



KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR MINYAK DARI LIMBAH PLASTIK *HIGH DENSITY POLYETHYLENE B 25 PERTALITE*

Sumartono^{a*}

^aProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

*Corresponding authors at: sumartono@polmed.ac.id (Sumartono) Tel: +62- 812-6261-8952

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 22 Maret 2023

Direvisi pada 05 Mei 2023

Disetujui pada 03 Juli 2023

Tersedia daring pada 15 Agustus 2023

Kata kunci: Limbah plastik, bahan bakar minyak, pirolisis, nilai kalor, HDPE

Keywords:

Plastic waste, fuel, pyrolysis, calorific value, HDPE

ABSTRAK

Limbah plastik tidak dapat terurai dengan cepat, limbah plastik tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Ada beberapa solusi untuk menanggulangnya, limbah plastik dapat diolah menjadi bahan bakar minyak (BBM). Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan produk BBM dari jenis limbah plastik *high density polyethylene* (HDPE) dengan metode pirolisis. Dari hasil pembahasan di atas, penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, rancang bangun alat pengolah limbah plastik dapat berfungsi dengan baik dan dapat menghasilkan bahan bakar minyak (BBM). sedangkan hasil dari pengujian B25 Peralite di laboratorium PT.Sucofindo diperoleh nilai 10574,83 kkal/kg. *Heat Value* yang dihasilkan jenis ini mendekati dengan produk PT.Pertamina, yaitu BBM HDPE dengan nilai kalor 11420 kkal/kg, minyak diesel PT. Pertamina, (10.55 sampai 11.66 kkal/kg). Hasil pengukuran viskositas kinematik B25 Peralite adalah 0,55 mm²/s sedangkan solar mempunyai nilai yaitu 1,40 -4,10 mm²/s. Berat jenis adalah 0,75 g/cm³ lebih kecil dari nilai berat jenis peralite yaitu 0,77 g/cm³. Kandungan abu pada B25 peralite adalah 0,002 % b/b air, sedangkan solar mempunyai nilai yaitu 0,01% b/b, pengukuran kandungan sulfur pada B 25 peralite adalah 0,0144 % b/b air. Kandungan sulfur yang diijinkan untuk motor solar adalah 0,5 – 2% b/b (ASTM D-975 1991). Kandungan air pada B25 peralite adalah 352 mg/kg. Karakteristik campuran limbah plastik HDPE masih dapat dipakai untuk bahan bakar sepeda motor/mobil dengan cacatan hasil limbah plastik HDPE harus dilakukan penguapan lagi atau dilakukan pemanasan lanjut agar kadar air akan menguap ke udara dan kadar airnya akan berkurang.

ABSTRACT

Plastic waste decomposes slowly and might affect soil fertility. There are numerous solutions to this problem, including the conversion of plastic waste into fuel oil. The goal of this project is to use pyrolysis to create fuel products from HDPE plastic waste. Based on the findings of the preceding discussion, this study may conclude that the design of plastic waste processing equipment can function well and create fuel. The B25 peralite test in the PT. Sucofindo laboratory yielded a value of 10574.83 kkal/kg. This type's heat value is comparable to that of PT Pertamina goods, specifically HDPE fuel with a calorific value of 11420 kkal/kg and PT Pertamina diesel (10.55 to 11.66 kkal/kg). B25 peralite has a kinematic viscosity of 0.55 mm²/s, while diesel fuel has a value of 1.40-4.10 mm²/s. The specific gravity is 0.75 g/cm³, which is less than the peralite specific gravity of 0.77 g/cm³. The ash concentration of B25 peralite is 0.002% wt of water, while diesel is 0.01% wt. The sulphur content of B25 peralite is 0.0144% wt of water. The sulphur concentration in motor diesel is limited to 0.5 - 2% wt (ASTM D-975 1991). B25 peralite has a water content of 352 mg/kg. The properties of the HDPE plastic waste mixture can still be used for motorcycle/vehicle fuel, however the cacatan results of HDPE plastic waste must be evaporated again or further heating is performed.

