

**PEMANFAATAN BIOPERTALITE TERHADAP  
EFISIENSI BBM DAN PENURUNAN EMISI GAS CO & CO<sub>2</sub>  
PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA EMPAT**



**TESIS**

**Ridwan Iskandar**

**30000120420041**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN**

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2023**

TESIS

PEMANFAATAN BIOPERTALITE TERHADAP  
EFISIENSI BBM DAN PENURUNAN EMISI GAS CO & CO<sub>2</sub>  
PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA EMPAT

Disusun oleh

**Ridwan Iskandar**

**30000120420041**

Mengetahui,  
Komisi Pembimbing

Pembimbing Kesatu

Pembimbing Kedua



**Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU**

**Prof. Dr. Ing. Suherman, S.T., M.T.**

Dekan Sekolah Pascasarjana

Universitas Diponegoro



**Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum.**

Ketua Program Studi

Magister Ilmu Lingkungan



**Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T.**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN BIOPERTALITE TERHADAP  
EFISIENSI BBM DAN PENURUNAN EMISI GAS CO & CO<sub>2</sub>  
PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA EMPAT

Disusun oleh

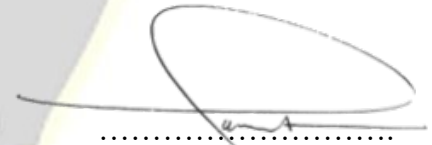
**Ridwan Iskandar**  
**30000120420041**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada Tanggal 31 Januari 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

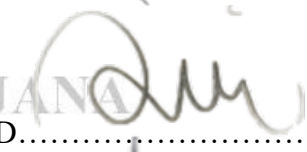
Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Tanda tangan

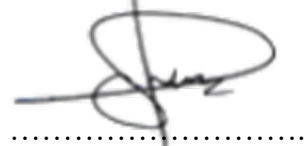


Anggota

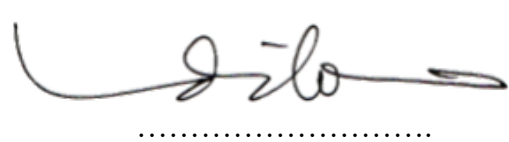
1. Prof. Mochamad Arief Budihardjo, S.T., M.Eng., Env.Eng., Ph.D.....



2. Prof. Dr. Ing. Suherman, S.T., M.T.



3. Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU



## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Studi Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya *plagiat* dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, 10 Februari 2023



Ridwan Iskandar  
3000120420041

SEKOLAH PASCASARJANA

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan kelahiran Cimahi-Bandung pada tanggal 20 Januari 1987. Penulis merupakan putra pertama dari tiga bersaudara dari ayah yang bernama Iskak dan ibu bernama Sri Susilowati. Penulis mengenyam pendidikan yaitu sekolah dasar di SD Widyawan I Cimahi pada tahun 1993-1999. Penulis menamatkan sekolah lanjutan tingkat pertama di SLTP Negeri 1 Cimahi pada tahun 2002, dan kemudian dinyatakan lulus dari SMA Negeri 4 Bandung pada tahun 2005. Penulis lalu melanjutkan pendidikan tinggi pada bulan Agustus 2005 di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Kimia di Institut Teknologi Bandung (ITB) dengan menempuh masa studi 4 tahun dan dinyatakan lulus pada Juli 2009.

Setelah lulus dari kuliah, pada akhir tahun 2009 penulis bekerja sebagai internship di PT. ConocoPhillips Indonesia dan pada tahun 2010 bekerja di PT. Aditya Nugraha Pratama. Selanjutnya pada bulan Mei tahun 2011 penulis diterima dan bekerja pada bidang HSSE (*Health, Safety, Security, and Environment*) di perusahaan minyak dan gas bumi yaitu di PT. Pertamina EP dengan penempatan yaitu di Field Sangatta, Kalimantan Timur selama 6,5 tahun dan pada tahun 2018 bertugas di Field Ramba, Sumatera Selatan selama 3 tahun. Kemudian mulai tahun 2021 penulis bertugas di PT. Pertamina Hulu Energi Siak yang terletak di Provinsi Riau, Sumatera.

