



**PERFORMA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN
BAHAN BAKAR BIODIESEL DICAMPUR
ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN SIRSAK**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

Oleh

Shiyami Azhar

NIM.5202416025

**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**





**PERFORMA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN
BAHAN BAKAR BIODIESEL DICAMPUR
ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN SIRSAK**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

Oleh

Shiyami Azhar

NIM.5202416025

**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Shiyami Azhar

NIM : 5202416025

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

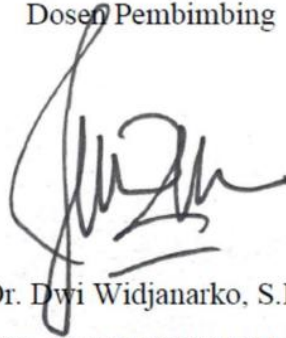
Judul : Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel

Dicampur Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang Panitia Ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 11 Mei 2020

Dosen Pembimbing



Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., MT

NIP. 196901061994031003

PENGESAHAN


Skripsi dengan judul "Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Dicampur Antroksidan Ekstrak Daun Sirsak" telah dipertahankan didepan siding skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 19 Juni 2020

Oleh

Nama : Shiyami Azhar
NIM : 5202416025
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Panitia Ujian

Ketua



Rusiyanto, S.Pd., MT.
NIP. 197403211999031002

Sekretaris




Wahyudi, S.Pd, M.Eng
NIP. 198003192005011001

Penguji I



Dr. Abdurrahman, M.Pd.
NIP. 196009031985031002

Penguji II



Drs. Winarno Dwi R., M.Pd
NIP. 195210022018011308

Penguji III Pembimbing



Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., MT
NIP. 196901061994031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Nur Qudus, M.T., IPM
NIP. 196911301994031001

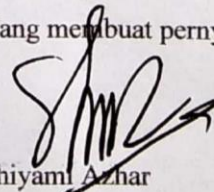
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) di Universitas Negeri Semarang (UNNES).
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini

Semarang, 11 Mei 2020

Yang membuat pernyataan,



Shiyam Azhar

NIM. 5202416025

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Berusahalah semaksimal mungkin maka ketika berhasil anda akan menikmatinya dan ketika gagal anda tidak akan menyesalinya.
2. Berdoalah kepada Allah SWT, karena segala kehendak kamu sudah ditentukan olehNYA.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Nur Yasin dan Ibu Umi Kulsum yang telah memberi semangat dan doa setiap waktu
2. Faiz Zakariya, S.pd, kakak saya yang telah memberi dukungan moral dan materiil
3. Teman-teman PTO 16 (Torsi) yang telah kebersamai selama masa kuliah serta memberi kebahagiaan serta pengalaman
4. Teman-teman kost AMM yang selalu memberi dukungan dan semangat
5. Dan semua yang telah memberikan motivasi dan menemani tiap langkah penelitian ini.

RINGKASAN

Shiyami Azhar. 2020. Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Dicampur Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., MT. Pendidikan Teknik Otomotif.

Biodiesel merupakan salah satu energi alternative untuk menggantikan solar. Akan tetapi biodiesel memiliki kelemahan yaitu mudah mengalami degradasi atau penurunan kualitas jika berkontak langsung dengan oksigen dalam jangka waktu tertentu. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah menambahkan antioksidan pada biodiesel B30. Disisilain penambahan zat aditif pada bahan bakar dapat mempengaruhi performa mesin. Dari permasalahan tersebut dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan antioksidan daun sirsak pada B30 terhadap torsi dan daya.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dan teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif. Sebelum diuji performa mesin, bahan bakar B30 sejumlah 1 liter dan serbuk antioksidan daun sirsak dicampur dengan konsentrasi antioksidan 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm. Pengujian performa dilakukan dengan menggunakan *dynotest Maha* Lps 3000, data performa yang diambil berupa nilai torsi dan daya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan antioksidan pada bahan bakar B30 cenderung menurunkan torsi dan daya jika dibandingkan dengan torsi dan daya mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel B30. Pada konsentrasi 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm antioksidan ekstrak daun sirsak berturut-turut mengalami penurunan torsi sebesar 12,61 %; 24,76 % dan 16,69 % dan pada penurunan rata-rata daya adalah 12,34%; 18,16% dan 16,37%.

Kata kunci: *Performa mesin diesel, antioksidan daun sirsak, antioksidan alami*

PRAKATA

Segala puji syukur Penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Dicampur Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat guna mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan program studi Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari sepenuhnya dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rohman, M. Hum. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Nur Qudus, MT. Dekan Fakultas Teknik UNNES.
3. Rusiyanto, S.Pd., MT. Ketua Jurusan Teknik Mesin UNNES.
4. Wahyudi, S.Pd., M.Eng. Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif.
5. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT. Pembimbing skripsi yang telah membimbing dan memberikan motivasi kepada penulis dalam penyusunan proposal skripsi.
6. Dr. Megawati, S.T., M.T. Dosen Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNNES.
7. Bapak , Ibu dan keluarga yang selalu memberikan nasehat dan doa.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis sadar sepenuhnya bahwa skripsi ini masih perlu adanya kritik dan saran yang bersifat membangun agar skripsi ini lebih baik. Akhirnya dengan segala kerendahan hati, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

Semarang, Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR BERLOGO	ii
JUDUL DALAM	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	vi
MOTTO	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	6
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan	6
1.6 Manfaat	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8

1.1 Kajian Pustaka.....	8
1.2 Landasan Teori.....	11
1.2.1 Biodiesel.....	11
1.2.2 Antioksidan untuk Biodiesel.....	16
1.2.3 Tanaman Sirsak.....	17
1.2.4 Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak.....	19
1.2.5 Performa Mesin Diesel.....	20
1.2.6 Reaksi Pembakaran Mesin.....	21
1.3 Hipotesis.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	24
3.2 Desain Penelitian.....	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.4 Parameter Penelitian.....	27
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.6 Kalibrasi Instrumen.....	33
3.7 Teknik Analisis Data.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Deskripsi Data.....	35
4.2 Pembahasan.....	40
BAB V PENUTUP.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

B30	mengandung biodiesel 30%
cc	<i>cubical centimeter</i>
IC	<i>inhibition concentration</i>
kW	kilo Watt
MMSTB	<i>million stock tank barrels</i>
mm	milimeter
Nm	newton meter
ppm	part per million
RPM	<i>rotation per minute</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah Cadangan Minyak Bumi di Indonesia Tahun 2013-2018.....	1
Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Bakar B30.....	14
Tabel 2.2 Standardisasi Biodiesel Dalam Negeri.....	15
Tabel 2.3 Klasifikasi Tanaman Sirsak	18
Tabel 2.4 Spesifikasi Biodiesel, Solar, Etanol dan B20.....	22
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Dynotest</i>	25
Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Diesel Panther Isuzu	27
Tabel 3.3 Torsi Mesin Campuran Biodiesel dan Antioksidan Daun Sirsak	32
Tabel 3.4 Daya Mesin Campuran Biodiesel dan Antioksidan Daun Sirsak	32
Tabel 4.1 Rekap Data Pengujian Torsi Mesin	37
Tabel 4.2 Rekap Data Pengujian Daya Mesin	39
Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengujian Torsi Mesin.....	44
Tabel 4.4 Nilai Hasil Pengujian Daya Mesin.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Pembuatan Biodiesel	12
Gambar 2.2 Tahap Proses Oksidasi	17
Gambar 2.3 Daun Sirsak	18
Gambar 2.4 Skema Pengujian Performa Mesin pada Dinamometer.....	20
Gambar 3.1 Alur Proses Penelitian	29
Gambar 4.1 Campuran B30 dengan Antioksidan Daun Sirsak.....	36
Gambar 4.2 Hubungan Antara Torsi dan Putaran Mesin Tiap Variasi Campuran Antioksidan	41
Gambar 4.3 Pengaruh Kadar Antioksidan dalam B30 Terhadap Torsi Mesin Diesel.....	46
Gambar 4.4 Hubungan Antara Daya dan Putaran Mesin Tiap Variasi Campuran Antioksidan	47
Gambar 4.5 Pengaruh Kadar Antioksidan dalam B30 Terhadap Daya Mesin Diesel.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pencampuran Serbuk Antioksidan Daun Sirsak.....	58
Lampiran 2. Pengujian Performa Mesin Diesel	59
Lampiran 3. Hasil Pengujian Performa Mesin Biodiesel B30	60
Lampiran 4. Hasil Pengujian Performa Mesin B30 Dan Antioksidan 50 ppm.....	61
Lampiran 5. Hasil Pengujian Performa Mesin B30 Dan Antioksidan 100 ppm....	62
Lampiran 6. Hasil Pengujian Performa Mesin B30 Dan Antioksidan 150 ppm....	63
Lampiran 7. Surat Tugas Dosen Penguji Seminar Proposal	64
Lampiran 8. Daftar Hadir Seminar Proposal.....	65
Lampiran 9. Berita Acara Seminar Proposal Skripsi	67
Lampiran 10. Surat Ijin Penelitian Di Laboratorium Teknik Mesin	68
Lampiran 11. Surat Ijin Penelitian Di Laboratorium Teknik Kimia.....	69
Lampiran 12. Rekap Data Daya Mesin	70
Lampiran 13. Rekap Data Torsi Mesin	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan bahan bakar minyak yang sangat tinggi pada kehidupan manusia, membuat cadangan minyak bumi semakin menipis. Minyak bumi banyak dimanfaatkan oleh manusia pada bidang industri dan transportasi. Pada bidang industri, minyak bumi digunakan sebagai campuran cat minyak, menjalankan mesin industri dan pembangkit listrik. Pada bidang transportasi, minyak bumi diubah menjadi pertalite, pertamax dan premium yang digunakan untuk menjalankan kendaraan mesin bensin, selain itu minyak bumi juga diubah menjadi bahan bakar solar yang digunakan untuk menghidupkan mesin diesel. Bahan bakar minyak berasal dari aktivitas bakteri terhadap senyawa atau unsur pada fosil makhluk hidup pada jangka waktu yang sangat lama, sehingga bahan bakar minyak termasuk bahan bakar yang tidak terbarukan. Jika penggunaan bahan bakar minyak tidak dibatasi, dikhawatirkan cadangan minyak bumi di Indonesia akan langka. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral selama 6 tahun terakhir yaitu dari tahun 2013 hingga tahun 2018 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Jumlah Cadangan Minyak Bumi di Indonesia Tahun 2013-2018

Tahun	Cadangan Terbukti
2013	3.692,50 MMSTB
2014	3.624,50 MMSTB
2015	3.602,53 MMSTB
2016	3.306,90 MMSTB
2017	3.170,90 MMSTB
2018	3.154,30 MMSTB

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, (2018)

Cadangan terbukti minyak bumi menurut Syeirazi dan Kholid (2009) adalah cadangan minyak dan gas bumi berdasarkan jumlah yang sudah dibuktikan pada derajat kepastian tinggi melalui analisis kuantitatif log sumur yang dapat dipercaya. Berdasarkan tabel 1.1., terjadi penurunan cadangan terbukti minyak bumi di Indonesia, sehingga cadangan bahan bakar minyak yang digunakan masyarakat Indonesia ikut menipis.

Ada banyak alternatif yang ditempuh dalam mengatasi ancaman kelangkaan bahan bakar minyak bumi, salah satunya adalah penggunaan bahan bakar biodiesel pada mesin diesel. Bahan bakar biodiesel sudah diizinkan penggunaannya untuk kepentingan industri di Indonesia, hal ini sudah diatur oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (2018: 3) berdasarkan peraturan Nomor: 2018 K/10/MEM/2018 menjelaskan bahwa pemerintah menetapkan badan usaha bahan bakar minyak, badan usaha bahan bakar nabati jenis biodiesel dan aturan pencampuran biodiesel dengan bahan bakar minyak. Bahan baku pembuatan biodiesel di Indonesia sangat mudah, misalnya kelapa sawit, tumbuhan jarak, singkong. Mudahnya bahan baku yang diperoleh menjadi salah satu alasan biodiesel dijadikan alternatif dalam mengatasi ancaman kelangkaan bahan bakar minyak bumi.

Kekurangan dari bahan bakar jenis biodiesel, yaitu dapat mengalami degradasi. Stabilitas oksidasi yang rendah pada biodiesel menjadi penyebab terjadinya degradasi. Gurau *et al.*, (2016: 2), oksidasi pada biodiesel melalui tiga tahap yaitu tahap inisiasi adalah tahap pembentukan radikal bebas, tahap propagasi adalah tahap mereaksikan senyawa atau unsur menjadi radikal baru, tahap terminasi

adalah tahap penggabungan produk radikal bebas membentuk senyawa non radikal, sehingga pada tahap ini dapat dikatakan pembentukan radikal bebas sudah berhenti.

Menurut Roliadi *et al.*, (2012: 69), biodiesel memiliki kandungan asam karboksilat yang dapat mendorong proses oksidasi sehingga mempengaruhi kinerja biodiesel. Selain karena adanya kandungan asam lemak tersebut, degradasi pada biodiesel juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, menurut Silviana dan Buchori (2015: 149), faktor yang mempengaruhi degradasi pada biodiesel adalah kondisi penyimpanan (tertutup, terbuka dan temperatur), unsur logam dan peroksida.

Menurut Setiawan dan Nugroho (2016: 4) terjadinya degradasi pada biodiesel akibat adanya oksidasi menyebabkan biodiesel bersifat korosif pada logam. Sifat korosif ini merugikan jika digunakan pada mesin diesel. Proses pembakaran mesin diesel pada ruang bakar, dilakukan secara injeksi. Proses injeksi membutuhkan tekanan yang tinggi, oleh karena itu aliran bahan bakar pada mesin diesel banyak melewati komponen yang didalamnya terdapat saluran kecil terbuat dari logam, misalnya pada saat bahan bakar melewati pompa injeksi, maka akan melewati saluran masuk menuju ke bagian atas plunyer. Pada saat bekerja, plunyer membutuhkan pelumasan karena plunyer akan bergerak berputar menyesuaikan pergerakan dari *rack*, jika bahan bakar yang digunakan bersifat korosif (merusak logam), maka pada pompa injeksi akan timbul karat yang dapat menghambat kerja dari pompa injeksi sehingga tekanan dan volume bahan bakar yang akan diinjeksikan kedalam ruang bakar tidak sesuai yang diharapkan, sehingga dapat mempengaruhi performa mesin diesel.

Penambahan zat antioksidan pada biodiesel dapat menghambat proses oksidasi. Proses oksidasi terjadi karena adanya oksigen, menurut Sanjiwani *et al.*, (2015: 260), reaksi oksidasi pada biodiesel menyebabkan ketengikan (*rancidity*) pada biodiesel, reaksi ini terjadi ketika biodiesel didiamkan dan ketengikan akan hilang apabila biodiesel tersebut ditambahkan zat antioksidan.

Tumbuhan sirsak mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah pemanfaatan daun sirsak sebagai bahan baku antioksidan. Menurut Baskar *et al.*, (2007: 482), daun sirsak mengandung senyawa flavonoid dan memiliki aktivitas antioksidan yang cukup kuat yaitu $IC_{50} = 70$ ppm. Selain sebagai bahan baku antioksidan, masyarakat zaman dahulu telah mengenal tumbuhan sirsak sebagai pengobatan alami, yaitu dengan memanfaatkan buah ataupun daunnya untuk dijadikan obat tradisional. Menurut Pratiwi (2019), daun sirsak memiliki khasiat dapat mengobati penyakit, diantara adalah penyakit kanker, kolesterol, sariawan, asam urat, jerawat dan darah tinggi. Selain sebagai obat tradisional, tumbuhan sirsak juga mengandung antioksidan.

