproduksi, dirakit, diimpor dan beroperasi di wilayah Republik Indonesia (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006).

Uji emisi bertujuan untuk mengukur tingkat polusi yang disebabkan oleh proses pembakaran mesin. Namun tidak semua pemilik kendaraan bermotor mempunyai kesadaran untuk merawat dan melakukan pengujian emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan tersebut secara rutin di bengkel resmi. Hal ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang menjadi kendala dalam melakukan servis kendaraan di bengkel resmi diantaranya, biaya servis, biaya penggantian *part* yang mahal, banyaknya proses administrasi di bengkel (Hidayat, 2015). Untuk mengetahui perbedaan biaya servis yang ditetapkan oleh bengkel resmi dan tidak resmi dapat diketahui dari hasil survei yang dilakukan oleh penulis dalam pra-eksperimen.

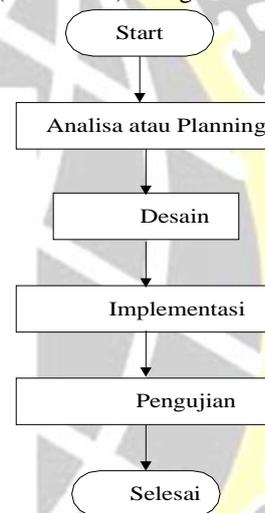
Biaya servis di bengkel resmi lebih mahal dari bengkel biasa (tidak resmi) dengan selisih antara Rp 10.000 – Rp 20.000. dan biaya servis juga dapat bertambah apabila ada penggantian *spare part* lainnya yang mengalami aus atau *trouble*. Namun untuk pengujian emisi gas buang kendaraan bermotor hanya dapat dilakukan di bengkel resmi yang mempunyai *Gas analyzer* dikarenakan pada bengkel tidak resmi tidak memiliki alat uji emisi gas buang kendaraan bermotor, hal ini terjadi karena harga alat uji emisi gas buang kendaraan bermotor sangat mahal dengan harga mencapai sekitar 45 juta (Hidayat, 2015).

Rancangan alat uji ini menggunakan 2 sensor gas, yaitu sensor gas *MQ2* yang digunakan untuk mendeteksi kadar *HC* pada emisi gas buang dan sensor gas *MQ9* yang digunakan untuk mendeteksi kadar *CO*. Dalam hal ini alat uji emisi yang dirancang berbasis *Arduino* yang mempunyai desain dan perangkat yang lebih kompleks dan mudah untuk digunakan dan hasil pengujian yang akan ditampilkan pada layar LCD berupa angka digital.

I. METODE

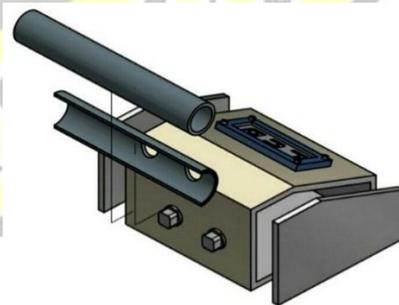
Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun. Rancang bangun adalah kegiatan menerjemahkan hasil analisa kedalam sebuah perangkat atau sistem menjadi suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi atau memperbaiki sistem yang suda ada. Rancang bangun dalam penelitian ini menggunakan rancangan *Waterfall Model*. *Waterfall Model* adalah pengerjaan suatu sistem yang dilakukan secara berurutan atau linier. Rancangan ini memiliki 4 langkah yaitu: *Analisa*, *Design*, *Code*, dan *Test* (Pressman, 2010). Tetapi untuk mengetahui kesempurnaan alat maka dilaksanakan uji eksperimental yaitu uji T untuk mengetahui nilai signifikasi pembacaan kadar *CO* dan *HC* pada alat uji penelitian (*prototype*) terhadap alat uji standar.

Desain penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir (*Flowchart*) sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Penelitian

Setelah didapatkan data dan ditentukan spesifikasi dari setiap komponen yang dibutuhkan dalam rancang bangun alat uji emisi, maka langkah pertama adalah pembuatan *hardware*.

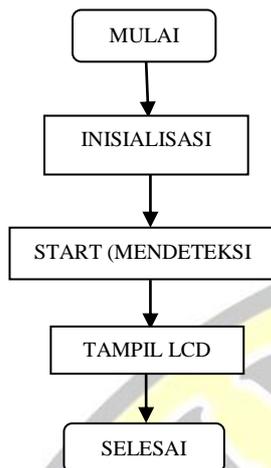


Gambar 2. Desain Alat Uji Emisi (*Prototype*)
Tampak Belakang

Adapun komponen yang digunakan dalam alat uji penelitian meliputi: *Arduino*, LCD, sensor gas *MQ2* dan *MQ9*, adaptor, pipa dan kabel. Setelah *hardware* selesai maka langkah selanjutnya

Rancang Bangun Alat Uji Emisi Ekonomis Berbasis Arduino

adalah pembuatan *Software*.