Pada bulan Januari 2021, penulis melanjutkan pendidikan S-2 pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana di Universitas Diponegoro, Semarang. Tesis yang disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan program S-2 adalah **"Pemanfaatan Biopertalite terhadap Efisiensi BBM dan Penurunan Emisi Gas CO & CO<sub>2</sub> pada Kendaraan Bermotor Roda Empat"**. Tesis telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 31 Januari 2023 dan dinyatakan lulus pada tanggal 10 Februari 2023.

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, izinkan penulis menyampaikan rasa syukurnya kepada Allah SWT, atas berkah karunia serta hidayah-Nya, sehingga tesis ini dapat disusun, ditulis, dan diselesaikan dengan judul “Pemanfaatan Biopertalite terhadap Efisiensi BBM dan Penurunan Emisi Gas CO & CO<sub>2</sub> pada Kendaraan Bermotor Roda Empat” sebagai pemenuhan syarat kelulusan pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana di Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis juga menyadari bahwa tanpa berbagai sokongan dan saran dari berbagai pihak, tesis ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, perkenankan penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Dr. R. B. Sularto, S.H., M. Hum., selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro dan Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T., selaku Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro;
2. Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU, dan Prof. Dr. Ing. Suherman, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing yang telah memberi arahan serta bimbingan dengan sabar dan bijaksana dalam proses penyusunan tesis ini;
3. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA dan Prof. Mochamad Arief Budihardjo, S.T., M.Eng., Env.Eng., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, ujian, dan saran kepada penulis yang pada akhirnya membuat penulisan tesis ini dapat menjadi lebih baik lagi;
4. Orang tua tercinta yaitu Bapak Iskak dan Ibu Sri Susilowati yang telah memberikan segalanya dan mendoakan tanpa henti demi kelancaran studi. Terima kasih kepada adik-adikku Agung Dwi Susanto dan Diannisa Septiana yang selalu mendukung dan menjadi inspirasi untuk selalu berkarya;
5. Istri tercinta yaitu Fariha Ainun Azkia, ketiga anak-anakku tersayang yaitu Arkhan, Hanin, dan Asma, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan semangat, doa, dan dukungan kepada penulis;
6. Rekan-rekan MIL Angkatan 61 dan Bapak Hastomo yang sudah banyak membantu dalam menyelesaikan penulisan tesis ini;
7. Berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu. Semoga bantuan dan dukungan semua pihak mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Penulis mengakui penulisan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penulisan maupun isi materi dan pembahasan. Oleh karenanya, penulis memohon maaf dan penulis dengan senang hati menerima kritik maupun masukan yang dapat meningkatkan kualitas tesis ini demi perbaikan dan penyempurnaan. Penulis sangat bersyukur jika tesis ini dapat bermanfaat bagi dunia akademik, masyarakat luas, serta negara tercinta Republik Indonesia, khususnya dalam bidang energi terbarukan dan pencegahan pencemaran lingkungan. Terima kasih.

Semarang, 10 Februari 2023



Ridwan Iskandar



SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR ISI

TESIS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
BIODATA PENULIS .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Pengertian Dasar Pencemaran Udara.....	5
2.2. Penyebab Pencemaran Udara .....	6
2.3. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor .....	7
2.4. Komposisi dan Perilaku Gas Buang Kendaraan Bermotor .....	7
2.5. Gas Karbon Monoksida (CO) .....	8
2.6. Gas Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	9
2.7. Bahan-Bahan Pencemar Gas Buang Kendaraan Bermotor .....	9



2.8.	Sumber Karbon Monoksida (CO) .....	10
2.9.	Reaksi Pembentukan Karbon Monoksida .....	12
2.10.	Penyebaran Karbon Monoksida di Udara.....	13
2.11.	Pengaruh Karbon Monoksida .....	14
2.12.	Standar Konsentrasi Karbon Monoksida.....	15
2.13.	Bahan Bakar Pertalite .....	16
2.14.	Bioetanol.....	17
2.15.	Bioetanol sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak.....	18
2.16.	Nilai Kalor Bahan Bakar (Heating Value) .....	20
2.17.	Motor Bakar Torak .....	22
2.18.	Prinsip Pembakaran Bahan Bakar .....	25
2.19.	Emisi Kendaraan Bermotor .....	26
2.20.	<i>Gas Analyzer</i> .....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		34
3.1.	Tahap Persiapan .....	34
3.2.	Persiapan Alat dan Bahan .....	34
3.2.1.	Alat.....	34
3.2.2.	Bahan .....	35
3.3.	Tahap Pengujian.....	35
3.3.1.	Prosedur Pengujian Emisi Gas CO dan CO <sub>2</sub> .....	35
3.3.2.	Pengujian Efisiensi Bahan Bakar.....	39
3.4.	Variabel Penelitian .....	39
3.4.1.	Variabel Kontrol .....	39
3.4.2.	Variabel Bebas .....	39
3.4.3.	Analisis Data.....	40
3.4.4.	Kerangka Penelitian.....	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	42
4.1. Pengujian Emisi Gas Buang.....	42
4.2.1. Kadar Emisi Gas Karbon Monoksida (CO).....	42
4.2.2. Kadar Emisi Gas Hidrokarbon (HC).....	44
4.2.3. Kadar Emisi Gas Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	46
4.2. Pengujian Efisiensi Bahan Bakar .....	49
4.2.1. Efisiensi Bahan Bakar terhadap Jarak Tempuh .....	49
4.2.2. Efisiensi Biaya terhadap Jarak Tempuh.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	59
Lampiran 1. Hasil Uji Laboratorium .....	59
Lampiran 2. Tabel Hasil Pengukuran Emisi Kendaraan.....	62
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	64
Lampiran 4. Hasil Print Out Pengujian Hasil Emisi Kendaraan.....	79
Lampiran 5. Publikasi Jurnal Terindeks SINTA-2 .....	85

SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Sifat Kimia dan Fisik Etanol dengan Bahan Bakar Fosil .....	2
Tabel 2. Pengaruh Kesehatan Manusia terhadap Konsentrasi COHb Dalam Darah .....	15
Tabel 3. Standar Konsentrasi Maksimum Karbon Monoksida (World Health Organization, 2021) .....	15
Tabel 4. Angka Kandungan Oktan di Indonesia .....	20
Tabel 5. Spesifikasi Instrument Analisa <i>Automotive Emission Analyzer QROTECH Type QRO-402</i> (Manuals Library) .....	33
Tabel 6. Pencatatan Data Pengujian Emisi Gas CO .....	38
Tabel 7. Pencatatan Data Pengujian Emisi Gas HC .....	38
Tabel 8. Pencatatan Data Pengujian Emisi Gas CO <sub>2</sub> .....	38
Tabel 9. Pencatatan Data Pengujian Efisiensi Bahan Bakar .....	39
Tabel 10. Kadar CO dalam Emisi Gas Buang .....	62
Tabel 11. Kadar HC dalam Emisi Gas Buang .....	62
Tabel 12. Kadar CO <sub>2</sub> dalam Emisi Gas Buang .....	62
Tabel 13. Massa Emisi CO <sub>2</sub> .....	62
Tabel 14. Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar terhadap Jarak Tempuh .....	63
Tabel 15. Efisiensi Biaya BBM (Harga Awal Pertalite Rp.7.650) .....	63
Tabel 16. Efisiensi Biaya BBM (Harga Terbaru Pertalite Rp.10.000) .....	63
Tabel 17. Efisiensi Biaya BBM (Harga Keekonomian Pertalite Rp. 14.450) .....	63

SEKOLAH PASCASARJANA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peningkatan Kendaraan Bermotor 2018–2020 .....	1
Gambar 2. Proses Produksi Bioetanol .....	17
Gambar 3. <i>Separate Hydrolysis and Co-Fermentation</i> (SHCF) (Edeh, 2020).....	18
Gambar 4. Ilustrasi Siklus Motor Bakar pada Mesin 4 Langkah (Shahid, Ko, & Kwon, 2020) .....	25
Gambar 5. Korelasi <i>Air-Fuel Ratio</i> Terhadap Konsumsi Tenaga Mesin & bahan bakar (Pullkrabek, 1997).....	27
Gambar 6. <i>Automotive Emission Analyser QROTECH Type QRO-402</i> .....	32
Gambar 7. Mobil Minibus Suzuki Carry ST100 Tahun 1994 .....	34
Gambar 8. Diagram Alur Pengujian Emisi Gas Mesin Bakar .....	37
Gambar 9. Kerangka Konsep Penelitian.....	40
Gambar 10. Kerangka Penelitian .....	41
Gambar 11. Grafik Kadar Konsentrasi CO terhadap Putaran Mesin dan Variasi Bahan Bakar .....	42
Gambar 12. Uji coba Biopertalite pada mesin uji sebelumnya (Sebayang, et al., 2020).....	43
Gambar 13. Grafik Kadar Konsentrasi HC terhadap Variasi Bahan Bakar dan Putaran Mesin .....	45
Gambar 14. Perbandingan Konsentrasi Emisi HC rpm (Octaviani, Irsyad, & Reksowardjojo, 2010) .....	45
Gambar 15. Grafik Kadar Konsentrasi CO <sub>2</sub> terhadap Variasi Bahan Bakar dan Putaran Mesin .....	47
Gambar 16. Grafik Massa Emisi CO <sub>2</sub> terhadap Variasi Bahan Bakar dan Rotasi Mesin.....	48
Gambar 17. Perbandingan Konsentrasi Emisi CO <sub>2</sub> rpm (Octaviani, Irsyad, & Reksowardjojo, 2010) .....	48
Gambar 18. Grafik Hasil Pengujian Efisiensi Bahan Bakar terhadap Jarak Tempuh .....	50
Gambar 19. Perbandingan rata-rata konsumsi bahan bakar (Ubaidillah, Priangkoso, & Darmanto, 2021) .....	50
Gambar 20. Grafik Hasil Pengujian Efisiensi Biaya terhadap Jarak Tempuh.....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Laboratorium .....	59
Lampiran 2. Tabel Hasil Pengukuran Emisi Kendaraan.....	62
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	64
Lampiran 4. Hasil Print Out Pengujian Hasil Emisi Kendaraan.....	79
Lampiran 5. Publikasi Jurnal Terindeks SINTA-2 .....	85



SEKOLAH PASCASARJANA

## ABSTRAK

Emisi gas karbon monoksida (CO) serta gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) telah menjadi fokus permasalahan yang harus dihadapi sebab mengandung substansi beracun yang membahayakan manusia serta berkontribusi pada pemanasan global melalui efek gas rumah kaca. Kendaraan dengan mesin pembakaran internal, khususnya kendaraan roda empat, merupakan kontributor terbesar sebab menyumbang hingga 71.000.000 metrik ton emisi CO<sub>2</sub> nilai energi yang dikonsumsi memiliki aproksimasi sekitar 179 juta sbm (setara barel minyak) di Indonesia. Oleh sebab itu, solusi yang adalah pemanfaatan Bioetanol.

Bioetanol bernilai oktan >100 yang mana lebih tinggi dibanding bensin yang berkisar antara 91-96. Selain itu, kontribusi emisi dari bioetanol hanya sebesar 0.02 kg/L, lebih rendah dibanding bensin (2.23 kg/L). Oleh sebab itu, produk campuran antara bensin dan bioetanol merupakan solusi yang diajukan dalam studi ini. Produk campuran ini dibagi menjadi 6 produk, yaitu E-0, E-5, E-10, E-15, E-20, dan E-25 yang masing-masing memiliki nilai persentase campuran bioetanol yang berbeda (0 – 25%). Studi ini dilakukan melalui uji mesin dengan nilai rpm berbeda (500 rpm – 2500 rpm) untuk mengidentifikasi konsentrasi dan massa emisi CO<sub>2</sub>, efisiensi BBM, dan efisiensi biaya.

Untuk mengurangi emisi gas, campuran antara bioetanol dan BBM, khususnya Peralite, diajukan sebagai solusi pada permasalahan ini. Dari hasil uji, produk ini berhasil menurunkan emisi CO hingga 86% dan emisi CO<sub>2</sub> hingga 30.6% dari produk Peralite (E-0). Penambahan bioetanol dalam Peralite dapat meningkatkan efisiensi BBM dalam 1 liter hingga 51.76% dan efisiensi biaya hingga 33.6% dengan mempertimbangkan harga produk Peralite aktual sebesar Rp 10.000,- /liter. Oleh sebab itu, produk yang diajukan bisa menjadi solusi atas permasalahan yang ada.

Studi ini membahas mengenai pemanfaatan Bio-Peralite terhadap efisiensi BBM dan pada kendaraan bermotor roda empat dalam rangka penurunan emisi gas CO dan CO<sub>2</sub> melalui variasi campuran antara produk Peralite dan Bioetanol.

**Kata Kunci:** Emisi CO, Emisi CO<sub>2</sub>, Bioetanol, Uji Emisi, Uji Efisiensi

## ABSTRACT

Emissions of carbon monoxide (CO) gas together with carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) gas are the focus of the problem that must be faced because they contain toxic substances that harm humans and contribute to global warming through the greenhouse gas effect. Motor vehicles, especially four-wheelers, are one of the biggest contributors because they contribute up to 71 million tons of CO<sub>2</sub> emissions with energy consumption of 179 million BOE (Barrel Oil Equivalent) in Indonesia. Therefore, the solution is the use of Bioethanol.

Bioethanol has an octane rating of >100, higher than gasoline (91-96). In addition, the emission contribution from bioethanol is only 0.02 kg/L, lower than gasoline (2.23 kg/L). Therefore, a mixture of gasoline and bioethanol is the solution proposed in this study. This mixed product is divided into 6 products, namely E-0, E-10, E-15, E-20, and E-25, each of which has a different percentage value of bioethanol mixture (0 – 25%). This study was conducted through engine testing with different rpm values (500 rpm – 2500 rpm) to identify the concentration and mass of CO<sub>2</sub> emissions, fuel efficiency, and cost efficiency.

For reducing gas emissions, a mixture of bioethanol and fuel, especially Peralite, is being promoted as a solution to tackle the problem mentioned. From test results, Peralite has succeeded in reducing CO emissions by up to 86% and CO<sub>2</sub> emissions by up to 30.6% from Peralite (E-0) products. The addition of bioethanol in Peralite can increase fuel efficiency in 1 litre up to 51.76% and cost efficiency up to 33.6% by considering the actual price of Peralite products of IDR 10,000, - /litre. Therefore, the proposed product might be the most prominent solution to the discussed problems.

This study discusses the use of Bio-Peralite for fuel efficiency and on four-wheeled motorized vehicles in order to reduce CO and CO<sub>2</sub> gas emissions through variations in the mixture of Peralite and Bioethanol products.

**Keyword:** CO Emission, CO<sub>2</sub> Emission, Bioethanol, Emission Test, Efficiency Test