

**ANALISIS PENURUNAN EMISI GAS KARBON MONOKSIDA (CO)
DAN EFISIENSI BBM PADA KENDARAAN RODA EMPAT YANG
MENGUNAKAN ALAT PENGHEMAT DAN PENCAMPURAN
BIOETANOL**



**Tesis
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan**

**FAJAR AKBAR
2108011140035**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pengertian Dasar Pencemaran Udara.....	8
2.2 Penyebab Pencemaran Udara	9
2.3 Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor	10
2.4 Komposisi Dan Perilaku Gas Buang Kendaraan Bermotor	10
2.5 Bahan-Bahan pencemar Yang Menimbulkan Racun.....	12
2.6 Sumber Karbon Monoksida (CO).....	13
2.7 Reaksi Pembentukan Karbon Monoksida	15
2.8 Penyebaran Karbon Monoksida di Udara	16
2.9 Pengaruh Karbon Monoksida.....	17
2.10 Standar Konsentrasi Karbon Monoksida	20
2.11 Bahan Bakar Minyak	21
2.12 BioEtanol Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak.....	22
2.13 Nilai Kalor Bahan Bakar (Heating value)	26
2.14 Teori Pembakaran	27
2.15 Alat Penghemat BBM Hydrocarbon Crack System (HCS)	32
2.16 Gas Analyzer SPTC	34

BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Tahap Persiapan.....	36
3.2 Persiapan Alat Dan Bahan	36
3.2.1 Alat	36
3.2.2 Bahan	39
3.3 Tahap Pengujian.....	39
3.3.1 Prosedur Pengujian Emisi Gas Karbon Monoksida	41
3.3.2 Pengujian Efisiensi Bahan Bakar	41
3.4 Variabel Penelitian.....	42
3.4.1 Variabel Kontrol.....	42
3.4.2 Variabel Bebas	42
3.5 Analisis Data	43
3.6 Kerangka Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Pengujian Emisi Gas Buang.....	44
4.1.1 Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (CO)	44
4.2 Pengujian Efisiensi Bahan Bakar	49
4.2.1 Efisiensi Bahan Bakar vs Jarak Tempuh (Uji Stasioner).....	49
4.2.2 Efisiensi Bahan bakar vs Jarak Tempuh (Sesuai Kebiasaan).....	53
4.2.3 Efisiensi Biaya vs Jarak Tempuh	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efek Karbon Monoksida terhadap Kesehatan.....	19
Tabel 2.2 Pengaruh Konsentrasi COHb di Dalam Darah Terhadap Kesehatan	19
Tabel 2.3 Standar Konsentrasi Maksimum Karbon Monoksida	20
Tabel 2.4 Karakteristik Gasoline dan Bioetanol.....	24
Tabel 2.5 Nilai Oktan Gasoline di Indonesia	25
Tabel 3.1 Form Pencatatan Data Uji Emisi	41
Tabel 3.2 Form Pencatatan Data Uji Stasioner.....	42
Tabel 4.1 Emisi gas Buang CO.....	44
Tabel 4.2 Prosentase Penurunan Emisi Gas Buang CO (%)	49
Tabel 4.3 Hasil Uji Efisiensi Bahan Bakar (Km)	50
Tabel 4.4 Prosentase Penghematan Biaya (Premium Rp.4500,-).....	55
Tabel 4.5 Prosentase Penghematan Biaya (Premium Rp.6500,-).....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tingkat Pembakaran Dalam Sebuah Mesin	28
Gambar 2.2 Pembakaran Campuran Udara dan Bensin.....	30
Gambar 2.3 Proses Terjadinya Detonasi	32
Gambar 2.4 Skema Pemasangan HCS	33
Gambar 2.5 Autocheck gas Analyzer.....	35
Gambar 3.1 Mesin Uji Mitsubishi Lancer SOHC.....	36
Gambar 3.2 Tabung HCS (Hydrocarbon crack system)	38
Gambar 3.3 Kerangka Penelitian	43
Gambar 4.1 Grafik Kadar CO vs Variasi Rpm.....	45
Gambar 4.2 Siklus Kerja Mesin Empat Langkah	48
Gambar 4.3 Hasil Uji Efisiensi Stasioner.....	51
Gambar 4.4 Hasil Uji Efisiensi (Sesuai Kebiasaan)	53

LAMPIRAN

Hasil Uji Emisi Gas Karbon Monoksida

Baku Mutu Kendaraan bermotor Permen LH No 5 Tahun 2006

Karakteristik Bahan Bakar

Dokumentasi Penelitian

ANALISIS PENURUNAN EMISI GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN EFISIENSI BBM PADA KENDARAAN RODA EMPAT YANG MENGGUNAKAN ALAT PENGHEMAT DAN PENAMBAHAN BIOETANOL