Bahan baku pembuatan antioksidan dari tumbuhan sirsak mudah didapatkan. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu penghasil tumbuhan sirsak paling banyak di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2017:68), jumlah tanaman sirsak di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2017 menempati posisi paling atas, jumlah tanaman pada triwulan I sebesar 262.839 pohon, triwulan II sebesar 195.020 pohon, triwulan III sebesar 222.767 pohon, triwulan IV sebesar 231.016 pohon. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik diatas, keberadaan tanaman sirsak

di Pulau Jawa mudah dijumpai, sehingga jika digunakan sebagai bahan pembuat antioksidan tentu akan mempermudah dalam proses produksi.

Penambahan zat aditif pada bahan bakar dapat mempengaruhi performa dari mesin diesel. Zat aditif dapat mempengaruhi sifat kimia bahan bakar. Menurut Fattah *et. al.*, (2014: 269), penambahan zat aditif berupa antioksidan sintetis pada biodiesel dapat mempengaruhi viskositas, densitas dan nilai kalor. Proses pembakaran tentu sangat bergantung pada sifat kimia dari bahan bakar, menurut Tirtoatmodjo dan Willyanto (2000: 127) perubahan sifat kimia yaitu berupa penurunan densitas dan viskositas solar, dapat menghaluskan pengabutan bahan bakar dan campuran bahan bakar solar dengan udara lebih homogen sehingga dapat meningkatkan daya dan menurunkan konsumsi bahan bakar mesin diesel.

Pengujian performa mesin menggunakan biodiesel dengan campuran antioksidan sangat penting untuk dilakukan. Sebagai konsumen, masyarakat menginginkan bahan bakar yang ramah lingkungan, memiliki performa yang baik untuk mesin dan harga yang terjangkau. Selain itu, masih sedikitnya pengujian performa mesin menggunakan campuran biodiesel dengan antioksidan juga menjadi alasan yang kuat untuk melakukan penelitian ini.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.2.1** Kebutuhan bahan bakar yang semakin meningkat, membuat cadangan minyak bumi semakin menipis.

- 1.2.2 Perlunya bahan bakar alternatif dalam mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak.
- 1.2.3 Biodiesel mudah teroksidasi, sehingga kualitas dari biodiesel akan menurun.
- 1.2.4 Pencegahan penurunan kualitas solar menggunakan antioksidan masih sedikit.
- 1.2.5 Kandungan daun sirsak belum dimanfaatkan secara maksimal.
- 1.2.6 Antioksidan dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar mesin diesel, sehingga diperlukan pengujian performa mesin.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1.3.1 Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel B30 dengan campuran antioksidan alami.
- 1.3.2 Pencegahan proses oksidasi pada biodiesel menggunakan antioksidan alami.
- 1.3.3 Bahan baku pembuatan antioksidan berasal dari daun sirsak.
- 1.3.4 Uji performa mesin diambil data torsi dan daya.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah

- 1.4.1 Apakah ada pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap torsi mesin?
- 1.4.2 Apakah ada pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap daya mesin?

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

- 1.5.1** Mempelajari pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap torsi mesin.
- 1.5.2** Mempelajari pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap daya mesin.

1.6 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah

- 1.6.1** Menghasilkan produk antioksidan dari daun sirsak yang dapat menghambat proses oksidasi pada biodiesel.
- 1.6.2** Memperoleh data pengujian performa mesin diesel, yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna sebagai pengetahuan berupa efek samping penambahan antioksidan daun sirsak pada biodiesel terhadap nilai torsi dan daya .
- 1.6.3** Memberikan solusi alternatif berupa aditif yang dapat mengurangi proses oksidasi pada bahan bakar biodiesel.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penambahan antioksidan pada biodiesel dapat memperbaiki biodiesel. Penelitian yang dilakukan Megawati *et al.*, (2018: 33) menggunakan metode penambahan ekstrak daun sirsak dan ekstrak kulit manggis pada sampel biosolar (B20) dengan cara dipanaskan dan diinjeksikan dengan udara sejumlah 2,3 liter/menit secara kontinu. Selama proses oksidasi, suhu yang divariasikan adalah 100 °C, 110 °C, dan 120 °C. Penambahan antioksidan alami pada parameter biosolar (B20) dapat menghambat oksidasi pada biosolar (B20).

Menurut Sanjiwani *et al.*, (2015: 265) penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan minyak jelantah kelapa sawit bekas penggorengan dan antioksidan ekstrak kulit pisang kapok. Metode yang digunakan pada pembuatan ekstraksi kulit pisang adalah metode maserasi pada suhu kamar. Serbuk kulit pisang kering 300 gr diekstraksi dengan kurang lebih 1600 ml methanol selama 24 jam yang dilakukan berulang-ulang sampai 4 kali. Metode yang digunakan pada pembuatan biodiesel minyak jelantah kelapa sawit adalah esterifikasi, yaitu mencampurkan 220 ml minyak jelantah kelapa sawit, metanol sebanyak 22 ml dan katalis HCl 37% sebanyak 1,1 ml. Campuran dipanaskan pada suhu 65 °C sampai 67 °C setelah itu diaduk selama 1 jam dengan alat refluks. Minyak hasil esterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam sehingga terbentuknya dua lapisan. Biodiesel hasil sintesis, ditambahkan antioksidan ekstrak kloroform kulit buah pisang kepok dengan variasi konsentrasi yaitu 0,1 % b/v, 0,2 % b/v, dan 0,3 %

b/v dan dibandingkan dengan biodiesel tanpa penambahan ekstrak kloroform kulit buah pisang. Hasil dari penelitian adalah penambahan ekstrak kloroform kulit buah pisang kepok 0,2 % b/v paling efektif menghambat reaksi oksidasi pada biodiesel karena memiliki nilai bilangan peroksida, bilangan asam, dan kadar FFA paling rendah.

Penambahan zat antioksidan pada biodiesel dapat mempengaruhi karakteristik biodiesel. Menurut penelitian yang dilakukan Schober dan Mittlebach (2004: 387) menyimpulkan bahwa penambahan antioksidan pada biodiesel dapat mempengaruhi viskositas dan densitas (kerapatan) biodiesel, tetapi tidak signifikan.

Antioksidan dapat didapatkan dari tumbuhan, salah satunya adalah daun sirsak (*Annona Muricata L.*). Menurut Baskar *et al.*, (2007: 484) penelitian menggunakan daun *Annona squamosa* (AS), *Annona muricata* (AM), *Annona reticulata* (AR) yang diekstrak dengan etanol 95%, hasilnya adalah ekstrak etanol daun AM (daun sirsak) menunjukkan aktivitas antioksidan *in vitro* yang paling kuat dengan persentase penghambatan yang tinggi dibandingkan dengan daun AS dan AR.

Karakteristik pada bahan bakar motor diesel dapat mempengaruhi kerja motor diesel. Menurut Dwipayana (2016: 6), bahan bakar biodiesel memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar, viskositas terlalu tinggi maka akan besar kerugian gesekan di dalam pipa, kerja pompa akan berat, penyaringannya sulit, kemungkinan kotoran mudah mengendap, dan sulit mengkabutkan bahan bakar. Ini berhubungan dengan perpindahan panas, karena akan terbentuknya *fouling factor*. Sebaliknya jika viskositas terlalu rendah berakibat pelumasan yang tipis, jika dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan

keausan. Angka setana biodiesel menunjukkan angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak solar, dengan angka setana yang relatif tinggi diharapkan tidak ada keterlambatan dari nyala agar kenaikan tekanan tidak terlalu tinggi, kenaikan tekanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan detonasi. Menurut Banjari *et al.*, (2015: 88), nilai viskositas dan *flash point* (nyala api) dapat mempengaruhi nyala api dan penguapan bahan bakar, semakin rendah viskositas dan flash point maka nyala api pun cenderung lebih stabil.

Menurut Ariwibowo *et al.*, (2011: 91), penelitian yang dilakukan membuat biodiesel menggunakan metode *Mike Pelly* yang selanjutnya dioksidasikan dengan cara menuangkan biodiesel sebanyak 10 liter dalam tangki reaktor yang berkapasitas 20 liter dengan keadaan tertutup kemudian mengalirkan gas oksigen dengan laju aliran 0.8 liter/menit dimana temperatur biodiesel dalam tangki dikondisikan pada temperatur 60°C oleh *heater* dan diaduk secara konstan, hasilnya adalah bahan bakar biodiesel teroksidasi mempunyai karakteristik pembakaran lebih baik dibandingkan dengan solar. Campuran B20 untuk biodiesel teroksidasi mempunyai daya lebih tinggi 16,2% dan bsfc lebih rendah 11,2% dibandingkan dengan solar.

Biodiesel merupakan salah satu alternatif bahan bakar mesin diesel yang mempunyai banyak keunggulan, namun disisi lain biodiesel juga mempunyai kelemahan, salah satunya adalah mudah mengalami oksidasi sehingga terjadi penurunan kualitas (degradasi). Menurut hasil penelitian Megawati *et al.*, (2018: 33) dan Sanjiwani *et al.*, (2015: 265) kelemahan ini dapat dicegah dengan cara menambahkan antioksidan. Daun sirsak salah satu bahan alternatif yang

mengandung antioksidan, berdasarkan penelitian yang dilakukan Baskar *et al.*, (2007: 482) aktivitas antioksidan pada daun sirsak *Annona muricata* (AM) lebih kuat disbanding daun *Annona squamosa* (AS) dan daun *Annona reticulata* (AR), sehingga antioksidan dari ekstrak daun sirsak dapat dijadikan solusi untuk mencegah kelemahan biodiesel.

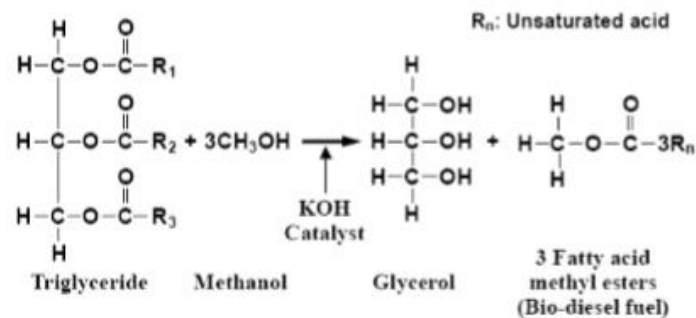
Antioksidan dari ekstrak daun sirsak yang dicampurkan dengan bahan bakar biodiesel akan berpengaruh terhadap performa mesin diesel. Performa mesin didukung oleh beberapa faktor, salah satunya adalah penggunaan bahan bakar. Selain dapat mencegah oksidasi, penambahan antioksidan pada biodiesel juga dapat mempengaruhi karakteristik biodiesel, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Schober dan Mittlebach (2004: 387), dengan berubahnya karakteristik biodiesel maka akan mempengaruhi performa mesin, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ariwibowo *et.al.*, (2011: 91).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Biodiesel

Menurut Ma'ruf (2015: 7) biodiesel merupakan ester metil asam lemak atau *fatty acid methyl ester* (FAME) yang terbuat dari minyak nabati atau hewani yang memenuhi standar mutu yang distandarkan, bahan bakar nabati jenis ini digunakan di mesin Diesel. Menurut Carvalho dalam Ichsan *et al.*, (2018: 12), biodiesel berasal dari mikro dan makro alga yang bersifat terbarukan, dapat diproduksi dalam skala besar dan ramah lingkungan. Biodiesel dibuat melalui reaksi antara asam lemak dengan metanol melalui proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis KOH, hasil yang didapat berupa biodiesel dengan hasil sampingan berupa endapan

gliserol. Menurut Nurhadi (2015:1) secara umum karakteristik biodiesel adalah memiliki angka setana yang lebih tinggi dari minyak solar, dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), tidak mengandung sulfur (atau sangat rendah, jika ada) dan senyawa aromatic, sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan lebih ramah lingkungan dari pada bahan bakar minyak jenis minyak solar.



Gambar 2.1 Reaksi Pembuatan Biodiesel

Sumber : Ma'ruf, (2015:8)

Biodiesel memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan solar diantaranya adalah kandungan racun yang rendah, berasal dari bahan baku yang terbarukan, kadar belerang yang rendah, emisi gas buang yang rendah, dan titik nyala yang tinggi (Moser, 2009: 229).

Sifat fisik bahan bakar yang perlu diketahui adalah:

2.2.1.1 Berat Jenis (*specific gravity*)

Menurut Suprpto (2004: 26), berat jenis adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat dari air dalam volume yang sama, dengan suhu yang sama pula (600 F). Berat jenis dinyatakan dalam API Gravity atau derajat API (*American Petroleum Institute*).

$$\text{API} = \frac{141,5}{\gamma} - 131,5$$

Keterangan:

γ = Berat jenis air pada suhu 60⁰F

2.2.1.2 Viskositas

Menurut Suprpto (2004: 27) viskositas atau kekentalan adalah suatu ukuran dari besar perlawanan zat cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dalam dari suatu bahan cair yang dinyatakan dalam satuan *centi poise*.

2.2.1.3 Nilai Kalor

Menurut Suprpto (2004: 27) nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu (1 kg) bahan bakar di dalam zat asam yang terbakar secara sempurna.

2.2.1.4 Titik Nyala (*flash point*)

Menurut Suprpto (2004: 28) titik nyala adalah suhu terendah dari bahan bakar minyak yang dapat menimbulkan nyala api apabila pada permukaan bahan bakar minyak tersebut dipercikan api.

Di akhir tahun 2019 Indonesia telah menetapkan penggunaan bahan bakar B30. Menurut ESDM (2019) pada laman website resminya, Menteri ESDM telah mengesahkan keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 227 K/10/MEM/2019 tentang Pelaksanaan Uji Coba Pencampuran Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel 30% (B30) ke dalam bahan bakar minyak jenis solar periode 2019. Berdasarkan SNI 7182: 2015, spesifikasi B30 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Bakar B30

No	Karakteristik	Nilai	Satuan
1	Massa Jenis (pada 40 ⁰ C)	850-890	Kg/m ³
2	Viskositas Kinematik (pada 40 ⁰ C)	2,3-6,0	mm ² /s (cst)
3	Angka setana	min 51	
4	Titik nyala	130	⁰ C
5	Korosi lempeng tembaga (50 ⁰ C)	3	Jam
6	Residu karbon	0,05 % atau 0,3 % (dalam 10% ampas destilasi)	Massa
7	Temperatur destilasi (90%)	360	⁰ C
8	Abu sulfat	Maks 0,02%	massa
9	Belerang	Maks 10	mg/kg
10	Fosfor	Maks 4	mg/kg
11	Angka asam	Maks 0,4	mg-KOH/g
12	Gliserol bebas	Maks 0,02%	Massa
13	Gliserol total	Maks 0,24%	Massa
14	Kadar ester metil	min 96,5%	Massa
15	Angka iodium	maksl 115%- massa	(g-12/100 g)
16	Kestabilan oksidasi	metode rancimat 600 menit dan metode petro oksi 45 menit.	Menit
17	Monogliserida	maks 0,55 %	Massa
18	Warna (ASTM D-1500)	maks 3	
19	Kadar air (metode uji D-6304)	maks 350	ppm
20	CFPP (Cold Filter Plugging Point) metode D-6371	maks 15	⁰ C
21	Logam I (EN 14108/14109, EN 14538)	maks 5	mg/kg
22	Logam II (EN 14538)	maks 5	mg/kg
23	Total Kontaminan (ASTM D 2276, ASTM D 5452, ASTM D 6217)	maks 20	mg/liter

Sumber : www.esdm.go.id

Bahan bakar biodiesel yang digunakan didalam negeri tentu mempunyai standar tersendiri, berikut merupakan tabel standardisasi biodiesel dalam negeri.

