PENGARUH CAMPURAN MINYAK PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHILENE* DENGAN PERTALITE TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR

SKRIPSI

Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

oleh
Ilham Eka Fitriyanto
5202412002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama	: Ilham Eka Fitriyanto
NIM	: 5202412002
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif S1
Judul Skripsi	: Pengaruh Campuran Minyak Plastik *Low Density Polyethilene* dengan Pertalite Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

		Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: RUSIYANTO S.Pd., M.T. NIP 197403211999031002	( )	18/8 2016
Sekretaris	: RUSIYANTO S.Pd., M.T. NIP 197403211999031002	( )	18/8 2016

Dewan Penguji

Pembimbing	: Dr. Dwi Widjanarko S.Pd., ST., MT NIP 196901061994031003	( )	18/8 2016
Penguji Utama I	: Drs. Supraptono M.Pd. NIP 195508091982031002	( )	18/8 2016
Penguji Utama II	: Angga Septiyanto S.Pd., M.T NIP 198709112015081 1004	( )	18/8 2016
Penguji Pendamping	: Dr. Dwi Widjanarko S.Pd., ST., MT NIP 196901061994031003	( )	18/8 2016

Ditetapkan tanggal: 18/8 2016

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Nur Qudus M.T
NIP 196911301994031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa	: Ilham Eka Fitriyanto
NIM	: 5202412002
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif S1
Fakultas	: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**Pengaruh Campuran Minyak Plastik *Low Density Polyethilene* dengan Pertalite Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor**" ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, Juni 2016

Yang membuat peryataan

METERAI TEMPEL D69CDAEF034794815 6000 ENAM RIBU RUPIAH

Ilham Eka Fitriyanto

NIM 5202412002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Fitriyanto, Ilham Eka. 2016. Pengaruh Campuran Minyak Plastik *Low Density Polyethilene* dengan Pertalite Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd.,S.T.,M.T.

Kata Kunci : Minyak Plastik *low density polyethilene*, Pertalite, Performa mesin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh campuran minyak plastik *low density polyethylene* dengan pertalite terhadap performa mesin sepeda motor, berupa daya efektif, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik, serta meneliti karakteristik campuran minyak plastik *low density polyethilene* dengan pertalite.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Daya efektif dan torsi dianalisis dengan menggunakan alat *dynamometer*, sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan alat buret ukur, kemudian dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar. Analisis data ini menggunakan analisis statistik deskriptif yaitu dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul setelah diberikan perlakuan selama penelitian, dengan penyajian data berupa tabel, grafik dan perhitungan rata-rata.

Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan daya efektif, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan oleh variasi campuran bahan bakar minyak plastik *low density polyethylene* dan pertalite. Semakin besar prosentase minyak plastik *low density polyethylene* yang dicampurkan dengan pertalite maka daya efektif dan torsi semakin menurun, serta konsumsi bahan bakar spesifik akan semakin besar. Karakteristik yang terkandung pada campuran minyak plastik LDPE dan pertalite dengan variasi $P_{90}M_{10}$ mempunyai RON sebesar 96.0, MON sebesar 91.0, LHV sebesar 44282247.0 J/kg, HHV sebesar 47522247.0 J/kg, dan densitas sebesar 732 kg/m^3. $P_{85}M_{15}$ mempunyai RON sebesar 96.1, MON sebesar 90.6, LHV sebesar 44233020.8 J/kg, HHV sebesar 47473010.8 J/kg, dan densitas sebesar 737 kg/m^3. Serta $P_{80}M_{20}$ mempunyai RON sebesar 95.2, MON sebesar 88.0, LHV sebesar 44216588.8 J/kg, HHV sebesar 47456598.8 J/kg, dan densitas sebesar 747 kg/m^3.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu diharapkan jangan mencampur minyak plastik LDPE dengan pertalite pada prosentase 20% atau lebih dikarenakan daya efektif dan torsi mesin sepeda motor akan semakin menurun, nilai oktan dan nilai kalor bahan bakar akan semakin rendah dan konsumsi bahan bakar spesifik sepeda motor akan semakin besar, serta massa jenis bahan bakar akan semakin besar.

ABSTRACT

Fitriyanto, Ilham Eka. 2016. *The Influence Of Mixed Low Density Polyethylene Plastic Oil And Pertalite To Engine Performance On Motorcycle. Undergraduate Thesis. Mechanical Engineering Department Faculty Of Engineering Semarang State University.* Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd.,S.T.,M.T.

Key Word : Low Density Polyethylene Plastic Oil, Pertalite, Engine Performance.

The purpose of the research was to analyze the influence of mixed LDPE plastic oli and pertalite to ward engine performance in the form of effective power, torque, specific fuel consumption and knowing the character of mixed LDPE plastic oli and pertalite.

This research used experimental methods. The effective power and torque were analyzed using dynamometer device, while the specific fuel consumption using burette, then calculated the fuel consumption. Analysis of this data used descriptive statistical analysis is by way describe the data that has been collected after a given treatment during the research, with data presentation in the form of tables, graphs and average calculation.

The results showed the difference in effective power, torque and specific fuel consumption generated by a variation of a mixture of low density polyethylene plastic oil and pertalite. More greater the percentage of mixed low density polyethylene plastic oil and pertalite made effective power and torque decrease, and specific fuel consumption increase. The characteristics contained in the mixture of LDPE plastic oil and pertalite with variety $P_{90}M_{10}$ has Research Octane Number (RON) 96.0, Motor Octane Number (MON) 91.0, Low Heating Value (LHV) 44282247.0 J/kg, High Heating Value (HHV) 47522247.0 J/kg, and density 732 kg/m^3. $P_{85}M_{15}$ has RON 96.1, MON 90.6, LHV 44233020.8 J/kg, HHV 47473010.8 J/kg, and density 737 kg/m^3, and $P_{80}M_{20}$ has RON 95.2, MON 88.0, LHV 44216588.8 J/kg, HHV 47456598.8 J/kg, and density 747 kg/m^3.

Suggestion of the research is not to mix LDPE plastic oil and pertalite on a percentage of 20% or more due to decrease the effective power and torque of the motorcycle, the octane number and caloric value of fuel will be lower and specific fuel consumption will be greater, as well as the density of the fuel will be greater.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Campuran Minyak Plastik *Low Density Polyethilene* dengan Pertalite Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor".

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesai dan tersusunnya skripsi ini bukan merupakan hasil dari segelintir orang, karena setiap keberhasilan manusia tidak akan lepas dari bantuan orang lain. Oleh karena itu, ijinkanlah penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Nur Qudus, M.T Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T Ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Orang tua yang selalu mendo'akan yang terbaik untuk anaknya.
5. Ratnaningrum yang selalu ada untuk memberikan doa, semangat, dan bantuan, baik berupa bantuan tenaga ataupun bantuan materi.
6. Teman-teman teknik mesin angkatan 2012 yang selalu mendukung dan memberikan semangat.

7. Semua pihak tidak terkecuali yang telah membantu penyusunan proposal skripsi.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya skripsi ini. Akhir kata, dengan tangan terbuka dan tanpa mengurangi makna serta esensial skripsi ini, semoga apa yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, 30 Juni 2016

Ilham Eka Fitriyanto

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN PERNYATAAN iii

ABSTRAK iv

PRAKATA vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN xi

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR LAMPIRAN xvi

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah 1

B. Identifikasi Masalah 5

C. Batasan Masalah 6

D. Rumusan Masalah 6

E. Tujuan Penelitian 6

F. Manfaat Penelitian 7

BAB II. KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori 8

1. Minyak Plastik 8

2. Pertalite 15

3. Sifat Fisik Bahan Bakar Cair 16

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

4. Pembakaran pada Motor Bensin 18
5. Performa Mesin 19
B. Kajian Penelitian Yang Relevan 27
C. Kerangka Pikir Penelitian 28
D. Hipotesis Penelitian 31
BAB III. METODE PENELITIAN
A. Bahan Penelitian 32
B. Alat dan Skema Penelitian 33
C. Prosedur Penelitian 36
1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian 36
2. Proses Penelitian 37
3. Variabel Penelitian 39
4. Data Penelitian 39
5. Teknik Analisis Data 42
BAB IV. HASIL PENELITIAN
A. Hasil Penelitian 43
1. Karakteristik Bahan Bakar 43
2. Performa Mesin 46
B. Pembahasan 52
1. Karakteristik Bahan Bakar 52
2. Performa Mesin 54
C. Keterbatasan Penelitian 60