ABSTRAK

Peningkatan pertumbuhan ekonomi masyarakat Indonesia yang semakin maju berimplikasi terhadap jumlah kepemilikan kendaraan pribadi yang ada saat ini. Akibatnya terjadi ketidakseimbangan antara jumlah kendaraan di daerah perkotaan dengan laju pertambahan jalan yang ada di Indonesia sehingga terjadi kepadatan lalu lintas yang menyebabkan kemacetan dan pencemaran udara oleh emisi gas buang kendaraan bermotor. Salah satu emisi gas buang yang cukup signifikan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor yaitu emisi gas CO. Seiring meningkatnya kendaraan bermotor selain menyebabkan pencemaran udara berdampak pula terhadap peningkatan energi yang digunakan yaitu bahan bakar fosil. Kenyataannya cadangan dan ketersediaan minyak bumi menagalami penurunan di Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang karbon monoksida (CO) menggunakan modifikasi system bakar melalui penambahan alat penghemat BBM dan modifikasi penggunaan bahan bakar alternative bioetanol sebagai campuran bensin.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa konsentrasi CO dan efisiensi bahan bakar dari mesin uji melalui variasi pencampuran bioetanol dengan bensin dan penambahan alat penghemat BBM Hidrokarbon Crack Sistem (HCS). Adapun variasi bahan bakar yang digunakan yaitu bahan bakar premium, premium-HCS, premium-bioetanol (E-5, E-10, E-15, E-20), dan kombinasi pencampuran premium-bioetanol dengan penghemat BBM (E-5+HCS, E-10+HCS, E-15+HCS, E-20+HCS). Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental yang hasilnya akan dianalisis dalam bentuk deskriptif kemudian dijelaskan dalam bentuk grafik dan penjelasan sederhana yang mudah dipahami.

Metode pengujian emisi dilakukan menggunakan alat gas analyzer menggunakan putaran rendah sampai putaran tertentu yaitu dari 1000 rpm – 3000 rpm dengan rentang 500 rpm. Untuk pengujian efisiensi bahan bakar dilakukan pada kondisi nyata dengan unjuk kerja kendaraan uji di jalan tol dengan kecepatan konstan 50 km/jam dan volume bahan bakar sebanyak 1 liter.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seiring meningkatnya pencampuran bioetanol pada bahan bakar menunjukkan penurunan emisi gas CO dan meningkatkan efisiensi bahan bakar. Begitu pula dengan pemakaian alat penghemat HCS menunjukkan penurunan emisi gas CO dan meningkatkan efisiensi bahan bakar terhadap jarak tempuh. Didapatkan konsentrasi emisi gas buang CO terendah pada putaran 2000 rpm menggunakan bahan bakar E-20+HCS yaitu 0,04 % CO dengan prosentase efisiensi penurunan konsentrasi CO dibandingkan dengan bahan bakar premium biasa sebesar 98,9%. Pengujian efisiensi bahan bakar terbaik menggunakan bahan bakar E-20+HCS dengan menempuh jarak sejauh 16 km dalam 1 liter volume bahan bakar. Dari segi efisiensi biaya, penggunaan E-20 pada bahan bakar dapat menghemat biaya sebesar 54,08% dibandingkan menggunakan bahan bakar premium biasa.

Keyword : Emisi CO; Hidrokarbon Crack System; Bioetanol; Uji emisi ; Uji efisiensi.

REDUCTION ANALYSIS OF CARBON MONOXIDE (CO) GAS EMISSION AND FUEL EFFICIENCY IN THE FOUR WHEEL VEHICLES WITH THE SAVING FUEL DEVICE AND THE USING BLENDS OF GASOLINE WITH BIOETHANOL

ABSTRACT

Indonesian economic growth makes implications for the increasing number of private vehicle ownership available today. As a result there is imbalance between the number of vehicles in the urban areas with the rate of expansion of the existing road in Indonesia. So the density of traffic is causing traffic congestion and air pollution by exhaust gas emissions of a motor vehicle. One of exhaust gas emissions produced significant of the motor vehicle emissions is Carbon Monoxide Gas. Increasing number of vehicles followed the increasing number of fuel consumption. In fact, the availability of petroleum fuel increasing decline. Fuel derived from petroleum can not be renewable. This study was conducted to reduce fuel consumption and exhaust gas emissions of carbon monoxide (CO) using a modified fuel system through the addition of fuel-saving devices and modification of the use of bioethanol as an alternative fuel blend of gasoline.