Tabel 2.2 Standardisasi Biodiesel Dalam Negeri

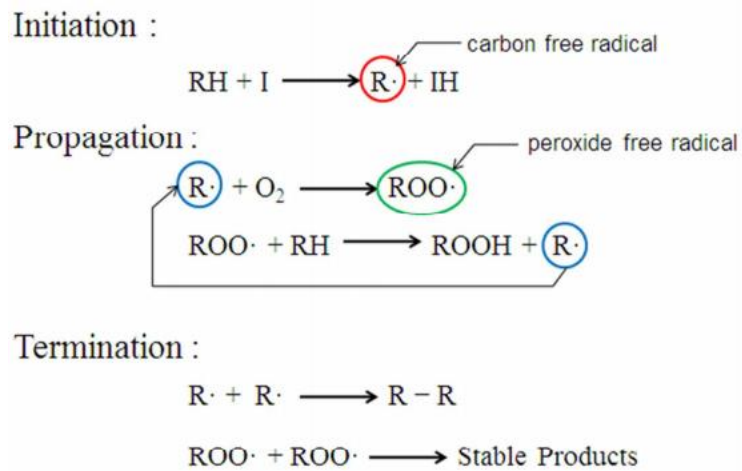
NO	Parameter Uji	Satuan, Min/Max	Persyaratan	Metode Uji Alternatif
1.	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850-890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
3.	Angka setana	Min	51	ASTM D 613 atau ASTM D 6890
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100	ASTM D 93
5.	Titik kabut	°C, maks	18	ASTM D 2500
6.	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		Nomor 1	ASTM D 130
7.	Residu karbon			
	- dalam percontoh asli	%-massa, maks	0,05	ASTM D 4530 atau ASTM D 189
	- dalam 10% ampas distilasi		0,3	
8.	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9.	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10.	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
11.	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266 atau ASTM D 4294 atau ASTM D 2622
12.	Fosfor	mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13.	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D 664
14.	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	AOCS Ca 14-59 atau ASTM D 6584
15.	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
16.	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	
17.	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g), maks	115	AOCS Cd 1-25
18.	Kadar monogliserida	%-massa, maks	0,8	ASTM D 6584
19.	Kesetabilan oksidasi			
	Periode induksi metode rancimat, atau	menit	360	EN 15751
	Periode induksi metode petro okxi		27	ASTM D 7545

Sumber: Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain, (2015)

2.2.2 Antioksidan untuk Biodiesel

Aditif adalah komponen yang ditambahkan ke dalam bahan bakar dalam jumlah kecil untuk meningkatkan atau merubah properties dari bahan bakar (Ma'ruf, 2015: 19). Ada beberapa penyebab terjadi peningkatan kebutuhan aditif, diantaranya adalah diterapkannya penjualan biodiesel yang bebas, sifat stabilitas biodiesel yang rendah dan inkompatibilitas biodiesel terhadap beberapa material logam, oleh karena itu diperlukan aditif untuk meningkatkan stabilitas dan menghambat korosi (Westberg, 2012: 12).

Penambahan zat antioksidan pada biodiesel dapat berpengaruh terhadap stabilitas oksidasi biodiesel. Menurut Tang *et al.*, (2008: 373) aktivitas antioksidan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi. Periode induksi biodiesel berbasis SBO-, CSO-, YG-, dan SBO dapat ditingkatkan secara signifikan dengan PY, PG dan TBHQ, sementara PY, BHA, dan BHT menunjukkan hasil terbaik untuk biodiesel berbasis PF, ini menunjukkan bahwa efek dari masing-masing antioksidan pada biodiesel berbeda tergantung pada bahan baku yang berbeda. Selain itu, efek antioksidan pada B20 dan B100, menunjukkan bahwa meningkatkan stabilitas oksidatif biodiesel secara efektif dapat meningkatkan campuran biodiesel. Stabilitas oksidatif dari biodiesel berbasis SBO menurun dengan meningkatnya waktu penyimpanan di dalam dan luar ruangan, sedangkan nilai periode induksi dengan menambahkan TBHQ ke biodiesel berbasis SBO tetap konstan hingga 9 bulan.



Gambar 2.2 Tahap Proses Oksidasi
 Sumber: Gurau *et al.*, (2016: 2)

Menurut Serrano *et al.*, (2013: 50) penambahan antioksidan alami maupun buatan pada biodiesel dengan pemurnian menggunakan air suling dan air suling yang diasamkan hasilnya adalah antioksidan dapat meningkatkan stabilitas oksidasi dan efek antioksidan meningkat konsentrasi.

2.2.3 Tanaman Sirsak

Menurut Ersi (2011) tanaman dengan nama latin *Annona Muricata L* atau yang biasa dikenal dengan tanaman sirsak merupakan salah satu jenis tanaman buah yang berasal dari amerika selatan, kemudian menyebar luas ke daerah Asia Selatan dan Asia Tenggara, salah satunya adalah daerah Indonesia. Tanaman sirsak merupakan salah satu jenis tanaman pekarangan yang buahnya memiliki ciri bau dan rasa yang khas, berwarna putih seperti susu, rasanya manis asam dan berbiji kecil yang berwarna hitam.



Gambar 2.3 Daun Sirsak
Sumber : Dokumen Pribadi

Berikut ini merupakan klasifikasi tanaman sirsak:

Klasifikasi	Keterangan
Kingdom	Plantae (tumbuhan)
Subkingdom	Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Super divisi	Spermatophyta (menghasilkan biji)
Kelas	Magnoliopsida (berkeping dua)
Sub kelas	Magnoliidae
Ordo	Magnoliales
Famili	Annonaceae
Genus	Annona
Spesies	<i>Annona muricata L.</i>

Menurut Ersi (2011) tanaman sirsak membutuhkan iklim tropik yang hangat dan lembab, tanaman jenis *Annona* ini merupakan yang paling mudah untuk tumbuh. Tanaman sirsak dapat tumbuh pada ketinggian sampai 1200 mdpl. Tanaman sirsak dapat tumbuh dengan baik pada keadaan iklim bersuhu 22-28⁰ C, dengan kelembaban yaitu antara 60-80 % dan curah hujan berkisar 1500-2500 mm per tahun.

Menurut Ersi (2011) keadaan iklim yang terlalu ekstrem dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman sirsak. Salah satu faktor penghambat pertumbuhan tanaman sirsak adalah cuaca yang dingin. Sedangkan di musim

kemarau tanaman sirsak akan merontokkan daunnya yang bertujuan untuk menyesuaikan diri terhadap lingkungan. Tanaman sirsak tidak cocok dengan genangan air, oleh sebab itu tanaman ini membutuhkan aliran air yang baik agar mudah untuk tumbuh dan berkembang.

2.2.4 Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak

Menurut Sayuti dan Yenrina (2015: 7) pengertian antioksidan secara kimia yaitu senyawa yang memberikan elektron, secara biologis antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah dampak negatif dari oksidan, secara umum pengertian antioksidan adalah senyawa yang dapat menghambat kerusakan akibat adanya proses oksidasi.

Berdasarkan sumbernya, antioksidan digolongkan menjadi 2 yaitu

2.2.4.1 Antioksidan alami

Berasal dari tumbuhan yang sering dikonsumsi dan telah diisolasi. Antioksidan yang terdapat dalam tumbuhan mengandung vitamin C, vitamin E, polienol, karoten, bioflavonoid, katekin, dan resveratrol.

2.2.4.1 Antioksidan sintetik

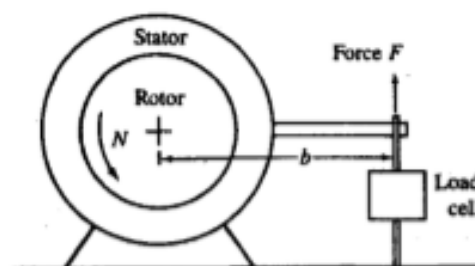
Biasanya digunakan pada makanan untuk menjaga mutu dan perubahan sifat kimia makanan yang diakibatkan oleh proses oksidasi yang berlangsung saat penyimpanan. Contohnya BHA (*Butylated Hydroxyanisol*), BHT (*Butylated Hydroxytoluene*), TBHQ (*Tert-Butyl Hydroxy Quinon*), propel galat dan lain-lain.

Daun sirsak dapat dibuat antioksidan melalui metode ekstraksi. Menurut Artini *et al.*, (2012: 131), penelitian yang dilakukan yaitu sebanyak 1200 gr serbuk daun sirsak (*Annona muricata L.*) diekstraksi dengan cara maserasi menggunakan

metanol teknis sampai semua serbuk terendam dalam pelarut selama kurang lebih 24 jam secara berulang-ulang. Ekstrak yang memperlihatkan aktivitas antioksidan yang paling baik kemudian dilakukan uji fitokimia dan dilanjutkan aplikasinya ke hewan uji tikus wistar serta dipisahkan dengan kromatografi kolom. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak petroleum eter, kloroform, *n*-butanol dan air bersifat aktif sebagai antioksidan. Ekstrak *n*-butanol memiliki persentase peredaman paling tinggi pada menit ke-5 sebesar 91,10% dan menit ke-60 sebesar 97,9 %. Ekstrak *n*-butanol kemudian diuji fitokimia.

2.2.5 Performa Mesin Diesel

Menurut Heywood (1988: 46), torsi pada motor diesel biasanya diukur menggunakan alat dinamometer. Mesin yang akan diuji ditempatkan pada landasan alat uji serta dijepit atau diberikan sabuk pengaman, dan poros mesin dihubungkan ke rotor dinamometer. Prinsip kerja dinamometer adalah rotor dinamometer diputar oleh sumber daya motor yang diuji, rotor juga dipasangkan secara mekanis, elektrik, hidrolis, dengan stator dalam keadaan seimbang. Torsi yang diberikan pada stator dengan putaran rotor diukur dengan menyeimbangkan stator dengan beban, pegas, atau pneumatik.



Gambar 2.4 Skema Pengujian Performa Mesin pada Dinamometer
Sumber : Heywood, (1988: 46)

2.2.5.1 Torsi

Menurut Basyirun *et al.*, (2008: 23), torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi dapat dikatakan sebagai energi. Adapun secara teoritis, rumus yang digunakan untuk menghitung torsi adalah :

$$T = F \times b \text{ (Nm)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

T = Torsi benda berputar (Nm)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat rotasi (m)

2.2.5.2 Daya

Menurut Basyirun *et al.*, (2008: 24), daya merupakan jumlah energi yang dihasilkan mesin setiap waktunya. Adapun secara teoritis, rumus yang digunakan untuk menghitung daya adalah :

$$P = \frac{2 \times \pi \times N \times T}{60 \times 1000} \text{ (kW)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

P = Daya mesin (kW)

T = Torsi mesin (Nm)

N = Putaran mesin (rpm)

2.2.6 Reaksi Pembakaran Mesin Diesel

Menurut Challen dan Baranescu (1999: 91), pembakaran diesel adalah proses yang terjadi ketika bahan bakar disuntikkan ke dalam suatu ruang bakar dimana di ruang bakar tersebut terdapat udara turbulen yang telah dikompresi ke suhu dan

tekanan tinggi, bahan bakar yang dipilih memiliki sifat mudah terbakar sendiri (*auto ignite*).

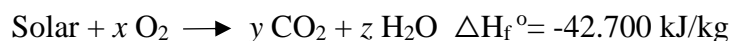
Tabel 2.4 Spesifikasi Biodiesel, Solar, Etanol dan B20

No	Fuel	Nilai Kalor (kJ/kg)	Masa Jenis (15°C) (g/cm ³)	Titik Nyala (°C)	Viskositas 40°C (mm ² /sn)	Cetane Index
	ASTM no.	D2015	D1298	D93	D445	D613
1.	Biodiesel	40.763	0,88	148	4,3	54
2.	Solar	42.700	0,84	68	2,84	48
3.	Etanol	27.000	0,79	14	-	5-8
4.	B20	42.472	0,85	76	3,42	51
5.	BE20	39.746	0,82	58	2,88	46

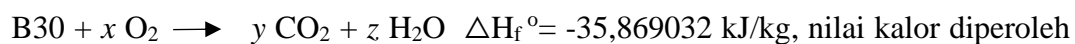
Sumber: Aydin dan Ilkic (2010: 1200)

Peran antioksidan daun sirsak pada biodiesel adalah sebagai pengganti oksigen, sehingga rantai kimia biodiesel yang panjang tidak dapat bereaksi dengan oksigen (tidak terjadi oksidasi), karena fungsi antioksidan sebagai penangkal zat radikal bebas yang mudah bereaksi, maka zat radikal pada biodiesel akan bereaksi dengan antioksidan. Menurut Asbanu *et.al.*, (2019: 159) senyawa kimia yang terkandung pada daun sirsak adalah kaempferol (C₁₅ H₁₀ O₆).

Reaksi kimia pada pembakaran mesin diesel menggunakan solar adalah



Reaksi kimia pada pembakaran mesin diesel menggunakan biodiesel adalah



dari:

Berdasarkan tabel, diketahui massa jenis B100 = 0,88 kg/l ; masa jenis solar = 0,84 kg/l dan basis = 1 liter.

B30 merupakan campuran bahan bakar yang terdiri dari 30% biodiesel dan 70% solar,

maka massa biodiesel 30% = 30% x 1 liter x 0,88 kg/l = 0,264 kg

massa 70 % solar = 70% x 1 liter x 0,84 kg/l = 0,588 kg

ΔH_f 30% biodiesel = 0,264 kg x -40.763 kJ/kg = -10.761,432 kJ

ΔH_f 70% solar = 0,588 kg x -42.700 kJ/kg = -25.107,6 kJ

Jadi ΔH_f B30 adalah ΔH_f 30% biodiesel + ΔH_f 70% solar = -10,761432 kJ + -25,1076 kJ = -35.869,032 kJ.

Menurut Kasenov *et al.*, (2004: 505) panas yang dihasilkan kaempferol (C₁₅H₁₀O₆) dalam bentuk cair (*liquid*) adalah 66,8 kJ/mol atau sekitar 0,234 kJ/gr. Dari perbandingan nilai kalor di atas dapat kita simpulkan bahwa nilai kalor antioksidan daun sirsak berbeda jauh dengan biodiesel B30 sehingga semakin sedikit campuran antioksidan pada bahan bakar B30 maka panas yang dihasilkan akan lebih baik (besar), dengan kata lain penambahan antioksidan pada bahan bakar B30 dapat mempengaruhi nilai kalor.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kajian pustaka dan landasan teori, hipotesis penelitian ini adalah

- 2.3.1 Ada pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap torsi mesin.
- 2.3.2 Ada pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap daya mesin.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

3.1.1 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2020.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian terdiri dari dua proses, proses pencampuran bahan bakar dengan antioksidan dilakukan di Laboratorium Biologi, Universitas Negeri Semarang dan proses pengujian performa mesin diesel dilaksanakan di Laboratorium Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

3.2 Desain Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif dengan metode yang digunakan adalah eksperimen. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2017: 72). Perlakuan dalam penelitian ini berupa variasi campuran antioksidan dari daun sirsak dengan bahan bakar biodiesel, dimana antioksidan sebagai bahan aditifnya.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

- a. *Dyno Test* (dinamometer)

Alat ini digunakan untuk mengukur performa suatu mesin. Berikut merupakan spesifikasinya:

Tabel 3.1 Spesifikasi *Dynotest*

Spesifikasi	Nilai
Merk	Maha
Model	LPS
Nomor seri	LPS 3000 PKW V 2. 01. 001 (28. 10. 2011)
Diameter <i>roller</i>	318 mm
Panjang <i>roller</i>	750 mm
Tekanan udara <i>lift</i>	6-8 bar
Tipe <i>roller</i>	2 WD
Daya roda maksimal	700 HP
Sumber tegangan	230 V

b. *Hot plate and magnetic stirrer.*

Merk alat ini adalah cimarec dengan ukuran 7x7 inch. Alat ini digunakan untuk mencampurkan antioksidan dengan bahan bakar.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

a. Serbuk ekstrak daun sirsak

Serbuk ekstrak daun sirsak didapat dari PT. Borobudur Herbal dengan nama produk Xirat. Produk berbentuk kapsul yang di dalam kapsul terdapat serbuk antioksidan ekstrak daun sirsak dengan berat tiap kapsul 550 mg dan menurut penjual setiap kapsul mengandung 5 mg antioksidan. Warna serbuk yaitu hijau gelap, untuk ukuran butiran serbuk cukup halus akan tetapi tidak ditemukan ukuran butiran serbuk pada kemasan mengenai ukuran pastinya.

