



**PENGARUH CAMPURAN FRAKSI MINYAK
DIESEL DARI *HANDPHONE CASE* DENGAN
DEXLITE TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR
DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin**

oleh

Agam Areta Firdaus

NIM 5212414012

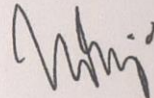
**TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Agam Areta Firdaus
NIM : 5212414012
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Campuran Fraksi Minyak Diesel dari *Handphone Case*
dengan Dexlite terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas
Buang Mesin Diesel.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 21 Januari 2020
Pembimbing,



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197601012003121002

PENGESAHAN

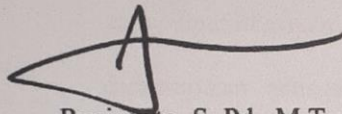
Skripsi dengan judul “Pengaruh Campuran Fraksi Minyak Diesel dari *Handphone Case* dengan Dexlite terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel” telah dipertahankan di depan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 29 bulan Januari tahun 2020.

Oleh

Nama : Agam Areta Firdaus
NIM : 5212414012
Program Studi : Teknik Mesin

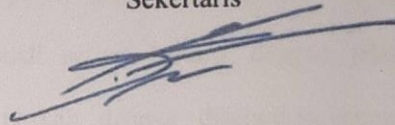
Panitia:

Ketua



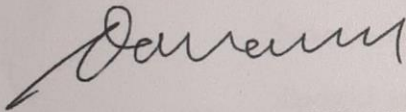
Rusiyanto, S. Pd., M.T.
NIP.197403211999031002

Sekretaris



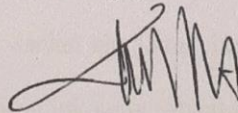
Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. IPP.
NIP.197509272006041002

Penguji 1



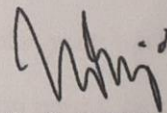
Danang Dwi Saputro, S.T., M.T.
NIP.197811052005011001

Penguji 2



Ahmad Roziqin, S.Pd., M.Pd.
NIP.198704192014041002

Penguji 3



Samsudin Anis S.T., M.T., Ph.D.
NIP.197601012003121002

Mengetahui:

Dekan: Fakultas Teknik UNNES



Dr. 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, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
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, 27 Maret 2020
Yang membuat pernyataan,



Agam Areta Firdaus
NIM.5212414012

MOTTO :

- The first step is to establish that something is possible, then probability will occur. (Elon Musk)
- However difficult life may seem, there is always something you can do and succeed at. (Stephen Hawking)
- Murphy's Law doesn't mean that something bad will happen. It means that whatever can happen, will happen. (Interstellar)
- So what if this life isn't perfect? It's not paradise. (Nouman Ali Khan)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Keluarga tercinta atas doa dan dukungannya
2. Keluarga mahasiswa Teknik Mesin S1 angkatan 2014
3. Almamater UNNES yang selalu saya banggakan

SARI ATAU RINGKASAN

Firdaus, Agam Areta dan Samsudin Anis 2020. Pengaruh Campuran Fraksi Minyak Diesel dari *Handphone Case* dengan Dexlite terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing (1) Samsudin Anis S.T., M.T., Ph.D.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan fraksi minyak diesel dari *handphone case* terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin diesel. Mengetahui pengaruh penambahan fraksi minyak diesel dari *handphone case* terhadap emisi gas buang pada mesin diesel.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Bahan baku yang digunakan adalah plastik *handphone case* yang diproses melalui pirolisis dan destilasi untuk mendapatkan minyak fraksi diesel. Variasi campuran bahan bakar antara fraksi minyak diesel dengan dexlite adalah 2%, 3,5% dan 5%. Pengujian konsumsi bahan bakar mesin dilakukan pada rpm 1000, 2000 dan 3000. Sedangkan pengujian emisi gas buang dilakukan pada rpm *idle*.

Hasil penelitian menunjukkan secara umum konsumsi bahan bakar yang digunakan mengalami penurunan atau semakin irit seiring dengan banyaknya penambahan campuran fraksi minyak diesel *handphone case* pada bahan bakar dexlite. Ketika menggunakan bahan bakar dexlite murni menunjukkan konsumsi bahan bakar terendah pada rpm 1000 yaitu 0,687 kg/jam. Pada bahan bakar campuran, konsumsi bahan bakar terendah didapatkan pada campuran bahan bakar 95% dexlite dan 5% minyak fraksi diesel pada rpm 1000 yaitu 0,618 kg/jam. Emisi gas buang pada umumnya mengalami penurunan berbanding lurus dengan banyak campuran pada bahan bakar. Kadar CO terendah didapatkan pada campuran bahan bakar minyak fraksi diesel 3,5%, 5% yaitu 0,013%. Kadar CO₂ terendah didapatkan pada campuran bahan bakar minyak fraksi diesel 3.5% yaitu 1,3%. Kadar HC terendah didapatkan pada campuran bahan bakar minyak fraksi diesel 2% yaitu 4 ppm.

Kata kunci: minyak fraksi diesel, *handphone case*, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, CO, CO₂, HC.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Campuran Fraksi Minyak Diesel dari *Handphone Case* dengan Dexlite terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Rusiyanto, S.Pd, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
4. Samsudin Anis S.T., M.T.,Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S1 Universitas Negeri Semarang dan selaku dosen pembimbing yang penuh perhatian serta memberikan bimbingan dan memberi kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan skripsi.
5. Danang Dwi Saputro, S.T., M.T. dan Ahmad Roziqin, S.Pd, M.Pd. selaku penguji I dan penguji II yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.

6. Keluarga yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan maupun motivasi.
7. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin angkatan 2014 yang telah memberikan semangat dan saran dalam pembuatan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah memberi bantuan untuk pembuatan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi masih memiliki banyak kekurangan yang disebabkan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran agar skripsi dapat disusun lebih baik.

Semarang, 27 Maret 2020



Agam Areta Firdaus

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
SARI ATAU RINGKASAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Kajian Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Bahan Bakar Diesel/Solar	11
2.2.2 Bahan Bakar Alternatif	19
2.2.3 Bahan Bakar Fraksi Minyak Diesel <i>Handphone Case</i>	20
2.2.4 Mesin Diesel.....	22
2.2.4.1 Prinsip kerja motor diesel 4 langkah	23
2.2.4.2 Sifat Minyak Fraksi Diesel <i>Case Handphone</i>	24
2.2.5 Teori Pembakaran.....	27

2.2.6	Konsumsi Bahan Bakar	29
2.2.7	Emisi Gas Buang	30
2.2.7.1	Macam Emisi Gas Buang	32
2.2.7.2	Pengujian Emisi Gas Buang	36
BAB III	METODE PENELITIAN	39
3.1	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	39
3.2	Desain Penelitian.....	39
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	42
3.3.1	Alat Penelitian	42
3.3.2	Bahan Penelitian.....	46
3.4	Parameter Penelitian.....	47
3.5	Teknik Pengumpulan Data	48
3.5.1	Persiapan Penelitian.....	48
3.5.2	Pengujian Emisi Gas Buang.....	49
3.5.3	Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	51
3.5.4	Data penelitan.....	52
3.6	Kalibrasi Instrumen	53
3.7	Teknik Analisis Data.....	54
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1	Deskripsi Data.....	55
4.1.1	Data Hasil Uji Konsumsi Bahan Bakar.....	55
4.1.2	Data Hasil Uji Emisi Gas Buang	57
4.2	Analisis Data dan Pembahasan	59
4.2.1	Analisis Konsumsi Bahan Bakar	59
4.2.2	Analisi Emisi Gas Buang	61
4.2.2.1	Kadar Emisi Gas Buang CO	62
4.2.2.2	Kadar Emisi Gas Buang CO ₂	63
4.2.2.3	Kadar Emisi Gas Buang HC	64
4.3	Komparasi Hasil Peneitian	65
BAB V	PENUTUP	74
5.1	Kesimpulan.....	74

5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	80

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

%	= Persen
ρ_{bb}	= Massa jenis bahan bakar
$^{\circ}\text{C}$	= Derajat Celcius
BBM	= Bahan Bakar Minyak
CO	= Karbon monoksida
CO ₂	= Karbon dioksida
HC	= Hidrokarbon
kg	= Kilogram
m	= Meter
m ³	= Meter Kubik
MJ	= Mega Joule
ml	= Mililiter
mm ²	= Milimeter kuadrat
N	= Newton
NO _x	= Oksida nitrogen
$^{\circ}\text{F}$	= Fahrenheit
ppm	= Part per million
rpm	= Rotasi per menit
s	= detik
t	= Waktu
V	= Volume
Vol _{bb}	= Volume bahan bakar
<i>fc</i>	= Penggunaan bahan bakar