1. PENGANTAR

Kota Medan pada Tahun 2020 menghasilkan sampah sebanyak 2000 ton/hari (Dinas Kominfo Kota Medan, 2020). Tempat pembuangan akhir (TPA) sampah kota Medan umumnya plastik bersifat tahan lama dan tidak mudah di hancurkan secara alami sehingga menjadi masalah lingkungan. Menurut Risma Dwi Arisona 2018, Penanganan limbah plastik yang populer selama ini adalah dengan 3R (*reuse, reduce, recycle*). Reuse adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. *Reduce* adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai (limbah plastik ini diambil dan dikumpul oleh pemulung dan dijual ke tempat penampungan barang bekas yang ada di beberapa tempat (Yohandri Bow dkk., 2018). Kemudian limbah plastik ini dicacah kecil-kecil untuk diproses menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM), selanjutnya diuji nilai kalor masing-masing dari jenis BBM yang dihasilkan.

1.1 Sejarah Plastik

Plastik adalah polimer; rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang (beberapa jenis komersial juga berdasar silikon). Seluruh plastik terbuat dari karbon. Karbon sangat penting karena memiliki keunikan yaitu dapat bergabung antar sesamanya dengan berbagai cara. Karbon dapat membentuk ikatan tunggal, ikatan rangkap dan ikatan triple dengan dirinya sendiri (*sharing elektron* antara dua atom) (Dyah Widodo dkk., 2021) Plastik dapat digolongkan berdasarkan sifat fisiknya yaitu *termoplastik* merupakan jenis plastik yang dapat dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. *Polietilen (PE)*, *polistiren (PS)*, *akrilonitril butadiene stiren (ABS)*, *polikarbonat (PC)*, *termoset* merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul molekulnya. Resin epoksi, *bakelit*, *resin melamin*, *urea-formaldehida* (Waryat dkk., 2013.). Plastik merupakan material yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik telah banyak digunakan untuk membuat produk atau barang-barang yang berguna bagi kehidupan manusia. Sejak abad ke-20, penggunaan plastik telah berkembang secara luar biasa. Jenis-jenis plastik ditunjukkan pada gambar 1. Simbol daur ulang (*recycle*) menunjukkan jenis bahan resin yang dapat digunakan untuk membuat material. Simbol ini dibentuk berdasar atas Sistem internasional koding Plastik dan lazim digambarkan sebagai angka (dari 1 sampai 7) dilingkari dengan segitiga atau loop segitiga biasa (Anisya Putri Islami dkk., 2020; Untoro Budi Suro dan Ismanto, 2016).

1. Berada atau terletak di bagian bawah
2. Berbentuk segitiga
3. Angka dan jenis plastik terdapat dalam segitiga

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| PETE | HDPE | PVC | LDPE | PP | PS | OTHER |
| polyethylene terephthalate | high-density polyethylene | polyvinyl chloride | low-density polyethylene | polypropylene | polystyrene | other plastics, including acrylic, polycarbonate, polyacetic fibers, nylon, fiberglass |
| soft drink bottles, mineral water, fruit juice containers and cooking oil | milk jugs, cleaning agents, laundry detergents, bleaching agents, shampoo bottles, washing and shower soaps | trays for sweets, fruit, plastic packing (bubble foil) and food foils to wrap the foodstuff | crushed bottles, shopping bags, highly-resistant sacks and most of the wrappings | furniture, consumers, luggage, toys as well as bumpers, lining and external borders of the cars | toys, hard packing, refrigerator trays, cosmetic bags, costume jewellery, audio cassettes, CD cases, vending cups | an example of one type is a polycarbonate used for CD production and baby feeding bottles |
|  |  |  |  |  |  |  |