Berikut merupakan perhitungan serbuk yang dibutuhkan,

diketahui :

$$\text{berat jenis B30} = 870 \text{ kg/m}^3 = 0,87 \text{ g/ml}$$

$$\text{berat kapsul} = 550 \text{ mg (mengandung 5 mg antioksidan)}$$

$$\text{massa B30} = \text{berat jenis} \times \text{volume} = 0,87 \text{ g/ml} \times 1000 \text{ ml} = 870 \text{ gram.}$$

Rumus mencari konsentrasi zat adalah

$$\text{konsentrasi zat (ppm)} = \text{berat zat terlarut} : \text{berat larutan} \times 10^6$$

variasi konsentrasi 50 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

$$\text{berat antioksidan} = 50 \times \text{berat larutan} : 10^6$$

$$= 50 \times 870 \text{ gr} : 10^6 = 0,0435 \text{ gr} = 43,5 \text{ mg}$$

variasi konsentrasi 100 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

$$\text{berat antioksidan} = 100 \times \text{berat larutan} : 10^6$$

$$= 100 \times 870 \text{ gr} : 10^6 = 0,087 \text{ gr} = 87 \text{ mg}$$

variasi konsentrasi 150 ppm antioksidan dapat dicari dengan rumus:

$$\text{berat antioksidan} = 150 \times \text{berat larutan} : 10^6$$

$$= 150 \times 870 \text{ gr} : 10^6 = 0,1305 \text{ gr} = 130,5 \text{ mg}$$

b. Biodiesel (B30)

Biodiesel yang digunakan berasal dari PT Pertamina

c. Gelas ukur

Digunakan untuk mengukur volume biodiesel B30 yang akan dicampurkan.

Fungsinya adalah untuk mengukur volume campuran biodiesel dengan antioksidan ekstraksi daun sirsak.

d. Erlenmeyer.

Digunakan sebagai tempat untuk mencampur serbuk ekstrak daun sirsak dengan biodiesel B30.

e. Botol atau wadah kaca

Digunakan untuk menyimpan antioksidan.

f. Pengaduk

- g. Saringan dari kain kasa
- h. Satu unit mobil Panther Isuzu, dengan spesifikasi mesin diesel sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Diesel Panther Isuzu Tahun 2015

Tipe	Spesifikasi
Mesin	Diesel 4 langkah, <i>direct injection</i>
Volume langkah (cc)	2.499
Diameter x langkah (mm)	93 x 92
Pendingin	Air
Jumlah piston	4
Kapasitas tangki (liter)	55

- i. *Blower*

Pendinginan pada mesin mobil perlu bantuan udara yang mengalir seiring dengan gerak melaju dari kendaraan karena jika tidak ada aliran udara untuk menurunkan temperatur air pendingin maka dapat terjadi *overheating* pada mesin, sedangkan pada saat pengujian, kendaraan tidak bergerak melaju sehingga tidak ada aliran udara yang berjalan, pada keadaan ini blower berfungsi untuk mengalirkan udara sehingga dapat menurunkan temperatur air pendingin meskipun mobil tidak melaju.

- j. Sabuk pengait

Digunakan untuk mengikat bagian belakang mobil yang bertujuan agar mobil tetap berada pada dinamo pengujian.

3.4 Parameter Penelitian

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah

3.4.1 Variabel Bebas (*independent variable*)

Menurut Sugiyono (2016: 39), pengertian variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi perubahan pada variabel terikat, variabel ini juga dapat dikatakan sebagai penyebab dari timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah

- a. Biodiesel (B30) tanpa campuran antioksidan.
- b. Biodiesel (B30) dicampur 50 ppm antioksidan.
- c. Biodiesel (B30) dicampur 100 ppm antioksidan.
- d. Biodiesel (B30) dicampur 150 ppm antioksidan.

3.3.2 Variabel Terikat (*dependent variable*)

Menurut Sugiyono (2017: 39), pengertian variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas atau dengan kata lain variabel ini menjadi akibat yang ditimbulkan oleh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah torsi mesin, daya mesin.

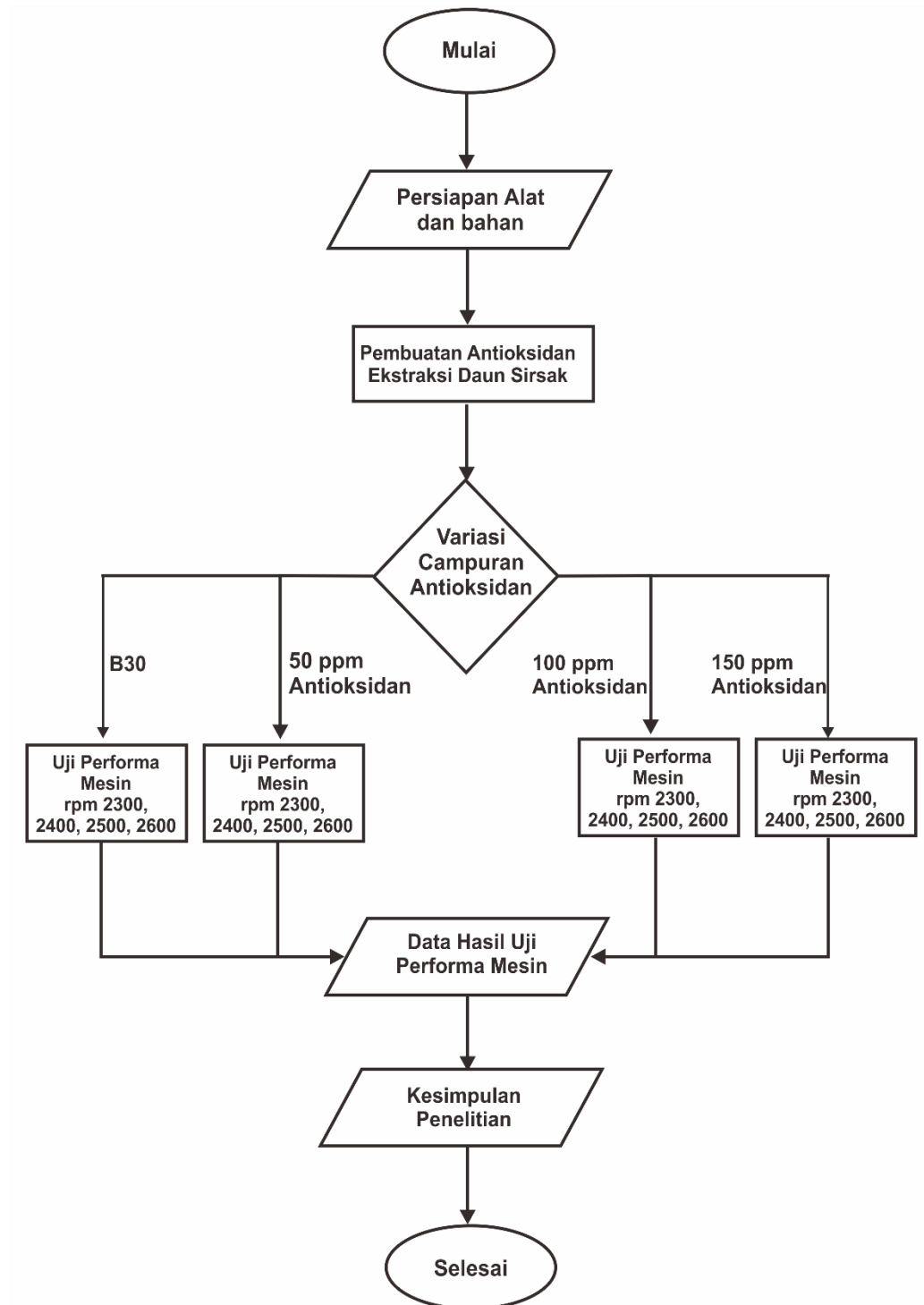
3.3.3 Variabel Kontrol

Menurut Sugiyono (2017: 41), pengertian variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan dengan cara dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah

- a. Bahan baku pembuatan antioksidan adalah daun sirsak.
- b. Temperatur udara sekitar yaitu 23-35 °C.
- c. Mesin yang digunakan yaitu Isuzu Panther 2500 cc.
- d. Temperatur oli mesin pada saat pengujian adalah 70-80 °C.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Alur Proses Penelitian

3.5.2 Proses Penelitian

Pembuatan antioksidan ekstrak daun sirsak menggunakan metode maserasi adalah sebagai berikut:

- a. Untuk membuat konsentrasi 50 ppm maka siapkan serbuk ekstrak daun sirsak pada wadah kaca arloji sebanyak 43,5 mg.
- b. Siapkan 1 liter bahan bakar B30 pada wadah erlenmeyer dan tempatkan di atas *hot plate stirrer*.
- c. Bahan bakar B30 diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan dengan suhu 40 °C.
- d. Sembari diaduk dan menunggu suhu mencapai 40 °C, masukkan sedikit demi sedikit serbuk antioksidan ke dalam wadah erlenmeyer yang terisi bahan bakar B30.
- e. Setelah semua serbuk tercampur ke dalam bahan bakar B30, selanjutnya tunggu sekitar 30 menit, agar warna bahan bakar berubah menyerupai serbuk antioksidan.
- f. Lakukan langkah poin a sampai dengan e setiap variasi konsentrasi zat antioksidan 100 ppm dan 150 ppm.
- g. Setelah suhu campuran tersebut mencapai suhu kamar, selanjutnya pindahkan ke dalam botol plastik dan simpan campuran tersebut selama 24 jam pada suhu kamar (25-30 °C). proses penyimpanan ini bertujuan agar semua zat antioksidan pada serbuk dapat larut dalam biodiesel B30.
- h. Disaring menggunakan kain kasa agar residu yang tidak terlarut dapat dipisahkan.

Pengujian performa mesin adalah sebagai berikut:

- a. Memeriksa sistem pendingin mesin.
- b. Memeriksa sistem bahan bakar.
- c. Pasang kabel yang menghubungkan CPU dengan monitor pada *dyno test*.
- d. Pasang sensor suhu oli mesin, kabel *blower* dan kabel sumber tegangan *dyno test*.
- e. Tempatkan keempat roda mobil agar tepat diatas *roller*.
- f. Pasang sabuk pengaman dibagian belakang mobil.
- g. Buka *cap* mobil lalu lepas selang *bypass* bahan bakar dan selang yang menuju ke pompa bahan bakar, kemudian ditempatkan pada buret (penampung bahan bakar).
- h. Masukkan bahan bakar B30 yang akan diuji performa ke dalam buret (penampung bahan bakar).
- i. Mesin mobil dinyalakan dengan cara memutar kunci kontak ke arah kanan posisi *start*.
- j. Jika suhu mesin belum tercapai, panaskan hingga mencapai suhu kerja 90 °C.
- k. *Blower* dihidupkan untuk menjaga suhu mesin.
- l. Ketika pengujian, naikkan putaran mesin dan persneling secara bertahap hingga posisi persneling 4
- m. Kemudian naikkan putaran secara secara akselerasi sampai pembacaan grafik mesin *dyno test* (dinamo meter) pada PC turun.
- n. Simpan data dengan cara klik “*save*” yang ada pada bagian bawah layar monitor

- o. Lakukan langkah h sampai n tiap pengujian performa mesin menggunakan bahan bakar konsentrasi antioksidan 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm secara berurutan..
- p. Matikan mesin dan *blower*.
- q. *Setting* saluran bahan bakar seperti semula
- r. Rekap semua data uji daya dan torsi mesin dengan cara klik pada menu “*database*”
- s. Matikan perangkat komputer dan mengembalikan peralatan.

3.5.3 Data Penelitian

Data hasil pengujian performa mesin diesel menggunakan campuran antioksidan dengan biodiesel (B30) dimasukkan ke dalam tabel kemudian dianalisis.

Adapun tabel yang digunakan adalah

Tabel 3.3 Nilai Torsi Mesin pada Campuran Biodiesel dengan Ekstrak Daun Sirsak

Putaran (rpm)	Torsi (Nm)				Rata-rata
	Biodiesel B30	50 ppm Antioksidan	100 ppm Antioksidan	150 ppm Antioksidan	
2300					
2400					
2500					
2600					
Rata-rata					

Tabel 3.4 Nilai Daya Mesin pada Campuran Biodiesel dengan Ekstrak Daun Sirsak

Putaran (rpm)	Daya (Kw)				Rata-rata
	Biodiesel B30	50 ppm Antioksidan	100 ppm Antioksidan	150 ppm Antioksidan	
2300					
2400					
2500					
2600					
Rata-rata					

3.6 Kalibrasi Instrumen

Kalibrasi instrumen pada penelitian ini pada alat *hot plate* dan *magnetic stirrer* yang digunakan untuk melarutkan antioksidan dan *dyno test* yang digunakan untuk menguji performa mesin.

- a. Prosedur penggunaan *dyno test* pada mobil adalah sebagai berikut:
 1. Kabel *power* pada *blower* dan *compressor* dihubungkan ke sumber arus listrik.
 2. Hubungkan kabel pengontrol *blower* ke *communication desk*.
 3. Kabel *interface box* dihubungkan ke *communication desk*.
 4. CPU dan monitor dihidupkan.
 5. Menempatkan roda kendaraan diatas *roller dyno test*.
 6. Bagian belakang kendaraan diikat dengan sabuk *safety* dengan kuat agar pada saat pengujian posisi ban di atas *roller*.
 7. Sensor temperatur oli dipasang pada lubang oli.
 8. Sensor temperatur lingkungan dipasang pada sekitar mesin.
 9. Buka *software* LPS 3000.
 10. Pilih *measure engine power*.
 11. Pilih *continuous measurement*.
 12. Memasukkan data spesifikasi kendaraan.
- b. Prosedur penggunaan *hot plate* dan *magnetic stirrer* adalah sebagai berikut:
 1. Colokkan kabel pada sumber listrik
 2. Tekan tombol on, untuk menghidupkan alat
 3. Letakkan bahan bakar B30 diatas *hot plate*

4. Masukkan salah satu *magnetic stirrer* ke dalam wadah yang terisi B30
5. Atur suhu dan kecepatan putaran melalui *selector*.

3.7 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif, yaitu dengan menggambarkan hasil eksperimen kemudian menyimpulkan dan menentukan hasil penelitian yang telah dilakukan. Penelitian eksperimen ini menghasilkan data unjuk kerja mesin diesel Isuzu Panther berupa torsi dan daya mesin yang dihasilkan menggunakan campuran bahan bakar biodiesel dengan antioksidan ekstrak daun sirsak.

Data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik, setelah itu dianalisis dan ditarik kesimpulan. Tabel dan grafik akan menampilkan informasi pengaruh variasi campuran antioksidan ekstrak daun sirsak pada biodiesel terhadap unjuk kerja mesin diesel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Pencampuran antioksidan dan bahan bakar (B30) dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia dan Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang. Sebelum dilakukan pencampuran, serbuk diukur beratnya menggunakan timbangan digital dengan satuan mili gram (mg) sehingga ketelitiannya lebih akurat. Produk antioksidan dibeli dari PT. Borobudur Herbal, bentuk produk berupa kapsul yang beratnya 550 mg dan tiap kapsul mengandung 5 mg antioksidan.