Gambar 3. Alur Kerja Sistem Alat Uji (Prototype)

Setelah proses pembuatan *Hardware* dan *software* selesai maka dapat di integrasikan. Langkah pertama yang harus dilakukan dalam integrasi adalah menghubungkan *hardware* dengan PC menggunakan kabel USB, kemudian buka program *arduino* pada PC, click “tools” kemudian klik “port”, jika port aktif maka *arduino* dapat dijalankan dan langkah selanjutnya buka program yang sudah dibuat untuk alat uji emisi gas buang kemudian *upload* program tersebut ke dalam *arduino*.

Pada penelitian ini, pengambilan data menggunakan data kuantitatif yang diperoleh dari pembacaan hasil pengujian alat uji resmi dan alat uji penelitian (*prototype*) berupa angka/nilai *digital* pada layar LCD alat uji emisi, yang akan di analisis secara deskriptif berupa penunjukan diagram hasil pengujian.

Pengujian dilakukan pada sepeda motor *Jupiter MX King 150 cc 2016* untuk mengetahui kadar *HC* dan *CO* yang ada pada emisi gas buang sepeda motor tersebut. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dari setiap RPM pada variasi pengujian, kemudian diambil rata-rata untuk mendapatkan data hasil pengujian. Analisis data yang dilakukan adalah analisa deskriptif yang didapatkan dari hasil pengujian yang dilakukan pada emisi gas buang sepeda motor. Pengujian alat ini dilakukan pada putaran 1300 RPM, 1500 RPM, 2000 RPM, 2500 RPM dan 3000 RPM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat uji emisi (*Prototype*) dibuat sesuai dengan desain yang direncanakan. Alat uji emisi tersebut memiliki layar LCD 16 x 2 yang berfungsi sebagai monitor yang menunjukkan hasil pengujian kadar *CO* dan *HC* pada kendaraan bermotor disertai dengan tombol reset untuk memulai pengujian yang baru. Alat

ini menggunakan sumber listrik dengan arus 12 volt dari adapter yang terhubung dengan pin V-in yang ada pada *Arduino*. Terdapat 2 sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi kadar *CO* dan *HC* pada emisi kendaraan bermotor. Terdapat juga 2 pipa PVC yang berfungsi sebagai pencekam dan ruang untuk emisi yang diuji sehingga pada saat pengujian emisi tidak bercampur dengan udara bebas

Hasil pembacaan kadar *CO* (*Carbon Monoxide*) pada emisi sepeda motor *Jupiter MX King 150 cc 2016*.

Tabel 1. Hasil Pengujian *CO*

No	RPM	Pengujian	Hasil pengujian <i>CO</i> (%)	
			<i>Gas analyzer</i>	<i>Prototype</i>
1	1300	1	0.43	0.30
		2	0.30	0.20
		3	0.22	0.22
2	1500	1	0.40	0.70
		2	0.56	0.80
		3	0.33	0.60
3	2000	1	0.32	0.30
		2	0.32	0.40
		3	0.30	0.20
4	2500	1	0.22	0.30
		2	0.18	0.20
		3	0.18	0.22
5	3000	1	0.20	0.18
		2	0.17	0.22
		3	0.17	0.32

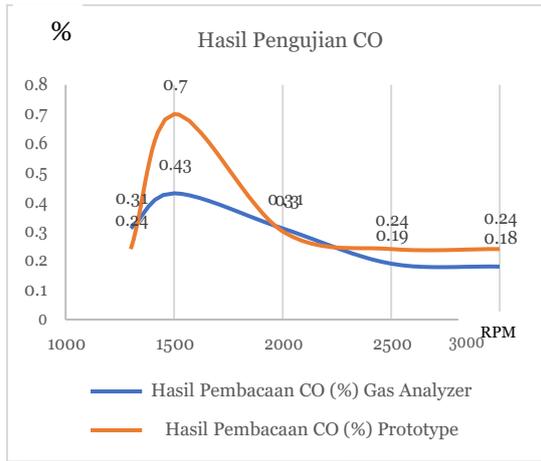
Dari data pada tabel di atas maka didapatkan rata-rata hasil pengujian menggunakan *gas analyzer* dan *prototype* sebagai berikut.