Gambar 1: Penjelasan tentang macam-macam jenis plastik

1.2 Bahan Bakar Minyak Pertalite (RON 90)

Bahan bakar minyak (BBM) adalah bahan bakar yang diproses dari pengilangan minyak bumi maupun minyak yang berasal dari nabati. Pengilangan/penyulingan (*refining*) adalah proses perubahan minyak entah menjadi produk yang dapat dijual (*marketable product*) melalui kombinasi proses fisika dan kimia (Risdiyanta, 2015). Pertalite merupakan salah satu produk bahan bakar bensin yang baru dipasarkan pada konsumen bahan bakar minyak di Indonesia. Pertalite varian bahan bakar dengan kualitas di atas premium tetapi dengan harga yang lebih murah daripada pertamax, bahan bakar jenis ini menjadi penengah antara premium dan pertamax. Karakteristik bahan bakar pertalite yaitu berat jenis (0,77), *heat of vaporization* (343 kJ/kg), *laminar burning velocity* (0,5 m/s (pada $\lambda=1$)), *lower heating value* (43,84 MJ/kg) dan *research octane number* (RON= 90). Jenis minyak ini sesuai digunakan untuk kendaraan roda dua hingga kendaraan *multipurpose vehicle* (mobil) ukuran menengah. Komposisi utama pertalite adalah nafta yang memiliki RON 65-70, untuk meningkatkan menjadi RON 90 maka dicampurkan *high octane mogas component* (HOMC). HOMC bisa juga disebut pertamax dengan 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. HOMC yaitu merupakan produk *naphtha* (komponen minyak bumi) yang memiliki struktur kimia bercabang dan ring (lingkar) berangka oktan tinggi (daya bakar lebih sempurna dan cepat). Kebanyakan merupakan hasil olah lanjut *naphtha* jadi berangka oktan tinggi atau hasil perengkahan minyak berat menjadi HOMC (I Wayan Budi Ariawan, dkk., 2016).

Bahan bakar yang banyak digunakan umumnya berbentuk senyawa hidrokarbon. Reaksi umum yang terjadi dari suatu proses pembakaran adalah reaktan produk. Entalpi pembakaran adalah selisih antara entalpi dari produk dengan entalpi dari reaktan ketika pembakaran sempurna berlangsung pada temperatur, dan tekanan tertentu (T, P). Pembakaran sempurna terjadi jika semua komponen bahan bakar (C, H & N) terbakar semuanya dan membentuk ikatan dengan komponen komponen udara membentuk suatu senyawa baru

(CO₂, H₂O, N₂). Berdasarkan fasa H₂O yang terbentuk sebagai hasil pembakaran, nilai kalor dibagi menjadi dua jenis, yaitu (Taufik Iskandar & Hesti Poerwanto 2015):

1. *Low heating value* (LHV), yaitu nilai kalor bahan bakar jika H₂O yang dihasilkan sebagai produk pembakaran berada dalam fasa uap (gas).
2. *High heating value* (HHV), yaitu nilai kalor bahan bakar jika H₂O yang dihasilkan sebagai produk pembakaran berada dalam fasa cair. Nilai LHV selalu lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai HHV. Hal ini dikarenakan kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran dengan LHV sebagian digunakan untuk mengubah H₂O dari fasa cair menjadi fasa gas.

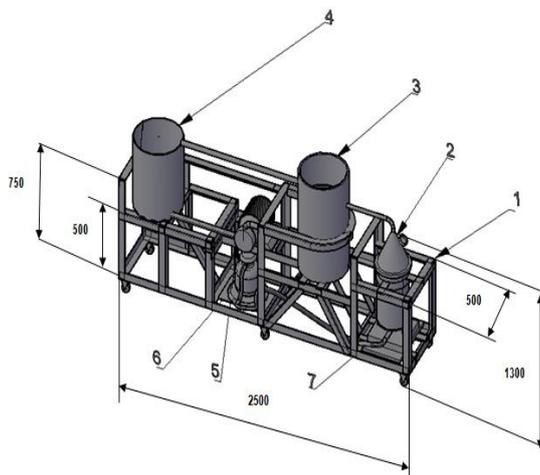
1.3 Pembuatan Bahan Bakar Minyak Plastik dengan Pirolisis

Pirolisis adalah proses *dekomposisi* suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Pirolisis atau bisa di sebut termolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa kehadiran oksigen. Proses pirolisis menghasilkan produk berupa bahan bakar padat yaitu karbon, cairan berupa campuran tar dan beberapa zat lainnya. Produk lain adalah gas berupa karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan beberapa gas yang memiliki kandungan kecil (Damian Andreas Lubis dkk, 2022). Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (*charcoal/arang*), gas (*fuel gas*) dan cairan (*bio-oil*). Proses pirolisis berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam.