Kandungan antioksidan dalam bahan bakar divariasi dalam jumlah 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm. Pada variasi 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm serbuk antioksidan yang dicampurkan ke dalam bahan bakar B30 masing-masing berjumlah 43,5 mg, 87 mg dan 130,5 mg.

Pencampuran dilakukan dalam gelas beker (erlenmeyer) berukuran 1 liter yang dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 40⁰ C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit, pemanasan dan pengadukan dilakukan agar kandungan antioksidan pada serbuk dapat larut secara homogen dalam bahan bakar. Bahan bakar dikatakan larut apabila bahan bakar setelah diaduk dan dipanaskan warnanya berubah menyerupai warna serbuk antioksidan, dikatakan homogen apabila campuran antioksidan dan bahan bakar setelah didiamkan 24 jam tidak memisah.



Gambar 4.1 Campuran B30 dengan Antioksidan Daun Sirsak

Keterangan:

1. Bahan bakar B30
2. Campuran B30 dengan 50 ppm antioksidan daun sirsak
3. Campuran B30 dengan 100 ppm antioksidan daun sirsak
4. Campuran B30 dengan 150 ppm antioksidan daun sirsak

Sekilas dari gambar 4.1 terlihat perbedaan warna bahan bakar antara B30 murni dengan B30 yang telah ditambahkan antioksidan daun sirsak. Semakin banyak konsentrasi zat antioksidan yang ditambahkan maka warna dari bahan bakar akan cenderung menyerupai warna serbuk antioksidan daun sirsak yaitu warna hijau. Karena warna biodiesel B30 cenderung merah dan warna serbuk antioksidan cenderung warna hijau, maka campuran bahan bakar yang dihasilkan akan cenderung kuning, hal ini sesuai dengan gambar campuran no 4.

Pengujian performa mesin dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mobil Isuzu Panther 2500 cc dan Dinamometer merk Maha tipe LPS 3000 PKW. Hasil data berupa nilai torsi dan daya mesin. Berikut tabel hasil pengujian performa mesin.

Tabel 4.1 Rekap Data Pengujian Torsi Mesin

Putaran mesin (rpm)	Torsi (Nm)			
	Biodiesel B30	50 ppm Antioksidan	100 ppm Antioksidan	150 ppm Antioksidan
2100		72,8	63,9	68,3
2200		80,3	71,7	75,9
2300	119,8	89,3	80	84,1
2400	122,9	107,8	95,7	94,6
2500	122,6	119,2	108,6	115
2600	121,6	109,2	118	111,9
2700	120,1	105,5	104,7	
2800	118,9	107,9		
2900	117,4	92,3		
3000	115,5			
3100	113,6			
3200	112			
3300	110,7			
3400	109,5			
3500	108			
3600	106,3			
3700	104,7			
3800	102,9			
3900	100,4			
4000	99,1			
4100	98			
4200	96,5			
4300	95			
4400	93,7			
4500	91,3			
Rata-rata	108,71	98,25	91,8	91,63

Berdasarkan lampiran 3 sampai dengan lampiran 6, selanjutnya data hasil pengujian dimasukkan ke dalam tabel penelitian. Pada saat pengujian menggunakan bahan bakar B30 data yang terekap dapat mencapai putaran 4500 rpm akan tetapi pada saat menggunakan bahan bakar B30 dengan konsentrasi antioksidan daun sirsak 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm putaran mesin data yang terekap berturut-turut hanya mencapai putaran 2900 rpm, 2700 rpm dan 2600 rpm. Pada saat pengujian menggunakan bahan bakar B30 yang tercampur antioksidan ketika grafik sudah menunjukkan nilai tertinggi dan pedal gas tetap diinjak agar akselerasi

hasilnya tetap saja putaran tidak dapat naik begitu juga data torsi tidak dapat terrekam dalam layar monitor, dikarenakan tenaga pada mesin menurun drastis.

Penggunaan bahan bakar B30 dibandingkan dengan B30 yang dicampurkan antioksidan daun sirsak dapat mempengaruhi nilai torsi mesin. semakin banyak konsentrasi antioksidan daun sirsak pada biodiesel B30 maka nilai torsi mesin cenderung mengalami penurunan. Berdasarkan rekaman data pada *dyno test* putaran mesin saat menggunakan bahan bakar B30 lebih tinggi dibanding putaran mesin pada saat menggunakan bahan bakar B30 dicampur antioksidan daun sirsak, ini berarti penggunaan bahan bakar B30 dicampur antioksidan selain berpengaruh pada nilai torsi juga mempengaruhi akselerasi mesin.

Tabel 4.2 Rekap Data Pengujian Daya Mesin

Putaran mesin (rpm)	Daya (kW)			
	Biodiesel B30	50 ppm Antioksidan	100 ppm Antioksidan	150 ppm Antioksidan
2100		16,1	14,06	15,03
2200		18,5	16,53	17,49
2300	28,87	21,52	19,27	20,25
2400	30,95	27,11	22,54	23,77
2500	32,17	31,19	28,44	30,12
2600	33,1	29,74	32,12	30,46
2700	34,03	29,82	29,6	
2800	34,85	31,64		
2900	35,66	28,04		
3000	36,35			
3100	36,94			
3200	37,54			
3300	38,25			
3400	38,98			
3500	39,58			
3600	40,12			
3700	40,62			
3800	40,97			
3900	41,01			
4000	41,51			
4100	42,07			
4200	42,48			
4300	42,82			
4400	43,18			
4500	43,42			
Rata-rata	38,06	25,96	23,22	22,85

Hal yang sama juga terjadi pada pengujian daya, data daya mesin menggunakan bahan bakar B30 dicampur antioksidan yang terekap tidak sampai 4500 rpm seperti halnya data yang dihasilkan mesin dengan bahan bakar B30. Meskipun pedal gas tetap diinjak maksimal agar akselerasi yang dihasilkan setara dengan bahan bakar B30, hasilnya tetap saja putaran hanya mampu terekap sampai putaran 2600 rpm pada layar monitor *dyno test*.

Berdasarkan tabel 4.2 terdapat pengaruh penambahan antioksidan ekstrak daun sirsak pada biodiesel terhadap daya. Pengaruh itu berupa penurunan nilai daya,

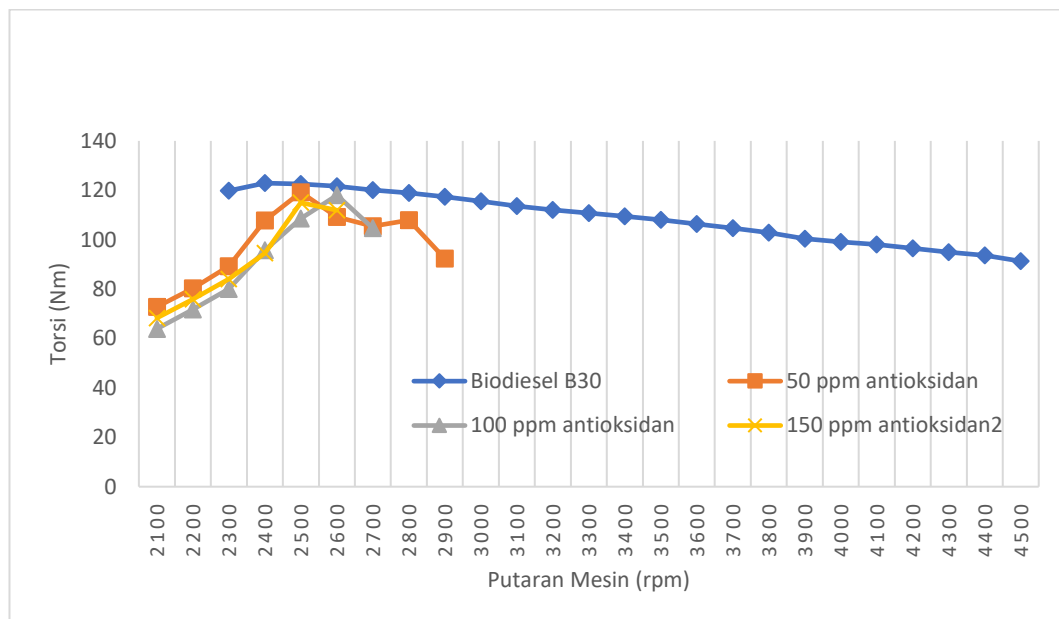
ini dilihat berdasarkan grafik nilai daya yang dihasilkan mesin ketika menggunakan bahan bakar B30 dicampur antioksidan. Penambahan antioksidan daun sirak berbanding lurus dengan menurunnya nilai daya mesin, semakin bertambah jumlah antioksidan pada bahan bakar B30 daya yang dihasilkan cenderung semakin menurun. Selain penurunan nilai daya, penggunaan bahan bakar B30 dicampur antioksidan juga menurunkan akselerasi kendaraan, ini dilihat berdasarkan hasil uji performa, dimana ketika menggunakan bahan bakar B30 dicampur antioksidan putaran mesin yang tercatat pada *dyno test* tidak dapat mencapai 4500 rpm seperti halnya putaran mesin menggunakan bahan bakar B30.

4.2 Pembahasan

Hasil pengujian performa mesin yang telah dilakukan pada mobil Isuzu Panther menggunakan variasi bahan bakar biodiesel dengan campuran antioksidan daun sirak di Laboratorium Performa Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang dapat ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2. Jika dilihat secara garis besar, nilai daya dan torsi meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin, tetapi setelah mencapai nilai maksimal, performa mesin akan mengalami penurunan.

4.2.1 Pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirak pada biodiesel terhadap torsi mesin

Nilai hasil pengujian torsi yang telah direkap pada tabel penelitian, selanjutnya dibuat grafik. Adanya grafik maka akan memudahkan dalam mengolah dan membaca data torsi. Grafik juga dapat memperjelas pembaca dalam memahami pengaruh nilai torsi yang dihasilkan pada penelitian ini.



Gambar 4.2 Hubungan Antara Torsi dan Putaran Mesin Tiap Variasi Campuran Antioksidan.

Gambar 4.2 menunjukkan hubungan nilai torsi dengan putaran mesin pada masing-masing campuran bahan bakar. Setelah antioksidan ditambahkan pada bahan bakar mesin, ketika pengujian putaran tidak dapat melebihi 2900 rpm sehingga pada layar monitor dinamometer nilai torsi yang tercatat pada rentang 2100 rpm sampai dengan 2900 rpm. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan antioksidan daun sirsak pada bahan bakar biodiesel B30 dapat mempengaruhi performa mesin diesel yaitu berupa penurunan nilai torsi mesin. Nilai torsi tiap putaran mesin pada bahan bakar B30 yang dicampur dengan antioksidan semuanya mengalami penurunan. Dari ketiga penambahan antioksidan pada B30 dengan jumlah konsentrasi 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm semuanya cenderung mengalami penurunan seiring ditambahkannya antioksidan. Hal ini dikarenakan penambahan zat aditif pada bahan bakar akan mempengaruhi karakteristik bahan bakar, terlebih zat aditif yang ditambahkan berupa serbuk

sehingga memungkinkan akan mempengaruhi viskositas dan densitas bahan bakar. Selain itu penurunan nilai torsi juga dikarenakan nilai kalor antioksidan daun sirsak (*kaempferol*) kecil sehingga akan mempengaruhi nilai kalor dari B30.

Torsi mesin pada kendaraan diartikan sebagai akselerasi kendaraan, sehingga torsi puncak pada mesin kendaraan menandakan bahwa sedang terjadi akselerasi mesin yang maksimal. Sehingga ketika pengemudi memperbesar torsi sampai nilai maksimal maka pengemudi akan terasa terdorong kebelakang dikarenakan laju kendaraan sangat cepat. Torsi juga berperan dalam pergerakan awal kendaraan, dalam hal ini torsi yang dibutuhkan lebih besar sehingga perlu bantuan *gear box* dalam memutar roda kendaraan.

Pada daun sirsak, komponen senyawa kimia utama yang terkandung diduga adalah *kaempferol* (Asbanu *et. al.*, 2019: 159). Menurut Kasenov *et al.*, (2004: 509) nilai kalor senyawa *kaempferol* ($C_{15}H_{10}O_6$) pada keadaan cair adalah 66,8 kJ/mol atau sekitar 234 kJ/kg, nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai kalor biodiesel yaitu 40.763 kJ/kg (Aydin dan Ilkic, 2010: 1200).

Kandungan nilai kalor *kaempferol* menjadi salah satu penyebab putaran mesin tidak dapat melebihi 2900 rpm. Jika dibandingkan dengan nilai kalor biodiesel, nilai kalor *kaempferol* pada keadaan cair lebih rendah 99,4%. Keadaan ini jelas akan mempengaruhi pembakaran mesin. Disisi lain pembakaran mesin berkaitan penuh dengan putaran mesin, ketika pembakaran mesin besar maka putaran mesin yang dihasilkan juga akan tinggi. Hal ini sama ketika akselerasi pada mobil, pedal gas mobil diinjak agar campuran bahan bakar dan udara yang masuk lebih banyak sehingga pembakaran akan lebih besar dan mobil melaju dengan cepat.

Viskositas bahan bakar pada mesin diesel dapat mempengaruhi pengabutan yang dihasilkan oleh *nozzle*, sehingga dapat mempengaruhi performa mesin. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dwipayana (2016: 6), nilai viskositas terlalu tinggi dapat menimbulkan kerugian berupa: gesekan yang besar di dalam pipa, kerja pompa bahan bakar akan berat, penyaringannya sulit karena kemungkinan besar kotoran ikut terendap, serta sulit mengkabutkan bahan bakar, sehingga mengakibatkan performa mesin menurun.

Setiap senyawa memiliki nilai kalor yang berbeda-beda, jika senyawa yang berbeda dicampurkan maka nilai kalor suatu senyawa juga akan berubah. Senyawa “A” yang mempunyai nilai kalor rendah jika dicampurkan ke dalam senyawa “B” yang memiliki nilai kalor tinggi maka campuran tersebut memiliki nilai kalor yang lebih rendah daripada nilai kalor “B”, ini karena pengaruh dari nilai kalor “A” yang rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dwipayana (2016: 7), nilai kalor untuk campuran bahan bakar menurun seiring dengan semakin tinggi persentase biodiesel yang dicampurkan dalam bahan bakar, ini diakibatkan biodiesel murni yang memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak solar. Pada penelitian lain juga disampaikan oleh Ariani *et al.*, (2017: 41), nilai kalor bahan bakar B20 merupakan yang paling rendah jika dibandingkan dengan nilai kalor bahan bakar solar dan campuran biodiesel lainnya, Pengujian performa mesin menggunakan bahan bakar solar, B5, B10, B15 dan B20, torsi terendah dihasilkan pada saat mesin diesel menggunakan bahan bakar B20, sebab besarnya torsi sangat dipengaruhi oleh energi hasil pembakaran bahan bakar,

dimana besarnya hasil energi hasil pembakaran bahan bakar dipengaruhi oleh nilai kalor bahan bakar.