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan 61

B. Saran 62

DAFTAR PUSTAKA 63

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
ω	Kecepatan sudut putar (rad/s)
ρ	Massa jenis bahan bakar (kg/m^3)
η_m	Efisiensi mekanis
A	Luas piston (m^2)
b	Jarak benda ke pusat rotasi (m)
C	Celcius
D	Diameter (cm)
F	Gaya (N)
K	Kelvin
Mf	Jumlah bahan bakar yang digunakan (Kg/Jam)
n	Frekuensi putar (Hz)
Na	Daya untuk menggerakkan alat bantu (kW)
Nf	Daya untuk mengatasi gesekan (kW)
Ne	Daya efektif (kW)
Ni	Daya indikator (kW)
P_e	Tekanan rata-rata efektif
P_i	Tekanan rata-rata indikator
s	Langkah piston
T	Torsi (Nm)
t	Waktu (s)
V	Volume (mL)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

w	Beban (kg)
z	Jumlah silinder

Singkatan	**Arti**
3R	*Reuse, Reduce, Recycle*
API	*American Petroleum Institute*
HDPE	*High Density Polyethilene*
HHV	*High Heating Value*
LDPE	*Low Density Polyethilene*
LHV	*Low Heating Value*
MON	*Motor Octane Number* (angka oktan riset)
PETE/PET	*Polyehilene Terephthalate*
PP	*Polypropylene*
PS	*Polystyrene*
PVC/V	*Polyvinyl Chlorida*
RON	*Research Octane Number* (angka oktan riset)
Rpm	*Revolution per minute* (putaran per menit)
SFC	*Spesific Fuel Consumption* (konsumsi bahan bakar spesifik) (kg/jam.KW)
TMA	Titik Mati Atas
TMB	Titik Mati Bawah

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Hasil Uji Laboratorium Minyak Plastik LDPE 15

Tabel 2.1. Hasil Uji Laboratorium Pertalite 16

Tabel 3.3. Lembar Data Pengujian Untuk Daya Efektif atau Torsi 39

Tabel 3.4. Lembar Data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar 41

Tabel 4.5. Hasil Uji Karekteristik Bahan Bakar 43

Tabel 4.6. Hasil Rata-rata Pengujian Daya Efektif 47

Tabel 4.7. Hasil Rata-rata Pengujian Torsi 49

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 51

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Nomor Kode Plastik 9

Gambar 2.2. Desain Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dilihat Dari Depan 12

Gambar 2.3. Desain Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dilihat Dari Atas 13

Gambar 2.4. Grafik Pembakaran Motor Bensin 18

Gambar 2.5. Waktu Pengapian 19

Gambar 2.6. Pengukuran Torsi 21

Gambar 2.7. Skema Pengukuran Torsi 22

Gambar 2.8. Kerangka Pikir Penelitian 30

Gambar 3.9. Skema Instalasi Pengujian Daya, Torsi dan Konsumsi Bahan Bakar 35

Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian 36

Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Nilai Oktan Minyak Plastik LDPE, Pertalite Murni, $P_{90}M_{10}$, $P_{85}M_{15}$, $P_{80}M_{20}$ 45

Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Nilai Kalor Minyak Plastik LDPE, Pertalite Murni, $P_{90}M_{10}$, $P_{85}M_{15}$, $P_{80}M_{20}$ 45

Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Massa Jenis Minyak Plastik LDPE, Pertalite Murni, $P_{90}M_{10}$, $P_{85}M_{15}$, $P_{80}M_{20}$ 46

Gambar 4.14. Grafik Pengujian Daya 48

Gambar 4.15. Grafik Pengujian Torsi 50

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Gambar 4.16. Grafik Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 51

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Hasil Uji Karakteristik Bahan Bakar	66
2	Hasil Uji Daya Efektif dan Torsi	73
3	Hasil Uji Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	85
4	Surat Tugas Pembimbing Skripsi	87
5	Surat Tugas Penguji Seminar Proposal Skripsi	88
6	Surat Ijin Penelitian	89

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini masalah pencemaran lingkungan mendapat sorotan dari berbagai aspek, baik pencemaran yang ditimbulkan akibat pembuangan limbah industri maupun limbah rumah tangga, baik berupa sampah organik maupun anorganik (Sumarni dan Purwanti, 2008:135). Salah satu sampah organik yang selalu diproduksi selama ini yaitu sampah plastik. Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik (Surono, 2013:32). Tentu hal ini harus diatasi dengan baik dan dengan menggunakan cara-cara atau metode yang baik pula, sehingga tidak mencemari lingkungan dan memperburuk kualitas lingkungan, serta sampah plastik bisa dimanfaatkan untuk bahan yang lebih bermanfaat lagi.

Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil. Serta plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, memiliki kekuatan mekanik

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, dan ketahanan bahan kimia yang bervariasi, serta plastik juga ringan, mudah dalam perancangan dan biaya pembuatan yang murah (Kadir, 2012:223-224). Selain itu menurut Sahwan et al., (2005:311) penggunaan plastik semakin lama semakin meluas karena sifatnya kuat dan tidak mudah rusak oleh pelapukan. Keunggulan plastik dibanding material lain diantaranya kuat, ringan, fleksibel, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, serta isolator panas dan listrik yang baik (Surono, 2013:33). Dengan banyaknya keunggulan-keunggulan dari plastik yang sudah disebutkan, sudah pasti konsumsi barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat dan akan semakin sulit untuk dikendalikan pemakaiannya.

Namun plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk terurai di alam. Akibatnya semakin banyak yang menggunakan plastik, akan semakin meningkat pula pencemaran lingkungan seperti pencemaran tanah (Kadir, 2012:223). Sedangkan plastik yang sudah menjadi sampah akan berdampak negatif terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Sampah plastik akan berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Sampah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase, selokan dan sungai sehingga bisa menyebabkan banjir. Sampah plastik yang dibakar bisa mengeluarkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia (Surono, 2013:33). Sedangkan Ermawati (2011:258) menyimpulkan barang berbahan plastik tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air, maupun tidak dapat berkarat, dan pada akhirnya tidak dapat diuraikan atau didegradasi dalam tanah sehingga menimbulkan masalah bagi

lingkungan. Dengan permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan oleh plastik, hal ini sebagai dasar dan acuan untuk melakukan penelitian dalam rangka peningkatan atau pengembangan sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi, salah satunya dengan mengolah sampah plastik untuk menghasilkan bahan bakar.

Untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh adanya sampah plastik, saat ini telah berkembang beberapa cara atau langkah-langkah yang digunakan untuk mengendalikannya yang terkait dengan managemen pengolahan sampah plastik atau *recycling* sampah plastik. Penanggulangan sampah plastik yang popular selama ini adalah 3R *(Reuse, Reduce, Recycle).* Masing-masing penanganan sampah tersebut mempunyai kelemahan, *Reuse* yaitu barang-barang tertentu yang terbuat dari plastik, kalau dipakai berkali kali tidak layak pakai dan tidak baik bagi kesehatan tubuh, *Reduce* yaitu harus tersedia barang pengganti plastik yang lebih murah dan lebih praktis, sedangkan *Recycle* yaitu plastik yang sudah didaur ulang akan menurun kualitasnya (Surono, 2013:33). Mendaur ulang sampah plastik tidaklah terlalu efektif, hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggunung di tempat penampungan sampah (Kadir, 2012:224). Pembakaran sampah plastik dapat mengurangi jumlah sampah plastik, namun akan menimbulkan masalah baru yaitu emisi yang dihasilkan berupa gas-gas beracun berupa HCI, HCN, maupun NO_x yang dapat mengganggu kesehatan (Sumarni dan Purwanti, 2008:135). Sampah plastik yang ada pada saat ini, pada umumnya pada dibuang (*landfill),* dibakar atau didaur ulang *(recycle).* Proses tersebut belum dapat menguraikan sampah plastik, apabila dibakar pada suhu rendah, sampah plastik menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat

karsinogen seperti *poly chloro dibenzodioxins* dan *poly chloro dibenzofurans* (Ermawati, 2011:258). Alternatif lain penanganan sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Cara ini sebenarnya termasuk dalam *recycle*, akan tetapi daur ulang yang dilakukan adalah tidak hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik (Surono, 2013:33). Hal ini sejalan dengan Rachmawati dan Herumurti (2015:27) yang menyimpulkan salah satu metode pengolahan sampah yang dapat digunakan untuk mereduksi sampah adalah metode pirolisis.