Proses pembuatan bahan bakar minyak (BBM) dari limbah plastik ini dengan cara destilasi, untuk melumerkan dan menguapkan limbah plastik menggunakan proses pirolisis pada reaktornya (Kemas Ridhuan dkk., 2019; Siti Masriani Rambe dkk., 2018; Kemas Ridhuan dan Joko Suranto, 2016). Pertama bahan baku atau limbah plastik dibersihkan dan dicacah, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor melalui lubang masukan. Pemanasan reaktor menggunakan tungku yang berbahan bakar gas *liquefied petroleum gas* (LPG). Lubang masukan ditutup dan dikunci kuat agar tidak ada kebocoran udara/gas, dan kemudian pasang instalasi saluran uap pipa dari reaktor ke kondesator. Lalu nyalakan api tungku untuk proses pemanasan. Waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan bahan bakar minyak ini ± 90 menit. Pada proses pemanasan, plastik akan melumer dan mencair pada suhu kurang lebih 100 °C dan akan mulai menguap menjadi fase gas yang terkumpul pada ruangan dalam pipa dan selanjutnya terbentuk uap yang akan dikondensasikan melalui kondensor (Damian Andreas Lubis dkk, 2022; Faiqul Faiz Dzaky Hidayat, 2022; Sri Aulia Novita dkk., 2021).

2. METODE

Metode yang diterapkan adalah mengumpulkan limbah plastik sesuai dengan jenis plastik yang ada di lingkungan sekitar dan memisahkan sesuai dengan jenisnya, plastik ini dipotong kecil-kecil untuk memudahkan memasukkan ke corong masuk reaktor. Plastik dimasukkan kedalam mesin dan proses pirolisis dipakai untuk mengubah plastik menjadi bahan bakar cair. Bahan bakar cair plastik didapatkan maka dilakukan pencampuran dengan bahan bakar plastik sebanyak 25% dengan pertalite 75% (B25). Selanjutnya campuran B25 akan diperiksa karakteristiknya dan akan digunakan untuk bahan bakar. Alat untuk mengolah limbah reaktor menjadi BBM dirancang dengan bentuk pada gambar 2. Bagian-bagian mesin pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar cair yaitu rangka (1), tabung reaktor (2), tabung kondensor (3), drum penampung air (4), tabung *liquefied petroleum gas* (LPG) (5) dan pompa tungku pemanas (6).

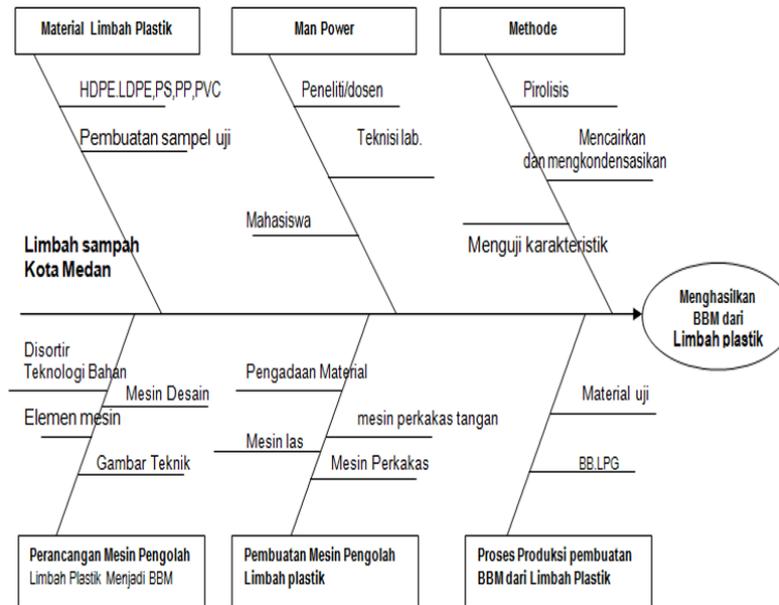


Gambar 2: Alat pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar cair

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolah Limbah Plastik

Proses pembuatan bahan bakar cair plastik dari limbah plastik menggunakan mesin pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar cair dapat dilihat pada gambar 3 dan alat pengolah /pemroses limbah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3: Uji karakteristik bahan bakar minyak cair dari limbah plastik