Alasan data torsi yang ditulis hanya pada putaran 2300 rpm sampai dengan 2600 rpm karena pada rentang putaran itu, semua data daya dan torsi terekap di *dyno test*, baik pada saat mesin menggunakan bahan bakar B30 maupun biodiesel B30 dengan campuran antioksidan (50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm). Berdasarkan tabel 4.1 maka data yang dapat dimasukkan ke dalam tabel data penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengujian Torsi Mesin

Putaran (rpm)	Torsi (Nm)				Rata-rata
	Biodiesel B30	50 ppm Antioksidan	100 ppm Antioksidan	150 ppm Antioksidan	
2300	119,8	89,3	80	84,1	93,3
2400	122,9	107,8	95,7	94,6	105,25
2500	122,6	119,2	108,6	115	116,35
2600	121,6	109,2	118	111,9	115,175
Rata-rata	121,725	106,375	100,575	101,4	

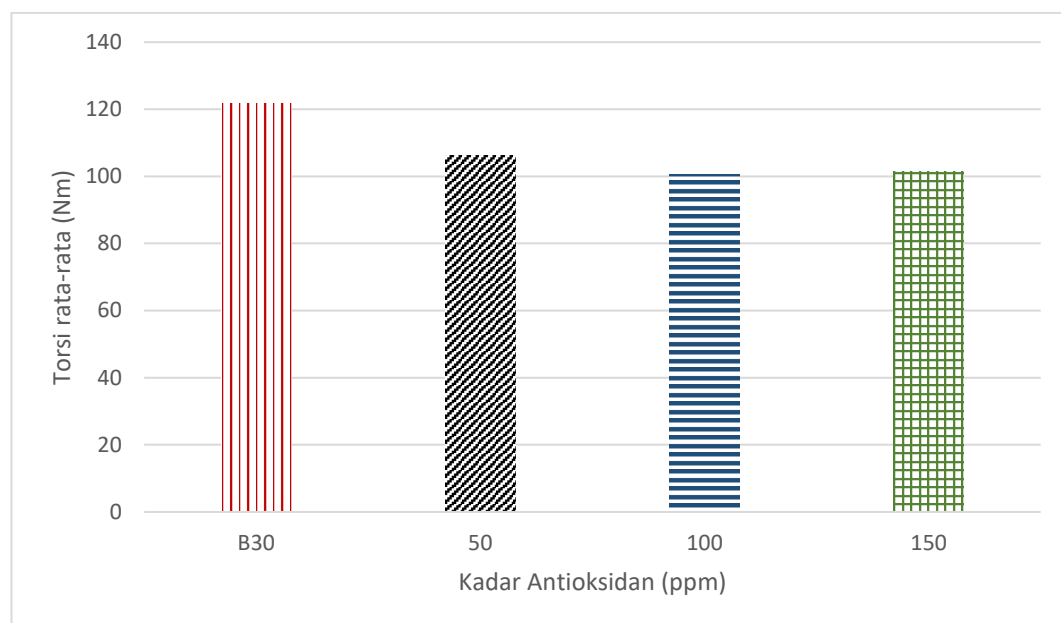
Berdasarkan tabel 4.3, terdapat penurunan nilai torsi pada rentang putaran mesin 2300 rpm sampai dengan 2600 rpm. Jika dilihat dari rata-rata nilai torsi, nilai tertinggi ketika mesin menggunakan bahan bakar B30 murni yaitu sebesar 121,725 Nm, sedangkan nilai terendah dihasilkan ketika mesin menggunakan bahan bakar B30 dengan campuran antioksidan daun sirsak 100 ppm dengan nilai torsi sebesar 100,575 Nm. Jika dibandingkan dengan nilai torsi bahan bakar B30, rata-rata nilai torsi setelah ditambahkan antioksidan daun sirsak 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm nilainya berturut-turut mengalami penurunan sebesar 12,61%; 17,37%; dan 16,69%.

Hasil penelitian yang sama yaitu penambahan antioksidan alami daun sirsak pada biodiesel terhadap performa mesin belum pernah dilakukan. Hal ini dilihat dari tidak ditemukannya artikel penelitian yang serupa, sehingga hasil penelitian merujuk pada teori penelitian yang hampir sama, yaitu pengaruh penambahan antioksidan alami pada biodiesel terhadap performa mesin.

Hasil penelitian yang hampir sama dilakukan Schober dan Mittlebach (2004: 387), penambahan antioksidan sintetis jenis DTBHQ, IONOX 220, Vulkanox ZKF dan Vulkanox BKF pada biodiesel Eropa jenis RME, RCOME, dan TME dapat mempengaruhi viskositas dan densitas (kerapatan) biodiesel, tetapi tidak signifikan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Fattah *et. al.*, (2014: 269), penambahan antioksidan sintetis pada biodiesel dapat menaikkan nilai viskositas serta menurunkan nilai densitas dan nilai kalor, sehingga nilai *brake power output* (daya) pada bahan bakar biodiesel yang ditambahkan antioksidan sintetis BHA (*butylated hydroxy anisole*) dan BHT (*butylated hydroxy toluene*) menghasilkan 0,44%, dan 0,68% lebih rendah dari daya mesin saat menggunakan bahan bakar biodiesel murni. Nilai daya mesin berkaitan dengan nilai torsi, menurut rumus fisika daya adalah besarnya tenaga mesin per satuan waktu. Artinya daya berbanding lurus dengan torsi, jika hasil daya suatu mesin menurun maka nilai torsi kemungkinan besar juga menurun. Penggunaan antioksidan sintetis pada biodiesel menghasilkan perbedaan performa mesin yang tidak jauh berbeda. Hal ini dikarenakan antioksidan sintetis jenis BHA (*butylated hydroxy anisole*) dan BHT (*butylated hydroxy toluene*) memiliki nilai kalor 33.930 kJ/kg dan 40.670 kJ/kg (Ma'ruf, 2015: 36), jika dibandingkan dengan nilai kalor *kaempferol* ($C_{15}H_{10}O_6$) pada keadaan cair yang

hanya sekitar 234 kJ/kg, nilai kalor antioksidan BHA dan BHT jauh lebih besar sehingga pengaruhnya pada performa mesin tidak terlalu menonjol.

Data pada tabel 4.3 kemudian dijadikan bentuk diagram batang bertujuan agar pembaca dapat memahami pengaruh nilai torsi, hasilnya adalah sebagai berikut:

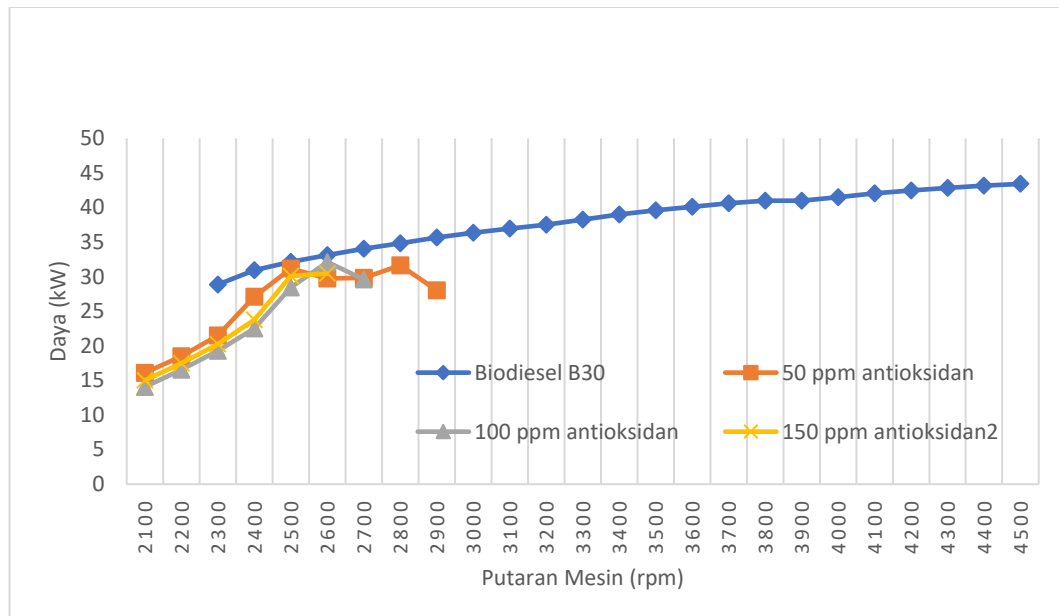


Gambar 4.3 Pengaruh Kadar Antioksidan dalam B30 Terhadap Torsi Mesin Diesel

Dari diagram di atas dapat dijelaskan bahwa pengaruh penambahan antioksidan ekstrak daun sirsak pada biodiesel terhadap torsi mesin. Seiring bertambahnya antioksidan daun sirsak pada biodiesel B30 maka nilai torsi cenderung turun. Semakin bertambahnya putaran mesin maka nilai torsi akan semakin meningkat dan ketika nilai torsi sudah mencapai nilai torsi maksimal selanjutnya nilai torsi akan turun.

4.2.2 Pengaruh penambahan antioksidan ekstraksi daun sirsak pada biodiesel terhadap daya mesin

Hasil nilai pengujian daya mesin diesel dibuat grafik sehingga dapat diketahui perbedaannya secara jelas. Grafik juga dapat memberitahukan pembaca agar memudahkan dalam memahami data hasil pengujian daya. Berdasarkan tabel 4.2 maka dapat buat grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Hubungan Antara Daya dan Putaran Mesin Tiap Variasi Campuran Antioksidan

Grafik diatas menunjukkan pengaruh nilai daya berupa penurunan performa mesin. Pengaruh campuran antioksidan dan biodiesel pada nilai daya tidak jauh berbeda dengan nilai torsi. Hal ini dikarenakan nilai daya berbanding lurus dengan torsi. Pengujian mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel, putaran yang direkap oleh dinamometer mencapai 4500 rpm sedangkan ketika pengujian performa mesin menggunakan campuran biodiesel dan antioksidan daun sirsak data daya yang tercatat tidak lebih dari 2900 rpm dan nilai daya yang dihasilkan mengalami penurunan jika dibandingkan dengan nilai daya performa mesin saat menggunakan biodiesel B30 dicampur antioksidan daun sirsak.

Penurunan nilai daya dan putaran mesin disebabkan karena penggunaan bahan bakar. Performa mesin diesel bergantung pada karakteristik bahan bakar diantaranya adalah viskositas, densitas dan nilai kalor. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Schober dan Mittlebach (2004: 387), bahwa penambahan antioksidan pada biodiesel dapat mempengaruhi viskositas dan densitas (kerapatan) biodiesel, tetapi tidak signifikan. Selain itu menurut Dwipayana (2016: 6) nilai viskositas bahan bakar mesin diesel yang tinggi dapat menghambat kerja pompa dan pengabutan yang dilakukan oleh *nozzle* tidak terlalu halus sehingga performa mesin yang dihasilkan akan menurun.

Pada daun sirsak, komponen senyawa kimia utama yang terkandung diduga adalah *kaempferol* (Asbanu *et. al.*, 2019: 159). Menurut Kasenov *et al.*, (2004: 509) nilai kalor senyawa *kaempferol* ($C_{15}H_{10}O_6$) pada keadaan cair adalah 66,8 kJ/mol atau sekitar 234 kJ/kg, nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai kalor biodiesel yaitu 40.763 kJ/kg (Aydin dan Ilkic, 2010: 1200). Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan penurunan nilai daya dan penurunan putaran mesin juga dapat diakibatkan oleh nilai kalor yang rendah. Nilai kalor yang rendah pada bahan bakar B30 dikarenakan bahan aditif berupa antioksidan daun sirsak yaitu senyawa *kaempferol* ($C_{15}H_{10}O_6$) memiliki nilai kalor yang sangat kecil, sehingga biodiesel B30 juga dapat menurun.

Data daya yang dimasukkan ke dalam tabel hanya pada rentang putaran 2300 rpm sampai dengan 2600 rpm karena pada putaran tersebut data daya dapat terekap oleh dynamometer sehingga lebih mudah dalam menganalisis data.

Berdasarkan tabel 4.2 maka data yang dapat dimasukkan ke dalam tabel data penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Nilai Hasil Pengujian Daya Mesin

Putaran (rpm)	Daya (kW)				Rata-rata
	Biodiesel B30	50 ppm Antioksidan	100 ppm Antioksidan	150 ppm Antioksidan	
2300	28,87	21,52	19,27	20,25	22,4775
2400	30,95	27,11	22,54	23,77	26,0925
2500	32,17	31,19	28,44	30,12	30,48
2600	33,1	29,82	32,12	30,46	31,375
Rata-rata	31,27	27,41	25,59	26,15	

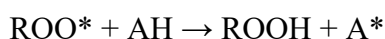
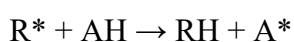
Berdasarkan tabel di atas, pengaruh penambahan antioksidan daun sirsak pada bahan bakar B30 berupa penurunan nilai daya. Jumlah rata-rata nilai daya yang dihasilkan biodiesel B30 adalah 31,27 kW, sedangkan nilai daya pada saat menggunakan campuran B30 dan antioksidan daun sirsak dengan jumlah 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm adalah 27,41 kW, 25,59 kW dan 26,15 kW, dengan persentase penurunan berturut-turut sebesar 12,34%; 18,16% dan 16,37%. Dari jumlah rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan antioksidan daun sirsak pada B30 dapat menurunkan nilai daya, selain itu semakin banyak antioksidan daun sirsak pada B30 maka nilai daya yang dihasilkan akan semakin menurun.

Dikarenakan belum ada artikel penelitian pengaruh performa pada penambahan antioksidan alami dari daun sirsak pada biodiesel, membuat penulis sulit mencari data hasil penelitian yang sama. Akan tetapi hasil penelitian penambahan antioksidan sintetis pada biodiesel terhadap performa mesin sudah ada yang melakukan penelitian sehingga hasil penelitian yang sama menggunakan artikel tersebut.

Hasil penelitian yang hampir sama juga dilakukan oleh Fattah *et. al.*, (2014: 269), penambahan antioksidan sintetis berupa BHA (*butylated hydroxy anisole*) dan BHT (*butylated hydroxy toluene*) pada biodiesel dapat menaikkan nilai viskositas serta menurunkan nilai densitas dan nilai kalor, pada penelitian ini didapat kesimpulan nilai daya mesin diesel setelah ditambahkan antioksidan BHA dan BHT terjadi penurunan sebesar 0,44%, dan 0,68% jika dibandingkan dengan hasil daya mesin saat menggunakan bahan bakar biodiesel murni.

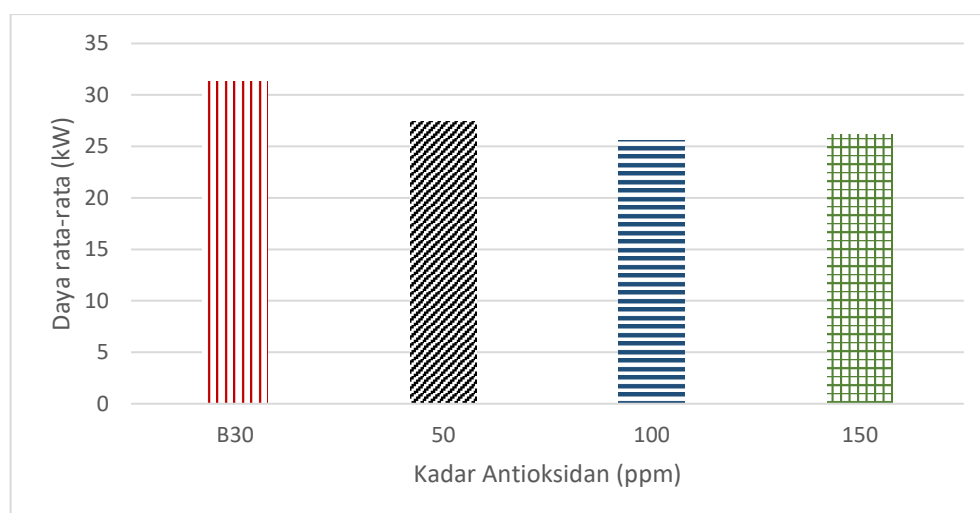
Performa mesin ketika menggunakan bahan bakar B30 dengan konsentrasi 150 ppm antioksidan daun sirsak memberikan performa yang berbeda yaitu tidak linier terjadi penurunan hal ini dikarenakan pengujian pada bahan bakar B30 dengan kandungan 100 antioksidan daun sirsak proses pergantian gigi dari 1 sampai 5 tidak sebgus pada saat pengujian B30 dengan kandungan 150 antioksidan, sehingga memberikan efek pada hasil performa mesin. Hal ini merupakan yang sulit karena pemindahan gigi 1 sampai 5 harus sama dengan variasi bahan bakar yang lain. Tapi nilai torsi dan daya tetap mengalami penurunan yang linier jika diambil rata-ratanya tiap variasi pengujian.

Peran antioksidan pada biodiesel adalah menghambat terjadinya oksidasi yaitu dengan cara mendonorkan atom hidrogen kepada senyawa radikal (R^* , ROO^*) yang ada pada biodiesel agar senyawa tersebut stabil. Senyawa turunan dari reaksi tersebut menghasilkan turunan radikal antioksidan (A^*) yang lebih stabil. Berikut merupakan gambaran prosesnya:



Disisi lain, terjadinya degradasi pada biodiesel akibat adanya oksidasi menyebabkan biodiesel bersifat korosif pada logam (Setiawan dan Nugroho, 2016: 4), dengan pencegahan terjadinya reaksi oksidasi pada biodiesel setelah ditambahkan antioksidan maka sangat dimungkinkan juga menurunkan sifat korosif pada biodiesel, akan tetapi hal ini perlu dikaji lebih lanjut tentang hasil reaksi produk ROOH, RH, dan A* terhadap logam.

Agar mempermudah pembaca dalam memahami nilai daya yang direkap pada tabel 4.4 maka data daya tersebut diubah dalam bentuk diagram batang, berikut merupakan diagramnya:



Gambar 4.5 Pengaruh Kadar Antioksidan dalam B30 Terhadap Daya Mesin Diesel

Berdasarkan gambar 4.5 sangat terlihat bahwa terdapat pengaruh penambahan antioksidan ekstrak daun sirsak pada biodiesel terhadap daya mesin. Jika dibandingkan dengan daya mesin B30 pengaruh daya mesin saat menggunakan B30 dicampur antioksidan berupa penurunan nilai daya mesin. seperti halnya nilai torsi, semakin banyak kandungan antioksidan daun sirsak pada biodiesel B30 juga membuat nilai daya semakin menurun.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 5.1.1 Penambahan antioksidan ekstrak daun sirsak pada biodiesel B30 dapat mempengaruhi torsi mesin. Campuran antioksidan daun sirsak 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm berturut-turut dapat menurunkan torsi sebesar 12,61%; 17,37% dan 16,69%. Disisi lain meskipun pedal gas diinjak maksimal, hasil pengujian diatas 2600 data torsi mesin ketika menggunakan bahan bakar campuran B30 dan antioksidan daun sirsak tidak tercatat pada *dytotest*. Pembakaran yang kurang baik pada mesin menjadi alasan putaran tidak bisa stabil sehingga data yang tercatat rata-rata kurang dari 2600 rpm.
- 5.1.2 Selain mempengaruhi torsi mesin, penambahan antioksidan ekstrak daun sirsak pada biodiesel B30 juga mempengaruhi daya mesin. Campuran antioksidan daun sirsak 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm dapat menurunkan daya sebesar 12,34%; 18,16% dan 16,37%. Pada pengujian daya mesin menggunakan bahan bakar campuran B30 dan antioksidan daun sirsak di atas putaran 2600 rpm tidak tercatat pada *dytotest*. Penyebabnya adalah penggunaan antioksidan pada bahan bakar yang dapat mempengaruhi pembakaran sehingga putaran mesin yang dihasilkan tidak stabil.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan oleh penulis terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- 5.2.1 Penambahan antioksidan pada biodiesel memiliki pengaruh yang kurang baik terhadap performa mesin, sehingga pencegahan oksidasi dengan cara menambahkan antioksidan pada bahan bakar tidak dianjurkan.
- 5.2.2 Perlu penelitian lebih lanjut tentang penambahan antioksidan alami tetapi menggunakan metode pembuatan selain maserasi dan bahan baku antioksidan langsung didapat dari alam, sehingga produk antioksidan tidak dipengaruhi bahan aditif lain.
- 5.2.3 Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan variabel terikat berupa karakteristik bahan bakar setelah dicampur antioksidan alami dari daun sirsak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariwibowo, D., B. Fadjar, dan T. Suryo. 2011. Performa Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2*. Universitas Diponegoro. Semarang. 91-96.
- Artini, N. P. R., S. Wahjuni, dan W. D. Sulihingtyas. 2012. Ekstrak Daun Sirsak (*Annona Muricata L.*) sebagai Antioksidan pada Penurunan Kadar Asam Urat Tikus Wistar. *Jurnal Kimia* 6(2): 127-137.
- Ariani, F., E. Ginting, dan T. B. Sitorus. 2017. Karakteristik Kinerja Mesin Diesel Stasioner dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel dari Biji Kemiri Sunan. *Media Teknika Jurnal Teknologi* 12(1): 36-45.
- Asbanu, Y.W. A., N. Wijayati, dan E. Kusumo. 2019. Identifikasi Senyawa Kimia Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata L.*) dan Uji Aktivitas Antioksidannya dengan Metode DPPH (2,2-Difenil-1- Pikrilhidrasil). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 8(3): 154-160.
- Aydin, H., dan C. Ilkic. 2010. Effect of Ethanol Blending With Biodiesel on Engine Performance and Exhaust Emissions in a CI Engine. *Thermal Engineering* 30(10): 1199-1204.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan*. September. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Balai Teknologi Bahan Bakar dan Rekayasa Desain. 2015. *SNI Biodiesel*. <https://btbrd.bppt.go.id/index.php/26-pojok-biodiesel/94-sni-biodiesel>. 16 Desember 2019 (14.32).
- Banjari, M. A. A., L. Yuliaty, dan A. A. Sonief. 2015. Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L.*) - Etanol/Metanol Pada Mini Glass Tube. *Jurnal Rekayasa Mesin* 6(1): 85-93.
- Baskar, R., V. Rajeswari, dan T. S. Kumar. 2007. In Vitro Antioxidant Studies in Leaves *Annona* Species. *Indian Journal Of Experimental Biology* 45(5): 480-485.
- Basyirun, W. D. Raharjo, dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Edisi Pertama. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Challen, B. and R. Baranescu. 1999. *Diesel Engine Reference Book*. Second Edition. Delhi, India: Reed Educational and Profesional Publishing Ltd.

- Dwipayana, H. 2016. Studi Analisa Pengaruh Sifat Fisik Biodiesel (Viskositas, Kadar Air dan Angka Setana) Terhadap Proses Pembakaran Bahan Bakar di Boiler Fire Tube. *Jurnal Teknik* 3(1): 1-14.
- Ersi, H. 2011. *Khasiat dan Manfaat Daun Sirsak Dalam Menumpas Kanker*. Edisi Pertama. Jakarta: Tim Elang Media.
- ESDM. 2019. *Uji Coba Implementasi B30, Ini Spesifikasi B30 yang Harus Dipenuhi*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/uji-coba-implementasi-b30-ini-spesifikasi-b30-yang-harus-dipenuhi>. 29 Januari 2020 (05.32)
- Fattah, I. M. R., H. H. Masjuki, M. A. Kalam, M. Mofijur, dan M. J. Abedin. 2014. Effect Of Antioxidant On The Performance And Emission Characteristics Of A Diesel Engine Fueled With Palm Biodiesel Blends. *Energy Conversion and Management* 79(38): 265-272.
- Gurau, V. S., M. S. Agarwal., A. Sarin., and S. S. Sandhu. 2016. An Experimental Study on Storage and Oxidation Stability of Bitter Apricot Kernel Oil Biodiesel. *Energy Fuels* 30(10): 1-17.
- Heywood, J. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: Mc Graw-Hill.
- Ichsan, M. T., S. Anis, dan D. Widjanarko. 2018. Pengaruh Campuran Biodiesel Minyak Rumput Laut Gracilaria Verrucosa Dengan Bahan Bakar Solar Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia* 13(1): 12-15.
- Kasenov, B. K., Tukhmetova Z. K., S. B. Kasenova, A. Z. Abil'daefa, and S. M. Adekenov 2004. Thermochemical Characteristics of a Series of Terpenoids, Alkaloids, and Flavonoids. *Russian Journal of Applied Chemistry* 77(3): 508-510.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. *Laporan Tahunan Capaian Pembangunan 2018*. April. Jakarta: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi.
- Ma'ruf, M. 2015. Efek Penggunaan Aditif Antioksidan Terhadap Pembentukan Deposit Biodiesel, Kajian pada Plat Panas dan Mesin Diesel. *Tesis*. Teknik Mesin. Universitas Indonesia. Depok.
- Megawati, Handoyo dan I. I. Setiawan. 2018. Kinetika Reaksi Oksidasi pada Biosolar (B20) dengan Antioksidan Alami. *Jurnal Kompetensi Teknik* 10(1): 28-34.

- Moser, B. R. 2009. Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks. *In Vitro Cell* 45: 229–266.
- Nurhadi, I. 2015. Pengaruh Penggunaan Biodiesel Terhadap Performa dan Komponen Utama pada Motor Pokok KRI Weling-822. *Tesis*. Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2018. *Pengadakan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel untuk Pencampuran Jenis Bahan Bakar Minyak Periode Januari-Desember 2019*. 29 November 2018. 2018 K/10/MEM/2018. Jakarta.
- Pratiwi, F. 2019. *6 Manfaat Daun Sirsak untuk Kesehatan Kamu Harus Coba*. <https://health.detik.com/berita-detikhealth/d-4520900/6-manfaat-daun-sirsak-untuk-kesehatan-kamu-harus-coba> . 16 Agustus 2019 (08.00).
- Roliadi, H., R. Sudradjat, dan A. Anggraini. 2012. Kemungkinan Penggunaan Antioksidan Guna Mempertinggi Ketahanan Oksidasi Biodiesel dari Minyak Biji Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 30(1): 68-85.
- Sanjiwani, N. M. S., N. M. Suniati., dan N. L. Rustini. 2015. Bilangan Peroksida, Bilangan Asam, dan Kadar FFA Biodiesel dengan Penambahan Antioksidan dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca Linn.*) *Jurnal Kimia* 9(2): 259-266.
- Sayuti, K., dan R. Yenrina. 2015. *Antioksidan Alami dan Sintetik*. Padang: Andalas University Press.
- Schober, S., dan M. Mittlebach. 2004. The Impact of Antioxidants on Biodiesel Oxidation Stability. *Lipid Sci Technol* 106(6) : 382-389.
- Serrano, M., A. Bouadin., M. Martinez., dan J. Aracil. 2013. Oxidation Stability Of Biodiesel From Different Feedstocks: Influence Of Commercial Additives and Purification Step. *Fuel Journal* 113(7): 50–58.
- Setiawan, A. dan A. Nugroho. 2016. Analisis Korosivitas Biodiesel yang Diproduksi dari Minyak Goreng Bekas Terhadap Material Baja Karbon. *Seminar Nasional Maritim, Sains, dan Teknologi Terapan*. (01). Surabaya. 1-5.
- Silviana dan L. Buchori. 2015. Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel CPO. *Reaktor* 15(3): 148-153.

- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RND*. Cetakan ke 26. Bandung: Alfabeta.
- Suprpto. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumas*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin UNNES.
- Syeirazi, M., dan Kholid. 2009. *Cadangan Migas Indonesia*. <https://joudane.wordpress.com/2009/09/17/cadangan-migas-indonesia-1/>. 25 Juli 2019 (23:11).
- Tang H., A. Wang., S. O. Salley., dan K. Y. Simon. 2008. The Effect Of Natural and Synthetic Antioxidants On The Oxidative Stability Of Biodiesel. *Chemical Engineering and Materials Science* 85(4):373–382.
- Tirtoatmodjo, R., dan F. Willyanto. 2000. Peningkatan Unjuk Kerja Motor Diesel dengan Penambahan Pemanas Solar. *Jurnal Teknik Mesin* 2(1). 127-133.
- Westberg, E. 2012. Qualitative and Quantitative Analysis of Biodiesel Deposits Formed on a Hot Metal Surface. *Tesis*. Linköping University Department of Physics, Chemistry and Biology. Linköping.

LAMPIRAN

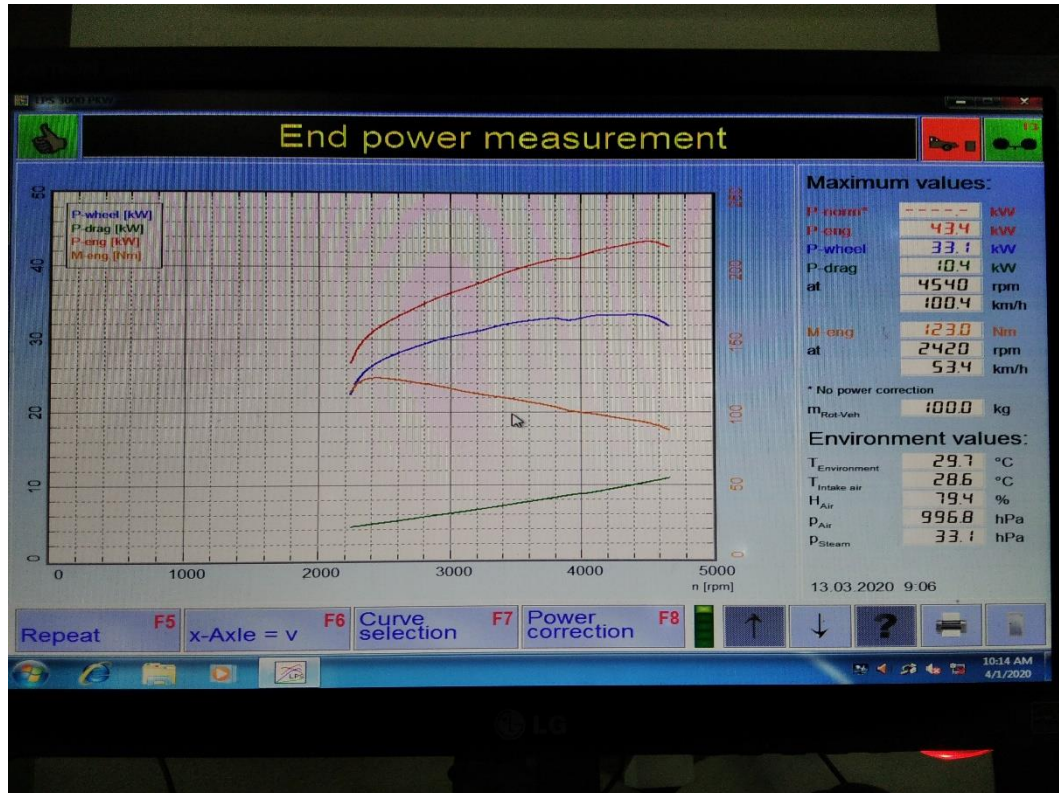
Lampiran 1. Pencampuran serbuk antioksidan daun sirsak