Mengonversi sampah plastik menjadi bahan bakar perlu dikembangkan dengan pertimbangan bahwa saat ini pencarian sumber-sumber energi alternatif menjadi sangat penting dan harga minyak dunia yang melambung. Pada dasarnya, gagasan ini diinspirasi oleh konsep 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) (Istadi, 2011:98). Saat ini Jurusan Teknik Mesin UNNES telah membuat alat pirolisis untuk mengkonversi sampah plastik menjadi minyak plastik. Hal ini sejalan dengan Istadi (2011:88) plastik mempunyai struktur polimer yang bila dipecah atau direngkah bisa menghasilkan hidrokarbon pada rentang bahan bakar tertentu (bensin, solar atau gas). Karakteristik minyak plastik LDPE yang dihasilkan mempunyai nilai oktan yaitu RON 86 dan MON 77,2; nilai kalor (J/kg) 45.594.000; *flashpoint* (K) 309 dan densitas 774 kg/m^3 (Hasil Pengujian di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro, 2015). Hal ini yang mendasari untuk membuat penelitian tentang penggunaan minyak plastik sebagai bahan

bakar sepeda motor, akan tetapi penggunaan minyak plastik bukan pada langsung pemakaian 100%, namun perlunya takaran yang tepat agar bahan bakar yang dihasilkan bisa lebih efektif.

Penggunaan minyak plastik sebagai bahan bakar alternatif mengurangi sampah plastik dan mengurangi bahan bakar yang umumnya digunakan, akan tetapi penggunaan bahan bakar yang kurang baik dapat berakibat pada turunnya performa mesin yang dihasilkan. Kualitas bahan bakar ditunjukkan dengan angka oktan. Semakin tinggi angka oktannya maka kemampuan bahan bakar tahan terhadap detonasi juga semakin baik. Performa yang dihasilkan oleh suatu mesin tergantung dari hasil pembakaran dari campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar (Suyanto, 1989:248). Hal ini berarti bahwa semakin tinggi tekanan kompresi yang diikuti dengan penggunaan bahan bakar berkualitas baik maka performa mesin yang dihasilkan semakin baik pula. Hal ini menjadi dasar untuk mengetahui hasil performa mesin sepeda motor yaitu daya efektif, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik dari sepeda motor yang diberi beberapa variasi campuran minyak plastik dengan pertalite.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka identifikasi masalahnya yaitu:

1. Jumlah sampah plastik yang setiap tahun selalu meningkat sehingga sampah plastik menumpuk karena sulit terurai dan terdegradasi di dalam tanah.
2. Sedikitnya metode pengolahan sampah plastik yang tidak membahayakan dan merusak lingkungan.
3. Terus menurunnya kuantitas bahan bakar, baik bahan bakar cair, bahan bakar padat maupun bahan bakar gas.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

4. Pemanfaatan minyak plastik yang belum maksimal terutama pada bidang otomotif.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini memiliki tujuan yang jelas dan tidak menyimpang, maka permasalahan ini dibatasi dengan minyak plastik yang digunakan dari plastik yang berjenis *Low Density Polyethilene* (LDPE) dan pemanfaatan minyak plastik hanya akan dicampur dengan pertalite yang digunakan untuk mengukur performa mesin sepeda motor yang berupa daya efektif, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite terhadap daya efektif mesin sepeda motor?
2. Bagaimanakah pengaruh campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite terhadap torsi mesin sepeda motor?
3. Bagaimanakah pengaruh campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite terhadap konsumsi bahan bakar spesifik sepeda motor?
4. Bagaimanakah karakteristik campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite terhadap daya efektif mesin sepeda motor.

2. Menganalisis pengaruh campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite terhadap torsi mesin sepeda motor.
3. Menganalisis pengaruh campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite terhadap konsumsi bahan bakar spesifik sepeda motor.
4. Meneliti karakteristik campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan acuan tentang pemanfaatan minyak plastik sebagai campuran bahan bakar pertalite untuk digunakan pada motor 4 langkah.
2. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat maupun kalangan industri otomotif tentang alternatif bahan bakar pertalite dengan minyak plastik.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat untuk mengetahui perbedaan campuran pertalite dengan minyak plastik terhadap daya efektif, torsi dan konsumsi bahan bakar. Sehingga masyarakat bisa memilih campuran bahan bakar yang menghasilkan performa mesin sepeda motor yang maksimal.
4. Mempopulerkan bahan bakar produk pertamina yaitu pertalite yang dicampur dengan minyak plastik, sehingga bisa menyeimbangkan konsumsi bahan bakar dalam negeri.
5. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan penelitian atau literature untuk ditindak lanjuti dalam rangka penelitian pengembangan bahan bakar alternatif.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Minyak Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau monomer (Kadir, 2012:224). Selain itu menurut Surono (2013:33) plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen.

a. Jenis-jenis Plastik

Ada dua macam plastik berdasarkan ketahanan terhadap panas, yaitu plastik termoset dan plastik termoplastik. Plastik termoset adalah suatu polimer yang dapat dilebur pada keadaan tertentu tetapi menjadi keras selamanya, tidak melunak dan tidak dapat dicetak ulang. Plastik jenis termoplastik adalah polimer yang akan melunak apabila dipanaskan dan dapat dibentuk sesuai pola yang kita inginkan. Setelah dingin polimer ini akan mempertahankan bentuknya yang baru. Proses ini dapat diulang dan dapat diubah menjadi bentuk yang lain (Istadi, 2011:99). Hal ini sejalan dengan pendapat Surono (2013:33) plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastik* dan *thermosetting. Thermoplastik* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur

tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Sedangkan menurut Stevens, (2001:33) menyimpulkan bahwa plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan kegunaannya: plastik komoditi dan plastik teknik. Plastik-plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah. Plastik ini sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai-buang *(disposable)* seperti lapisan pengemas. Plastik teknik lebih mahal harganya dan volumenya lebih rendah, tetapi memiliki sifat mekanik yang unggul dan daya tahan yang lebih baik.

Menurut Hardati et al., (2015:143) secara umum, kemasan plastik diberikan label-label sebagai berikut:

Gambar 2.1. Nomor Kode Plastik
Sumber : (Hardati et al., 2015: 143)

Keterangan:

1) PETE atau PET *(polyethylene terephthalate)* dengan berlabel angka 01 dalam segitiga biasa dipakai untuk botol plastik yang jernih/transparan/tembus pandang seperti botol air mineral. Botol-botol dengan bahan ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Jangan dipakai untuk menyimpan air hangat apalagi panas.

2) HDPE *(high density polyethylene)* berlabel angka 02 dalam segitiga biasa dipakai untuk botol susu yang berwarna putih susu. Direkomendasikan hanya untuk sekali pemakaian.
3) V atau PVC *(polyvinyl chloride)* berlabel angka 03 dalam segitiga adalah plastik yang paling sulit didaur ulang. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus *(cling wrap)* dan botol-botol. Kandungan dari PVC yaitu DEHA yang terdapat pada plastik pembungkus dapat bocor dan masuk ke makanan berminyak bila dipanaskan. PVC berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati dan berat badan.
4) LDPE *(low density polyethylene)* berlabel angka 04 dalam segitiga biasa dipakai untuk tempat makanan dan botol-botol yang lembek. Barang- barang dengan berkode ini dapat didaur ulang dan baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat. Barang ini bisa dibilang tidak dapat dihancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan.
5) PP *(polypropylene)* berlabel angka 05 dalam segitiga adalah pilihan terbaik untuk bahan plastik terutama yang berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minuman dan terpenting botol untuk bayi. Karakteristik botol ini transparan yang tidak jernih atau berawan.
6) PS *(polystyrene)* berlabel angka 06 dalam segitiga biasa dipakai sebagai bahan tempat makanan *Styrofoam*, tempat minuman sekali pakai, dll. Bahan *polystyrene* bisa membocorkan bahan *styrine* kedalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan. Bahan *styrine* berbahaya untuk otak dan system syaraf. Bahan ini harus dihindari dan banyak negara bagian di Amerika sudah melarang pemakaian tempat makanan berbahan *Styrofoam* termasuk Negara china.
7) Other (biasanya *polycarbonate*) berlabel angka 07 dalam segitiga bisa didapatkan ditempat makanan dan minuman seperti botol minuman olahraga. *Polycarbonate* bisa mengeluarkan bahan utamanya yaitu Bhispenol-A ke dalam makanan dan minuman yang berpotensi merusak sistem hormone.

Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini. Salah satu jenis plastik adalah *Polyethylene* (PE). Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 gmL-1, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 gmL-1, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh diatas 127 °C (beberapa macam sekitar 135°C) (Bilmayer, 1971 dalam Kadir, 2012:224). Secara kimia, LDPE mirip dengan HDPE, tetapi secara fisik LDPE lebih fleksibel dan kerapatannya

lebih kecil dibandingkan HDPE. Kebanyakan LDPE dipakai sebagai pelapis komersial, plastik, lapisan pelindung sabun, dan beberapa botol yang fleksibel. Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, sifatnya fleksibel, dan proses pembuatan yang mudah. Kemudian menurut pendapat Budiyantoro (2010:60) menyimpulkan bahwa LDPE dibuat dalam reaktor yang bekerja secara kontinyu dengan suhu dibawah 100 ^{o}C dan tekanan antara 6 hingga 20 atm. LDPE mempunyai gabungan sifat tahan kejut, lentur, dan ulet, sehingga sangat tepat digunakan sebagai bahan plastik lembaran untuk kemasan. Dalam hal ini LDPE berfungsi sebagai lapisan penghalang uap air. Selain itu karena sifat kelistrikannya juga baik, maka LDPE juga banyak digunakan sebagai insulator listrik. LDPE diproses dengan polimerisasi radikal bebas dengan grup cabang alkyl. Panjang cabang umumnya hingga empat karbon pada rantai cabang, dengan tekanan reaksi tinggi dihasilkan daerah kristalnya. Derajad Kristal yang dihasilkan berkisar antara 400 hingga 50000.