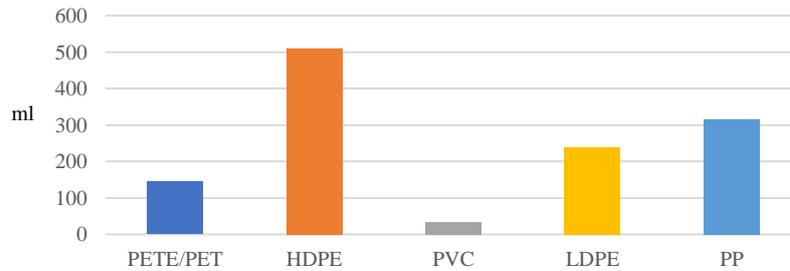


Gambar 4: Alat Pengolah Limbah Plastik Menjadi BBM

Bahan uji untuk penelitian limbah plastik HDPE yang diperoleh dibersihkan terlebih dahulu, kemudian dipotong kecil-kecil agar dapat dimasukkan ke dalam reaktor. Masukkan bahan ini ke dalam reaktor, pasang semua kelengkapannya dan hidupkan kompor pemanas yang berbahan bakar LPG, dan pastikan tidak ada kebocoran pada sambungan pipa. Proses berlangsung selama kurang lebih 3 jam. Jika temperatur reaktor telah mencapai lebih dari 100 °C, maka katup dapat dibuka agar gas hasil pembakaran dapat dikondensasikan di dalam kondensator yang selanjutnya berubah menjadi minyak cair dan ditampung dengan botol yang sudah disiapkan.

3.2 Pembahasan

Berbagai jenis limbah plastik yang telah dilakukan dapat menghasilkan bahan bakar cair paling banyak adalah jenis plastik HDPE seperti terlihat pada gambar 4 yaitu untuk limbah plastik HDPE 1,5 kg dapat menghasilkan BBM sebanyak 450 ml/1,5 kg = 300 ml dengan waktu proses selama 3 jam diikuti plastik jenis PP, LDPE (220 ml).



Gambar 5: Minyak cair hasil limbah plastik

Tabel 1 menunjukkan nilai kalor minyak cair limbah dan PETE HDPE menyatakan bahwa bahwa HDPE masih tetap sesuai dengan nilai kalor yaitu 11420 kkal/kg. Hasil BBM dari limbah plastik ini kemudian diuji nilai kalornya (*heating value*) dengan alat *bomb calorimetre*. Alat pengujian nilai kalor ini merk IKA C 200 buatan *Germany* dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Medan. Hasil pengujian nilai kalor masing-masing jenis plastik ini HDPE 47.814 kJ/kg atau 11.420 kkal/kg dan PETE 52.514 kJ/kg atau 12.542 kkal/kg ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1: Pengujian nilai kalor bahan bakar minyak limbah dan PETE HDPE

| Jenis limbah plastik | Hasil analisis parameter (kJ/kg) | | | | Hasil Analisis (kkal/kg)* | Keterangan |
|----------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Delta temp (ΔT) | Heat value (kJ/kg) | Rata-rata heat value (kJ/kg) | Rata-rata heat value (kJ/kg) | | |
| PETE | 59,612 | 51379 | 52514 (12542) kkal/kg | 62294 | 14878 | Ada air, sedikit ada abu |
| PETE | 64,234 | 52841 | | 67124 | 16032 | Ada air, sedikit ada abu |
| PETE | 63,353 | 52964 | | 66203 | 15812 | Ada sedikit air, dan debu |
| HDPE | 56,769 | 48895 | 47814 (11420) kkal/kg | 593236 | 14169 | Ada air, sedikit ada abu |
| HDPE | 55,684 | 47876 | | 58189 | 13898 | Ada air, sedikit ada abu |
| HDPE | 58,402 | 46637 | | 61030 | 14576 | Ada air, sedikit ada abu |