The purpose of this study was to analyze the concentrations of CO and fuel efficiency through the use of four-wheeled vehicles by the variation of fuel blends and the addition instrument Hydrocarbon Crack System (HCS). The variation of the fuel used premium fuel, premium-HCS, premium-bioethanol (E-5, E-10, E-15, E-20), and a combination of premium-bioethanol blending with fuel saver (E-5 + HCS, E-10+HCS, E-15 + HCS, HCS + E-20). This research is an experimental study whose results will be analyzed in the form of descriptive then described in the form of charts and simple explanations that can be easy to understand by other.

The emission test method using a gas analyzer by condition of measurement from low rotation to certain round, which is from 1000 rpm - 3000 rpm in 500 rpm increase range. For fuel efficiency testing conducted on the performance of the real condition of the test vehicle on the highway at a constant speed of 50 km / h and 1 litre fuel as volume control.

The test results showed that with increasing blending of bioethanol in fuel showed a decrease in CO emissions and improving fuel efficiency. Similarly, the use of HCS saving devices showed reduced CO emissions and improve fuel efficiency for mileage. The lowest concentration of CO emissions at 2000 rpm rotation using E-20+HCS whose value of concentration is 0,04% CO. The percentage of CO concentration compared with regular premium fuel by 98.9% decrease. The Best fuel efficiency testing using E-20 fuel + HCS with a distance of 16 km in 1 liter of fuel volume. In terms of cost efficiency, the use of E-20 fuel can save as much as 54.08% efficiency better than using regular premium fuel.

Key word : CO emissions; Hydrocarbons Crack System; Bioethanol; emissions test; efficiency test.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan pertumbuhan ekonomi masyarakat Indonesia yang semakin maju berimplikasi terhadap jumlah kepemilikan kendaraan pribadi yang ada saat ini. Pembatasan jumlah kendaraan pribadi sampai saat ini tidak bisa dilakukan oleh pemerintah karena kepemilikan kendaraan pribadi adalah hak asasi masing-masing individu. Akibatnya terjadi ketidakseimbangan antara jumlah kendaraan di daerah perkotaan dengan laju pertumbuhan jalan yang ada di Indonesia sehingga terjadi kepadatan lalu lintas yang menyebabkan kemacetan dan pencemaran udara oleh emisi gas buang kendaraan bermotor. Emisi gas buang tersebut antara lain mengandung CO, SO₂, NO_x, partikulat, Pb dan berbagai jenis debu. Sumber-sumber pencemar lainnya adalah pembakaran sampah, proses industri, pembuangan limbah yang dari kesemuanya itu mengandung zat pencemar sebesar 60 % terdiri atas karbon monoksida dan sekitar 15 % terdiri dari hidrokarbon (Fardiaz,1992).

Pencemaran udara, terutama di kota-kota besar di dunia dan Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, Bandung dan Medan telah menyebabkan menurunnya kualitas udara sehingga mengganggu kenyamanan bahkan telah menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan serta keseimbangan iklim global. Menurunnya kualitas udara tersebut terutama disebabkan karena penggunaan bahan bakar fosil untuk sarana transportasi dan industri yang umumnya terpusat di kota-kota besar, disamping kegiatan rumah tangga dan kebakaran hutan dan kebakaran lahan.

Dampak negatif akibat menurunnya kualitas udara cukup berat terhadap lingkungan terutama kesehatan manusia yaitu dengan menurunnya fungsi paru, peningkatan penyakit pernapasan, dampak karsinogen dan beberapa penyakit lainnya. Selain itu pencemaran udara dapat menimbulkan bau, kerusakan materi, gangguan penglihatan dan dapat menimbulkan hujan asam yang merusak lingkungan.

Kendaraan bermotor menghasilkan 85% dari seluruh pencemaran udara yang terjadi. Kendaraan bermotor merupakan pencemar bergerak yang menghasilkan pencemar CO, hidrokarbon yang tidak terbakar sempurna, NO_x, SO_x, Pb dan partikel. Sebuah kendaraan dari proses bekerjanya dapat menghasilkan polutan berupa gas Carbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Nitrogen oksida (NO_x), Sulfur Oksida (SO₂) dan Timbal (Pb) yang sering disebut sebagai polutan primer. Salah satu polutan udara yang berbahaya dan sangat dominan jumlahnya adalah gas Carbon Monoksida yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan udara motor bensin yang tidak sempurna (Wardhana, 2004).

