

Pengembangan dan Evaluasi Kinerja Mesin Pirolisis Berbahan Baku Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak

Bambang Yunianto

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Sudarto No.13, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

*E-mail: bambang.yunianto@lecturer.undip.ac.id

Abstract

Solid waste processing, especially plastic, is still a major problem in the current industrial development. This study aims to analyze the development of a 2-process pyrolysis machine with a 1-process pyrolysis machine in terms of increasing the effectiveness of the production process, production speed, heat speed, and differences in yield content in each process. From the development of the tool, the processing of plastic waste into fuel with a ratio of 10 kg of plastic waste produces ± 10 liters of fuel. The research method uses pyrolysis engine data observation techniques and laboratory testing of the results of 2-process and 1-process pyrolysis engine fuel production. The results of the pyrolysis machine reactor test in the parameters of fuel consumption in the reactor, calculation of yield, energy intensity, fuel usage testing, operational time, cetane number, viscosity, density, HHV for 2 process pyrolysis machines are 6 kg/hour, 80%, 22,5 kJ, 125 kg, 20 hours/day, 56.8, 2.87 cP, 778 Kg/m³, 11023.5 Cal/g. For pyrolysis machine 1-process is 2.23 kg/hour, 96%, 21.7 kJ, 75 kg, 16 hours/day, 56.4, 2.10 cP, 767 Kg/m³, 10922.7 Cal/g. The results of the development of the tool are the addition of tools in the form of a diesel reservoir, condensate tube, and the use of a catalyst, as well as the addition of fuel in the form of thinner.

Keywords: Pyrolysis machine, plastic waste, fuel, design & optimization.

Abstrak

Pengolahan limbah padat khususnya plastik masih menjadi masalah utama dalam perkembangan industri pada saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan mesin pirolisis 2-proses dengan mesin pirolisis 1-proses dari segi peningkatan efektifitas proses produksi, kecepatan produksi, kecepatan panas, dan perbedaan kandungan hasil dalam setiap proses. Dari pengembangan alat menghasilkan pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar dengan perbandingan 10 kg sampah plastik menghasilkan ± 10 liter bahan bakar. Metode penelitian menggunakan teknik observasi data mesin pirolisis dan pengujian laboratorium hasil produksi bahan bakar mesin pirolisis 2-proses dan 1-proses. Hasil pengujian reaktor mesin pirolisis dalam parameter konsumsi bahan bakar di reaktor, perhitungan rendeman, intensitas energi, pengujian penggunaan bahan bakar, waktu operasional, cetane number, viskositas, densitas, HHV untuk mesin pirolisis 2 proses adalah 6 kg/ jam, 80%, 22,5 kJ, 125 kg, 20 jam/ hari, 56,8, 2,87 cP, 778 Kg/ m³, 11023,5 Cal/ g. Untuk mesin pirolisis 1 proses adalah 2,23 kg/ jam, 96%, 21,7 kJ, 75 kg, 16 jam/ hari, 56,4, 2,10 cP, 767 Kg/ m³, 10922,7 Cal/ g. Hasil pengembangan alat berupa penambahan alat berupa penampung solar, tabung kondensat, dan penggunaan katalis, serta penambahan bahan bakar berupa tiner.

Kata kunci: Mesin pirolisis, sampah plastik, bahan bakar, desain & optimasi.

1. Pendahuluan

Penggunaan plastik saat ini di Indonesia merupakan hal yang tidak bisa dihindari karena kegunaannya yang sangat membantu dalam kehidupan sehari-hari. Namun dengan meningkatkannya penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari, maka produksi sampah plastik di Indonesia juga meningkat, secara keseluruhan total sampah yang diproduksi di Indonesia mencapai 189 ton/ hari jauh lebih besar dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara [1].

Akibat adanya permasalahan sampah plastik yang mulai mencemari lingkungan ini, maka dari itu diseluruh dunia dan khususnya Indonesia mulai serius dalam menangani permasalahan ini. Pemerintah telah berkomitmen untuk mengurangi sampah dengan program 3R (*Reduce, Re-use, Recycle*) hingga 30% sampai 2025, dan khusus untuk sampah plastik, pemerintah menetapkan target penurunan hingga 70% pada 2025 [2].