3.3 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18300 – 19800 Btu/lb atau 10160 -11000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (*density*). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor limbah plastik HDPE 11420 kkal/kg masih setara dengan nilai kalor bahan bakar umumnya yaitu 10.160 sampai 11.000 kkal/kg dan hasil bahan bakar B25 adalah 10574,83 kkal/lg. Viskositas adalah salah satu karakteristik bahan bakar diesel yang terpenting. Pelumasan, gesekan antara bagian-bagian yang bergerak dan keausan mesin, semuanya dipengaruhi oleh viskositas. Oleh karena itu bahan bakar solar yang terlalu rendah viskositasnya akan memberikan pelumasan yang buruk, juga cenderung mengakibatkan kebocoran pada pompa. Sebaliknya viskositas yang terlalu tinggi akan menyebabkan asap yang kotor karena bahan bakar lambat mengalir dan lebih sulit teratomisasi (S. Lakshmana Kumar dkk., 2020; Sumartono, 2019).

Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir. Demikian sebaliknya makin rendah viskositas minyak makin encer dan lebih mudah minyak untuk mengalir, cara mengukur besar viskositas adalah tergantung pada viscometer yang digunakan, dan hasil (besarnya viskositas) yang dapat harus dibubuhkan nama viscometer yang digunakan serta temperatur minyak pada saat pengukuran. Jika minyak terlalu kental, maka akan menyulitkan dalam pemompaan, sulit untuk menyalakan burner, dan sulit dialirkan. Oleh karena itu pemanasan awal penting untuk atomisasi yang tepat dan hasil pengukuran viskositas kinematik b25 adalah 0,5578 mm²/s. *Specific gravity* (sg) yang merupakan perbandingan antara densitas bahan bakar dan air pada temperatur yang sama (ρ_{bb}/ρ_{air} at 16°C). *Specific gravity* (G) memiliki kisaran nilai 141,5 – 131,5. *Specific gravity* B25 adalah 0,7533 lebih kecil dari nilai *specific gravity* pertalite yaitu 0,77. Kadar abu adalah jumlah sisa-sisa dari minyak yang tertinggal, apabila suatu minyak dibakar sampai habis. Kadar abu ini dapat berasal dari minyak bumi sendiri akibat kontak didalam perpipaan dan penimbunan (adanya partikel metal yang tidak terbakar yang terkandung dalam bahan bakar minyak itu sendiri dan berasal dari sistem penyaluran dan penimbunan. Hasil pengukuran B 25 adalah 0,002 % b/b.

Semua bahan bakar minyak mengandung belerang/sulfur dalam jumlah yang sangat kecil. Walaupun demikian, berhubungan keberadaan belerang ini tidak diharapkan karena sifatnya merusak, maka pembatasan dari jumlah kandungan belerang dalam bahan bakar minyak adalah sangat penting dalam bahan bakar minyak. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembakaran, belerang ini teroksidasi oleh oksigen menjadi belerang oksida (SO₂) dan belerang teroksida (SO₃). Oksida belerang ini apabila kontak dengan air merupakan bahan-bahan yang merusak dan korosif terhadap logam-logam didalam ruang bakar dan system. Adapun hasil pengukuran B 25 adalah 0,0144 % b/b. Persentase Sulfur ini pada prakteknya bila dibawah 1% tidak menyebabkan kerusakan pada mesin. Kandungan belerang yang diijinkan untuk motor solar adalah 0,5 – 2% % sesuai ASTM D-975 (Asif Afzal dkk., 2023; Sumartono, 2019).