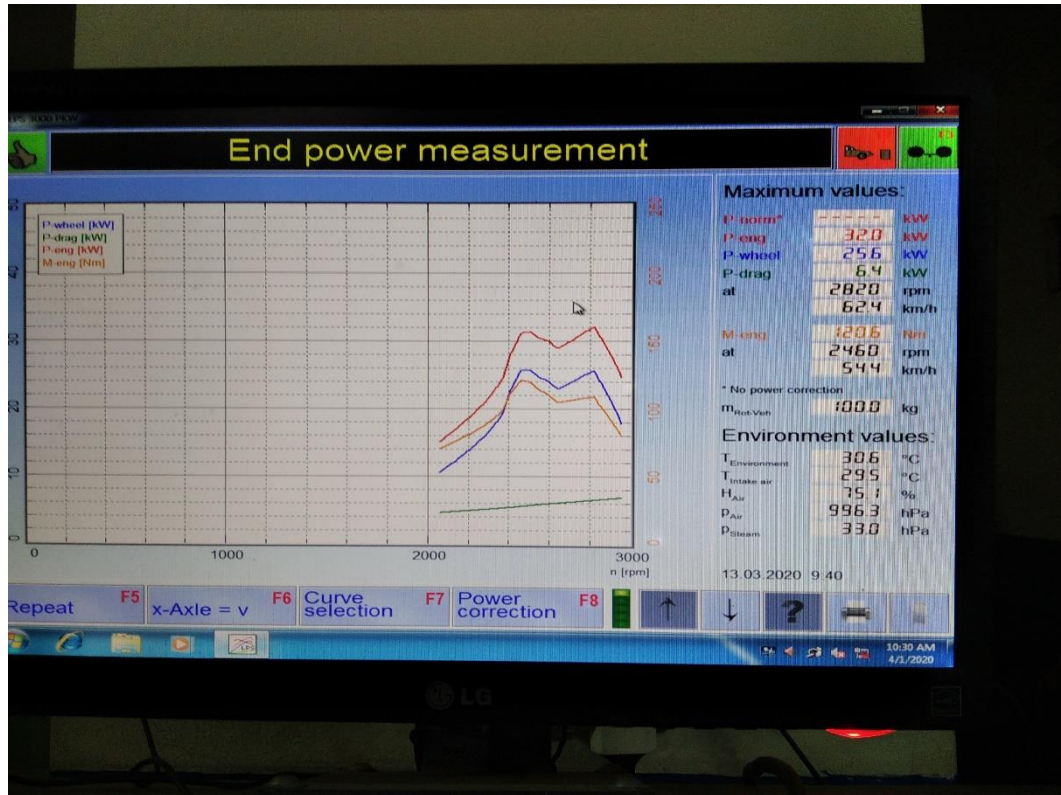
Lampiran 2. Pengujian performa mesin diesel



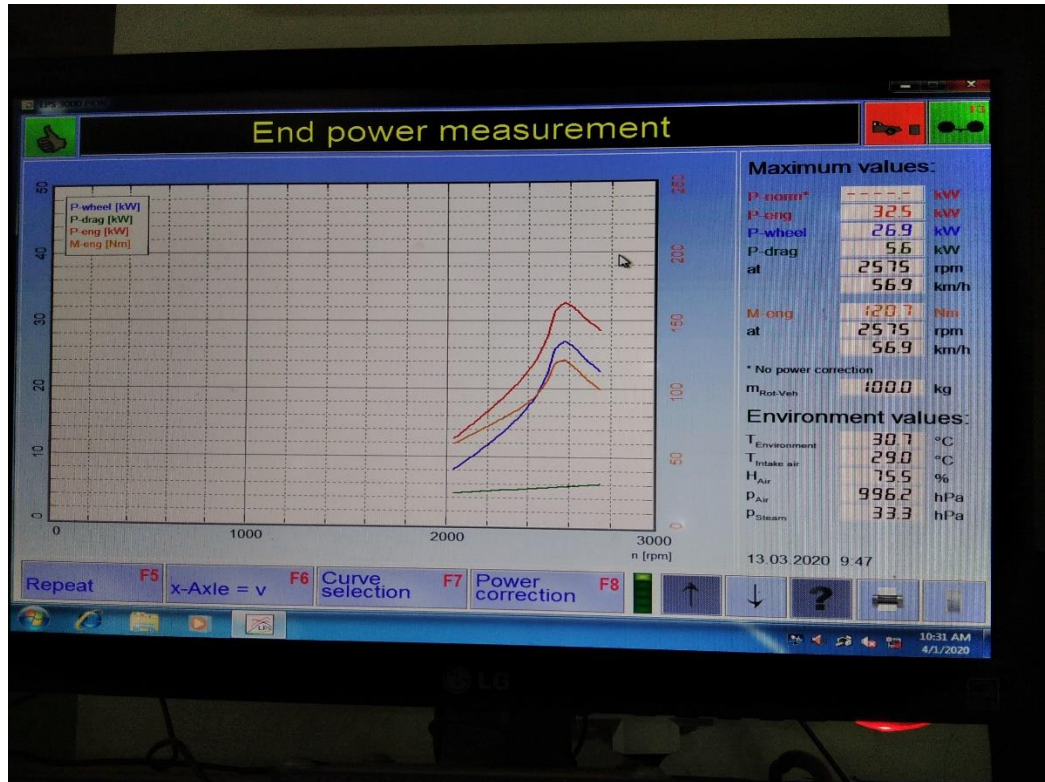
Lampiran 3. Hasil pengujian performa mesin biodiesel B30



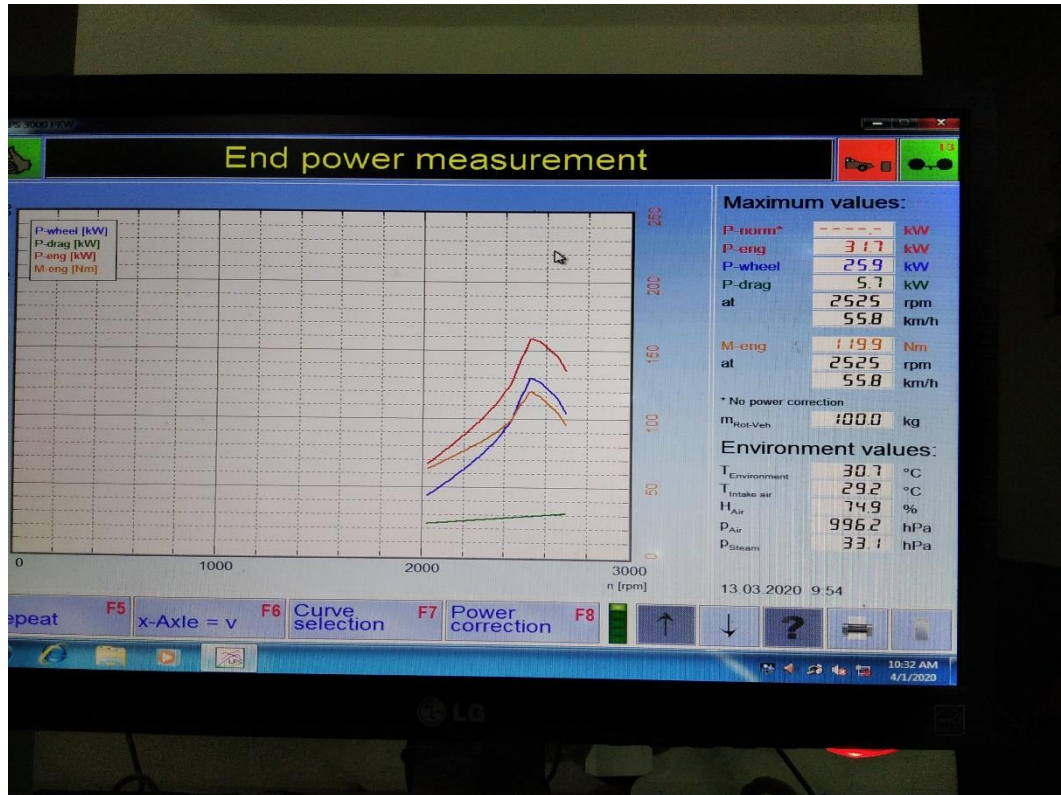
Lampiran 4. Hasil pengujian performa mesin B30 dan antioksidan 50 ppm



Lampiran 5. Hasil pengujian performa mesin B30 dan antioksidan 100 ppm



Lampiran 6. Hasil pengujian performa mesin B30 dan antioksidan 150 ppm



Lampiran 7. Surat tugas dosen penguji seminar proposal



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009
 Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: ft@mail.unnes.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 324 /UN37.1.5/KM/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut:

No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Dr. Abdurrahman, M.Pd. 196009031985031002	Pembina Utama Muda, IV/c	Penguji 1
2	Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd. 195210021981031001	Pembina, IV/a	Penguji 2
3	Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T. 196901061994031003	Pembina Tk. I, IV/b	Pembimbing

untuk menguji mahasiswa :

Nama : Shiyami Azhar
 NIM : 5202416025
 Prodi : S1 Pendidikan Teknik Otomotif
 Topik : PERFORMA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BIODIESEL DICAMPUR ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN SIRSAK

Waktu : Rabu, 15 Januari 2020
 Jam : 09.00 WIB-selesai
 Tempat : Gedung E9, Ruang Seminar, Lantai 2
 Pakaian : Hitam Putih Jas Almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Semarang, 9 Januari 2020
 Dekan

Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
 NIP. 196911301994031001

Tembusan :
 1. Wakil Dekan Bidang II;
 2. Ketua Jurusan TM;
 3. Kasubbag Keuangan,
 Fakultas Teknik UNNES




Lampiran 8. Daftar hadir seminar proposal

PRESENSI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Nama : Shiyami Azhar
 NIM : 5202416025
 Judul Skripsi : Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Dicampur
 Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak

Hari/Tgl : Rabu, 15 Januari 2020
 Waktu : 09.00 - selesai
 Tempat : Ruang Seminar E9 Lantai 2

No	Nama	NIP/NIM	Tanda tangan
1.	Dr. Abdurrahman, M.Pd	196009031985031002	1
2.	Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd	195210022018011308	2
3.	Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., MT	196901061994031003	3
4.	Habib Maulana Ramadan	5202416044	4
5.	Rezo Rizkiano	5201416002	5
6.	MARUF FATONI	5201416065	6
7.	Tedi Nurrokhman	5201416027	7
8.	Muhammad Farid	5202416035	8
9.	Alhmad Syahiruz zuhri	5202416076	9
10.	Lilik Purnama Aji	5212415021	10
11.	Ali Mahmudi	5212415012	11
12.	Peter Satrio	5212416037	12
13.	Yosep David Setyo Pangestu	5212416045	13
14.	Mohammad Raza Nugraha	5201416040	14
15.	Anwar Rosahid	5201416009	15
16.	Nur Anjin	5202416016	16
17.	Aruci Dewa N.	5212415018	17
18.	Ikean Wahyu	5212416036	18
19.	Eko Purwanro	5212416026	19
20.	Heandrik Purnama	5202416001	20

No	Nama	NIP/NIM	Tanda tangan
21.	Agus Setiawan	Dwalb30	21 
22.	M. Bagus Zam W.H	120216007	22 
23.	Maria Ferdiananda	20210119	23 
24.			24
25.			25
26.			26
27.			27
28.			28
29.			29
30.			30
31.			31
32.			32
33.			33
34.			34
35.			35
36.			36
37.			37
38.			38
39.			39
40.			40

Lampiran 9. Berita acara seminar proposal skripsi

**BERITA ACARA
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**

Proposal skripsi Mahasiswa

Nama : Shiyami Azhar

Nim : 5202416025

Prodi : Pendidikan Teknik Otomotif

Judul Skripsi : Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Dicampur
Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak.

Telah diseminarkan pada

Hari/ Tanggal : Rabu, 15 Januari 2020

Pukul : 09.00 - selesai

Tempat : Ruang Seminar E9 Lantai 2

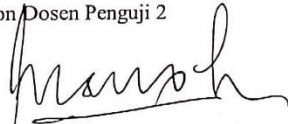
Jumlah Dosen hadir : 3 orang

Jumlah mhs hadir : 23 orang (Daftar hadir terlampir)

Kesimpulan hasil seminar: ~~proposal tidak direvisi~~ / proposal direvisi *)

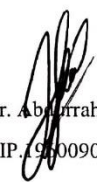
Semarang, 15 Januari 2020

Calon Dosen Penguji 2


Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd.

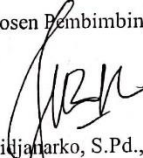
NIP. 195210022018011308

Calon Dosen Penguji 1


Dr. Abdurrahman, M.Pd

NIP. 196009031985031002

Dosen Pembimbing


Dr. Dwi Wiljanarko, S.Pd., S.T., M.T

NIP. 196901061994031003

Lampiran 10. Surat ijin penelitian di Laboratorium Teknik Mesin



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat FT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang
 Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009
 Laman: <http://ft.unnes.ac.id>, surel: ft@mail.unnes.ac.id

Nomor : B/1412/UN37.1.5/LT/2020
 Hal : Izin Penelitian

03 Februari 2020

Yth. Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Mesin
 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Shiyami Azhar
 NIM : 5202416025
 Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif, S1
 Semester : Genap
 Tahun akademik : 2019/2020
 Judul : Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel
 Dicampur Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 4 Februari s.d 28 Februari 2020.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.


a.n. Dekan FT
 Wakil Dekan Bid. Akademik,

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. ✱
 NIP 197805312005011002

Tembusan:
 Dekan FT;
 Universitas Negeri Semarang



Lampiran 11. Surat ijin penelitian di Laboratorium Teknik Kimia

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG FAKULTAS TEKNIK Gedung Dekanat IT, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang Telepon (024) 8508101, Faksimile (024) 8508009 Laman: http://ft.unnes.ac.id , surel: ft@mail.unnes.ac.id
---	---

Nomor	: B/1411/UN37.1.5/LT/2020	03 Februari 2020
Hal	: Izin Penelitian	


Yth. Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan hormat, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini:


Nama	: Shiyani Azhar
NIM	: 5202416025
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif, S1
Semester	: Genap
Tahun akademik	: 2019/2020
Judul	: Performa Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Dicampur Antioksidan Ekstrak Daun Sirsak

Kami mohon yang bersangkutan diberikan izin untuk melaksanakan penelitian skripsi di perusahaan atau instansi yang Saudara pimpin, dengan alokasi waktu 4 Februari s.d 28 Februari 2020.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami mengucapkan terima kasih.

Dekan FT
Wakil Dekan Bid. Akademik,

Dr. Ing. Djidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP 197805312005011002

Tembusan:
Dekan FT;
Universitas Negeri Semarang



Lampiran 12. Rekap data daya mesin

Daya (kW)				
RPM	B30	50 ppm	100 ppm	150 ppm
2100		16,1	14,06	15,03
2200		18,5	16,53	17,49
2300	28,87	21,52	19,27	20,25
2400	30,95	27,11	22,54	23,77
2500	32,17	31,19	28,44	30,12
2600	33,1	29,74	32,12	30,46
2700	34,03	29,82	29,6	
2800	34,85	31,64		
2900	35,66	28,04		
3000	36,35			
3100	36,94			
3200	37,54			
3300	38,25			
3400	38,98			
3500	39,58			
3600	40,12			
3700	40,62			
3800	40,97			
3900	41,01			
4000	41,51			
4100	42,07			
4200	42,48			
4300	42,82			
4400	43,18			
4500	43,42			

Lampiran 13. Rekap data torsi mesin

Torsi (N.m)				
	B30	50 ppm	100 ppm	150 ppm
2100		72,8	63,9	68,3
2200		80,3	71,7	75,9
2300	119,8	89,3	80	84,1
2400	122,9	107,8	59,7	94,6
2500	122,6	119,2	108,6	115
2600	121,6	109,2	118	111,9
2700	120,1	105,5	104,7	
2800	118,9	107,9		
2900	117,4	92,3		
3000	115,5			
3100	113,6			
3200	112			
3300	110,7			
3400	109,5			
3500	108			
3600	106,3			
3700	104,7			
3800	102,9			
3900	100,4			
4000	99,1			
4100	98			
4200	96,5			
4300	95			
4400	93,7			
4500	91,3			