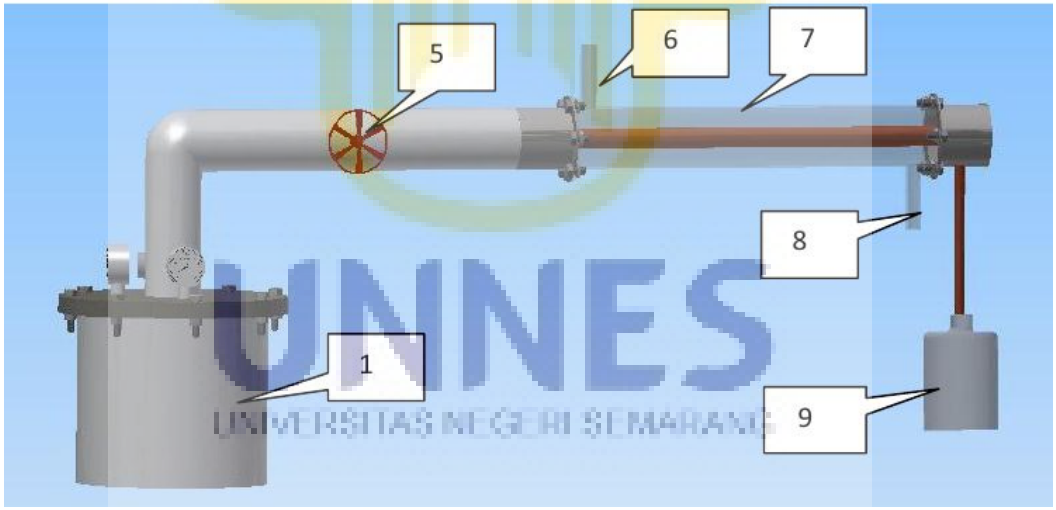
b. Definisi Minyak Plastik

Menurut pendapat Surono (2013:33) minyak plastik merupakan hasil konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Salah satu cara untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak yaitu dengan proses *cracking* (perekahan). Sedangkan menurut pendapat Rachmawati dan Herumurti (2015:27) minyak plastik merupakan cairan yang dihasilkan dari proses pirolisis yang merupakan campuran kompleks senyawa organik antara lain stirena, etil-benzena, toluene, dan lain-lain. Menurut pendapat yang sudah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa minyak plastik merupakan konversi limbah plastik menjadi bahan bakar, yang dapat dilakukan salah satunya yaitu dengan

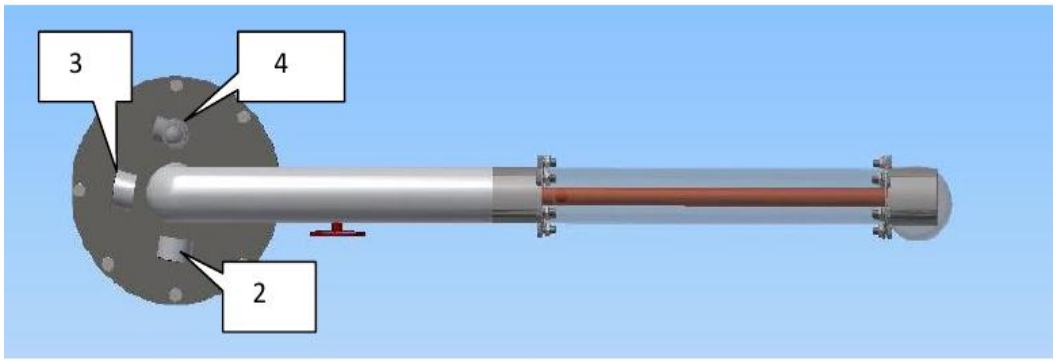
menggunakan proses *cracking* maupun pirolisis, untuk metode pirolisis limbah plastik diolah dengan cara dipanaskan dengan suhu yang tinggi (300°C) tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas didalam reaktor, kemudian sampah plastik yang ada di dalam reaktor akan menguap, uap tersebut akan mengalir menuju kondensor untuk didinginkan sehingga uap tersebut mengembun dan berubah menjadi cair. Cairan inilah yang dinamakan dengan minyak plastik hasil pirolisis sampah plastik. Cairan atau minyak plastik ini nantinya akan disaring dengan kertas saring untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terkandung di dalam minyak tersebut. Minyak plastik mempunyai jenis dan karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan jenis plastik yang dikonversi menjadi minyak plastik.

c. Proses Pembuatan Minyak Plastik LDPE

1) Desain Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar



Gambar 2.2. Desain Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dilihat Dari Depan.
Sumber : (Prasetyo, 2015:24)



Gambar 2.3. Desain Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Dilihat Dari Atas.
Sumber : (Prasetyo, 2015:24)

Keterangan:

1. Reaktor pirolisis
2. Thermometer
3. Manometer
4. *Safety valve*
5. Kran *valve*
6. *Output* air pendingin
7. Kondensor
8. *Input* air pendingin
9. penampung

2) Proses pembuatan minyak plastik

Penelitian ini menggunakan sampah plastik LDPE yang berupa kantong kresek yang diolah dengan menggunakan metode pirolisis, menurut Bahtiar (2015:27-28) langkah-langkah metode pirolisis sebagai berikut:

a) Langkah Persiapan

1. Siapkan sampah plastik kantong kresek LDPE.
2. Bersihkan sampah plastik kantong kresek LDPE dari kotoran.
3. Potong atau rajang sampah plastik kantong kresek LDPE.
4. Timbang sampah plastik kantong kresek LDPE sebanyak 2 kg karena kapasitas tabung reaktor maksimal 2 kg.
5. Masukkan sampah plastik kantong kresek LDPE ke dalam tabung reaktor.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

6. Tutup tabung reaktor serapat mungkin dengan diberi *seller* terlebih dahulu kemudian kencangkan mur bautnya dengan kunci.
7. Pasang *flow* meter pada kondensor, kemudian pasang selang ke kran air untuk pendinginan.

b) Langkah Pengoperasian Mesin

1. Pastikan kran *valve* tertutup rapat atau sempurna.
2. Putar regulator pada tabung gas LPG 1-1,5 putaran.
3. Buka kran pada pipa kompor sampai berbunyi atau tandas gas mengalir.
4. Nyalakan kompor dengan memberi percikan api di atasnya dan atur nyala api sesuai dengan kebutuhan.
5. Tunggu temperatur pada tabung reaktor mencapai 300 ^{o}C.
6. Jika tekanan pada manometer menunjukkan angka lebih dari 1,5 kpa/cm^2, maka atur tekanan pada *safety valve* dengan mengendorkan baut penyetel berlawanan dengan arah jarum jam menggunakan kunci.
7. Jika temperatur hampir mencapai 300 ^{o}C buka kran air untuk pendinginan mesin, sampai air keluar pada pipa *outlet* kondensor.
8. Jika temperatur mencapai 300 ^{o}C, buka kran *valve* secara perlahan.
9. Uap dari tabung reaktor akan mengalir ke kondensor untuk didinginkan dan akan berubah wujud menjadi cairan.
10. Buka kran penampung untuk mengeluarkan cairan dan masukkan dalam botol. Cairan yang keluar ini yang dinamakan minyak plastik.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

d. Karakteristik Minyak Plastik LDPE

Hasil kandungan limbah minyak plastik LDPE yang sudah diuji karakteristiknya di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Diponegoro adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Hasil Uji Laboratorium Minyak Plastik LDPE

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan
1.	*Reserch Octane Number* (RON)	-	81,6
2.	*Caloric Value*	J/kg	45.594.000
4.	*Density*	Kg/m^3	774
3.	*Flashpoint*	K	309
4	*Motor Octane Number* (MON)	-	77,2

Sumber : (Hasil Pengujian di UPT Laboratorium Universitas Diponegoro, 2015)

Menurut Napitupulu (2006: 60) nilai kalor bawah atau *lowest heating value* (LHV) dihitung dengan persamaan:

LHV = HHV – 3240 (kJ/kg) .....(1)

Sehingga LHV minyak plastik LDPE yaitu

LHV = 45.594.000 J/kg – 3.240.000 J/kg = 42.354.000 J/kg

2. Pertalite

Pengertian Pertalite menurut Wikipedia Indonesia (2015) adalah bahan bakar minyak terbaru dari Pertamina dengan RON 90. Pertalite dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Pertalite diluncurkan tanggal 24 Juli 2015 sebagai varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas di atas Premium, tetapi dengan harga yang lebih murah daripada Pertamax. Selain itu, RON 90 membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan Premium yang memiliki RON 88. Sehingga sesuai digunakan untuk kendaraan roda dua. Untuk membuat Pertalite komposisi bahannya adalah nafta yang

memiliki RON 65-70, agar RON-nya menjadi RON 90 maka dicampurkan HOMC *(High Octane Mogas Component)*, percampuran HOMC yang memiliki RON 92-95, selain itu juga ditambahkan zat aditif EcoSAVE. Zat aditif EcoSAVE ini bukan untuk meningkatkan RON tetapi agar mesin menjadi bertambah halus, bersih dan irit.