Dari seluruh emisi gas buang yang dikeluarkan dari sumber kendaraan bermotor, persentasi emisi gas buang CO (Carbon Monoksida) cukup signifikan mencapai 60% dan termasuk jenis gas yang sangat berbahaya karena bisa mengakibatkan kematian bagi yang menghirupnya. (Bachrun, 1993).

Peningkatan polusi udara dari sektor transportasi memang signifikan seiring bertambahnya jumlah kendaraan bermotor. Sehingga berdampak pula pada kehidupan dan lingkungan saat ini. Mulai dari polusi udara sampai pada pemakaian bahan bakar fosil yang semakin lama permintaannya yang semakin besar. Meningkatnya penduduk bumi berbanding lurus dengan pemanfaatan energi yang digunakan untuk keperluan sehari-hari ataupun industri. Pemanfaatan energi tersebut terutama energi yang tidak dapat diperbaharui secara berlebihan dapat meningkatkan masalah krisis energi. Salah satu gejala krisis energi yang terjadi akhir-akhir ini yaitu kelangkaan bahan bakar minyak, seperti minyak tanah, bensin dan solar. Kelangkaan tersebut terjadi karena seiring kebutuhan bahan bakar minyak BBM sangat tinggi dan selalu meningkat. Sementara itu minyak bumi sebagai bahan baku yang digunakan dalam BBM jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Cadangan energi fosil kita semakin hari semakin berkurang, sedangkan kebutuhannya terus meningkat. Cadangan minyak bumi dan gas bumi di Indonesia diperkirakan tidak akan berumur lebih dari 25 tahun. Tanpa penemuan cadangan baru, diperkirakan cadangan yang ada

hanya cukup untuk konsumsi selama 18 tahun untuk minyak bumi, 50 tahun untuk gas bumi dan 150 tahun untuk batu bara. (Saparudin,2007).

Fakta ini membuka peluang penggunaan energi terbarukan seperti biodiesel, bioetanol sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Selain semakin menipisnya jumlah cadangan bahan bakar fosil, alasan penting lain untuk mengurangi penggunaannya adalah masalah kerusakan lingkungan, harga yang terus melambung, dan beban subsidi yang semakin besar.

Pemerintah kembali akan mengurangi anggaran untuk subsidi BBM sehingga akan berdampak terhadap kenaikan harga BBM. Kenaikan harga BBM ini tentunya berdampak terhadap peningkatan harga barang konsumsi sehingga pada gilirannya akan berdampak terhadap daya beli dan kesejahteraan keluarga. Kebijakan peningkatan harga BBM tentunya merupakan hal yang sulit bagi pemerintah karena bukan merupakan kebijakan yang populis menjelang pemilu 2014.

Sudah saatnya Indonesia mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dengan mengembangkan sumber energi alternatif terbarukan seperti biodiesel maupun bioetanol sebagai substitusi maupun pengganti bahan bakar fosil. Bahan bakar yang berasal dari bioenergi merupakan alternatif yang memiliki prospek sangat baik bukan hanya dilihat dari harga minyak bumi dunia yang semakin melonjak melainkan dilihat pula dari keterbatasan produksi minyak bumi di Indonesia.

Didasarkan pada permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian eksperimental untuk membuktikan solusi yang diharapkan bisa diterapkan masyarakat pada khususnya di Kota Semarang dengan judul : **“Analisis Penurunan Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) Dan Efisiensi BBM Pada Kendaraan Roda Empat Yang Menggunakan Alat Penghemat Dan Pencampuran Bioetanol”** agar masyarakat dapat membantu pemerintah setidaknya untuk mengurangi emisi kendaraan dan penghematan BBM bersubsidi yang akan segera dibatasi.

1.2. Perumusan Masalah

Seiring bertambahnya jumlah penduduk yang semakin meningkat, bertambah pula tingkat kepemilikan kendaraan bermotor sehingga mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar minyak dan peningkatan polusi udara yang signifikan. Untuk mengontrol atau mengurangi polutan udara dari kendaraan bermotor (*internal combustion engine*) dapat dilakukan dengan cara modifikasi pada mesin, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya dan modifikasi pada saluran gas buang. (Irawan, 2001). Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan upaya untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang karbon monoksida (CO) menggunakan modifikasi sistem bakar melalui penambahan alat penghemat BBM dan substitusi penggunaan bahan bakar dengan pencampuran bioetanol dengan bahan bakar fosil sebagian atau seluruhnya.