Untuk menanggulangi masalah sampah dan meningkatkan taraf hidup warganya, maka perangkat Desa Dlisenkulon, Kecamatan Pituruh, Kabupaten Purworejo telah mengaplikasikan sistem pengolahan sampah dengan menggunakan mesin pirolisis seperti pada Gambar 1 dibawah ini. Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas [3]. Pada proses pirolisis senyawa hidrokarbon rantai

panjang yang terdapat pada sampah plastik diharapkan dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif [4].

Dengan pengolahan tersebut potensi yang didapat adalah 1 kg sampah plastik dapat disuling menjadi \pm 1 liter BBM. Bahan bakar yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor dan mesin air, serta keperluan lainnya [5]. Kegiatan pengolahan sampah plastik dengan mesin pirolisis telah dilakukan sejak tahun 2020, dimana bahan bakar yang dihasilkan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti mesin pembajak sawah. Seiring berjalannya waktu maka sistem pengolahan sampah menggunakan mesin pirolisis memerlukan perbaikan agar lebih efisien dalam prosesnya. Penyempurnaan mesin ini yang akan menjadi bahasan pokok dalam penelitian ini, baik dari sisi proses pirolisisnya ataupun pengujian kualitas bahan bakar yang dihasilkan. Gambar 1 memperlihatkan mesin pirolisis yang telah dipakai 5 bulan, dimana dalam setiap harinya mampu mengolah \pm 100 kg sampah plastik. Saat ini telah dilakukan pengembangan alat dan penambahan beberapa komponen dan akan diketahui efek perkembangan dari proses tersebut, serta hasil dari pengembangan mesin.



Gambar 1. Mesin Pirolisis

2. Material dan Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa alat seperti berikut:

a. *Mesin Pirolisis 2-Proses*

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas [3]. Mesin pirolisis 2-proses adalah mesin pirolisis lama yang berada di Desa Dlisenkulon, Kecamatan Pituruh, Kabupaten Purworejo yang dapat dilihat pada Gambar 1, dimana dalam pengolahan sampah plastik pada mesin ini dilakukan 2 kali penyulingan atau 2-proses pirolisis guna menghasilkan bahan bakar.

b. *Mesin Pirolisis 1-Proses*

Mesin pirolisis 1-proses adalah perbaikan dari mesin pirolisis lama yang dapat dilihat pada Gambar 2. Pada mesin pirolisis 1-proses berbeda dengan mesin pirolisis 2-proses, dimana dalam sistem pengolahan sampah menjadi bahan bakar, mesin ini hanya memerlukan 1-proses pirolisis.



Gambar 2. Mesin Pirolisis 1-Proses.

c. *Viscometer*

Viskositas kinematik bahan bakar solar dan biodiesel diukur menggunakan viscometer. Besaran yang terukur pada viscometer adalah kecepatan aliran bahan bakar melalui alat tersebut. Penentuan nilai viskositas kinematik dilakukan dengan cara membandingkan kecepatan aliran bahan bakar dengan kecepatan aliran cairan pembanding pada viscometer yang sama, yang telah diketahui viskositas kinematiknya.

d. *Hydrometer*

Massa jenis (densitas) bahan bakar solar diukur dengan alat hidrometer. Pengukuran massa jenis dilakukan dengan cara mencelupkan hidrometer kedalam bahan bakar hingga tenggelam dengan kedalaman tertentu. Skala pada hidrometer yang bersesuaian dengan permukaan bahan bakar menyatakan nilai specific gravity (SG). Nilai-nilai SG pada setiap pengukuran dicatat dan dikonversi menjadi nilai massa jenis [6].

e. *Cetane Number Analyzer*

Pengujian angka cetane dilakukan menggunakan alat Cetane Number Analyzer, pengujian ini dilakukan dengan metode pengujian ASTM D 613 yang terdapat di UPT Universitas Diponegoro.