Spesifikasi dari pertalite ini tidak ada kandungan mangan atau besi, tidak ada kandungan timbal, serta kandungan sulfur harus lebih rendah dari 500 ppm. Pertalite sendiri sulfurnya hanya 188, ini sangat rendah bila dibandingkan dari spesifikasi yang diharuskan oleh Ditjen Migas. Karakteristik pertalite memiliki spesifikasi RON 90, kandungan timbal tidak ada, kandungan mangan dan besi tidak ada, kandungan sulfur 180 ppm, stabilitas oksidasi >480 menit, warna dan tampilan visual hijau, jernih dan terang (Harvenda, 2016).

Hasil kandungan pertalite yang sudah diuji karakteristiknya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2. Hasil Uji Laboratorium Pertalite

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan
1.	*Reserch Octane Number* (RON)	-	97,9
2.	*Motor Octane Number* (MON)	-	90
Sumber : (Hasil Pengujian di UPT Laboratorium Universitas Diponegoro, 2015)			
3.	*Specific Gravity at* 60/60 ºF	-	0,749
4.	*Gross Heating Value*	-	47.358.126,5
5.	*Density*	-	717
Sumber : (Hasil Pengujian di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, 2016)			

Sehingga LHV Pertalite yaitu

LHV = HHV – 3.240.000 J/kg

= 47.358.126,5 J/kg - 3.240.000 J/kg = 44.118.126,5 J/kg

3. Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

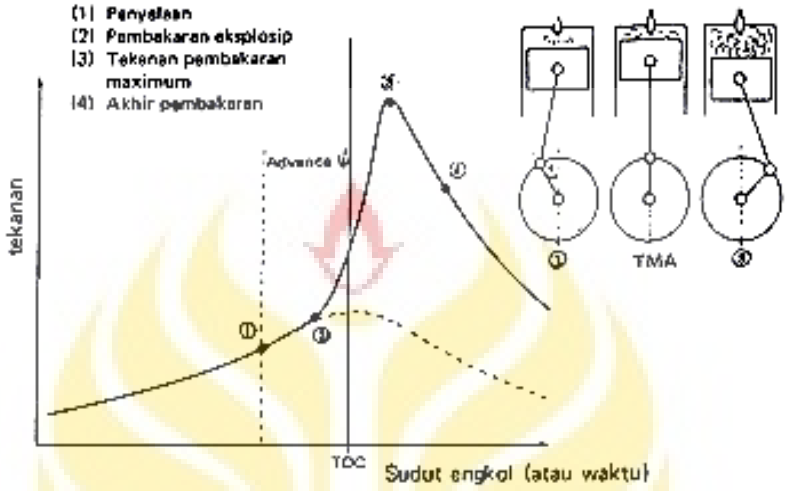
Angka oktan atau disebut juga dengan bilangan oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan suatu bahan bakar terhadap detonasi (Suyanto, 1989: 133). Penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan yang lebih tinggi memungkinan dapat mengurangi terjadinya detonasi, maka campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan oleh torak menjadi lebih baik sehingga tenaga motor akan lebih besar dan pemakaian bahan bakar menjadi lebih irit.

Sifat-sifat fisik bahan bakar menurut Supraptono (2004: 26-28) yang perlu diketahui adalah berat jenis, viskositas, nilai kalor, titik didih, dan titik nyala. Berat jenis merupakan suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat air dengan volume yang sama dan suhu yang sama pula (60°F). Bahan bakar minyak umunya memiliki berat jenis antara 0,82-0,96. Viskositas adalah suatu ukuran dari besar perlawanan zat cair untuk mengalir. Nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar di dalam zat asam. Semakin tinggi berat jenis minyak bakar, makin rendah nilai kalori yang diperoehnya. Titik didih adalah suhu (temperatur) ketika tekanan uap sebuah zat cair sama dengan tekanan eksternal yang dialami oleh cairan, titik didih minyak berbeda-beda sesuai dengan grafitasinya. Untuk wilayah dengan grafitasi API-nya rendah, maka titik didihnya tinggi karena mempunyai berat jenis yang tinggi. Sedangkan untuk grafitasiya API-nya tinggi maka titik didihnya rendah. Serta titik nyala adalah suhu terendah dari bahan bakar minyak yang dapat menimbulkan nyala api dalam sekejap apabila pada permukaan bahan bakar tersebut dipercikan api.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

4. Pembakaran pada Motor Bensin

Proses pembakaran dalam sebuah mesin terjadi beberapa tingkatan yang digambarkan dalam sebuah grafik dengan hubungan antara tekanan dan perjalanan engkol. Berikut adalah gambar dari grafik tingkatan pembakaran :

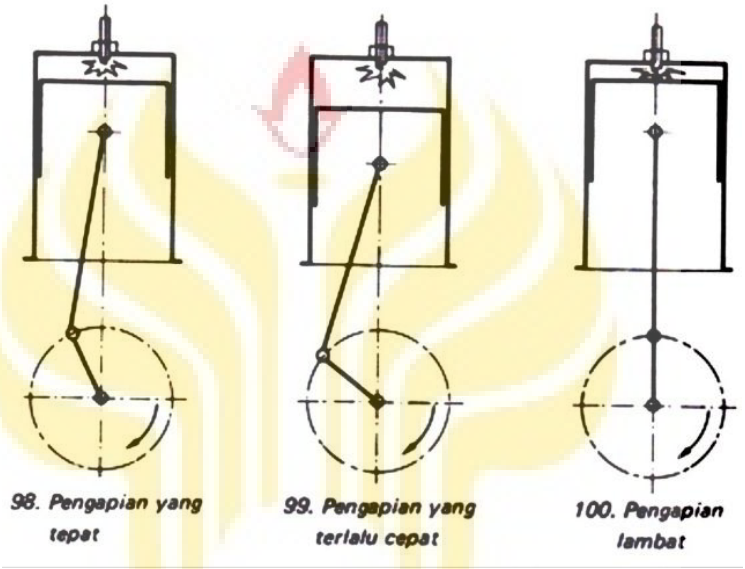


Gambar 2.4. Grafik Pembakaran Motor Bensin.
Sumber: (Suyanto, 1989:253)

Berdasarkan gambar grafik di atas, campuran bahan bakar dan udara yang dihisap kemudian dikompresikan pada langkah kompresi (volume campuran menjadi kecil). Tekanan dan tempratur di dalam ruang bakar meningkat selama langkah kompresi masih berlangsung, dalam kondisi tersebut maka campuran sangat mudah terbakar. Sebelum piston mencapai TMA, terjadi penyalaan bunga api sehingga terjadi proses pembakaran yang mengakibatkan tekanan dan temperatur semakin tinggi. Puncak tekanan pembakaran terjadi setelah piston melewati TMA, hal ini agar piston terdorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi sampai akhir pembakaran. Saat langkah ini (TMA ke TMB) tekanan perlahan menjadi turun. *Timing* pengapian dan pembakaran yang tepat serta kualitas bahan bakar yang baik pada sebuah kendaraan sangatlah berpengaruh terhadap tenaga dan gas sisa pembakaraan.

Bila pengapian terlalu awal, maka gas sisa yang belum terbakar, terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlaku dan pemampatan yang masih berjalan, akan terbakar sendiri. Ini berarti kerugian daya. Bila pengapian terlalu lambat, beberapa pukulan berkurang, berarti juga menurunnya daya (Arends dan Barenschot, 1980:69).

Berikut gambar waktu pengapian pada motor bensin:



Gambar 2.5. Waktu Pengapian
Sumber: (Arends & Berenschot 1980: 70).