Gas buang menunjukkan tendensi pembentukan jelaga terutama dalam turbin gas. Semakin tinggi *smoke point* semakin susah membentuk jelaga maka sulfur menjadi tinggi karena semakin tinggi dalam kandungan solar akan cenderung membuat kadar asam berlebih. Situasi ini berakibat kerusakan pada komponen mesin, mulai dari kerak, hingga saluran bahan bakar kerak di saluran bahan bakar dapat mengganggu suplai solar yang dialirkan ke dalam silinder, efek langsungnya mengganggu kinerja mesin, mulai dari penurunan tenaga sampai kerusakan lebih serius. Pembakaran dini atau '*knocking*' terjadi yang bisa mengakibatkan mesin mengelitik. Ketika SO₂ tercampur dengan uap air akan terjadi susunan asam yang membahayakan bagi tubuh. Sulfur diperlukan pada bahan bakar solar untuk mencegah pre-detonation atau ledakan bahan bakar sebelum masuk ke ruang bakar. Jika kandungan sulfur terlalu tinggi (di atas 3.500 *parts per million/ppm*), hal tersebut bisa menimbulkan kerak di mesin diesel. Kandungan sulfur yang berlebihan juga sangat berpotensi menghasilkan kerak pada injektor bahan bakar selain pada ruang bakar. Pengabutan bahan bakar (solar) yang bagus dari injektor akan sangat berpengaruh pada pembakaran yang sempurna. Jika kandungan sulfur berlebihan akan mengakibatkan kerak maka hal itu berpotensi menyumbat injektor sehingga tidak terjadi pengabutan yang sempurna yang akan membuat performa mesin menurun. Bila kerak tersebut semakin bertumpuk, maka injektor akan mudah rusak. Kerak juga bisa tertinggal di celah-celah ring piston. Standar terbaru saat ini adalah *Euro 5* yang menetapkan kandungan maksimum sulfur sebanyak 10 ppm (*part per million*). Standar tersebut efektif 5 kali lebih bersih daripada *Euro 4* yang menetapkan kandungan emisi maksimum sulfur sebesar 50 ppm (Dipankar Saha dan Bidesh Roy, 2023; Asif Afzal dkk., 2023; S. Lakshmana Kumar dkk., 2020).

4. KESIMPULAN

Mesin pengolah limbah plastik dapat menghasilkan bahan bakar minyak (BBM) dan bahan limbah plastik HDPE mempunyai rendemen yang paling tinggi dan nilai kalor limbah plastik HDPE 11420 kkal/kg masih setara dengan nilai kalor bahan bakar umumnya yaitu 10160 sampai 11.000 kkal/kg. Minyak campuran B25 pertalite memiliki nilai kalor 10574,83 kkal/kg, viskositas kinematik B25 adalah 0,5578 mm²/s sedangkan solar mempunyai nilai viskoistas kinematik sebesar 1,4 -4,1 cSt. *Specific gravity* solar yaitu 0,7533 dimana nilai tersebut lebih kecil *specific gravity* pertalite yaitu 0,770. Kadar karbon B25 adalah 0,02 %b/b dan kadar karbon yang diijinkan untuk bahan bakar motor diesel antara 0,15 – 0,35% wt sesuai dengan ASTM D-975. *Pour point* adalah titik suhu terendah dimana bahan bakar masih dapat mengalir. *Pour point* yang tinggi akan mengakibatkan mesin sulit dinyalakan pada suhu rendah dan hasil pengukuran kandungan abu pada B25 pertalite adalah 0,002 %b/b sedangkan solar mempunyai nilai: 001%b/b. Adapun hasil pengukuran kandungan sulfur pada B25 pertalite adalah 0,0144 % b/b dimana masih rendah dibawah nilai solar yaitu 0,05 % b/b. Kandungan air pada B25 Pertalite adalah 352 mg/kg. Bahan bakar yang terlalu banyak mengandung air ataupun endapan akan menyebabkan bahan bakar tersebut tidak dapat untuk terbakar sempurna. Kadar air dan sedimen yang diijinkan untuk bahan bakar motor diesel berkisar antara 0,05 – 0,5% vol sesuai ASTM D-975: 1991). Residu karbon bahan bakar yang tinggi menyebabkan silinder cepat terabrasi dan menyebabkan terbentuknya deposit karbon dan zat yang kenyal pada piston dan silinder. Hal ini dapat menyebabkan lekatnya ring piston dan *valve system*. Campuran minyak limbah plastik HDPE masih dapat dipakai untuk bahan bakar sepeda motor/mobil dengan cacatan hasil limbah plastik HDPE harus dilakukan penguapan lagi atau dilakukan pemanasan lanjut agar kadar air akan menguap ke udara dan kadar air nya akan berkurang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat Yang Maha Kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin yang memberikan dukungan dalam menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan, I.W.B., Wijaya Kusuma, I.G.B. & Bandem Adnyana, I.W. (2016). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Unjuk Kerja Daya, Torsi Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis. *Jurnal METTEK* 2, 51-58.
- Afzal, C.A., Roy, R.G. Koshy, C.P. Alex, Y., Abbas, M., Cuce, E., Razak, A.R.K., Shaik, S., & Ahamed C.S. (2023). *Characterization of biodiesel based on plastic pyrolysis oil (PPO) and coconut oil: Performance and emission analysis using RSM-ANN approach. Sustainable Energy Technologies and Assessments* 56, 1-10.
- Bow, Y., Zulkarnain, Lestari, S.P., Sihombing, S.R.M, Kharissa, S.A. Yosirham A. % Salam. Y.A. *Pengolahan Sampah Low Density Polyethylene (LDPE) Dan Polypropylene (PP) Menjadi Bahan Bakar Cair Alternatif Menggunakan Prototipepirolisis Thermal Cracking*. *Jurnal Kinetika* 9, 1-6.
- Dinas Kominfo Kota Medan. (2020). Pemko Medan Dukung Pengelolaan Sampah Rumah Tangga & Budidaya Sayuran Pekarangan Selaras Alam. *Diakses Februari 2022* dari <https://pemkomedan.go.id/artikel-21930-pemko-medan-dukung-pengelolaan-sampah-rumah-tangga--budidaya-sayuran-pekarangan-selaras-alam.html>.
- Faiqul Faiz Dzaky Hidayat. (2022). Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik Polypropylene. *Jurnal Teknik Mesin UNESA* 10, 13-20.
- Islami, A.P., Sutrisno, & Heriyanti. (2020). Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar Cair-Premium-like. *Jurnal Kimia dan Terapannya* 3, 1-6.
- Kumar, S.L., Radjarejesri, S., Jawahar, R.R. (2020). *Characterization of waste plastic oil as biodiesel in IC engines. Materials Today: Proceedings* 33, 833–838.

