

**OPTIMASI CAMPURAN *BIOGASOLINE*, CAIRAN *WATER INJECTION*,
DERAJAT PENGAPIAN, DAN BUSI DALAM MENURUNKAN EMISI
GAS BUANG SEPEDA MOTOR DENGAN METODE TAGUCHI**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan Pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



HERLANDO

19073020/2019

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2024

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Optimasi Campuran *Biogasoline*, Cairan *Water Injection*,
Derajat Pengapian, dan Busi dalam Menurunkan Emisi
Gas Buang Sepeda Motor dengan Metode Taguchi

Nama : Herlando

NIM/TM : 19073020/2019

Fakultas : Teknik

Departemen : Teknik Otomotif

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Padang, 27 Desember 2023

Disahkan Oleh:

Pembimbing

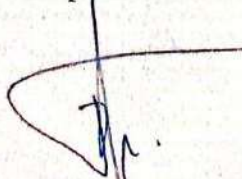


Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19840915 201012 1 006

Mengetahui:

Kepala Departemen Teknik Otomotif



Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19840915 201012 1 006

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama: Herlando

NIM: 19073020

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Departemen Teknik Otomotif

Fakultas Teknik


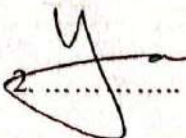

Universitas Negeri Padang

Dengan Judul

**Optimasi Campuran *Biogasoline*, Cairan *Water Injection*, Derajat Pengapian,
dan Busi dalam Menurunkan Emisi Gas Buang Sepeda Motor dengan
Metode Taguchi**

Padang, 27 Desember 2023

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D.	 1.
2. Sekretaris	: M. Yasep Setiawan, S.Pd., M.T.	 2.
3. Anggota	: Milana, S.T., M.Sc., Ph.D.	 3.



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp.(0751), FT: (0751)7055644,445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id



Certified Management System
DIN EN ISO 9001:2000
Cert.No. 01.100 085042

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Herlando
NIM/TM : 19073020/2019
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Departemen : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi saya dengan judul “**Optimasi Campuran *Biogasoline*, Cairan *Water Injection*, Derajat Pengapian, dan Busi dalam Menurunkan Emisi Gas Buang Sepeda Motor dengan Metode Taguchi**” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 27 Desember 2023

Saya yang menyatakan,

Herlando
19073020

HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabil'alam, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan karunianya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga, kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Eriwati) dan Ayah (Wakidi) yang telah memberikan kasih sayang secara dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga dan tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karena kusadar selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk Ibu dan ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakan, menasehatiku, serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik, Terima kasih Ibu... Terima kasih Ayah...

Terimakasih kepada bapak Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing peneliti hingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Terimakasih kepada bapak M. Yasep Setiawan, S.Pd., M.T. selaku dosen penguji 1 dan kepada ibuk Milana, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji 2, yang juga telah membimbing peneliti hingga skripsi ini selesai dengan baik. Terimakasih juga kepada bapak /ibu dosen maupun staf UNP yang telah memberikan support dan dukungan sehingga proses penyelesaian skripsi ini dapat berjalan dengan baik.

Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan, abang senior, dan adik-adik Departemen Teknik Otomotif FT UNP yang juga mendukung proses penyelesaian skripsi ini. Terimakasih juga saya ucapkan kepada keluarga besar HIMOTO FT UNP yang telah memberikan support kepada peneliti.

Hormat Saya



Herlando

19073020

ABSTRAK

Herlando. (2024). “Optimasi Campuran Biogasoline, Cairan Water Injection, Derajat Pengapian, dan Busi dalam Menurunkan Emisi Gas Buang Sepeda Motor dengan Metode Taguchi”. *Skripsi, Universitas Negeri Padang.*

Sepeda motor yang masih menggunakan *air cooling system* memiliki emisi gas buang yang tinggi, ini disebabkan bahan bakar dibuat lebih kaya dengan tujuan menjaga suhu ruang bakar. Masalah ini diatasi dengan penggunaan sistem *water injection*, sehingga campuran ideal dapat diterapkan. Namun penggunaan cairan *water injection* kurang tepat justru menyebabkan meningkatnya emisi gas buang. Penggunaan bahan bakar yang meningkat setiap tahun tidak dapat dihindari mengingat meningkatnya jumlah kendaraan setiap tahun. Masalah ini diatasi dengan mencampur bahan bakar dengan ethanol. Namun penggunaan ethanol menyebabkan bahan bakar sulit terbakar, sehingga menyebabkan meningkatnya emisi gas buang. Kondisi ini perlu dilakukan optimasi dengan melibatkan sistem pengapian sebagai faktor penting dalam proses pembakaran.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang sepeda motor dan mengetahui kombinasi level faktor optimal yang disarankan pada sistem *water injection* sepeda motor. Penelitian dilakukan menggunakan *gas analyzer* untuk memperoleh data yang diinginkan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang sepeda motor adalah A2 (biogasoline E15), B3 (cairan air *coolant*), C3 (derajat pengapian +4°), dan D3 (busi platinum). Kombinasi level faktor yang disarankan pada sistem *water injection* sepeda motor ditinjau dari efisiensi biaya adalah A2 (biogasoline E15), B1 (cairan limbah air AC), C3 (derajat pengapian +4°), dan D3 (busi platinum).