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi solar sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas	16
Tabel 2.2 Karakteristik bahan bakar fraksi minyak diesel <i>handphone case</i> ...	21
Tabel 3.1 Spesifikasi mesin isuzu panther	45
Tabel 3.2 Data konsumsi campuran bahan bakar	52
Tabel 3.3 Kadar emisi gas buang	53
Tabel 4.1 Data hasil konsumsi campuran bahan bakar	56
Tabel 4.2 Kadar emisi gas buang percobaan 1	57
Tabel 4.3 Kadar emisi gas buang percobaan 2	57
Tabel 4.4 Kadar emisi gas buang percobaan 3	58
Tabel 4.5 Kadar emisi gas buang percobaan rata-rata	58
Tabel 4.6 Komparasi hasil penelitian konsumsi bahan bakar	66
Tabel 4.7 Komparasi hasil penelitian emisi gas buang CO	68
Tabel 4.8 Komparasi hasil penelitian emisi gas buang CO ₂	69
Tabel 4.9 Komparasi hasil penelitian emisi gas buang HC	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja motor diesel 4 langkah.....	23
Gambar 2.2 Tekanan pada pembakaran motor diesel	25
Gambar 2.3 Tahap pembakaran pada motor diesel.....	26
Gambar 2.4 Proses Pembakaran Mesin Diesel	28
Gambar 2.5 Skema sistem penyaluran bahan bakar menjadi gas buang.....	29
Gambar 3.1 Skema pengujian emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar ...	40
Gambar 3.2 Diagram alir eksperimen	41
Gambar 3.3 <i>Gas analyzer</i> HESBON HG-520	43
Gambar 3.4 Gelas ukur.....	43
Gambar 3.5 Buret.....	44
Gambar 3.6 Tachometer	44
Gambar 3.7 Stopwatch/smartphone oppo f3	45
Gambar 3.8 Isuzu panther.....	46
Gambar 3.9 Minyak fraksi diesel <i>handphone case</i>	46
Gambar 4.1 Grafik konsumsi bahan bakar pada berbagai campuran	59
Gambar 4.2 Grafik emisi CO pada berbagai campuran	62
Gambar 4.3 Grafik emisi CO ₂ pada berbagai campuran.....	63
Gambar 4.4 Grafik emisi HC pada berbagai campuran	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	80
Lampiran 2. Perhitungan Massa Jenis Bahan Bakar (ρ_{bb})	81
Lampiran 3. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar (<i>Fuel Consumption</i>).....	82
Lampiran 4. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Bahan Bakar C_0	86
Lampiran 5. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Bahan Bakar C_2	87
Lampiran 6. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Bahan Bakar $C_{3,5}$	88
Lampiran 7. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Bahan Bakar C_5	89
Lampiran 8. Penetapan Dosen Pembimbing	90
Lampiran 9. Surat Tugas Seminar	91
Lampiran 10. Surat Izin Penelitian	92
Lampiran 11. Surat Tugas Ujian Skripsi	93
Lampiran 12. Pernyataan Selesai Skripsi	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengaruh krisis minyak bumi sejak tahun 1973 masih terasa hingga sekarang. Krisis minyak bumi tersebut terasa sangat mempengaruhi perekonomian dunia, termasuk indonesia (Arwizet, 2017:17). Padahal, di indonesia kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) meningkat 8% setiap tahunnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi sebesar 5,6% dan peningkatan jumlah penduduk sebanyak 3 juta per tahun atau sama dengan 1,1% dari total jumlah individu yang mencapai 250 juta (Kemenperin, 2018). Cadangan minyak bumi saat ini semakin berkurang. Hal tersebut terjadi karena kebutuhan bahan bakar minyak pada masyarakat semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Pengembangan sumber energi alternatif adalah salah satu pilihan yang tepat pada saat ini. Upaya menghemat bahan bakar terus dilakukan dengan cara mencari sumber energi alternatif, salah satunya adalah dengan memanfaatkan *handphone case* bekas yang sudah tidak terpakai menjadi bahan bakar (Anis et al., 2018:53-62). Pada tahun 2017 pengguna *handphone* di indonesia sebanyak 371,4 juta pengguna atau 142 persen dari total populasi sebanyak 262 juta jiwa. Dengan kata lain rata-rata setiap orang memakai 1,4 telepon. Sedangkan masyarakat urban indonesia mencapai 55 persen dari total populasi (We Are Social, 2017). Dari data statistik tersebut maka beberapa tahun mendatang akan semakin banyak *handphone* yang sudah tidak digunakan lagi dan menjadi limbah. Dengan adanya pemanfaatan

handphone case yang dikonversi menjadi bahan bakar minyak dapat menambah nilai sampah dan menghemat penggunaan bahan bakar minyak (Anis et al., 2018:53-62). Bahan bakar minyak *handphone case* terbuat dari limbah *handphone case* yang diproses melalui pirolisis dan destilasi untuk mendapatkan fraksi minyak diesel (Prasetyo, 2019: 55). Fraksi minyak diesel adalah hasil destilasi minyak bumi pada suhu antara 230 °C dan 305 °C (Prasetyo, 2019: 17). Fraksi minyak diesel itu yang kemudian dapat digunakan campuran bahan bakar mesin diesel atau solar.

Konsumsi bahan bakar yang tinggi dan tingkat polusi kendaraan bermotor pada dasarnya dapat dikontrol dan dikurangi. Salah satu caranya yaitu dengan meningkatkan proses pembakaran yang terjadi pada mesin. Cara yang dapat dilakukan antara lain dengan meningkatkan kualitas bahan bakar atau campuran bahan bakar yang tepat (Winarko, 2017: 1). Campuran bahan bakar dengan bbm alternatif dapat berdampak pada konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang mesin diesel. Berdasarkan penelitian Winarko (2017) yaitu Pengaruh Campuran Bahan Bakar Solar dengan *Biodiesel* Lemak Sapi (*beef tallow*) terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel. Menunjukkan bahwa semakin banyak presentasi campuran bahan bakar hasil dari pengujian konsumsi bahan bakar menunjukkan semakin banyak campuran bahan bakar semakin rendah konsumsi bahan bakarnya. Dari hasil penelitian campuran B₂₀ merupakan campuran yang paling efisien dari variasi campuran lainnya.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Murdieono (2017) tentang Kinerja Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. Proses pengujian minyak pirolisis pada mesin diesel bahan bakar minyak pirolisis

sampah plastik digunakan sebagai campuran dan bahan bakar utama yaitu dexlite. Variasi prosentase campuran pada penelitian ini yaitu 100% dexlite, 10% minyak pirolisis : 90% dexlite dan 12,5% minyak pirolisis : 87,5% dexlite. Dari hasil yang didapat maka disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar menggunakan minyak pirolisis lebih irit dibandingkan dengan 100% dexlite.

Konsumsi bahan bakar mesin dengan emisi gas buang yang dihasilkan mesin sangat berkaitan satu sama lain. Umumnya semakin boros konsumsi bahan bakar mesin semakin banyak juga kandungan emisi gas buang yang dihasilkan mesin. Pada penelitian yang dilakukan oleh Amiruddin (2017) yaitu Pengaruh Campuran Bahan Bakar Solar dengan *Biodiesel* Lemak Ayam Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Nissan SD – 22 hasil penelitian konsumsi bahan bakar menunjukkan semakin banyak campuran bahan bakar semakin rendah konsumsi bahan bakarnya. Kemudian semakin banyak presentase campuran bahan bakar emisi gas buang opasitas maupun CO semakin menurun. Dari hasil penelitian campuran B15 merupakan campuran yang paling efisien dari variasi campuran lainnya.

Konsumsi bahan bakar adalah tolak ukur apakah bahan bakar tersebut memiliki kualitas efisiensi yang baik terhadap mesin. Pemilihan bahan bakar yang sesuai dengan spesifikasi mesin tentu akan sangat berpengaruh dalam konsumsi bahan bakar suatu kendaraan. Karena jika jenis bahan bakar sesuai, tenaga maksimal mesin dapat tercapai hanya dengan sedikit semprotan bahan bakar.

Mesin diesel memiliki efisiensi, daya tahan, dan keandalan yang tinggi bersama dengan biaya pengoperasian rendah. Keunggulan fitur tersebut menjadikan

mesin diesel disarankan untuk digunakan kendaraan dengan tugas yang berat. Pengguna mesin diesel semakin banyak dan semakin meluas dari hari ke hari. Hal itu menyebabkan mesin diesel memiliki peran penting dalam masalah polusi lingkungan di seluruh dunia. Mesin diesel dianggap sebagai salah satu penyumbang terbesar polusi lingkungan yang disebabkan oleh emisi gas buang (Resitoglu et al., 2014:15). Bahan pencemar yang terutama terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NOx) dan sulfur (SOx). Senyawa-senyawa di dalam gas buang terbentuk selama energi diproduksi untuk menjalankan kendaraan bermotor. Beberapa senyawa yang dinyatakan dapat membahayakan kesehatan adalah berbagai oksida sulfur, oksida nitrogen, dan oksida karbon, hidrokarbon, dan partikulat (Setyadi dan Susiantini, 2007:193).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Campuran Fraksi Minyak Diesel dari *Handphone Case* dengan Dexlite terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel”

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah berdasarkan latar belakang masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan bahan bakar minyak yang terus meningkat.
- b. Perlunya pengembangan sumber energi alternatif untuk bahan bakar minyak.
- c. Semakin banyaknya limbah *handphone case* seiring banyaknya pengguna *handphone*.

- d. Kurangnya pemanfaatan limbah *handphone case* menjadi bahan yang lebih berguna.
- e. Belum diketahui pengaruh campuran fraksi minyak diesel *handphone case* dengan dexlite terhadap konsumsi bahan bakar mesin.
- f. Belum diketahui pengaruh campuran fraksi minyak diesel *handphone case* dengan dexlite terhadap emisi gas buang mesin.

Dalam penelitian ini penulis menguji konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada bahan bakar campuran dexlite dan fraksi minyak diesel *handphone case* sebagai alternatif bahan bakar.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan penelitiannya adalah sebagai berikut :

- 1. Proses pembuatan fraksi minyak diesel menggunakan *microwave*.
- 2. Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah dexlite dan fraksi minyak diesel *handphone case*.
- 3. Pengujian konsumsi bahan bakar pada rpm mesin 1000, 2000, 3000 dan pengujian emisi gas buang pada rpm *idle*.
- 5. Variasi campuran bahan bakar yang digunakan :
 - a. Dexlite 100 %
 - b. Dexlite 97,5 % + 2,5 % fraksi minyak diesel *handphone case*
 - c. Dexlite 96,5 % + 3,5 % fraksi minyak diesel *handphone case*
 - d. Dexlite 95 % + 5 % fraksi minyak diesel *handphone case*
- 6. Pengujian emisi gas buang menggunakan gas analyzer dengan spesifikasi CO, CO₂, HC

1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana dampak campuran fraksi minyak diesel *handphone case* dengan dexlite terhadap konsumsi bahan bakar mesin ?
2. Bagaimana dampak campuran fraksi minyak diesel *handphone case* dengan dexlite terhadap emisi gas buang mesin ?

1.5 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui dampak campuran fraksi minyak diesel *handphone case* dengan dexlite terhadap penggunaan konsumsi bahan bakar mesin.
2. Untuk mengetahui dampak campuran fraksi minyak diesel *handphone case* dengan dexlite terhadap emisi gas buang mesin.

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, maka manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan dapat menjadi bahan bakar alternatif yang memanfaatkan limbah *handphone case*.
2. Berkontribusi dalam penelitian dan pengembangan bahan bakar alternatif, khususnya mengenai bahan bakar solar.
3. Dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran lebih lanjut untuk mahasiswa Teknik Mesin UNNES.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian tentang bahan bakar minyak *handphone case* atau uji performansi konsumsi dan emisi gas buang bahan bakar mesin diesel telah banyak dibuat pada penelitian terdahulu, baik dengan bahan bakar solar atau biosolar secara metode maupun parameter dan pengujian yang bervariasi. Adapun penelitian tersebut adalah :

Penelitian tentang produksi minyak dari limbah elektronika (*e-waste*) sudah dilakukan sebelumnya oleh Anis et al (2018) yaitu *Production of Liquid Oil from Thermolysis of Electrical and Electronic Waste (E-Waste) under Microwave Irradiation*. Bahan baku yang digunakan antara lain *case laptop*, *case handphone* dan kulit kabel. Hasil penelitian diketahui bahwa perolehan optimal *yield liquid* terdapat pada bahan baku *case handphone* dengan ukuran partikel 2-15 mm sebesar 56,20% serta nilai kalor 39,25 M/J.