Adapun rumusan masalah penelitian dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapa konsentrasi emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dari mesin uji sebelum dan sesudah dicampur dengan bioetanol pada bensin?
2. Berapa konsentrasi emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dari mesin uji dengan penambahan modifikasi alat penghemat BBM?
3. Berapa konsentrasi emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dari mesin uji dengan kombinasi penambahan modifikasi alat penghemat BBM dan pencampuran bioetanol?
4. Berapa efisiensi penggunaan bahan bakar dari mesin uji sebelum dan setelah ditambahkan pencampuran variasi bioetanol pada bensin?
5. Berapa efisiensi penggunaan bahan bakar dari mesin uji setelah penambahan alat penghemat BBM?
6. Berapa efisiensi penggunaan bahan bakar dari mesin uji setelah dengan penambahan alat penghemat BBM dan pencampuran bioetanol pada bensin?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk

:

1. Menganalisa konsentrasi emisi gas Karbon Monoksida (CO) dari mesin uji sebelum dan setelah pencampuran variasi bioetanol pada bensin
2. Menganalisa konsentrasi emisi gas Karbon Monoksida (CO) dari mesin uji setelah penambahan modifikasi alat penghemat BBM.
3. Menganalisa konsentrasi emisi gas Karbon Monoksida (CO) dari mesin uji dengan kombinasi pencampuran bioetanol pada bensin dan penambahan modifikasi alat penghemat BBM.
4. Menguji seberapa besar efisiensi penggunaan bahan bakar dari mesin uji sebelum dan setelah ditambahkan pencampuran variasi bioetanol pada bensin.
5. Menguji seberapa besar efisiensi penggunaan bahan bakar dari mesin uji setelah penambahan modifikasi alat penghemat BBM
6. Menguji seberapa besar efisiensi penggunaan bahan bakar dari mesin uji dengan kombinasi pencampuran variasi bioetanol pada bensin dan penambahan modifikasi alat penghemat BBM.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diambil dari hasil penelitian ini adalah di bidang ilmu pengetahuan, penelitian ini diharapkan dapat berperan sebagai sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang efisiensi energy melalui diversifikasi energy, sehingga dapat mengurangi kebutuhan BBM, khususnya Premium, dan menciptakan teknologi berwawasan Lingkungan.

Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan memberi masukan atau gambaran atau motivasi kepada masyarakat petani pada khususnya dalam usaha memanfaatkan lahan kosong untuk areal penanaman bahan baku etanol untuk solusi alternatif dalam penghematan BBM dan pengurangan polusi udara sehingga dapat meningkatkan keuntungan bagi masyarakat dan lingkungan

melalui pemanfaatan etanol sebagai campuran premium karena merupakan bahan bakar nabati yang dapat diperbaharui sehingga diharapkan berujung pada penciptaan lapangan kerja dari pembuatan bioetanol.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

1. Bioetanol yang digunakan adalah bioetanol yang berbahan baku ubi kayu yang sudah tersedia sehingga tidak mencakup pembuatan bioetanol dan tidak mencakup pada reaksi kimia dan fisika.
2. Mesin Uji yang digunakan adalah mobil pribadi mesin bensin 4-langkah dengan 4-silinder yang memiliki kapasitas 1600cc.
3. Alat penghemat bbm yang digunakan adalah HCS (*Hidrokarbon Crack System*) yang dijual di pasaran.
4. Parameter emisi gas buang mesin uji yang diamati adalah gas karbon Monoksida (CO)
5. Alat uji yang digunakan untuk mengetahui komposisi emisi gas buang mesin uji adalah “ *Autocheck Gaz Analyzer SPTC*”.
6. Pada pengujian pengamatan emisi gas buang dilakukan variasi putaran yang meliputi variasi putaran : 1000-rpm,1500-rpm,2000-rpm,2500-rpm,3000-rpm.
7. Pada pengujian efisiensi bahan bakar dilakukan kontrol kecepatan 50km/jam.
8. Variasi pencampuran Etanol Pada bensin yaitu sebesar 5%,10%,15%,20%. Artinya dalam 1 liter bensin jika nilai etanol 10% maka komposisinya 100ml etanol dan 900ml bensin.
9. Perbandingan nilai kalor bahan bakar dilihat dari studi literatur yang ada.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pemahaman pembaca dalam tulisan ini, maka dilakukan pembagian bab berdasarkan isi laporan. Tulisan ini disusun dalam lima bab yaitu ; BAB I PENDAHULUAN, berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian. BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi landasan teori yang diperoleh dari

literature untuk mendukung penelitian. BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi peralatan dan bahan yang digunakan untuk pengujian, dan metode pengujian. BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN, berisi data hasil pengujian dan analisa terhadap data hasil pengujian. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan dari hasil analisis pengujian dan saran-saran.