Perbedaan kedua kombinasi dari kesimpulan hasil penelitian adalah terletak pada cairan *water injection* yang digunakan. Berdasarkan analisis ANOVA, cairan *water injection* termasuk dalam *pooled e* karena memiliki kontribusi yang kecil dalam menurunkan emisi gas buang, sehingga faktor harga menjadi peran penting dalam pengambilan keputusan.

Kata Kunci: *Biogasoline*, Emisi Gas Buang, Metode Taguchi, Optimasi, *Water Injection*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas izin dan Ridho-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“OPTIMASI CAMPURAN *BIOGASOLINE*, CAIRAN *WATER INJECTION*, DERAJAT PENGAPIAN, DAN BUSI DALAM MENURUNKAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR DENGAN METODE TAGUCHI”**

Pembuatan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana/Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak sehingga dengan bantuan tersebut skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan hati yang tulus dan ikhlas kepada:

1. Bapak Ir. Krismadinata, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan FT UNP.
2. Bapak Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Otomotif.
3. Bapak Prof. Dr. Hasan Maksun, M.T. selaku Penasehat Akademik
4. Bapak Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing
5. Bapak/Ibu Dosen dan Staf pengajar di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Rekan-rekan sesama mahasiswa yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil demi untuk suksesnya penulisan proposal penelitian ini.

Rasa cinta dan bangga juga penulis ucapkan untuk orang tua tersayang. Semoga segala cinta dan dukungan yang tulus dari mereka mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin Yaa Robbal'alamin.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan penulis, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat memperbaiki demi kesempurnaan skripsi ini untuk selanjutnya.

Padang, 27 Desember 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Herlando', with a horizontal line drawn through it.

Herlando
19073020

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	6
1. Proses Pembakaran	6
2. Bahan Bakar <i>Biogasoline</i>	7
3. <i>Water Injection</i>	9
4. Emisi Gas Buang	14
5. Derajat Pengapian	17
6. Busi	18
7. <i>Gas Analyzer</i>	20
8. Metode Taguchi	21

B. Penelitian Relevan	30
C. Kerangka Konseptual	31
D. Pertanyaan Penelitian	32

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian	33
B. Definisi Operasional Variabel Penelitian	34
C. Waktu dan Tempat	36
D. Objek Penelitian	36
E. Instrumentasi	37
F. Prosedur Pengujian	38
G. Teknik Pengumpulan Data	39
H. Teknik Analisis Data	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	45
B. Pembahasan	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	56
B. Saran	56

DAFTAR PUSTAKA	57
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	61
-----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan faktorial lengkap dengan taguchi	23
Tabel 2. Karakteristik kualitas	25
Tabel 3. Matriks orthogonal array	27
Tabel 4. Kode level faktor	36
Tabel 5. Matriks orthogonal array $L_9(3^4)$	40
Tabel 6. Kombinasi pengujian	40
Tabel 7. Data Hasil Pengujian HC	45
Tabel 8. Data Hasil Pengujian CO	46
Tabel 9. Perhitungan rata-rata HC	46
Tabel 10. Perhitungan rata-rata CO	47
Tabel 11. Respon HC	48
Tabel 12. Respon CO	48
Tabel 13. Perhitungan ANOVA HC	50
Tabel 14. Perhitungan ANOVA CO	50
Tabel 15. Hasil Prediksi HC	51
Tabel 16. Hasil Prediksi CO	51
Tabel 17. Uji Verifikasi	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pembakaran normal motor bensin	6
Gambar 2. Skema water injection	11
Gambar 3. Ultrasonic Mist Maker	12
Gambar 4. Sumber emisi gas buang kendaraan	16
Gambar 5. Pengaruh derajat pengapian	17
Gambar 6. Kerangka konseptual	32
Gambar 7. Flowchart	34
Gambar 8. Skema instrumen penelitian	38
Gambar 9. Efek plot HC	49
Gambar 10. Efek Plot CO	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin Penelitian	61
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian Emisi Gas Buang	62
Lampiran 3. Struk hasil pengujian emisi gas buang	63
Lampiran 4. Perhitungan rata-rata	67
Lampiran 5. Perhitungan tabel respon	68
Lampiran 6. Perhitungan ANOVA	70
Lampiran 7. Uji Verifikasi	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aktivitas manusia setiap hari tidak bisa dilepaskan dari kendaraan bermotor, terutama kendaraan ringan seperti sepeda motor dan mobil sebagai sarana transportasi. Perkembangan ilmu pengetahuan membawa manusia selalu mengembangkan teknologi untuk mengatasi berbagai masalah, salah satunya adalah perkembangan teknologi sepeda motor. Sepeda motor lebih banyak digunakan masyarakat Indonesia karena harganya lebih terjangkau, serta penggunaan sepeda motor dinilai lebih efisien waktu dan biaya ketika digunakan. Dibuktikan dengan populasi sepeda motor lebih mendominasi dibandingkan mobil, dengan persentase sepeda motor sebesar 87% (Kurniawan & Kurniawan, 2023).