Dalam Penelitian karakteristik dari limbah elektrik dan elektronika (*e-waste*), pengaruh suhu, ukuran partikel, dan karakteristik *thermolysis oil* hasil proses termolisis menggunakan gelombang mikro oleh Lestari (2017) diketahui bahwa perolehan optimal *yield* komputer *case* pada 400 °C, *handphone case* pada 450 °C, dan kulit kabel pada 350 °C. Hasil optimal *yield liquid* terdapat pada bahan baku *handphone case* dengan ukuran partikel 2-15 mm sebesar 56,20% serta nilai kalor 39,25 MJ. Kemudian massa jenis tertinggi terdapat pada kulit kabel dengan

suhu 450 °C dan terendah pada *case* komputer/laptop suhu 350 °C. Nilai pH dari tiap variasi suhu sangat fluktuatif yaitu bersifat asam dan basa. Komposisi kimia dari *yield liquid* optimal (*handphone case*) menunjukkan kandungan phenol paling tinggi.

Penelitian juga sudah dilakukan oleh Nasrun et al (2015) yaitu Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. Setelah minyak didistilasi analisis meliputi nilai kalor pembakaran, titik nyala (*flash point*), kadar abu, kadar air dan analisis komposisi. Nilai kalor pembakaran didapat sebesar 10.541,75 kcal/kg. Titik nyala (*flash point*) tertinggi pada suhu 260°C di menit ke 15 diperoleh sebesar 63,9°C pada titik nyala terendah didapat pada suhu 300 °C di menit ke 60 diperoleh sebesar 57,5 °C. Kadar abu tertinggi diperoleh pada suhu 300 °C di menit ke 60 yaitu 0,26% dan kadar abu paling sedikit diperoleh pada suhu 260 °C di menit ke 15 yaitu 0,01 %. Kadar air terbaik diperoleh pada suhu 300 °C di menit ke 60 yaitu 0,01%. Hasil pengujian analisa komposisi menunjukkan persentase terbanyak adalah C₁₂H₂₄ yaitu sebesar 41,9 %. Dari semua variabel yang dipelajari suhu memberikan pengaruh yang paling nyata.

Penelitian juga sudah dilakukan oleh Murdieono (2017) yaitu Kinerja Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. Pada penelitian ini plastik yang akan digunakan adalah plastik *low density polyethylene* atau LDPE. Suhu proses pirolisis pada penelitian ini berkisar antara 30 – 330 °C. Minyak hasil pirolisis sampah plastik di uji sifat kimia dalam hal nilai *flash point* terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Metode pengujian *flash point*

menggunakan metode ASTM D 93. Nilai *flash point* pada solar yaitu 52 °C, sedangkan minyak hasil pirolisis yang digunakan adalah 27 °C. Pada proses pengujian minyak pirolisis pada mesin diesel bahan bakar minyak pirolisis sampah plastik digunakan sebagai campuran dan bahan bakar utama yaitu dexlite. Variasi prosentase campuran pada penelitian ini yaitu 100% dexlite, 10% minyak pirolisis : 90% dexlite, 12,5% minyak pirolisis : 87,5% dexlite. Pada pengujian kinerja mesin diesel menggunakan bahan bakar minyak hasil pirolisis sampah plastik data yang diambil yaitu Torsi, Daya, Konsumsi Bahan Bakar dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.

Penelitian dilakukan oleh Hidayat (2018) yaitu tentang Pengaruh Penggunaan Biodiesel Jarak Pagar terhadap Kadar Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penggunaan campuran bahan bakar biodiesel jarak pagar terhadap polutan gas buang dan konsumsi bahan bakar motor diesel. Penurunan tingkat kepekatan polutan gas buang dan konsumsi bahan bakar motor diesel dihasilkan dengan variasi campuran bahan bakar biodiesel jarak pagar dan biosolar. Tingkat kepekatan terendah dan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien yaitu pada campuran B10 saat suhu kerja mesin terpenuhi yaitu pada putaran 2000 rpm. Besarnya opasitas yaitu 3,1% lebih rendah apabila dibandingkan dengan biosolar yang opasitasnya sebesar 3,4% serta jauh dari batas maksimal kepekatan gas buang yaitu sebesar 70% dan konsumsi bahan bakar yang digunakan menurun apabila dibandingkan dengan biosolar.

Penelitian tentang pengaruh campuran minyak limbah plastik terhadap emisi telah dilakukan oleh Bahtiar (2015) yaitu Pengaruh Campuran Minyak Limbah

Plastik (*Low Density Waste Polyethylene Oil*) dengan Premium dan Pertamina Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor. Hasil penelitian diketahui nilai oktan pada minyak limbah plastik sebesar 81,6, nilai kalor sebesar 45.594 J/g, *flashpoint* sebesar 36 °C, densitas sebesar 0,7636 gr/ml, viskositas sebesar 1,6764 mm²/s. Penelitian emisi gas buang pada variasi keseluruhan yaitu pada bahan bakar C₂₀ (minyak limbah plastik 80% dan premium 20%) diketahui adanya peningkatan gas CO sebesar 0,3% dan gas HC sebesar 497,6 ppm daripada C₀ (premium murni). Pengujian pada variasi C₃₀ (minyak limbah plastik 70% dan premium 30%) diketahui adanya penurunan gas CO sebesar 0,9% dan peningkatan gas HC sebesar 159,3 ppm dari pada C₀ (premium murni). Pengujian pada variasi D₂₀ (minyak limbah plastik 80% dan Pertamina 20%) diketahui adanya peningkatan gas CO sebesar 3,5% dan gas HC sebesar 2156,3 ppm dibandingkan Pertamina murni. Pengujian pada variasi D₃₀ (minyak limbah plastik 70% dan Pertamina 30%) diketahui adanya penurunan gas CO sebesar 0,2% dan peningkatan gas HC sebesar 528,1 ppm dibandingkan Pertamina murni.

Berdasarkan kajian pustaka maka dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah *handphone case* menjadi bahan bakar minyak setelah melewati proses pirolisis dan destilasi sebagai campuran bahan bakar minyak solar perlu di uji performansi mesin dan emisi gas buang untuk mengetahui layak atau tidaknya menjadi sumber bahan bakar alternatif.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Bahan Bakar Diesel/ Solar

Bahan bakar mesin diesel atau solar adalah salah satu jenis hasil pengolahan minyak bumi atau minyak mentah. Bahan bakar diesel pada kilang minyak dihasilkan setelah fraksi-fraksi ringan minyak dipisahkan. Bahan bakar diesel adalah hidrokarbon yang merupakan senyawa antara hidrogen dan karbon, seperti *benzine, pentane, hexane toluene, propane, dan butane*. Untuk menghasilkan berbagai jenis senyawa hidrokarbon tersebut, minyak mentah dipanaskan untuk mencapai titik uap masing-masing hidrokarbon (Sukoco dan Arifin, 2008: 45).

Hidrokarbon dengan titik didih paling rendah akan keluar terlebih dahulu. Natural gas yang dikenal dengan *liquid petroleum gas* (LPG) pertama dihasilkan. Selanjutnya temperatur minyak mentah dinaikan kembali untuk menghasilkan hidrokarbon yang mempunyai titik didih yang lebih tinggi, yaitu *High Octane Aviation Gasoline*. Setelah selesai temperatur dinaikan kembali untuk menghasilkan hidrokarbon yang mempunyai titik didih yang lebih tinggi, dan seterusnya hingga dihasilkan *gasoline, kerosine*, bahan bakar diesel atau solar, bahan bakar industri, *lubricating oil, parafine* dan terakhir *coke* dan aspal. Bahan bakar diesel dari destilasi tidak langsung dipergunakan pada kendaraan atau mesin. Namun, dilakukan pengolahan kembali hingga mendapatkan karakteristik bahan bakar diesel yang diperlukan (Arifin dan Sukoco, 2008: 45). Ada sepuluh karakteristik bahan bakar diesel yaitu :

1. Nilai pembakaran

Nilai pembakaran adalah karakteristik utama dari setiap bahan bakar, merupakan karakteristik dari berapa banyak tenaga yang dihasilkan ketika bahan bakar dibakar. Jumlah kalor bahan bakar diberi satuan kcal/kg, kJ/kg atau Btu/lb. Untuk menentukan kandungan energi panas bahan bakar yang dipergunakan pada motor diesel, perlu diketahui masa dan nilai pembakaran bahan bakar, secara keseluruhan saat bahan bakar terbakar seluruhnya. Bahan bakar diesel atau motor bensin merupakan senyawa dari unsur karbon dan hidrogen (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

Nilai pembakaran bahan bakar, menunjukkan berapa banyak energi yang terkandung didalamnya. Bahan bakar terdiri dari senyawa antara karbon, hidrogen dan unsur lain yang tidak terbakar dan sulit terpisah dari minyak mentah. Kandungan material selain karbon dan hidrogen akan mempengaruhi hasil pengukuran besarnya nilai pembakaran bahan bakar, sebab mereka tidak menghasilkan kalor namun justru menyerap kalor. Pengukuran nilai pembakaran bahan bakar menggunakan alat kalorimeter (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

2. Berat jenis

Berat jenis bahan bakar adalah perbandingan kepadatan bahan bakar dengan kepadatan air. Pengukuran berat jenis menggunakan alat *hydrometer*. Berat jenis bahan bakar diesel berpengaruh pada daya penetrasinya saat bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran. Berat jenis juga dapat dipergunakan sebagai indikator jumlah kalor yang terkandung dalam bahan bakar, semakin berat bahan bakar semakin besar nilai pembakarannya (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

3. Titik Nyala

Flash point atau titik nyala adalah suhu dimana bahan bakar siap menyala saat bersinggungan dengan api. Titik api berada di atas titik nyala yaitu sekitar 10 sampai dengan 20°C. Titik nyala bahan bakar adalah indikator besarnya bahaya kebakaran, bahan bakar yang titik nyalanya rendah akan sangat berbahaya terhadap kebakaran. Pada umumnya, titik nyala solar seharusnya cukup tinggi agar tidak terjadi penyalan selama proses penyaluran ke ruang bakar (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