5. Performa Mesin

Performa mesin atau prestasi mesin yaitu kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya berguna (Raharjo dan Karnowo, 2008:93).

a. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besarnya torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya (Raharjo dan Karnowo, 2008:98). Menurut pendapat Arends dan Berenschot

(1980:21) torsi adalah momen putar motor. Kemudian pengertian torsi menurut Shigley dan Mitchell 1984 (1999:68) menyimpulkan bahwa setiap vektor momen yang berhimpit dengan sumbu suatu bagian mesin disebut *vector torsi*, karena momen ini menyebabkan bagian mesin tersebut memuntir terhadap sumbunya. Batang yang seperti itu juga disebut batang torsi.

1) Rumus torsi

Adapun perumusan dari torsi menurut Raharjo dan Karnowo (2008:98) adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F, benda berputar dari porosnya sebesar dengan jari-jari sebesar b, dengan data tersebut torsinya adalah

$T = F \times b$ (N.m) ..... (2)

Dengan T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar

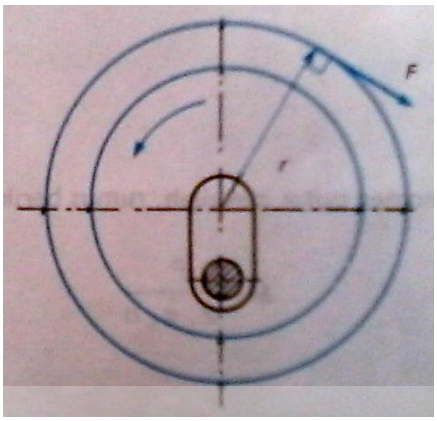
b = jarak benda ke pusat rotasi

Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan.

2) Pengukuran torsi

Pengukuran torsi menurut Arend dan Barenschot (1980:21) menyimpulkan bahwa gaya F bekerja pada tuas sepanjang r meter yang diikatkan pada ujung poros engkol umpamanya pada roda penerus, seperti pada gambar 2.6.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.6. Pengukuran Torsi
Sumber : (Arend dan Barenschot, 1980:21)

Keterangan gambar: F = Gaya

R = Jari-jari

Gambar di atas bekerja berdasarkan atas anggapan bahwa gaya *F*, yang berdiri tegak lurus pada tuas, bekerja berlawanan dengan arah putaran motor. Maksudnya adalah untuk menentukan besarnya gaya *F*, yang diperlukan untuk mengatasi kerja motor yang arahnya berlawanan.

Bila gaya *F* sekali berputar mengelilingi lingkaran, maka ini berarti bahwa telah dilakukan kerja sebesar: 2.π.r.

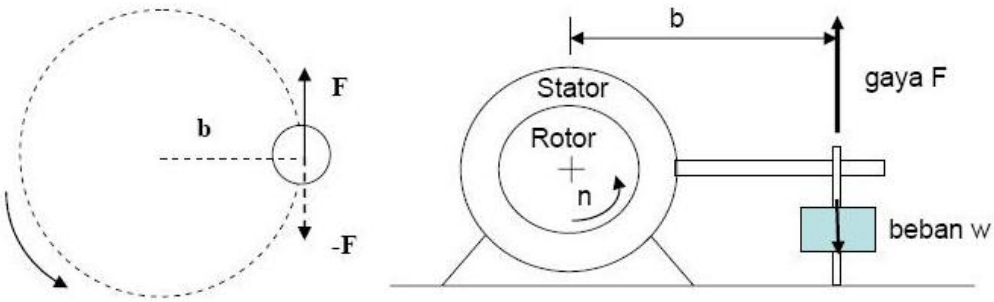
Jadi besarnya kerja atau torsi menjadi :

$$T = F.\ 2.\pi.r\ (N.m) \quad (3)$$

3) Pengukuran torsi pada motor bensin

Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:98) Pengukuran torsi pada motor bakar menggunakan alat yang dinamakan dinamometer. Prinsip kerja pada alat ini adalah dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran sampai putaran mendekati 0 (nol) rpm, beban ini nilainya adalah sama dengan torsi poros. Dapat dilihat pada gambar di bawah:

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.7. Skema Pengukuran Torsi
Sumber : (Menurut Raharjo dan Karnowo, 2008:98)

Keterangan gambar: b = Jarak benda ke pusat rotasi

F = Gaya sentrifugal dari benda berputar

n = Arah putaran rotor

Gambar di atas dapat dilihat pengukuran torsi pada poros (rotor) dengan prinsip pengereman dengan stator yang dikenai beban sebesar *w*. Mesin dinyalakan kemudian pada poros disambungkan pada dinamometer. Untuk mengukur torsi mesin pada poros mesin diberi rem yang disambungkan pada *w* pengereman atau pembebanan. Pembebanan diteruskan pada poros mesin hampir berhenti berputar. Beban maksimum yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin *F*. Dari definisi yang disebutkan bahwa perkalian antara gaya dengan jaraknya adalah sebuah torsi, dengan definisi tersebut, torsi pada poros dapat diketahui dengan rumus:

$$T = w.b \qquad (4)$$

Dengan T = Torsi mesin (Nm)

w = Beban (kg)

b = Jarak pembebanan dengan pusat putaran.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

b. Daya

Daya adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu (Arends dan Berenschot, 1980:18). Hal ini sependapat dengan Ramelan (2010:26) menyimpulkan bahwa daya motor adalah kerja tiap satuan waktu, dinyatakan dalam kilo watt (Kw). Sedangkan menurut Raharjo dan Karnowo (2008:99) menyimpulkan bahwa daya mesin adalah jumlah energi yang dihasilkan mesin setiap waktunya. Daya tersebut dikenakan pada torak yang bekerja bolak balik didalam silinder mesin. Jadi didalam silinder mesin, terjadi perubahan energi, dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak.

Daya yang terdapat pada torak pada saat langkah usaha dinamakan daya indikator (Ni), sedangkan daya yang terdapat pada poros engkol dinamakan daya efektif (Ne) (Ramelan, 2010:26). Sedangkan menurut Raharjo dan Karnowo (2008:99) menyimpulkan daya indikator adalah sumber tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Daya poros adalah daya efektif pada poros yang akan digunakan untuk mengatasi beban kendaraan. Sedangkan daya gesek adalah energi per satuan waktu dari mesin yang harus diberikan untuk mengatasi tahanan dari komponen-komponen mesin yang bersinggungan.

1) Rumus daya

Menurut Kanginan (2006:130) daya dihitung dengan membagi usaha yang dilakukan terhadap selang waktu lamanya melakukan usaha.

$$\text{Daya} = \text{Usaha} / \text{Waktu} \Leftrightarrow P = W / t \quad \text{.....} \quad (5)$$

Sedangkan menurut Ramelan (2010:26) daya poros atau daya efektif merupakan daya indikator dikurangi kerugian daya gesek dan kerugian daya asesoris. Jadi rumus daya adalah

$$Ne = Ni - (Nf + Na) \quad (6)$$

Dimana : Ne = Daya efektif

Ni = Daya indikator

Nf = Daya untuk mengatasi gesekan

Na = Daya untuk menggerakkan alat-alat bantu (asesoris)

2) Pengukuran Daya

Untuk pengukuran daya dalam mesin, pengukuran yang dilakukan meliputi daya indikator, daya efektif, kerugian daya gesek dan kerugian daya asesoris.

a) Daya Indikator

Untuk menghitung besarnya daya, kita harus mengetahui besarnya tekanan rata-rata dalam silinder selama langkah kerja. Besarnya tekanan rata-rata motor bensin 4 langkah adalah 6 – 9 Mpa (Arends dan Barenschot, 1980:18).

Rumus daya indikator:

$$Ni = p_1 \times A \times s \times n \quad (7)$$

Pada motor 4 langkah, tiap dua kali putaran poros engkol terjadi sekali langkah kerja. Maka rumus untuk motor 4 langkah adalah

$$Ni = \frac{1}{2} p_1 \times A \times s \times n \quad (8)$$

Dimana : Ni = Daya indikator (watt)

p_1 = Tekanan rata-rata indikator

A = Luas piston (m^2)

s = Langkah piston (m)

n = Frekuensi putar (Hz)

b) Daya poros atau daya efektif

Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:111) menyimpukan bahwa daya poros adalah daya efektif pada poros yang akan digunakan untuk mengatasi beban kendaraan. Daya poros atau efektif diperoleh dari pengukuran torsi pada poros yang dikalikan dengan kecepatan sudut putarnya atau bisa dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ne = T \times \omega \quad (9)$$

Dengan Ne = daya efektif Nm/s (Watt)

T = torsi (N.m)

ω = kecepatan sudut putar

Dari perumusan diatas, untuk menghitung daya poros N_e harus diketahui terlebih dahulu torsi *T* dan putaran *n* mesinnya. Torsi diukur dengan alat dinamometer, sedangkan putaran mesin diukur dengan tachometer.