Penggunaan sepeda motor yang dinilai lebih efektif dari segi mobilitas juga memiliki beberapa kendala, salah satunya adalah menghasilkan emisi gas buang yang tinggi, terutama sepeda motor yang masih menggunakan *air cooling system*. Hal ini disebabkan, bahan bakar dibuat lebih boros (*rich*) dengan tujuan untuk mencegah terjadinya panas berlebih pada ruang bakar. Kondisi ini menyebabkan proses pembakaran tidak optimal, sehingga menghasilkan emisi gas buang yang tinggi (Sriyanto, 2018). Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan *water injection* untuk menurunkan suhu ruang bakar serta menambah jumlah udara dalam proses pembakaran (Supriyadi, 2021), sehingga bahan bakar dapat dibuat lebih kurus (*lean*) tanpa terjadinya panas

berlebih pada ruang bakar. Dapat disimpulkan bahwa, *water injection* seharusnya mampu menurunkan emisi gas buang, namun berdasarkan hasil penelitian (Haffis, 2019), penggunaan cairan methanol (CH_4O) pada sistem *water injection* justru menyebabkan meningkatnya emisi gas buang.

Meningkatnya konsumsi bahan bakar setiap tahun dapat menyebabkan bahan bakar cepat habis, terutama bahan bakar bensin (Retnowati, 2023), salah satu cara mengatasinya adalah mencampur bensin dengan bahan bakar alternatif. Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) merupakan bahan yang dapat dijadikan sebagai campuran bensin (Wijayanti, 2023). Ethanol diproses dengan cara dimasak, fermentasi, dan distilasi dari berbagai jenis tanaman seperti tebu, jagung, singkong, dan lain-lain (Rifa, et. al., 2022). Mencampur ethanol dengan bensin diharapkan dapat menurunkan emisi gas buang karena mengandung unsur oksigen. Namun mencampur ethanol dengan bensin menyebabkan terjadinya peningkatan bilangan oktan pada bahan bakar, semakin tinggi persentase ethanol, maka semakin tinggi bilangan oktan yang dihasilkan (Fahmiy, Wardana, & Sudjito, 2022), sehingga bahan bakar sulit terbakar (Halim, Riza, & Darmawan, 2023), yang menyebabkan meningkatnya emisi kendaraan.

Emisi gas buang memberikan dampak buruk terhadap kesehatan lingkungan dan makhluk hidup. Emisi gas buang menghasilkan nitrogen (N_2), karbon dioksida (CO_2), dan uap air (H_2O) yang termasuk gas tidak beracun, sedangkan sebagian kecil pada emisi gas buang juga terdapat gas beracun yaitu nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), dan karbon monoksida (CO) (Amin & Ismet, 2016). Dampak yang ditimbulkan ini menuntut manusia untuk

membuat kendaraan dengan emisi gas buang yang rendah, sehingga kendaraan bermotor tetap dapat digunakan tanpa mencemari lingkungan.

Sistem pengapian memiliki peran yang penting dalam penelitian ini, karena pada dasarnya kemampuan sistem pengapian yang baik akan dibutuhkan untuk membakar seluruh unsur yang terdapat di dalam ruang bakar, sehingga menghasilkan emisi gas buang yang rendah. Faktor dan level yang digunakan adalah campuran *biogasoline* (E10, E15, dan E20), cairan *water injection* (limbah air AC, aquades, dan air *coolant*), derajat pengapian (standar 6° BTDC, $+2^\circ$, dan $+4^\circ$), dan busi (nikel, iridium, dan platinum). Peneliti akan menerapkan metode taguchi dalam penelitian ini untuk mempermudah mengidentifikasi level optimal dari setiap faktor serta menentukan level yang disarankan ditinjau dari perbengaruh atau tidaknya suatu faktor.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat diidentifikasi bahwasanya masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penggunaan carian *water injection* yang kurang tepat menyebabkan meningkatnya emisi gas buang.
2. Penggunaan ethanol pada bahan bakar menyebabkan bahan bakar sulit terbakar.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada sepeda motor yang telah menggunakan sistem *water injection*.

2. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran *biogasoline*, cairan *water injection*, derajat pengapian, dan busi.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah dibahas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang sepeda motor?
2. Bagaimana kombinasi level faktor yang disarankan pada sistem *water injection* sepeda motor?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kombinasi level faktor optimal dalam menurunkan emisi gas buang sepeda motor.
2. Untuk mengetahui kombinasi level faktor yang disarankan pada sistem *water injection* sepeda motor.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dibahas, maka manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, digunakan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan perkuliahan studi S1 di Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

2. Bagi mahasiswa, dapat dijadikan sebagai referensi dalam melakukan penelitian selanjutnya.
3. Bagi pembaca, dapat mengetahui level terbaik dari masing-masing faktor terhadap emisi gas buang sepeda motor.