4. Titik Beku

Karakteristik ini dapat tidak diperlukan di daerah yang panas, tetapi sangat diperlukan pada daerah dingin. Temperatur titik beku yang tinggi ditandai dengan sulitnya bahan bakar untuk mengalir dan bentuk kabutan yang kasar (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

5. Viskositas

Viskositas adalah sifat benda cair yang memberikan gaya bertahan untuk tidak mengalir. Viskositas diukur dengan mengamati jumlah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan benda cair tersebut melalui lobang kecil yang ditentukan. Alat untuk mengukur viskositas benda cair disebut dengan *viscometer* (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

Viskositas bahan bakar diesel berfungsi sebagai pelumas komponen sistem bahan bakar. Namun, jika viskositas bahan bakar terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kabutan yang kasar. Dampaknya adalah pembakaran mesin tidak akan

dapat menghasilkan energi panas yang optimal dan asap gas buang akan semakin pekat. (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

6. Titik Uap

Titik uap atau *volatility* adalah kemampuan bahan bakar untuk berubah menjadi uap. Titik uap bahan bakar ditunjukkan dengan perbandingan udara dan uap bahan bakar yang dapat dibentuk pada suhu tertentu. Pada bahan bakar diesel, titik uap ditunjukkan dengan 90% suhu distilasi. Artinya pada suhu distilasi 90% bahan bakar telah dapat didistilasikan dari minyak mentah. Jika titik uap bahan bakar rendah, saat bahan bakar dibakar akan menambah jumlah kotoran karbon di dalam silinder, dan akan berdampak ausnya komponen mesin. Di samping itu, juga dapat dilihat bertambahnya kepekatan gas buang (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

7. Kualitas Penyalaan

Kualitas penyalaan adalah kecepatan dimana bahan bakar dapat dinyalakan. Pada bahan bakar mesin diesel dinyatakan *cetane number* atau angka setana. Besarnya angka setana bahan bakar motor diesel diukur dengan ($C_{16}H_{34}$) senyawa hidrokarbon cair tidak berwarna. Semakin tinggi angka setana bahan bakar, maka semakin pendek waktu yang dibutuhkan untuk memulai terbakar. Angka setana ditetapkan antara 20 sampai 60. Angka setana bahan bakar 50 berarti 50% setane dan 50% *Methyl Naphthalene*. Senyawa *Oxyorganik* digunakan untuk menaikkan angka setana dan disebut dengan "*Diesel Dope*". Kualitas penyalaan bahan bakar motor diesel bisa juga dinyatakan dengan istilah indeks diesel (ID) (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

8. Karbon Residu

Karbon residu bahan bakar diesel adalah materi yang tertinggal di ruang pembakaran setelah proses pembakaran. Untuk mengetahui kandungan karbon residu pada bahan bakar, dapat dilakukan di laboratorium dengan mengambil sampel bahan bakar kemudian dipanaskan dalam sebuah media hampa udara (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

9. Kandungan Sulfur

Sulfur yang terdapat di dalam bahan bakar ketika terbakar akan menghasilkan gas yang korosif terhadap logam, baik saat masih dalam bentuk gas ataupun dalam bentuk cair setelah dingin. Pada bahan bakar kandungan sulfur tidak boleh lebih dari 0,5 sampai dengan 1,5%. Cairan sulfur yang masuk ke dalam minyak pelumas dapat merusak struktur minyak dan komponen sistem pelumasan (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

10. Oksidasi dan Air

Oksidasi atau endapan dan air dapat menyebabkan masalah pada mesin diesel. Kotoran yang mengendap dan terbawa bahan bakar mengakibatkan keausan pada mesin dan dapat menyumbat saluran bahan bakar. Kandungan abu dan air pada bahan bakar yang diizinkan adalah 0,01% abu dan 0,05% untuk abu dan air (Arifin dan Sukoco, 2008: 45).

Dibawah ini merupakan spesifikasi solar berdasarkan surat keputusan dirjen migas no.28 tahun 2016 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi solar sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas No. 28 Tahun 2016

No.	Karakteristik	Unit	Batasan		Metode Uji
			MIN	MAX	ASTM
1	Angka Setana		45	–	D-613
2	Indek Setana		48	–	D-4737
3	Berat jenis pada 15 °C	kg/m ³	815	870	D-1298
4	Viskositas pada 40 °C	mm ² /s	2	5	D-445
5	Kandungan Sulfur	% m/m	–	0.35	D-1552
6	Distilasi : T95	°C	–	370	D-86
7	Titik Nyala	°C	52	–	D-93
8	Titik Tuang	°C	–	18	D-97
9	Karbon Residu	merit	–	Kelas I	D-4530
10	Kandungan Air	mg/kg	–	500	D-1744
19	Partikulat	mg/l	–	–	D-2276
20	Penampilan Visual	–	Jernih dan terang		
21	Warna	No. ASTM	–	3	D-1500

Sumber: Dirjen Migas No.28/2016

Pertamina merupakan perusahaan minyak dan gas terbesar di Indonesia yang menyediakan bahan bakar minyak salah satunya adalah bahan bakar diesel minyak dexlite. Menurut Suwanto dan Basri (2018: 185) dexlite adalah bahan bakar minyak dari perusahaan Pertamina untuk kendaraan bermesin diesel yang ada di Indonesia. Kualitas dexlite di atas solar biasa yang disubsidi oleh pemerintah dan menjadi pilihan lain bagi konsumen. Dexlite merupakan komposisi dari campuran biodiesel atau *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) sebanyak 20% dengan zat adiktif

di dalamnya sehingga sulfur content mencapai 1.000 - 1.200, sedangkan solar biasa 48 mempunyai sulfur content 3.500 ini sesuai dengan kebijakan pemerintah terkait pencampuran bahan bakar nabati pada solar. Dexlite memiliki angka setana minimal 51 dan mengandung sulfur maksimal 1.200 *part per million* (PPM).

Jenis bahan bakar diesel dapat dibedakan oleh kekentalan, jumlah cetane dan sebagainya. Meskipun memiliki perbedaan, struktur utama pada bahan bakar diesel tersebut tidak memiliki perbedaan. Jenis bahan bakar diesel terbagi menjadi enam yaitu *high speed diesel*, *marine fuel oil*, menghasilkan panas, *industrial diesel oil*, biodiesel, diesel performan tinggi (Haruna, 2013: 69).

1. *High Speed Diesel* (HSD)

HSD adalah jenis bahan bakar mesin diesel yang memiliki nilai setana 45. Pada umumnya mesin yang menggunakan bahan bakar HSD adalah mesin yang menggunakan sistem injeksi pompa dan elektronik injeksi. Bahan bakar HSD ini ditujukan untuk kendaraan bermotor dan bahan bakar peralatan industri (Haruna, 2013: 69).

2. *Marine Fuel Oil* (MFO)

MFO diproduksi dari pengolahan minyak berat (residu) sehingga memiliki viskositas yang lebih tinggi. Jenis ini sering digunakan sebagai bahan bakar langsung pada sektor industri untuk mesin diesel yang memiliki kecepatan proses yang rendah. Minyak Bakar memiliki sifat dan bentuk yang tidak berbeda jauh dengan MFO, tetapi biasanya digunakan sebagai bahan bakar langsung (Haruna, 2013: 69).

3. Menghasilkan panas

Contohnya digunakan sebagai bahan bakar *furnace* pada proses pemanasan minyak mentah (Haruna, 2013: 69).

4. *Industrial Diesel Oil* (IDO)

Diproduksi dari proses penyulingan minyak mentah pada suhu rendah, jenis ini biasanya memiliki kandungan sulfur yang relatif rendah sehingga dapat diterima oleh *Medium Speed Diesel Engine* (Haruna, 2013: 69).

5. Biodiesel

Bahan bakar biodiesel adalah jenis bahan bakar yang cukup baik sebagai pengganti solar yang berasal dari fraksi minyak bumi, hal tersebut karena biodiesel merupakan sumber energi terbarukan karena berasal dari minyak nabati dan hewani. Secara kimia, susunan biodiesel terdiri dari campuran mono-alkyl ester dan rantai panjang asam lemak. Bahan bakar biodiesel tidak memiliki kandungan berbahaya ketika terlepas ke udara, karena sangat mudah untuk terurai secara alami. Dalam proses pembakaran, bahan bakar jenis ini hanya menghasilkan karbon monoksida serta hidrokarbon yang relatif rendah sehingga cukup aman untuk lingkungan sekitar (Haruna, 2013: 69).

6. Diesel Performan Tinggi

Bahan bakar ini memiliki kualitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar lain yang berasal dari minyak bumi. Jenis bahan bakar telah mengalami proses peningkatan kualitas dari hal angka setana dan sedikitnya kandungan sulfur sehingga direkomendasikan untuk mesin diesel sistem injeksi *comonrail*. Sistem injeksi *comonrail* adalah tabung bercabang yang terdapat di

dalam mesin dengan katup injektor yang dikendalikan oleh komputer dimana masing-masing tube tersebut terdiri dari *nozzle* mekanis dan *pulunger* yang dikendalikan oleh selenoid serta *actuator piezoelectric*. Bahan bakar ini digolongkan sebagai diesel modern yang memiliki standar gas buang EURO 2 karena memiliki angka setana 53 dan kandungan sulfur dibawah 300 ppm (Haruna, 2013: 69).

2.2.2 Bahan Bakar Alternatif

Kendaraan bermotor mengalami peningkatan setiap tahun. Hal tersebut mengakibatkan konsumsi bahan bakar semakin banyak dibutuhkan, padahal persediaan bahan bakar minyak akan terus mengalami penurunan. Dampaknya harga bahan bakar minyak menjadi semakin mahal dan kualitas bahan bakar semakin menurun. Masalah tersebut perlu adanya solusi yaitu dengan energi pengganti ataupun energi alternatif (Nurtanto, 2017: 117).

Bahan bakar alternatif adalah upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi jenis bahan bakar yang sudah banyak digunakan. Penggunaan bahan bakar alternatif menggunakan perbandingan atau dicampur dengan bahan bakar yang sudah umum digunakan, penggunaan murni bahan bakar alternatif perlu dilakukan kajian lebih dalam lagi dengan cocoknya mesin dan bahan karakteristik bahan bakar alternatif (Bahtiar, 2015: 10).

Pengembangan alternatif untuk bahan bakar fosil yang dapat mengurangi efek negatif pada pemanasan global dan pencemaran lingkungan tetapi pada saat yang sama menjamin keamanan energi yang lebih baik, khususnya Berkenaan dengan sumber daya non-habis seperti energi terbarukan. Sumber utama untuk memproduksi bahan bakar alternatif adalah biomassa, yang dengan sendirinya

dapat dibakar sebagai bahan bakar atau dapat dikonversi menjadi beberapa jenis biofuel. Dalam apa berikut jenis utama biomassa dan karakteristik energinya ditinjau, seperti biofuel utama yang berasal dari biomassa. Fokus khusus adalah ditempatkan pada bahan bakar yang berasal dari bahan limbah (termasuk sampah organik, TPA kota limbah, dan lain-lain.) dan bahan bakar khusus seperti hidrogen, bahan bakar berbasis nitrogen, dan campuran bahan bakar (Dincer dan Zamfirescu 2014: 126).

2.2.3 Bahan Bakar Fraksi Minyak Diesel *Handphone Case*

Sampah plastik elektronik menjadi salah satu penyumbang sampah yang banyak. Di negara-negara Uni Eropa, pertumbuhan sampah plastik elektronik meningkat tiga kali lebih cepat daripada rata-rata sampah kota. banyaknya *e-waste* tidak hanya ada di negara maju, namun juga terjadi di negara berkembang seperti Indonesia. Berdasarkan data dari *Indonesian Cellular Telephone Association*, ada sekitar 340 juta pengguna telepon seluler pada tahun 2015. Jumlah besar dari produk tersebut jelas berkontribusi pada volume tinggi limbah listrik dan elektronik (*e-waste*) (Anis, 2018: 54).

Konversi limbah menjadi energi akan menjadi ide efisien yang mengurangi penggunaan bentuk-bentuk energi lain dan akan berfungsi sebagai anugerah bagi umat manusia. Akan lebih bermanfaat jika limbah diubah menjadi bahan bakar, yang akan menjadi kebutuhan bagi generasi mendatang. Bahan bakar seperti alkohol, biodiesel, bahan bakar cair dari plastik adalah beberapa bahan bakar alternatif untuk mesin pembakaran internal (Paul et al., 2016:1).

Untuk mengkonversi bahan bakar minyak dari *handphone case* melewati dua proses yaitu pertama proses pirolisis dan setelah didapatkan *pyrolysis oil* *handpone case* maka selanjutnya dilakukan proses destilasi untuk mendapatkan fraksi minyak diesel (Prasetyo, 2019: 46). Pirolisis disebut juga termolisis atau devolatilisasi (Juliastuti et al., 2015: 1). Pirolisis merupakan dekomposisi kimia bahan organik dengan proses pemanasan tanpa atau ada sedikit oksigen dan bahan kimia lainnya yang menyebabkan memecahnya stuktur kimia menjadi fase gas dari material mentah. Gas hasil pembakaran dapat berguna dan tidak mencemari lingkungan. Pada proses pirolisis plastik rantai karbon panjang dipecah menjadi rantai hidrokarbon pendek, kemudian molekul-molekul tersebut didinginkan agar berubah pada fase cair. Pirolisis dapat digunakan untuk mengubah plastik limbah ke dalam bahan bakar hidrokarbon yang dapat digunakan dalam mesin diesel (Padmanabhan et al., 2017:1).

Sedangkan destilasi merupakan proses pemisahan campuran pada suatu larutan berdasarkan dengan perbedaan titik didih (Nasrun et al., 2015: 2). Jenis destilasi terbagi menjadi lima macam yaitu destilasi sederhana, destilasi bertingkat, destilasi azeotrop, destilasi uap dan destilasi vakum (Walangare et al., 2013:1).

Menurut Prasetyo (2019: 59-61) karakteristik bahan bakar fraksi minyak diesel *handphone case* sebagai berikut :

Tabel 2.2 Karakteristik bahan bakar fraksi minyak diesel *handphone case*

Sifat	Fraksi <i>Handphone Case</i>
Flash point (°C)	73
Massa Jenis (kg/m ³)	1025,4
Nilai kalor (MJ/kg)	33,94

Viskositas (mm ² /sec)	12, 4696
pH	7,73
Analisis Kimia GC-MS	Mengandung Senyawa Aromatik

Sumber: Prasetyo (2019: 59-61)

2.2.4 Mesin Diesel

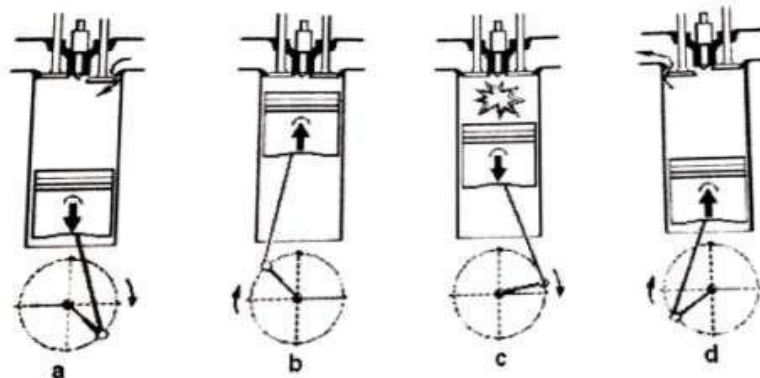
Motor Diesel disebut mesin penyalaan kompresi karena pada proses pembakaran di dalam mesin tidak memerlukan percikan api namun pembakaran terjadi akibat adanya tekanan kompresi yang tinggi. Prinsip kerja pembakaran motor diesel yaitu udara dihisap masuk ke dalam ruang bakar lalu udara tersebut dikompresi oleh torak sehingga udara memiliki temperature dan tekanan yang tinggi, sebelum torak mencapai titik mati atas, bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar dan terjadilah pembakaran. Motor diesel ini ditemukan oleh Rudolf Diesel pada tahun 1892 (Mollenhauer dan Tschoeke, 2009: 3).

Pada proses pembakaran sumber panas pada motor diesel tidak diambil dari percikan api dari busi tetapi diperoleh dari tekanan kompresi (campuran udara dan bahan bakar terbakar dengan sendiri akibat tekanan kompresi). Suhu udara minimal 350°C agar campuran udara dan bahan bakar dapat terbakar sendiri. karena itu perbandingan kompresi motor diesel dibuat antara 15-22, dengan tekanan akhir langkah kompresi mencapai 20-40 bar dan suhu 500-700°C. Berdasarkan efisiensi secara keseluruhan, motor diesel merupakan motor pembakaran yang paling efisien dan bertenaga besar, pada motor diesel putaran rendah efisiensi panas dapat mencapai 50 persen. Dengan efisiensi panas yang besar ini maka pemakaian bahan bakar lebih hemat, diikuti dengan tingkat polutan gas buang yang relatif rendah

(Mollenhauer dan Tschoeke, 2009: 3). Motor diesel dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu motor diesel 4 langkah dan motor diesel 2 langkah. Namun, motor diesel 4 adalah jenis motor diesel yang paling banyak digunakan oleh masyarakat (Rabiman dan Arifin, 2011: 3).

2.2.4.1 Prinsip Kerja Pada Motor Diesel 4 Langkah

Langkah katup masuk dan katup buang pada motor diesel 4 digunakan sebagai pengontrol proses masuk dan keluarnya gas dengan cara membuka atau menutup saluran masuk dan saluran buang. Berikut ini adalah prinsip kerja motor diesel 4 langkah (Rabiman dan Arifin, 2011: 3):



Gambar 2.1 Prinsip kerja motor diesel 4 langkah

Sumber : (Rabiman dan Arifin, 2011: 3)

1. Langkah hisap

Piston bergerak dari TMA ke TMB, katup hisap membuka dan katup buang menutup sehingga udara dapat masuk ke dalam silinder karena terjadi hampa udara melalui *intake manifold* (Rabiman dan Arifin, 2011: 3).

2. Langkah Kompresi

Pada langkah ini katup masuk dan katup buang tertutup, udara yang ada di dalam silinder akan dikompresi oleh piston yang bergerak dari TMB ke arah TMA.

Perbandingan kompresi pada motor diesel berkisar antara 1:15 sampai 1:22. Proses kompresi ini mengakibatkan udara didalam menjadi panas, suhunya dapat mencapai sekitar 800 °C. Pada akhir langkah kompresi injektor/nozel menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara panas dengan tekanan yang dapat mencapai 40 bar (Rabiman dan Arifin, 2011: 3).

3. Langkah Usaha

Diikuti oleh pembakaran tertunda, pada awal langkah usaha bahan bakar yang sudah dikabutkan akan terbakar sebagai hasil pembakaran langsung dan membakar hampir seluruh bahan bakar. Menghasilkan peningkatan panas pada silinder dan mengakibatkan semakin besarnya tekanan didalam silinder. Tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran ditransmisikan ke piston. Piston bergerak dari TMA ke TMB karena tekanan pembakaran kemudian tenaga pembakaran diubah menjadi tenaga mekanis oleh poros engkol menjadi gerak putar. Energi yang dihasilkan dalam langkah usaha ini sebagian disimpan dalam *flywheel* untuk melanjutkan proses kerja motor berikutnya (Rabiman dan Arifin, 2011: 3).

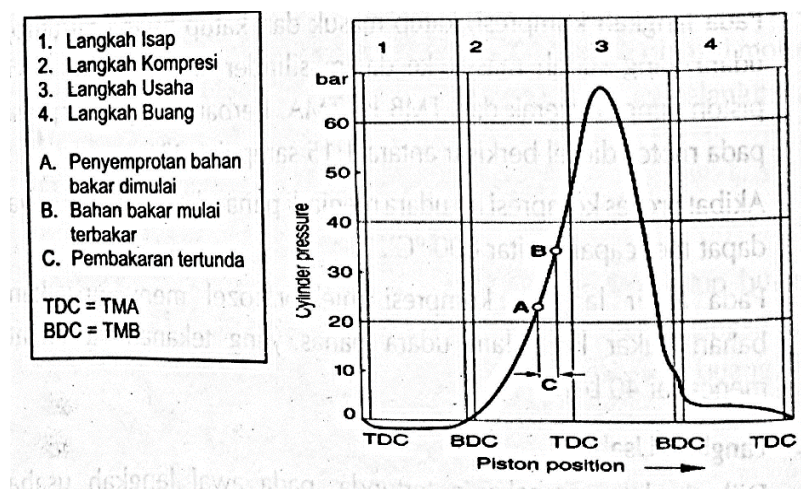
4. Langkah Buang

Posisi katup masuk tertutup dan katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB ke TMA mendorong gas sisa pembakaran atau gas buang keluar melalui katup buang yang terbuka. Pada akhir langkah buang katup masuk terbuka mengakibatkan udara dapat masuk ke dalam silinder dan ikut mendorong gas buang keluar (Rabiman dan Arifin, 2011: 3).