Sedangkan menurut Arends dan Barenschot (1980:19) daya efektif adalah daya untuk roda penerus. Oleh karena itu untuk mendapatkan daya efektif, maka daya indikator harus dikalikan efisiensi mekanisnya.

$$N_e = \eta_m \times Ni \quad (10)$$

Tekanan efektif rata-rata menjadi:

$$p_e = \eta_m \times p_1 \quad (11)$$

Tekanan rata-rata motor 2 langkah kira-kira 0,7 x motor 4 langkah. Pada tekanan silinder yang sama dan frekuensi putar yang sama maka tenaga putar 2 langkah

adalah 0,7 x 2 = 1,4 lebih besar dari pada motor 4 langkah. Bila jumlah silinder dinyatakan dengan *z*, maka besarnya daya efektif menjadi:

$$N_e = ½\ p_e \times A \times s \times n \times z \quad (12)$$

Dimana : N_e = Daya efektif (watt)

p_e = Tekanan rata-rata efektif

A = Luas piston (m^2)

s = Langkah piston (m)

n = Frekuensi putar (Hz)

z = Jumlah silinder

c) Kerugian daya gesek

Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:111) menyimpukan bahwa besarnya daya gesek dapat dihitung dengan mengurangi daya indikator dengan daya poros, perhitungan ini dengan asumsi daya asesoris diabaikan. Perumusannya adalah

$$N_e = N_i – (N_f + N_a) \quad (13)$$

Apabila diasumsikan $N_a = 0$ maka,

$$N_f = N_e - N_i \quad (14)$$

Perhitungan daya gesek dengan cara ini cukup bagus untuk skala laboratorium.

c. Konsumsi bahan bakar spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *Spesific Fuel Consumtion* (SFC) adalah jumlah bahan bakar (kg) per waktunya untuk menghasilkan daya sebesar 1 Hp. Jadi SFC adalah ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar (Raharjo dan Karnowo, 2008:115).

Perhitungan untuk mengetahui SFC adalah

$$SFC = M_f/N_e \quad (15)$$

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

$M_f = v \times \rho$ bahan bakar / t ..... (16)

Dengan SFC = *Spesific Fuel Consumtion* (kg/s.W)

M_f = jumlah bahan bakar per satuan waktu (Kg/s)

N_e = daya poros (W)

V = volume bahan bakar yang digunakan

ρ = massa jenis bahan bakar yang digunakan

t = waktu yang diperlukan untuk konsumsi bahan bakar

B. Kajian Penelitian Yang Relevan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bahtiar (2015), karakteristik yang terkandung di dalam minyak limbah plastik LDPE meliputi nilai oktan (RON) sebesar 86; nilai kalor sebesar 45.594 J/g; *flashpoint* sebesar 36°C dan viskositas sebesar 1,6764 mm^2/s, serta hasil dari banyaknya prosentase minyak limbah plastik pada variasi campuran menunjukkan penurunan kadar emisi gas buang HC dan CO serta peningkatan putaran mesin menyebabkan berkurangnya kadar emisi gas buang. Dengan hasil karakteristik yang terkandung didalam minyak plastik yang menunjukkan angka cukup baik memungkinkan untuk dilakukan percampuran dengan pertalite sehingga karakteristik bahan bakar yang dihasilkan bisa lebih baik lagi untuk meningkatkan performa mesin sepeda motor.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Wiratmaja (2010), torsi dan daya yang dihasilkan mesin akibat pemakaian biogasoline (90:10) lebih tinggi daripada bahan bakar lainnya termasuk bensin pada putaran tinggi serta konsumsi bahan bakar spesifik akibat penggunaan bahan bakar biogasoline (90:10) pada putaran rendah lebih boros dari bahan bakar lainnya termasuk bensin, tetapi menjadi sebaliknya pada putaran tinggi. Dengan hasil pemakaian biogasoline yang bisa

meningkatkan performa mesin, hal ini menjadi acuan untuk melakukan penelitian campuran yang lain, yaitu pertalite dengan minyak plastik sehingga performa mesin bisa lebih meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Rajaguguk (2012), penelitian analisis performa mesin bensin dengan pengujian angka oktan berbeda diketahui bahwa semakin tinggi angka oktan bahan bakar, maka tenaga yang dihasilkan dari motor juga akan besar, dan konsumsi bahan bakar rendah karena proses pembakaran yang sempurna dan tidak terjadi detonasi. Hasil ini membuktikan bahwa performa mesin dipengarui salah satunya oleh nilai kalor dan angka oktan suatu bahan bakar, hal ini menjadi dasar untuk melakukan penetitian campuran pertalite dengan minyak plastik sehingga diperoleh karakteristik bahan bakar yang baru salah satunya nilai kalor dan angka oktan yang akan digunakan untuk mengetahui performa mesin yang dihasilkan.

C. Kerangka Pikir Penelitian

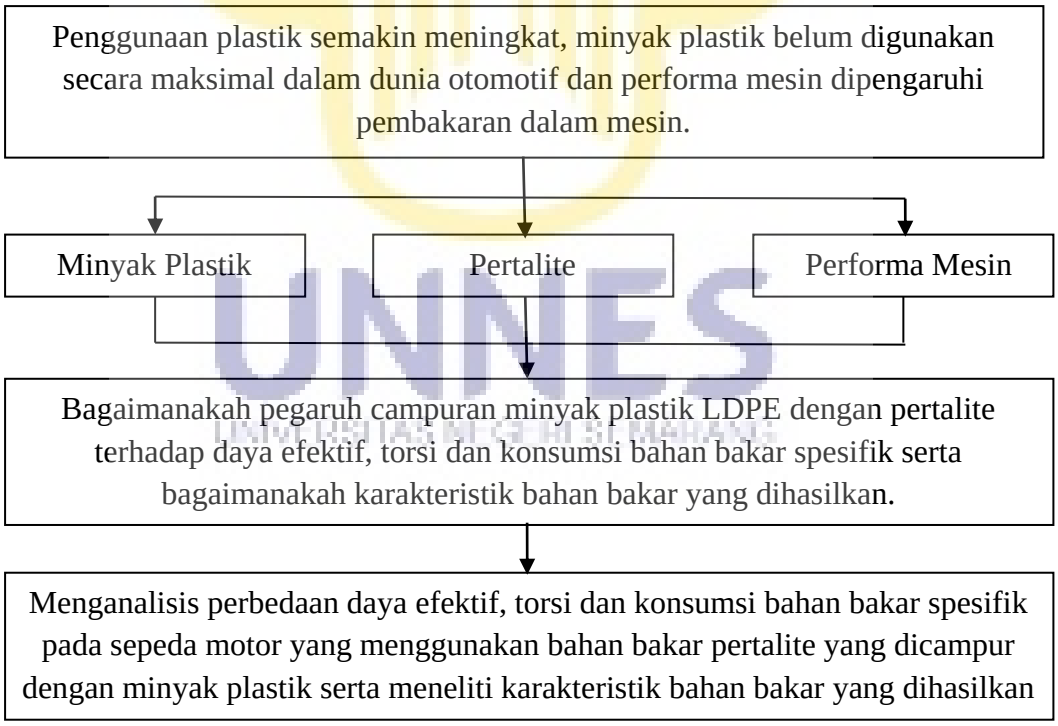
Penggunaan plastik semakin meningkat karena mempunyai keunggulan dari bahan lainnya. Minyak plastik belum digunakan dalam dunia otomotif sehingga menjadi dasar dan acuan untuk dilakukannya penelitian campuran minyak plastik LDPE dengan pertalite terhadap performa mesin sepeda motor. Performa motor banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu tekanan kompresi dan jenis bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar jenis pertalite, maupun pertalite yang dicampur dengan minyak plastik memiliki karakteristik bahan bakar yang berbeda-beda, seperti angka oktan dan nilai kalornya.

Momen sangat erat hubungannya dengan efisiensi volumetrik dari motor, artinya momen sangat tergantung pada jumlah bahan bakar yag dapat dihisap masuk ke dalam silinder dan kemudian dibakar, karena semakin banyak bahan bakar yang dapat dibakar berarti semakin tinggi atau besar pula daya yang dihasilkan (Suyanto, 1989:35). Mengenai panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran, tergantung pada nilai kalor dari bahan bakar yang digunakan. Apabila bahan bakar yang digunakan mempunyai nilai kalor yang tinggi maka panas yang dihasilkan oleh pembakaran akan tinggi, akan tetapi apabila bahan bakar yang digunakan mempunyai nilai kalor yang rendah maka panas yang dihasilkan dari proses pembakaran juga rendah (Suyanto, 1989:251). Dengan ini dapat disimpulkan bahwa pembakaran pada motor dipengaruhi oleh nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar yang dibakar, semakin tinggi nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar yang terbakar dengan sempurna di dalam mesin, maka energi hasil pembakarannya semakin tinggi sehingga daya yang dihasilkan juga semakin besar.

Bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi harus dipakai pada motor dengan perbandingan kompresi yang tinggi, sehingga akan menghasilkan tenaga yang tinggi juga. Akan tetapi apabila bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi dipakai pada motor dengan perbandingan kompresi rendah, tidak akan menghasilkan tenaga yang besar. Begitu juga dengan motor yang mempunyai tekanan kompresi yang tinggi apabila menggunakan bahan bakar dengan angka oktan rendah akan terjadi detonasi sehingga tenaga yang dihasilkan juga rendah. Karena yang menghasilkan tenaga yang lebih besar itu bukan angka oktannya tetapi motor yang digunakan (Suyanto, 1989:134). Dengan ini dapat disimpulkan

bahwa penggunaan bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi harus dibarengi dengan motor yang perbandingan kompresinya tinggi juga, sehingga tenaga yang dihasilkan juga besar. Penggunaan jenis bahan bakar pertalite yang dicampur dengan minyak plastik LDPE pada motor bensin bagaimanakah pengaruhnya terhadap performa mesin yang meliputi besarnya daya, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik serta bagaimanakah karakteristik yang dihasilkan campuran minyak plastik LDPE dengan pertalite. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimanakah perbedaan daya, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik pada sepeda motor Honda Supra X 125 D yang divariasi dengan menggunakan bahan bakar pertalite dan pertalite yang dicampur dengan minyak plastik LDPE serta meneliti karakteristik campuran bahan bakar yang dihasilkan.

Adapun diagram kerangka berfikir seperti gambar 2.8:



Gambar 2.8. Kerangka Pikir Penelitian

D. Hipotesis Penelitian

1. Daya efektif mesin sepeda motor Honda Supra X 125 D semakin besar dengan adanya perbandingan minyak plastik *Low Density Polyethilene* yang dicampurkan dengan pertalite secara tepat.
2. Torsi mesin sepeda motor Honda Supra X 125 D semakin besar dengan adanya perbandingan minyak plastik *Low Density Polyethilene* yang dicampurkan dengan pertalite secara tepat.
3. Konsumsi bahan bakar sepeda motor Honda Supra X 125 D semakin kecil dengan adanya perbandingan minyak plastik *Low Density Polyethilene* yang dicampurkan dengan pertalite secara tepat.
4. Karakteristik bahan bakar yang dihasilkan dari campuran minyak plastik *Low Density Polyethilene* dengan pertalite mendekati karakteristik bahan bakar premium.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB V

PENUTUP

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak prosentase minyak plastik LDPE yang dicampurkan dengan pertalite maka daya efektif mesin sepeda motor akan semakin turun.
2. Semakin banyak prosentase minyak plastik LDPE yang dicampurkan dengan pertalite maka torsi mesin sepeda motor akan semakin turun.
3. Semakin banyak prosentase minyak plastik LDPE yang dicampurkan dengan pertalite maka konsumsi bahan bakar spesifik sepeda motor akan semakin tinggi.
4. Karakteristik yang terkandung pada campuran minyak plastik LDPE dengan pertalite dengan variasi $P_{90}M_{10}$ mempunyai RON sebesar 96.0, MON sebesar 91.0, LHV sebesar 44282247.0 J/kg, HHV sebesar 47522247.0 J/kg, dan densitas sebesar 732 kg/m^3. $P_{85}M_{15}$ mempunyai RON sebesar 96.1, MON sebesar 90.6, LHV sebesar 44233020.8 J/kg, HHV sebesar 47473010.8 J/kg, dan densitas sebesar 737 kg/m^3. Serta $P_{80}M_{20}$ mempunyai RON sebesar 95.2, MON sebesar 88.0, LHV sebesar 44216588.8 J/kg, HHV sebesar 47456598.8 J/kg, dan densitas sebesar 747 kg/m^3.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

B. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini berdasarkan simpulan di atas adalah sebagai berikut:

3. Diharapkan jangan mencampur minyak plastik LDPE dengan pertalite pada prosentase 20% atau lebih dikarenakan daya efektif mesin sepeda motor akan semakin menurun.
4. Diharapkan jangan mencampur minyak plastik LDPE dengan pertalite pada prosentase 20% atau lebih dikarenakan torsi mesin sepeda motor akan semakin menurun.
5. Diharapkan jangan mencampur minyak plastik LDPE dengan pertalite pada prosentase 20% atau lebih dikarenakan konsumsi bahan bakar spesifik sepeda motor akan semakin besar.
6. Diharapkan jangan mencampur minyak plastik LDPE lebih dari 20%, jika variasi pencampuran lebih dari 20%, maka menyebabkan nilai oktan dan nilai kalor bahan bakar akan semakin rendah, serta massa jenis bahan bakar akan semakin besar.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR PUSTAKA

Agrariksa, F. A. et al. 2013. Uji Performa Motor bakar bensin (*On Chasis*) Menggunakan Campuran Premium dan Etanol. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem.* 1/3:194-203.

Arends, BPM dan Berenschot, H. 1980. *Motor Bensin*. Translated by Sukrisno, H. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Bahtiar, F. Z. 2015. Pengaruh Campuran Minyak Limbah Plastik (Low Density Waste Polyethilene Oil) dengan Premium dan Pertamax Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *Skripsi*

Budiyantoro, C. 2010. *Thermoplastik Dalam Industri*. Yogyakarta: Teknika Media

Ermawati, R. 2011. Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Riset Industri*.5/3: 257-263

Hardati, P. et al. 2015. *Pendidikan Konservasi*. Semarang: Magnum Pustaka Utama dan Pusat Pengembangan Kurikulum MKU UNNES Semarang.

Harvenda, A. S. 2016. *Ini Spesifikasi Pertalite Berdasarkan Uji Lab.* http://otomotif.kompas.com/read/2015/07/29/142758115/Ini.Spesifikasi. Pertalite.Berdasarkan.Hasil.Uji.Lab, Jumat, 8 Januari 2016, diakses pukul 07.30 WIB.

Istadi. 2011. *Teknologi Katalis Untuk Konversi Energi.* Yogyakarta : Graha Ilmu.

Kadir. 2012. Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair. *Jurnal Ilmiah*.3/2: 223-228

Kanginan, M. 2006. *Fisika*. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Khoir, M dan Marsudi. 2014. Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclone* dan Busi Iridium Terhadap Performa Sepeda Motor Honda Supra X 125 CC Tahun Perakitan 2011. *Jurnal Teknik Mesin.* 2/2:79-88.

Kristanto, P. 2015. *Motor Bakar Torak Teori & Aplikasinya.* Yogyakarta : Andi Offset.

Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. 2016. *Laporan Hasil Uji*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.

Laboratorium Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang. 2016. *Laporan Hasil Uji*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Napitupulu, F. H. 2006. Pengaruh Nilai Kalor *(Heating Value)* Suatu Bahan Bakar Terhadap Perencanaan Volume Ruang Bakar Ketel Uap Berdasarkan Metode Penentuan Nilai Kalor Bahan Bakar Yang Dipergunakan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 7/1:60-65.

Prasetyo, H. 2015. Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Jumlah Minyak Yang Dihasilkan Prototipe Reaktor Pirolisis Sampah Plastik. *Skripsi*

Rachmawati, Q. dan Herumurti,W. 2015. Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik*. 4/1: 27-29.

Raharjo, W. D. dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Rajagukguk, J. 2012. Analisis Performa Mesin Bensin dengan Pengujian Angka Oktan Berbeda. *Jurnal Teknokris*. 10/1: 4-11.

Ramelan. 2010. *Motor Bakar*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Sahwan, F.L et al., 2005. Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan BPPT* 6/1: 311 – 318

Shigley J. E. dan Mitchell L. D. 1983. *Perencanaan Teknik Mesin*. Translated by Harahap, G. 1999. Jakarta : Penerbit Erlangga

Stevens, M. P. 2001. *Kimia Polimer*. Translated by Sopyan, L. 2007. Jakarta : Penerbit PT Pradnya Paramita.

Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta.

Sumarni dan Purwanti, A. 2008. Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Poliethylene (LDPE). *Jurnal Teknologi*.1/2: 135-140

Soenarta dan Furuhama, 1995. *Motor Serba Guna*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Supraptono. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumasan*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Surono, U. B. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*. 3/1 : 32-40

Suyanto, W. 1989. *Teori Motor Bensin*. Jakarta: P2LPTK

UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. *Laporan Hasil Uji*. Semarang : Universitas Diponegoro.

Wikipedia. 2015. *Pertalite*. https://id.wikipedia.org/wiki/Pertalite. Jumat, 8 Januari 2016, diakses pukul 07.30 WIB.

Wiratmaja, I. G. 2010. Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.* 4/1 : 16-25.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG