

PENINGKATAN EFISIENSI PEMBAKARAN BAHAN BAKAR MINYAK (PERTALITE) DENGAN PENAMBAHAN ADITIF MINYAK ATSIRI PADA SEPEDA MOTOR DAN GENSET

IBRAHIM AHMAD



**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan tesis dengan judul “Peningkatan Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar Minyak (Pertalite) dengan Penambahan Aditif Minyak Atsiri pada Sepeda Motor dan Genset” adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Ibrahim Ahmad
NIM P0502222060

RINGKASAN

IBRAHIM AHMAD. Peningkatan Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar Minyak (Pertalite) dengan Penambahan Aditif pada Sepeda Motor dan Genset. Dibimbing oleh MOH. YANI dan MOHAMMAD KHOTIB.

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang menjadi perhatian utama di berbagai negara, termasuk Indonesia. Sektor transportasi berkontribusi besar terhadap penurunan kualitas udara melalui emisi gas buang kendaraan bermotor yang mengandung berbagai polutan, seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), dan partikulat. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor setiap tahun menyebabkan konsumsi bahan bakar semakin tinggi sehingga jumlah emisi yang dilepaskan ke atmosfer juga meningkat. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko gangguan kesehatan masyarakat, terutama penyakit pernapasan dan penyakit kronis akibat paparan pencemar udara. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengendalikan pencemaran udara, baik melalui penguatan regulasi baku mutu emisi maupun pengembangan teknologi pengendalian emisi kendaraan bermotor. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah meningkatkan kualitas proses pembakaran bahan bakar melalui penggunaan aditif, sehingga pembakaran berlangsung lebih sempurna, konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien, dan emisi gas buang dapat ditekan.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis emisi hasil pembakaran bahan bakar dengan penambahan aditif, menentukan efisiensi pembakaran pertalite dengan penambahan aditif pada kendaraan motor dan genset, menentukan konsumsi bahan bakar pertalite ketika terjadi penurunan emisi dan peningkatan efisiensi, dan menilai korelasi antara penurunan emisi terhadap efek kesehatan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu IPB menggunakan dua objek penelitian, yaitu sepeda motor *matic* 125 cc sebagai representasi sumber emisi bergerak dan genset 10 kVA sebagai representasi sumber emisi tidak bergerak. Penelitian menggunakan tiga jenis aditif, yaitu Bardahl, Lupromax, dan IPB-eMReTe, dengan variasi konsentrasi sebesar 0,25%; 0,5%; 0,75%; dan 1% yang dicampurkan ke dalam Pertalite. Pengujian dilakukan pada dua kondisi operasi mesin, yaitu kondisi *idle* (800–1500 rpm) dan kondisi beban (>3000 rpm). Parameter emisi yang diukur meliputi karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO₂). Pengukuran CO, CO₂, dan HC dilakukan menggunakan Automotive Gas Analyzer, sedangkan NO_x dan SO₂ diukur menggunakan Flue Gas Analyzer sesuai metode SNI 09-7118.3-2005. Seluruh pengujian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk setiap perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aditif secara umum mampu meningkatkan kualitas proses pembakaran pada sepeda motor maupun genset. Peningkatan kualitas pembakaran ditunjukkan oleh meningkatnya konsentrasi CO₂ sebagai indikator pembakaran sempurna serta menurunnya konsentrasi CO sebagai hasil pembakaran tidak sempurna. Pada sepeda motor, efisiensi pembakaran meningkat dari kisaran sekitar 67–73% pada kondisi beban tanpa aditif menjadi lebih dari 90% setelah penambahan aditif. Aditif IPB-eMReTe menunjukkan peningkatan efisiensi pembakaran terbaik pada kondisi beban dengan



nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,847, diikuti Lupromax sebesar 0,796 dan Bardahl sebesar 0,673. Pada genset, peningkatan efisiensi pembakaran juga terjadi baik pada kondisi *idle* maupun beban, dengan efisiensi pembakaran mencapai lebih dari 90% pada konsentrasi aditif 0,75–1%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan aditif mampu meningkatkan homogenitas campuran udara dan bahan bakar sehingga proses oksidasi berlangsung lebih sempurna.