2.2.4.2 Proses Pembakaran Pada Motor Diesel

1. Diagram pembakaran

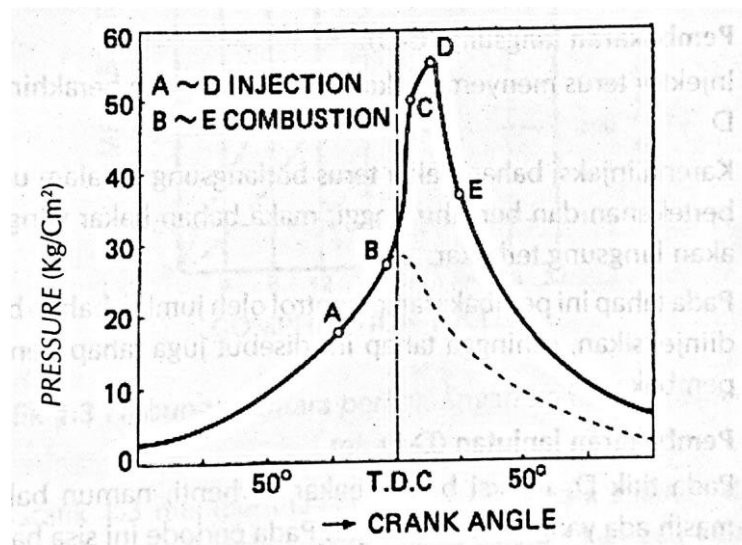
Ketika pompa injeksi mulai menyembrotkan bahan bakar, proses yang disebut dengan penundaan pembakaran terjadi antara saat awal penyemprotan sampai dengan mulainya bahan bakar terbakar (A-B) atau sepanjang daerah C (Gambar 2.2) (Rabiman dan Arifin, 2011: 6).



Gambar 2.2 Tekanan pada pembakaran motor diesel

Sumber : Rabiman dan Arifin (2011: 6)

Saat bahan bakar mulai disemprotkan pada titik A (pada akhir langkah kompresi) maka bahan bakar tidak akan langsung terbakar pada titik A tersebut, akan tetapi awal pembakaran baru terjadi pada titik B. Injeksi juga akan terus menyembrotkan bahan bakar sampai piston melewati TMA setelah langkah kompresi atau awal langkah usaha, untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tahap pembakaran pada motor diesel

Sumber : Rabiman dan Arifin (2011: 7)

a. Pembakaran Tertunda (A-B)

Tahap ini adalah tahap persiapan pembakaran. Bahan bakar disemprotkan oleh injektor berupa kabut ke udara panas di ruang bakar sehingga menjadi campuran yang mudah terbakar. Pada tahap ini, bahan bakar belum terbakar atau dengan kata lain pembakaran belum dimulai. Pembakaran akan dimulai pada titik B, peningkatan tekanan terjadi secara konstan, karena piston terus bergerak menuju TMA (Rabiman dan Arifin, 2011: 7).

b. Rambatan Api (B-C)

Campuran yang mudah terbakar telah terbentuk dan merata di seluruh bagian dalam ruang bakar. Awal pembakaran mulai terjadi di beberapa bagian dalam silinder. Pembakaran ini berlangsung sangat cepat sehingga terjadilah letupan (*explosive*). Letupan ini berakibat tekanan dalam silinder meningkat dengan cepat pula. Akhir tahap ini disebut tahap pembakaran letupan (Rabiman dan Arifin, 2011: 7).

c. Pembakaran Langsung (C-D)

Injektor terus menyembrotkan bahan bakar dan berhenti pada titik D. Karena injeksi bahan bakar terus berlangsung di dalam udara yang bertekanan dan bersuhu tinggi, maka bahan bakar yang diinjeksikan akan langsung terbakar. Pada tahap ini pembakaran dikontrol oleh jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga tahap ini disebut juga tahap pengontrolan pembakaran (Rabiman dan Arifin, 2011: 7).

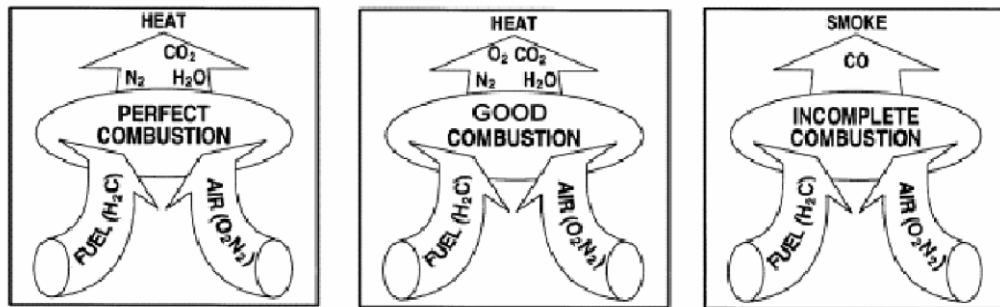
d. Pembakaran Lanjutan (D-E)

Pada titik D, injeksi bahan bakar berhenti, tapi bahan bakar masih ada yang belum terbakar. Pada saat periode ini sisa bahan bakar diharapkan akan terbakar semuanya. Jika tahap ini terlalu panjang akan menyebabkan suhu gas buang meningkat dan efisiensi pembakaran berkurang (Rabiman dan Arifin, 2011: 7).

2.2.5 Teori Pembakaran

Pada motor bakar, proses pembakaran merupakan reaksi kimia yang berlangsung sangat cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang menimbulkan panas sehingga mengakibatkan tekanan dan temperatur gas yang tinggi. Kebutuhan oksigen untuk pembakaran diperoleh dari udara yang memerlukan campuran antara oksigen dan nitrogen, serta beberapa gas lain dengan persentase yang relatif kecil dan dapat diabaikan. Reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang diperoleh dari udara akan menghasilkan produk hasil pembakaran yang komposisinya tergantung dari kualitas pembakaran yang terjadi (Nofica, 2012: 12).

Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut:



Gambar 2.4 Proses Pembakaran Mesin Diesel

Sumber: Nofica (2012: 12)

Pembakaran di atas dikatakan sempurna bila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat, hingga tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran “lean” (kurus), pembakaran ini menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya, bila bahan bakarnya terlalu banyak (atau tidak cukup oksigen), dikatakan campuran “rich” (kaya), pembakaran ini menghasilkan api reduksi (Nofica, 2012: 12).

Dalam pembakaran, ada pengertian udara primer yaitu udara yang dicampurkan dengan bahan bakar di dalam *burner* (sebelum pembakaran) dan udara sekunder yaitu udara yang dimasukkan dalam ruang pembakaran setelah *burner*, melalui ruang sekitar ujung *burner* atau melalui tempat lain pada dinding dapur (Nofica, 2012: 12).

Berat massa bahan yang masuk ruang pembakaran = berat massa bahan yang keluar. Menurut Nofica (2012: 13) skema sistem penyaluran bahan bakar menjadi gas adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5 Skema sistem penyaluran bahan bakar menjadi gas buang

Sumber: Nofica (2012: 13)

Hasil pembakaran campuran antara udara dengan bahan bakar dibedakan menjadi:

a. Pembakaran sempurna (pembakaran ideal)

Setiap pembakaran sempurna menghasilkan karbon dioksida dan air. Peristiwa ini hanya dapat berlangsung dengan perbandingan udara-bahan bakar stoikiometris dan waktu pembakaran yang cukup bagi proses ini (Nofica, 2012: 14).

b. Pembakaran tak sempurna

Kondisi ini terjadi jika tidak tersedia cukup oksigen. Produk pembakaran ini yaitu hidrokarbon tak terbakar dan jika sebagian hidrokarbon terbakar maka aldehide, ketone, asam karbosiklis dan sebagian karbon monoksida menjadi polutan dalam gas buang (Nofica, 2012: 14).

c. Pembakaran dengan udara berlebihan

Pada saat temperatur tinggi nitrogen dan oksigen dari udara pembakaran akan bereaksi dan akan membentuk oksida nitrogen (NO dan NO₂). Selain itu produk yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat berupa oksida timah,

oksida hlogenida, oksida sulfur, serta emisi evaporatif seperti hidrokarbon ringan yang teremisi dari sistem bahan bakar (Nofica, 2012: 14).

2.2.6 Konsumsi Bahan Bakar

Menurut Faturakhman (2014: 16-17) konsumsi bahan bakar dapat diartikan sebagai kemampuan suatu mesin dalam mengkonsumsi bahan bakar berdasarkan beban kerja yang dikenakan pada mesin tersebut. Konsumsi bahan bakar bisa juga didefinisikan sebagai berikut:

1. Jumlah bahan bakar yang dibakar dalam satuan penggunaan.
2. Penggunaan bahan bakar untuk menghasilkan *power*.
3. Penggunaan bahan bakar persatuan *power*.
4. Penggunaan bahan bakar persatuan BHP

Faktor yang dapat menyebabkan konsumsi bahan bakar pada motor diesel lebih irit jika dibandingkan dengan motor bensin yaitu :

1. Proses pembakaran yang tidak kekurangan oksigen.
2. Tekanan kompresi yang lebih tinggi.
3. Nilai pembakaran bahan bakar yang lebih tinggi.
4. Distribusi bahan bakar antar silinder yang lebih merata (untuk motor yang lebih satu silinder).

Adapun persamaan untuk mencari konsumsi bahan bakar menurut Cappenberg (2017: 72) sebagai berikut :

Rumus :

$$f_c = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

b = Volume buret yang digunakan dalam pengujian (cc)

t = Waktu yang diperlukan untuk pengosongan buret dalam detik (s)

ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar(kg/l)

2.2.7 Emisi Gas Buang

Menurut Wernke (2014 : 111) emisi gas buang bukanlah zat tunggal, tetapi campuran kompleks gas dan *particulatematter*, komposisi yang bervariasi tergantung pada jenis mesin (misalnya berat vs tugas ringan), kondisi operasi (misalnya, suhu, tekanan, putaran mesin), pelumas minyak, aditif, sistem kontrol emisi, dan komposisi bahan bakar (misalnya, sulfur yang tinggi versus bahan bakar belerang rendah).