- Lubis, D.A., Fitrianiingsih, A.Y., Pramadita, S., Govira, & Asbanu, G. C. (2022). Pengolahan Sampah Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) dan PET (*Polyethylene Terephthalate*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 20, 735-742.
- Msrhani Rambe, S.M., Dina, S.F., Sipahutar,, E.H. Maha, K.M. (2018). Potensi Bio-Oil dari *Reject Plastic* Hasil Proses Katalitik Pirolisis Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Indonesian Journal of Industrial Research* 1, 1-8.
- Novita, S.A., Santosa, Nofialdi, Andasuryani, & Fudholi, A. (2021). Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agrotenika* 4, 53-67.
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang – Asap Cair Yang Dihasilkan. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 20, 18-27.
- Ridhuan, K., & Suranto, J. (2016). Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Turbo* 5, 50-56.
- Risma Dwi Arisona. (2018). Pengelolaan Sampah 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) Pada Pembelajaran Untuk Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan. *Al Ulya* 3, 39-51.
- Risdiyanta. (2015). Mengetahui Kilang Pengolahan Minyak Bumi (*Refinery*) Di Indonesia. *Forum Teknologi* 5, 46-54.
- Saha, D., & Roy Bidesh. (2023). *Influence of areca nut husk nano-additive on combustion, performance, and emission characteristics of compression ignition engine fuelled with plastic-grocery-bag derived oil-water-diesel emulsion*. *Energy* 268, 1-15.
- Surono, U.B., & Ismanto. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET Dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak Dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)* 1, 32-37.
- Sumartono. (2019), Produksi Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik HDPE dan PETE 1 KG. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 2, 94-103.
- Taufik Iskandar & Hesti Poerwanto. (2015). Identifikasi Nilai Kalor Dan Waktu Nyala Hasil Kombinasi Ukuran Partikel Dan Kuat Tekan Pada Bio-Briket Dari Bambu. *Jurnal Teknik Kimia* 9, 33-37.
- Waryat, Romli M., Suryani, A., Yuliasih, I., & Johan S. (2013). *Karakteristik Morfologi, Termal, Fisik-Mekanik, Dan Barrier Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Komposit Pati Termoplastik LLDPE/HDPE*. *Agritech* 33, 197-207.
- Widodo, D., Kristianto, S., Susilawaty, A., Armus, R., Sari, M., Chaerul, M., Ahmad, S.N., Damanik, D., Sitorus, E., Marzuki, I., Mohamad, E., Junaedi, A.S., & Mastutie, F. (2021). *Ekologi dan Ilmu Lingkungan*. Medan. Yayasan Kita Menulis.