Tabel 2. Rata-rata Hasil Pengujian *CO*

No.	RPM	Hasil Pengujian <i>CO</i> (%)	
		<i>Gas analyzer</i>	<i>Prototype</i>
1	1300	0.31	0.24
2	1500	0.43	0.70
3	2000	0.31	0.30
4	2500	0.19	0.24
5	3000	0.18	0.24

Dari tabel di atas dapat diketahui hasil pembacaan dari alat uji resmi (*gas analyzer*) dan alat uji penelitian (*prototype*), terdapat perbedaan pembacaan dari kedua alat uji. Pembacaan alat uji emisi (*prototype*) pada putaran 1300 RPM menunjukkan hasil pembacaan *CO* sebesar 0.24%, pada putaran 1500 RPM menunjukkan hasil pembacaan *CO* sebesar 0.70%, pada putaran 2000 RPM menunjukkan hasil pembacaan *CO* sebesar 0.30%, pada putaran 2500 RPM menunjukkan hasil pembacaan *CO* sebesar 0.19%, pada putaran 3000 RPM menunjukkan hasil pembacaan *CO* sebesar 0.18%.

0.30%, pada putaran 2500 RPM menunjukkan hasil pembacaan CO sebesar 0.24%, pada putaran 3000 RPM menunjukkan hasil pembacaan CO sebesar 0.24%.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian CO (%)

Hasil pembacaan kadar HC (Hydro Carbon) pada emisi sepeda motor Jupiter MX King 150 cc 2016.

Tabel 3. Hasil Pengujian HC

No.	RPM	Pengujian	Hasil pengujian HC (ppm)	
			Gas analyzer	Prototype
1	1300	1	218	287
		2	183	276
		3	355	315
2	1500	1	133	178
		2	159	191
		3	175	178
3	2000	1	82	109
		2	72	82
		3	75	95
4	2500	1	84	94
		2	75	126
		3	84	164
5	3000	1	76	128
		2	72	132
		3	72	127

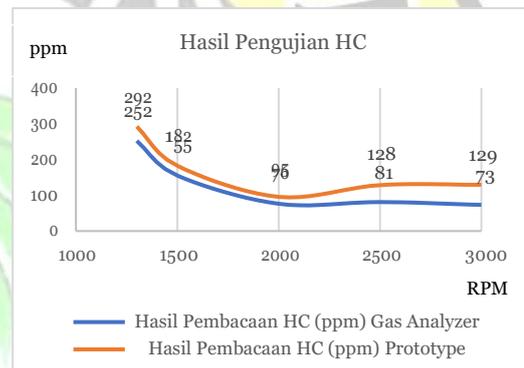
Dari data pada tabel di atas maka didapatkan rata-rata hasil pengujian menggunakan gas analyzer dan prototype sebagai berikut

Tabel 4. Rata-rata Hasil Pengujian HC

No.	Rpm	Hasil Pengujian HC (ppm)	
		Gas analyzer	Prototype
1	1300	252	292
2	1500	155	182
3	2000	76	95
4	2500	81	128

5	3000	73	129
---	------	----	-----

Dari tabel di atas dapat diketahui hasil pengujian kadar HC menggunakan alat uji resmi (gas analyzer) dan alat uji penelitian (prototype), terdapat perbedaan hasil pembacaan sama seperti pada pembacaan CO pada tabel pengujian CO. Pembacaan pada alat uji emisi (prototype) pada putaran 1300 RPM menunjukkan hasil pembacaan HC sebesar 292 ppm, pada putaran 1500 RPM menunjukkan hasil pembacaan HC sebesar 182 ppm, pada putaran 2000 RPM menunjukkan hasil pembacaan HC sebesar 95 ppm, pada putaran 2500 RPM menunjukkan hasil pembacaan HC sebesar 128 ppm, pada putaran 3000 RPM menunjukkan hasil pembacaan HC sebesar 129 ppm.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian HC (ppm)

Adapun kriteria pengujian yang digunakan adalah jika nilai probabilitas (sig) lebih besar dari $\alpha = 0.05$ maka ada hasil yang signifikan dengan alat uji resmi, sebaliknya jika nilai probabilitas (sig) lebih kecil dari $\alpha = 0.05$ maka alat uji (prototype) dapat digunakan seperti alat uji resmi (gas analyzer). Dari data hasil uji T yang dilakukan dapat diketahui nilai signifikansi pembacaan kadar CO sebesar 0.319 dan kadar HC sebesar 0.896, nilai tersebut lebih besar dari nilai α , maka dapat disimpulkan bahwa pembacaan kadar CO dan HC pada alat uji emisi (prototype) memiliki perbedaan yang signifikan dengan alat uji resmi (gas analyzer).

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan desain alat uji yang sesuai dengan desain yang dirancang oleh peneliti dengan dimensi 12.5 cm x 11.5 cm x 7 cm. Alat ini berfungsi mendeteksi kadar CO dan HC pada emisi gas buang motor Jupiter MX King dengan

Rancang Bangun Alat Uji Emisi Ekonomis Berbasis Arduino

menggunakan dua sensor gas yaitu sensor *MQ2* dan sensor *MQ9*. Emisi gas buang yang masuk ke dalam pipa PVC pada alat uji emisi (*prototype*) akan terdeteksi oleh kedua sensor yang terhubung dengan *arduino*, selanjutnya akan ditampilkan pada layar LCD dalam bentuk angka digital. Pada alat ini program yang digunakan adalah pemrograman Bahasa C.

Cara pengujian emisi gas buang menggunakan alat uji emisi yang dibuat dapat dilakukan dengan mudah dan dapat dilakukan oleh siapapun, karena memiliki desain yang simpel dan mudah digunakan. Pengujian dilakukan dengan keadaan motor pada transmisi Netral (N), selanjutnya selang yang terhubung dengan pipa PVC yang terdapat pada alat uji emisi (*prototype*) dimaskkan ke dalam lubang saluran gas buang (*knalpot*) agar emisi dapat terbaca oleh kedua sensor sehingga kadar *CO* dan *HC* dapat ditampilkan pada layar LCD.

Hasil pengujian kadar *CO* dan *HC* pada alat uji emisi (*prototype*) dengan hasil pengujian menggunakan alat uji emisi resmi (*gas analyzer*) masih menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikansi pembacaan kadar *CO* sebesar 0.319 dan kadar *HC* sebesar 0.896. Nilai tersebut lebih besar dari nilai $\alpha = 0.05$.

Saran

Pembuatan alat uji sebaiknya menggunakan material yang tahan terhadap uap panas yang dihasilkan oleh emisi gas buang sehingga alat uji dapat bertahan lebih lama dan juga perbaikan dalam desain *software* terutama dalam pembacaan sensor sehingga hasil pembacaan kadar *CO* dan *HC* antara alat uji (*prototype*) dengan *gas analyzer* tidak terjadi perbedaan yang signifikan.

Pengujian emisi sebaiknya dilakukan dengan rentang waktu tidak terlalu lama untuk menjaga agar tidak ada uap gas yang mengendap pada kepala sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.
- Basrie, Reynold. 2013. *Pengertian Emisi dan Efeknya Bagi Kehidupan*. Padang:

<https://reyismyname.blogspot.co.id> (diakses tanggal 22 februari 2018).

Hermawan, Trian. 2017. *Mengenal Sensor MQ2 Sebagai Sensor Pendeteksi Asap*: <http://trianhermawan.blogspot.co.id> (diakses tanggal 22 februari 2018).

Hidayat, Anwar. 2017. *Uji F dan Uji T*: <https://www.statistikian.com/2013/01/uji-f-dan-uji-t.html/amp> (diakses tanggal 20 maret 2018).

Hidayat, Wahyu. 2015. *Rancang Bangun Alat Uji Emisi Portabel Gas CO, Nox, Dan HC Pada Kendaraan Bermotor*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Irwanto, Ikhsan. 2017. *Implementasi Arduino Dalam Rancang Bangun Alat Uji Emisi Kendaraan Bermotor Berbasis Android*. Padang: STMIK Jayanusa Padang.

Palocz-Andresen, Michael. 2013. *Decreasing Fuel Consumption And Exhaust Gas Emissions In Transportation*. Germany: Springer.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Kendaraan Bermotor. Jakarta.

Pressman, Roger S and David L. 2009. *Web Engineering 1st*. New York: McGraw-Hill. Pressman, Roger S. 2010. *Software Engineering 7th*. New York: McGraw-Hill.

Siregar, Indra Herlamba. 2007. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Unesa University Press.

Sugiyono. 2000. *Metodologi Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Tugaswati, Tri. 2004. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jakarta.

Warju. 2013. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.

Yamaha, Indonesia Motor. 2016: www.yamaha-motor.co.id/product/mx-king-150 (diakses tanggal 20 juli 2018).