Perbedaan emisi antara mesin *on-road* dan *non-road*, dan antara mesin yang lebih tua dan lebih modern karena perbedaan teknologi di antara keduanya. Perbedaan-perbedaan dalam emisi ini mempengaruhi toksisitas, dan efek kesehatan yang merugikan yang terkait dengan emisi mesin diesel yang lebih tua mungkin berbeda secara substansial dari emisi diesel modern. Komponen utama dari pembuangan diesel termasuk karbon dioksida, karbon monoksida, oksida nitrat, nitrogen dioksida, sulfur oksida, dan partikulat, sedangkan komponen kecil termasuk hidrokarbon (misalnya, akrolein, formaldehida, asetaldehida, benzena, 1,3-butadiena, klorobenzena, etil benzena, fenol, stiren, toluena, xilena, dan hidrokarbon aromatik polinuklir [PAH]) dan senyawa logam atau logam (misalnya, arsenik, senyawa berilium, kadmium, senyawa kobalt, timah anorganik, senyawa mangan, senyawa merkuri, senyawa krom, nikel) (Wernke, 2014 : 111).

Karena permukaannya yang besar dan tidak teratur, partikulat pembuangan diesel dapat menyerap banyak bahan organik (misalnya PAH) dari lingkungan atau dari pembuangan mesin itu sendiri. Komponen-komponen yang diadsorpsi dari partikel diesel knalpot berdampak pada respon beracun dari partikel diesel yang dihirup. Fraksi yang dapat dicerna organ dari partikulat gas buang diesel adalah dalam kisaran 20-30%, tetapi bisa setinggi 90% tergantung pada kondisi (misalnya, kondisi operasi, jenis mesin) (Wernke, 2014 : 111).

Menurut Ellyanie (2011: 438) emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara terdiri dari banyak komponen gas yang sebagian besar mencemari lingkungan. Gas yang mencemari tersebut sebagian besar merupakan hasil dari reaksi samping yang tidak dapat dihindarkan. Seperti yang diketahui bahwa udara di sekitar kita mengandung kurang lebih 21% oksigen dan 79% sebagian besar terdiri dari nitrogen dan sisanya gas-gas lain dalam jumlah yang sangat kecil, sedangkan bahan bakar umumnya dalam bentuk ikatan karbon (C_xH_y) yang juga mengandung unsur lain yang terikat ke dalamnya. Polutan yang biasa ditemukan dalam gas buang adalah karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbondioksida (CO_2) dan partikel lain.

2.2.7.1 Macam Emisi Gas Buang

Menurut Sukoco dan Zainal (2008: 164-166) enam macam gas buang pada kendaraan bermotor yaitu CO, HC, NO_x, partikulat, sulfur dioksida, timah hitam.

1. CO (Karbonmonoksida)

Sifat CO tidak berwarna, tidak beraroma dan tidak mudah larut dalam air. Perbandingan berat terhadap udara 1 atm °C. Emisi gas buang ini dihasilkan oleh

kendaraan bermotor 93%, pembangkit listrik 7%. Kendaraan pada kondisi *idle* juga banyak menghasilkan emisi CO. Emisi gas buang ini dapat mengakibatkan keracunan di dalam darah manusia (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

Pada proses pembakaran, jika karbon di dalam bahan bakar terbakar dengan sempurna akan menghasilkan CO₂ (karbon dioksida). tapi, jika unsur oksigen (udara) kurang maka yang terjadi adalah pembakaran tidak sempurna. Dengan demikian, emisi CO dari kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran antara udara dengan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar (*Air-Fuel Ratio*). Jadi untuk mengurangi CO perbandingan campuran ini harus dibuat kurus (*excess air*). Namun akibatnya HC dan NO_x lebih mudah timbul dan output motor menjadi berkurang. Pengaruh buruk pada motor apabila CO berlebihan adalah pembentukan deposit karbon yang berlebihan katup, ruang bakar, kepala piston, dan busi (untuk motor bensin). Emisi CO berlebihan banyak disebabkan oleh faktor kesalahan pencampuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam motor (Darsono, 2010: 13).

2. HC (Hidrokarbon)

HC adalah ikatan kimia dari karbon dan hidrogen. Bentuk kimianya dibagi menjadi parafine, naftaline, olefine dan aromatic N_2O . Emisi gas buang HC disebabkan oleh kendaraan bermotor sebanyak 57%, penyulingan minyak dan mesin generator 43%. Emisi gas buang HC dapat mengganggu sistem pernafasan pada manusia. Hidrokarbon aktif seperti susunan (olefine dan sebagainya) dapat menyebabkan mata pedas jika terkena sinar matahari. Dan dari jenis aromatiknya dapat menyebabkan kanker (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

Menurut Darsono (2010: 14) Pada proses pembakaran, gas buang hidrokarbon yang dihasilkan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

- a) Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah.
- b) Bahan bakar terpecah karena reaksi panas yang berubah menjadi gugus HC lain dan keluar bersama gas buang.

Menurut Darsono (2010: 14) Ada beberapa penyebab utama timbulnya hidrokarbon (HC) diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Dinding-dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah mengakibatkan hidrokarbon (HC) di sekitar dinding tidak terbakar.
- b. Terjadi *missfiring* (gagal pengapian) ini bisa terjadi pada saat motor *diakselerasi* ataupun *deselerasi*.
- c. Adanya *overlap intake valve* (kedua valve bersama-sama terbuka) sehingga HC berfungsi sebagai gas pembilas/pembersih *Ignition delay* yang panjang merupakan faktor yang mendorong terjadinya peningkatan emisi HC. Selain mengganggu kesehatan, emisi HC yang berlebihan juga menyebabkan fenomena *photochemical smog* (kabut). Karena HC merupakan sebagian bahan bakar yang tidak terbakar, makin tinggi emisi HC berarti tenaga motor makin berkurang dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat.

3. NO_x

NO_x adalah zat gas yang tidak berwarna, tidak berbau, sukar larut dalam air. NO_x disebabkan oleh gas buang dari mobil, gas-gas yang berasal dari pabrik kimia dan juga gas las bakar pada alat-alat pembakaran. Emisi gas buang ini dapat menyebabkan rasa sakit pada hidung dan tenggorokan. Manusia yang terpapar pada

konsentrasi 3-5 ppm menyebabkan susah untuk tidur, batuk-batuk. Pada konsentrasi 30-50 ppm menyebabkan iritasi mata dan hidung (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

4. Partikulat

Terbentuk dari senyawa karbon dan bahan kimia lainnya dalam proses pembakaran. Ukurannya sangat kecil yaitu ($\pm 0.01 \mu m$). Partikulat disebabkan oleh kendaraan bermotor diesel 50%, pabrik, generator pembangkit dan pemanas 50%. Pada manusia dapat mengakibatkan mengendap dalam sel lapisan paru-paru sehingga kerjanya terganggu dan menimbulkan warna hitam dalam paru-paru (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

5. Sulfur Dioksida

Kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan dapat terganggu oleh kadar sulfur dioksida atau SO_2 yang melebihi batas dapat. Gas SO_2 dapat menyebabkan iritasi jika lebih dari 95 persen gas SO_2 terhirup saat bernafas. Polutan ini sangat korosif terhadap metal, karena dapat menyebabkan hujan asam. Akibatnya dapat menimbulkan iritasi sistem pada membran pernafasan, peradangan di saluran udara, dan *bronchitis* (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

6. Timah Hitam (Pb)

Kandungan timah hitam pada debu yang ada di udara pada umumnya adalah hasil pembakaran bahan bakar minyak yang mengandung *tetra ethyl lead* (TEL) sebagai peningkat nilai oktan dalam bahan bakar. Berdasarkan spesifikasi bahan bakar yang diproduksi di indonesia, bensin premium mengandung TEL maksimal 2,5 ml/gallon atau 0,7 gr Pb/lt. Kandungan timah hitam dapat menyebabkan

keracunan khronik Pb dimana para penderita yang terpapar terus menerus menghirup timah hitam tersebut akan mengendap di dalam tubuh hingga suatu waktu dan memberikan tanda-tanda keracunan (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

Sifat dari gas ini berwarna hitam pekat. Asal timah hitam ini bersumber dari kendaraan bermotor bensin sebanyak 50%. Pabrik, pembangkit, pemanas 50%. Dampak yang diberikan adalah timbul bau yang mengganggu dapat penciuman. Asap yang kotor juga dapat mengganggu penglihatan. Pada tingkat awal keracunan Pb berefek badan lesu, nafsu makan menurun, mudah marah, lemah otot dan sembelit. Pada tingkat keracunan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan ginjal, hati, lambung dan kehamilan tidak normal. Kandungan timah hitam pada motor diesel sangat rendah, dikarenakan *cetana improver* pada minyak bahan bakar diesel tidak mengandung bahan ini (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

2.2.7.2 Pengujian Emisi Gas Buang

Tahun 1966 di California pertama kali dilakukan pengujian emisi dengan pengukuran secara langsung pada *tailpipe* dalam satuan PPM (*part per million*). Kemudian setelah itu terus menerus dilakukan pengujian emisi untuk memantau kualitas udara. Pengujian yang dilakukan sejak tahun 1980 umumnya adalah pengujian emisi menggunakan *dynamometer* untuk pengujian karakteristik mesin dan uji pada masing-masing produk sesuai dengan ASTM atau lebih dikenal dengan *two-speed idle test* sebagai bagian dalam *the accelerated simulated mode ASM test* (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

Pada tahun 1990 setelah terjadi *the clean air act* 1990, pengujian dilakukan menjadi lebih ketat oleh EPA dengan memperkenalkan IM240 testing sebagai bagian dalam pelaksanaan sistem pemeriksaan dan perawatan secara berkala yang dilakukan di negara bagian california. Menurut Sukoco dan Zainal (2008: 164-166) beberapa metode pengujian emisi yang umum digunakan sekarang sebagai cara untuk mengetahui kondisi mesin diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Metode Orsat