Penambahan aditif juga memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan emisi gas buang. Pada sepeda motor, IPB-eMReTe menunjukkan efektivitas tertinggi dalam menurunkan emisi karbon monoksida (CO), yaitu sebesar 89,33%, diikuti Lupromax sebesar 84,99%, dan Bardahl sebesar 76,01%. Untuk emisi hidrokarbon (HC), Lupromax memberikan penurunan terbesar sebesar 92,03%, diikuti Bardahl sebesar 87,47%, dan IPB-eMReTe sebesar 86,91%. Seluruh perlakuan juga menunjukkan kecenderungan menurunkan emisi NO_x pada sepeda motor maupun genset, meskipun besarnya penurunan tidak sebesar CO dan HC karena pembentukan NO_x lebih dipengaruhi oleh temperatur pembakaran. Hasil uji statistik menggunakan uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa penggunaan aditif memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan perlakuan tanpa aditif pada sebagian besar parameter emisi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan aditif mampu meningkatkan kualitas pembakaran sekaligus menurunkan pembentukan polutan hasil pembakaran tidak sempurna.

Pengurangan konsentrasi polutan tersebut berdampak langsung terhadap penurunan risiko kesehatan masyarakat. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dilakukan dengan beberapa perbedaan waktu pajanan (1, 3, dan 8 jam) dan menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa penggunaan aditif nilai Risk Quotient (RQ) masing-masing sebesar 0,01; 0,04 dan 0,12 untuk CO, 0,49; 1,48 dan 3,95 untuk HC, dan 0,003; 0,01; dan 0,02 untuk NO₂. Nilai RQ HC yang melebihi satu mengindikasikan adanya potensi risiko kesehatan nonkarsinogenik akibat pajanan hidrokarbon. Setelah dilakukan simulasi penggunaan aditif IPB-eMReTe 1%, nilai RQ menurun menjadi 0,002; 0,005 dan 0,01 untuk CO, 0,06; 0,19; dan 0,52 untuk HC, dan 0,002; 0,005; 0,01 untuk NO₂. Penurunan ini menunjukkan bahwa penggunaan aditif mampu menekan tingkat pajanan polutan secara nyata.

Penurunan emisi tersebut selanjutnya berpengaruh terhadap estimasi dampak kesehatan dan valuasi ekonomi. Berkurangnya konsentrasi polutan menyebabkan penurunan jumlah kasus gangguan kesehatan yang diperkirakan terjadi pada populasi terpapar, sehingga total kerugian ekonomi akibat pencemaran udara juga menurun. Perhitungan Total Economic Cost (TEC) menunjukkan bahwa biaya kesehatan menurun dari sekitar Rp221.468.788 pada kondisi tanpa aditif menjadi Rp192.504.576 setelah penggunaan IPB-eMReTe 1%, atau terjadi penghematan sebesar Rp28.964.212 (13,08%). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan aditif tidak hanya memberikan manfaat teknis berupa peningkatan efisiensi pembakaran dan penurunan konsumsi bahan bakar, tetapi juga memberikan manfaat lingkungan, kesehatan masyarakat, serta manfaat ekonomi melalui penurunan biaya penyakit yang berhubungan dengan pencemaran udara.

Kata kunci: aditif bahan bakar; analisis risiko kesehatan lingkungan; efisiensi pembakaran; emisi gas buang; IPB-eMReTe.

SUMMARY

IBRAHIM AHMAD. Improving the Combustion Efficiency of Fuel Oil (Pertalite) through the Addition of Additives in Motorcycles and Generator Sets. Supervised by MOH. YANI and MOHAMMAD KHOTIB.

Air pollution remains one of the major environmental challenges worldwide, including in Indonesia. The transportation sector is a major contributor to air quality deterioration through vehicle exhaust emissions containing pollutants such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), sulfur dioxide (SO₂), and particulate matter. The continuous increase in the number of motor vehicles has resulted in higher fuel consumption and consequently greater atmospheric emissions. This condition poses significant risks to public health, particularly respiratory diseases and other chronic illnesses associated with long-term exposure to air pollutants. Various strategies have been implemented to mitigate air pollution, including the enforcement of stricter emission standards and the development of vehicle emission control technologies. One promising approach is the application of fuel additives to improve combustion quality, thereby promoting more complete combustion, enhancing fuel efficiency, and reducing exhaust emissions.

The objectives of this study were to analyze exhaust emissions resulting from fuel combustion with the addition of additives, determine the combustion efficiency of Pertalite fuel with additive application in motorcycles and generator sets, determine Pertalite fuel consumption associated with emission reductions and improvements in combustion efficiency, and assess the correlation between emission reductions and health effects. The study was conducted at the IPB Integrated Laboratory using two emission sources, namely a 125 cc automatic motorcycle representing a mobile emission source and a 10 kVA gasoline-powered generator representing a stationary emission source. Three fuel additives, namely Bardahl, Lupromax, and IPB-eMReTe, were evaluated at concentrations of 0.25%, 0.50%, 0.75%, and 1.00% (v/v) blended with Pertalite gasoline. Engine performance was tested under two operating conditions: idle (800–1,500 rpm) and loaded (>3,000 rpm). Exhaust emissions of carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), and sulfur dioxide (SO₂) were measured. CO, CO₂, and HC concentrations were analyzed using an Automotive Gas Analyzer, whereas NO_x and SO₂ were measured using a Flue Gas Analyzer following the Indonesian National Standard (SNI 09-7118.3-2005). Each treatment was conducted in triplicate.

The results demonstrated that fuel additives generally improved combustion performance in both the motorcycle and the generator. Improved combustion was indicated by increased CO₂ concentrations, reflecting more complete combustion, accompanied by decreased CO concentrations, which represent incomplete combustion products. For the motorcycle, combustion efficiency increased from approximately 67–73% under loaded conditions without additives to more than 90% after additive application. IPB-eMReTe exhibited the highest improvement in combustion efficiency under loaded conditions with a coefficient of determination (R²) of 0.847, followed by Lupromax (R² = 0.796) and Bardahl (R² = 0.673). Similar



@HakCiptaDilindungi

improvements were observed in the generator under both idle and loaded conditions, with combustion efficiencies exceeding 90% at additive concentrations of 0.75–1.00%. These findings indicate that fuel additives enhanced the homogeneity of the air–fuel mixture, thereby promoting a more efficient oxidation process during combustion.

Fuel additives also significantly reduced exhaust emissions. In the motorcycle, IPB-eMReTe achieved the highest reduction in carbon monoxide emissions (88.33%), followed by Lupromax (84.99%) and Bardahl (76.01%). For hydrocarbon emissions, Lupromax produced the greatest reduction (92.03%), followed by Bardahl (87.47%) and IPB-eMReTe (86.91%). All additives also reduced NO_x emissions from both the motorcycle and the generator, although the reductions were less pronounced than those observed for CO and HC because NO_x formation is primarily governed by combustion temperature. Duncan's Multiple Range Test confirmed that additive application produced statistically significant differences compared with the control treatment for most emission parameters. These results demonstrate that fuel additives improve combustion quality while simultaneously suppressing the formation of incomplete combustion pollutants.

The reduction in pollutant concentrations directly contributes to a decrease in public health risks. An Environmental Health Risk Assessment (EHRA) was conducted using different exposure durations (1, 3, and 8 hours). Under conditions without additive application, the Risk Quotient (RQ) values were 0.01, 0.04, and 0.12 for CO; 0.49, 1.48, and 3.95 for HC; and 0.003, 0.01, and 0.02 for NO₂, respectively. HC RQ values exceeding 1 indicate a potential non-carcinogenic health risk associated with hydrocarbon exposure. Following the simulation of 1% IPB-eMReTe additive application, the RQ values decreased to 0.002, 0.005, and 0.01 for CO; 0.06, 0.19, and 0.52 for HC; and 0.002, 0.005, and 0.01 for NO₂, respectively. These reductions indicate that the application of the additive can substantially reduce the level of pollutant exposure.

The reduction in emissions subsequently affects the estimated health impacts and their economic valuation. Lower pollutant concentrations result in a decrease in the estimated number of adverse health cases among the exposed population, thereby reducing the total economic losses attributable to air pollution. The Total Economic Cost (TEC) analysis showed that health-related costs decreased from approximately IDR 221,468,788 under the condition without additive application to IDR 192,504,576 following the application of 1% IPB-eMReTe, corresponding to cost savings of IDR 28,964,212 (13.08%). These findings demonstrate that the application of the additive provides not only technical benefits through improved combustion efficiency and reduced fuel consumption, but also environmental and public health benefits, as well as economic benefits through reductions in the costs associated with air pollution-related diseases.