Metode ini paling banyak digunakan di laboratorium dalam upaya menganalisis produk pembakaran sebagai suatu hasil kering. Dalam analisis ini dihasilkan analisis emisi gas buang dalam bentuk CO₂, CO dan O₂. Dalam analisis emisi gas buang metode ini menggunakan tiga buret pengukur yang masing-masing berisi cairan, udara dan *potassium hydroxide* yang dapat menyerap CO₂ kemudian di bagian lain dapat diukur besaran-besaran yang dapat digunakan untuk menghitung kandungan (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

2. *Nondispersive Infra Red Gas Analyzer*

Metode pengujian ini banyak dipakai sekarang untuk menguji emisi gas buang berdasarkan prinsip gas heteroatomik menyerap energi infra merah pada panjang gelombang yang berbeda untuk masing-masing gas. Terdapat *reference cell* yang akan terisi sample gas buang dari *tail pipe*, kemudian panjang gelombang masing-masing gas tersebut akan diukur oleh detektor setelah mendapatkan penyinaran dari *infra red sources* pada ujung *reference cell* lainnya (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

3. *Gas Chromatography*

Metode uji ini adalah metode fisik untuk memisahkan campuran gas yang masuk, prosedur pengujian dengan menyuntikan sampel gas ke dalam *moving phase* (dalam bentuk helium atau nitrogen) ke dalam kolom *chromatography*. Pada kolom ini berisi cairan *stationary phase* berupa *cellulose*. *Stationary phase* memiliki fungsi sebagai pemisah campuran, karena perbedaan solubilitas pada masing-masing gas ketika bereaksi dengan helium atau nitrogen. Pengukuran dilakukan dengan cara tidak langsung melalui konduktivitas *thermal detector* atau melalui *hydrogen flame ionization detector* ketika gas meninggalkan kolom (Sukoco dan Zainal, 2008: 164-166).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Campuran minyak fraksi diesel dari *handphone case* dengan dexlite berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar mesin. Rata-rata konsumsi bahan bakar mesin diesel mengalami penurunan sebanding dengan banyaknya penambahan minyak fraksi diesel *handphone case* yang dicampurkan. Penurunan konsumsi bahan bakar campuran minyak fraksi diesel *handphone case* 5% sebanyak 22% dibandingkan dengan dexlite murni.
2. Campuran minyak fraksi diesel dari *handphone case* dengan dexlite berpengaruh terhadap emisi gas buang CO, CO₂ dan HC. Kandungan CO dan CO₂ yang dihasilkan mengalami penurunan. Namun, kadar HC cenderung meningkat sebanding dengan banyaknya penambahan minyak fraksi diesel yang dicampurkan. Kenaikan kadar HC bahan bakar campuran minyak fraksi diesel *handphone case* 5% sebanyak 52% dibandingkan dengan dexlite murni. Namun, pada campuran minyak fraksi diesel *handphone case* 2% kadar HC lebih rendah dibandingkan dengan dexlite.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan terhadap penelitian ini adalah :

1. Penggunaan minyak fraksi diesel dari *handphone case* sebagai campuran bahan bakar dapat diterapkan. karena adanya penurunan tingkat konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan pada mesin diesel jika dibandingkan dengan dexlite murni.
2. Penggunaan minyak fraksi diesel dari *handphone case* sebagai campuran bahan bakar yang dianjurkan adalah sebesar 3,5% dari total keseluruhan bahan bakar, karena campuran 3,5% menunjukkan hasil yang paling baik dibandingkan dengan campuran lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, M. 2017. Pengaruh Campuran Bahan Bakar Solar dengan *Biodiesel* Lemak Ayam Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Nissan SD – 22. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Anis, S., S.E. Lestari., Wahyudi dan Karnowo. 2018. Production Of Liquid Oil from Thermolysis of Electrical and Electronic Waste (E-Waste) under Microwave Irradiation. *Journal of Physical Science*. 29(2): 53-62.
- Arwizet. 2017. Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap. *Invotek*. 17(2): 1411-3411.
- Aziz, I. 2010. Uji *Performance* Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Bahtiar, F. Z. 2015. Pengaruh Campuran Minyak Limbah Plastik (Low Density Waste Polyethylene Oil) Dengan Premium Dan Pertamina Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Cappenberg, A. D. 2017. Pengaruh Pemberian Aditif Terhadap Prestasi Mesin Diesel OM 444LA. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ* (1): 37-44.
- Darsono, Dody. 2010. Simulasi CFD pada Mesin Diesel Injeksi Langsung dengan Bahan Bakar Biodiesel dan Solar. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Dincer, I dan Zamfirescu. 2014. *Advanced Power Generation Systems*. First edition. Canada: Universty of Ontario Institute of Technology.
- Ellyanie. 2011. Pengaruh Penggunaan *Three–Way Catalytic Converter* Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Kijang Innova. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3*. Universitas Sriwijaya. Palembang. 437-445.
- Faturakhman. 2014. Pengaruh Campuran Biodiesel Minyak Kelapa Pada Bahan Bakar Solar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.

- Harsono, S. S dan K. Siregar. 2015. Peningkatan Kinerja Mesin Diesel dengan Produksi Biodiesel dari Kelapa (*Coconut Nufera*) dan Unjuk Kinerjanya Berbasis Transesterifikasi dengan Sistem Injeksi Langsung. *Rona Teknik Pertanian* 8(2): 62-75.
- Haruna. 2013. *Perbandingan Bahan Bakar Solar Dengan Bahan Bakar Campuran Aditif (Minyak Jarak)*. Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Havendri, A. 2008. Kaji Eksperimental Prestasi Dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Minyak Jarak (*Jatropha Curcas L*) Dengan Solar. *TeknikA* 29(1): 65-72.
- Hidayat, Anwar 2018. Pengaruh Penggunaan Biodiesel Jarak Pagar terhadap Kadar Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Ichsan, M. T. 2016. Pengaruh Campuran Biodiesel Minyak Rumput Laut *Gracilaria Verrucosa* pada Bahan Bakar Solar terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Mesin Diesel. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Juliastuti, S. R., N. Hendrianie, A. Febrianto dan D. D. Ramadhika. 2015. Pengolahan Limbah Plastik Kemasan Multilayer LDPE (Low Density Poly Ethiline) Dengan Menggunakan Metode Pirolisis Microwave. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 1-11.
- Lestari, S. E. 2017. Produksi *Thermolysis Oil* dari Limbah Elektrik dan Elektronika (*E Waste*) Menggunakan Energi Gelombang Mikro. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Media indonesia. 2018. *Negara Siapkan Rp2,3 T per Hari untuk Impor BBM*. <http://www.kemenperin.go.id>. 26 oktober 2018 (12:17).
- Mollenhauer, K dan H. Tschoeke. 2009. *Handbook of Diesel Engines*. Berlin: Springer.
- Munawir, M. Z. 2006. *Blending Bioaditif dan Biodiesel Pada Bbm Solar Untuk Penurunan Sfc dan Emisi Gas Buang*. *Sains Materi Indonesia*. 135-139.

- Murdiono, Agus. 2017. Kinerja Mesin Diesel Dengan Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nasrun., E. Kurniawan dan I. Sari. 2015. Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Energi Elektrik* 4(1): 1-5.
- Nofica, Dian. 2012. Efek Hidromagnetik terhadap Performa Mesin Diesel pada Sistem Hot Egr. *Skripsi*. Universitas Diponegoro.
- Nurtanto, M. 2017. Karakteristik dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Solar Dengan Minyak Kemijen Pada Motor Diesel. *Jurnal Muara Sains* 1(2): 117-124.
- Padmanabhan., Ganesan, J. Arputhabalan, C. Varun Dan G. Bairavan. 2017. *Performance Test on Compression Ignition Engine by Blending Ethanol and Waste Plastic Pyrolysis Oil with Cetane Additive*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 197.
- Paul, E. S., K. R. Viswanathan, A. Hussain, M. Dhananjaya, G. Gokul. 2016. Performance and Emission test on Tyre Pyrolysis oil blended with diesel. *3rd National Conference on Research Advances in Mechanical Engineering*. March 31, 2016.
- Peraturan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Nomor 28.K/10/DJM.T/2016. *Standar dan Mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak solar jenis solar 48*. 24 Februari 2016. Jakarta.
- Prasetyo, Eko. 2019. Produksi dan Karakterisasi Minyak Diesel dari Limbah Elektronika (*E-Waste*). *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Pratama, G. G. S., I. K. G. Wirwan dan A. Ghurr. 2018. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang Dan *Specific Fuel Consumption*. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan IX*. Universitas Udayana. Bali. 225-229.
- Rabiman dan Z. Arifin. 2011. *Sistem Bahan Bakar Motor Diesel*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Resitoglu, I.A., K. Altinisik dan A. Keskin. 2014. *The Pollutant Emissions From Diesel-Engine Vehicles And Exhaust Aftertreatment Systems*. 17:15–27.

- Seminar Nasional AVoER ke-3*. Universitas Sriwijaya. Palembang. 437445.
- Setyadji, M dan E. Susiantini. 2007. *Pengaruh Penambahan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Pada Solar Terhadap Opasitas Dan Emisi Gas Buang CO, CO2 Dan HC*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN. ISSN 0216 – 3128.
- Sitorus, B. H. 2017. Pengaruh Pemakaian Campuran Solar Dengan Biodiesel Minyak Kedelai Terhadap Emisi Mesin Diesel Satu Silinder. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Sitorus, T. B., F. Ariani dan Z. Lubis. 2018. Efek Bahan Bakar Biodiesel Dari Minyak Kedelai Terhadap Emisi Gas Buang Dan Temperatur Ruang Bakar Mesin Diesel. *SIMETRIS* 9(2): 1083-1090.
- Suhartanta dan Z. Arifin. 2008. Pemanfaatan Minyak Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel. *Saintek* 13(1): 19-46.
- Sukoco dan Z. Arifin. 2008. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta.
- Suwarto dan H. Basri. 2018. Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Biosolar dan Dexlite Terhadap Opasitas Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Pada *Internal Combustion Engine (Ice)*. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri. ISSN 2085-4218.
- Walangare, K. B. A., A. S. M. Lumenta, J. O. Wuwung dan B. A. Sugiarto. 2013. Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 2(2):1-11.
- We Are Social. 2017. *Pengguna Ponsel Indonesia Mencapai 142% dari Populasi*. <https://katadata.co.id>. 30 september 2018 (02:01).
- Wernke, M. J. 2014. *Diesel Exhaust*. 2(17-19): 111-114.
- Winarko, D. B. Pengaruh Campuran Bahan Bakar Solar dengan *Biodiesel* Lemak Sapi (*beef tallow*) terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.