Keywords: combustion efficiency; environmental health risk assessment; fuel additive; IPB-eMReTe; vehicle exhaust emissions.

PENINGKATAN EFISIENSI PEMBAKARAN BAHAN BAKAR MINYAK (PERTALITE) DENGAN PENAMBAHAN ADITIF MINYAK ATSIRI PADA SEPEDA MOTOR DAN GENSET

IBRAHIM AHMAD

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada ujian Tesis: Dr. Ana Turyanti, S.Si, MT



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Tesis : Peningkatan Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar Minyak (Pertalite) dengan Penambahan Aditif Minyak Atsiri pada Sepeda Motor dan Genset
Nama : Ibrahim Ahmad
NIM : P0502222060

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M. Eng



Pembimbing 2:
Dr. Mohammad Khotib, M.Si

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Magister
Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Prof. Dr. Efi Yulianti Yovi, S.Hut, M.Life.Env.Sc
NIP. 197407241999032003
Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002



Tanggal Ujian: 4 Agustus 2026

Tanggal Pengesahan Tesis: 12 Agustus 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul "Peningkatan Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar Minyak (Pertalite) dengan Penambahan Aditif Minyak Atsiri pada Sepeda Motor dan Genset". Penyusunan tesis ini juga tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya arahan dan bimbingan dari komisi pembimbing dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, lewat kesempatan ini dengan tulus hati penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan studi di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana
2. Prof Dr. Ir. Moh. Yani, M. Eng selaku Ketua Komisi Pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu dan semangat kepada penulis.
3. Dr. Mohammad Khotib, M.Si selaku Anggota Komisi Pembimbing yang senantiasa memberikan pencerahan ilmu kepada penulis.
4. Kedua orangtua dan saudara-saudara saya untuk doa dan dukungannya kepada penulis.
5. Istri saya Astika Maharani Putri dan kedua putri saya yang telah memberikan dukungan dalam penulisan tesis.
6. Laboratorium Terpadu dan Riset unggulan IPB yang telah memberikan bantuan tempat dalam melakukan penelitian ini
7. Seluruh Dosen dan Tenaga Pendidikan PSL yang telah membantu selama penulis menyelesaikan studi di PSL.
8. Seluruh teman PSL 2022 yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada saya.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam tesis ini. Akan tetapi dengan segala kekurangan yang ada semoga tesis ini dapat memberikan sumbangan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Ibrahim Ahmad



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Kerangka Pikir	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bahan Bakar Minyak (BBM)	5
2.2 Emisi sumber bergerak (Emisi Kendaraan)	6
2.3 Aditif	8
2.4 Karakteristik Aditif IPB-eMReTe	8
2.5 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	10
2.6 Dampak kesehatan pencemaran udara	11
2.7 Penelitian terdahulu	13
III METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Variabel penelitian dan sumber data	15
3.4 Metode Pengambilan dan Analisa Data Penelitian	16
3.4.1 Pengukuran konsentrasi emisi gas buang	16
3.4.2 Pengukuran efisiensi pembakaran pada sumber emisi	17
3.4.3 Pengukuran konsumsi bahan bakar	17
3.4.4 Karakteristik risiko emisi gas buang kendaraan terhadap kesehatan	18
3.4.5 Evaluasi dampak kesehatan	19
3.4.6 Valuasi ekonomi dampak kesehatan	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Analisis emisi gas buang	22
4.1.1 Analisis emisi gas buang CO ₂	22
4.1.2 Analisis emisi gas buang karbon monoksida (CO)	23
4.1.3 Analisis emisi gas buang hidrokarbon (HC)	26
4.1.4 Analisis emisi gas buang nitrogen oxide (NO _x)	30
4.1.5 Analisis emisi gas buang sulfur dioxide (SO ₂)	33
4.2 Analisis efisiensi pembakaran	35
4.3 Pemilihan aditif yang paling efektif	38
4.4 Pengaruh penambahan aditif terhadap konsumsi bahan bakar	41
4.5 Pengaruh penambahan aditif terhadap karakteristik risiko kesehatan	43
4.6 Pengaruh penambahan aditif terhadap hasil evaluasi dampak kesehatan	47
4.7 Pengaruh penambahan aditif terhadap valuasi ekonomi	49
V. SIMPULAN DAN SARAN	52

5.1	Simpulan	52
5.2	Saran	52

DAFTAR PUSTAKA	53
----------------	----

LAMPIRAN	60
----------	----





DAFTAR TABEL

1 Spesifikasi terptentina berdasarkan SNI 7633:2011	9
2 Penelitian terdahulu	13
3 Jenis data dalam penelitian	15
4 Perbandingan jenis aditif dalam menurunkan konsentrasi emisi gas	26
5 Perbandingan jenis aditif dalam menurunkan konsentrasi emisi gas buang HC pada kendaraan bermotor	30
6 Nilai score jenis dan konsentrasi aditif	38
7 Perhitungan RQ dengan data aktual pada beberapa waktu pajanan	44
8 Perhitungan RQ dengan data penambahan aditif IPB-eMReTe 1% pada beberapa waktu pajanan	45
9 Perhitungan CR dengan data aktual	45
10 Perhitungan CR dengan penambahan aditif IPB-eMReTe	46
11 Perhitungan estimasi dampak kesehatan dengan data aktual	47
12 Perhitungan estimasi dampak kesehatan dengan penambahan aditif IPB-eMReTe 1%.	48
13 Perhitungan biaya ekonomi per kasus yang terjadi (Ci)	49
14 Perhitungan total kerugian ekonomi TEC dengan data aktual	50
15 Perhitungan total kerugian ekonomi TEC dengan penambahan aditif IPB-eMReTe 1%	50

DAFTAR GAMBAR

1 Kerangka pemikiran penelitian	4
2 Tingkat pembakaran dalam sebuah mesin (Rosid 2016)	7
3 Spektrum IR ester asam lemak (Bahadi et al. 2016)	9
4 Spektrum IR etanolamida (—) katalis NaOMe (—) katalis NaOEt (Oyerinde et al. 2016)	10
5 Tahapan kegiatan penelitian	14
6 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang CO ₂ pada sepeda motor matic 125 cc dalam keadaan idle dan beban.	23
7 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang CO ₂ pada genset dalam keadaan idle dan beban.	23
8 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang CO pada sepeda motor matic 125 cc dalam keadaan idle dan beban	24

9 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang CO pada genset dalam keadaan idle dan beban	25
10 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang HC, pada sepeda motor matic 125 cc dalam keadaan idle dan beban	27
11 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang HC, pada genset dalam keadaan idle dan beban	28
12 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang NO _x , pada sepeda motor matic 125 cc dalam keadaan idle dan beban	31
13 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang NO _x , pada genset dalam keadaan idle dan beban	32
14 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang SO ₂ pada sepeda motor matic 125 cc dalam keadaan idle dan beban	33
15 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap emisi gas buang SO ₂ pada genset dalam keadaan idle dan beban	34
16 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap efisiensi pembakaran pertalite pada sepeda motor matic 125 cc dalam keadaan idle (a) dan dengan beban (b)	36
17 Pengaruh jenis dan konsentrasi aditif terhadap efisiensi pembakaran pertalite pada genset dalam keadaan idle (a) dan dengan beban (b)	37
18 Visualisasi hasil uji aditif menggunakan kendaraan HIECE	40
19 Pengaruh penambahan aditif terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor <i>matic</i> 125 cc dalam kondisi <i>idle</i> (a) dan dengan beban (b)	42

DAFTAR LAMPIRAN

1 Foto pengujian emisi gas buang kendaraan	61
2 Uji lanjut Duncan emisi gas buang CO ₂ pada sepeda motor <i>matic</i> 125 cc	64
3 Uji lanjut Duncan emisi gas buang CO ₂ pada genset	65
4 Uji lanjut Duncan emisi gas buang CO pada sepeda motor <i>matic</i> 125 cc	66
5 Uji lanjut Duncan emisi gas buang CO pada genset	67
6 Uji lanjut Duncan emisi gas buang HC pada sepeda motor <i>matic</i> 125 cc	68
7 Uji lanjut Duncan emisi gas buang HC pada genset	69
8 Uji lanjut Duncan emisi gas buang NO _x pada sepeda motor matic 125 cc	70
9 Uji lanjut Duncan emisi gas buang NO _x pada genset	71
10 Skoring pemilihan aditif paling efektif	72