f. *Calorimeter*

Nilai kalor atas (*Gross higher heating value*) HHV, didefinisikan sebagai panas yang dilepaskan dari pembakaran sejumlah kuantitas unit bahan bakar (massa) dimana produknya dalam bentuk ash, gas CO₂, SO₂, Nitrogen dan air, dan tidak termasuk air yang menjadi uap (vapor) [7]. Dalam pengujian nilai kalor dari solar hasil pirolisis menggunakan alat *Parr 6400 Calorimeter*. Kalorimeter yaitu sebuah wadah yang bersifat osilator (rangkain elektronik yang menghasilkan sinyal), sehingga perubahan kalor selama reaksi tidak hilang [8].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengembangan Alat

Komponen utama mesin pirolisis 2-proses dan 1-proses secara umum terbuat dari bahan *Stainless steel SS316L*

a. Ruang Bakar

Tempat pembakaran untuk memanaskan reaktor dengan kayu bakar dan bantuan kipas angin sebagai pengganti blower seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Ruang Bakar Mesin Pirolisis

b. *Inlet*

Inlet adalah tempat masuk bahan baku dimana operator harus menjaga suhu reaktor >100°C, dengan proses pemasukan bahan baku rata-rata 15 kg per 2 jam seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Inlet Mesin Pirolisis

c. Reaktor

Reaktor adalah suatu alat proses tempat dimana terjadinya suatu reaksi berlangsung, baik itu reaksi kimia atau reaksi nuklir dan bukan secara fisika. Dalam reaktor pada Gambar 5 ini terjadi proses pirolisis pada kisaran suhu 100°C – 300°C untuk mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar setara bensin, solar, minyak tanah dan tiner.



Gambar 5. Reaktor Mesin Pirolisis.

d. Kondensor

Di dalam kondensor pada Gambar 6 berikut terjadi perubahan gas menjadi zat lebih padat yaitu uap air. Gas hasil pengoalahan dari reaktor menuju kondensor, melewati pipa bercabang. Dalam aplikasinya pipa kondensat dibersihkan setiap 2 jam, untuk memastikan aliran BBM lancar dan menjaga pipa kondensat tidak tersumbat.



Gambar 6. Tabung Kondensat Mesin Pirolisis 2-Proses.

Sedangkan Gambar 7 adalah foto dari tabung kondensat pada mesin pirolisis 1-proses, dimana untuk hasil bahan bakar setara solar terletak di bawah dan terpisah dengan tabung kondensat dari bahan bakar setara bensin dan minyak tanah.



Gambar 7. Tabung kondensat mesin pirolisis 1-proses

e. Bahan Baku

Untuk bahan baku proses pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar yang digunakan pada mesin pirolisis adalah segala jenis limbah plastik adalah pembungkus plastik, botol plastik, plastik kresek, kaos partai. Namun dalam prosesnya, untuk plastik yang mengandung aluminium foil masih menyisakan aluminium foil-nya di dalam proses.

f. Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada kedua jenis mesin pirolisis kayu bakar. Pernah menggunakan heater dan gas LPG namun kurang efektif karena memakan waktu yang lama dan panas kurang menyebar secara merata.

g. Penambahan Penampung Solar Pada Pirolisis 1-Proses

Dalam mesin pirolisis 2-proses belum ada tabung penampung solar, namun dalam mesin pirolisis 1-proses dilakukan perbaikan sistem untuk penambahan tabung penampung solar seperti pada Gambar 8 berikut. Tabung penampung solar digunakan untuk menampung solar dan langsung dialirkan melalui pipa ke tabung kondensat solar.



Gambar 8. Tabung Penampung Solar Mesin Pirolisis 1-Proses.

h. Penambahan Penampung Asap Pada Pirolisis 1-Proses

Penampung asap pada Gambar 9 digunakan untuk tempat pengumpulan asap hasil proses pirolisis, dimana nantinya akan disiram dahulu dengan air kran dari hasil proses untuk mengurangi polusi asap yang dihasilkan sebelum di keluarkan ke lingkungan.



Gambar 9. Penampung Asap Mesin Pirolisis 1-Proses.

i. Penambahan Katalis Pada Pirolisis 1-Proses

Penggunaan katalis dapat meningkatkan efektifitas proses pirolisis, guna membersihkan residu dalam hasil pembakaran seperti pada Gambar 10 ini.



Gambar 10. Katalis.

3.2 Perbandingan Hasil Uji

Pengujian dilakukan di Laboratorium UPT Universitas Diponegoro, dimana kualitas dari hasil produksi mesin pirolisis menggunakan parameter angka cetane, nilai kalor, densitas dan viskositas dengan menggunakan perbandingan terhadap hasil uji solar dari Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar (Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi).

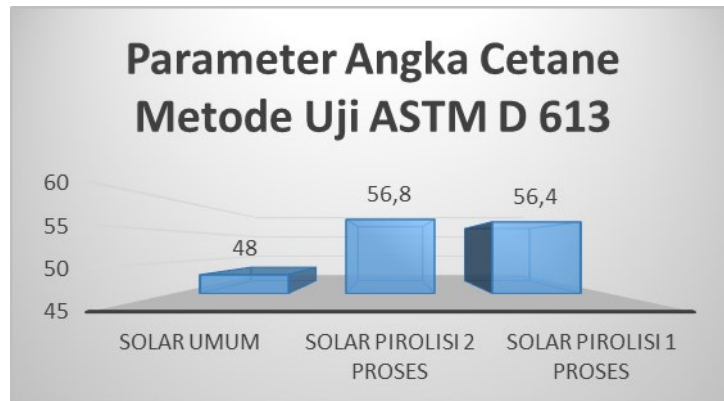
Sifat	Minyak Solar
Cetane Number	48
Densitas (cP)	820 - 860
Viskositas (Kg/ m ³)	2-4,5
HHV (Cal/ gram)	11009,3

a. Hasil Uji Angka Cetane

Hasil pengujian angka cetane menggunakan metode pengujian ASTM D 613 yang digunakan untuk pengujian kandungan angka cetane dalam suatu bahan bakar konvensional seperti solar & non-konvensional seperti minyak nabati dapat dilihat pada tabel 2 dan Gambar 11 berikut.

Tabel 2. Hasil Angka Cetane.

Nama Sampel Uji	Nilai
Solar Umum	48,0
Solar Pirolisi 2 Proses	56,8
Solar Pirolisi 1 Proses	56,4



Gambar 11. Grafik Perbandingan Angka Cetane.

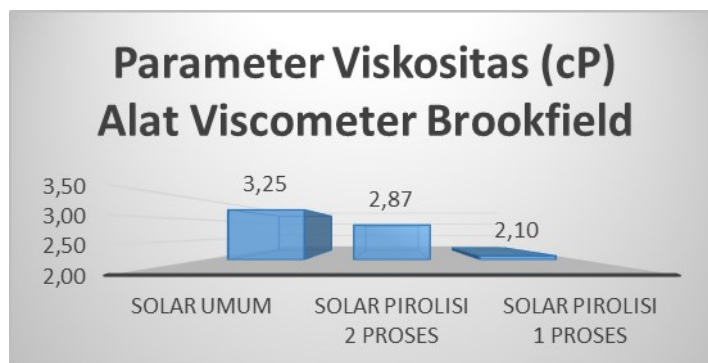
Hasil pengujian bahan bakar setara solar mesin pirolisis 1-proses yang memiliki kualitas pembakaran yang terbaik pada grafik tersebut.

b. Hasil Uji Angka Viskositas

Hasil pengujian viskositas bahan bakar setara solar pada Tabel 3 dan Gambar 12 dimana hasil mesin pirolisis dibandingkan dengan solar konvensional menggunakan alat Viscometer Brookfield.

Tabel 3. Hasil Uji Viskositas.

Nama Sampel Uji	Nilai (cP)
Solar Umum	3,25
Solar Pirolisi 2 Proses	2,87
Solar Pirolisi 1 Proses	2,10



Gambar 12. Grafik Perbandingan Viskositas Solar.

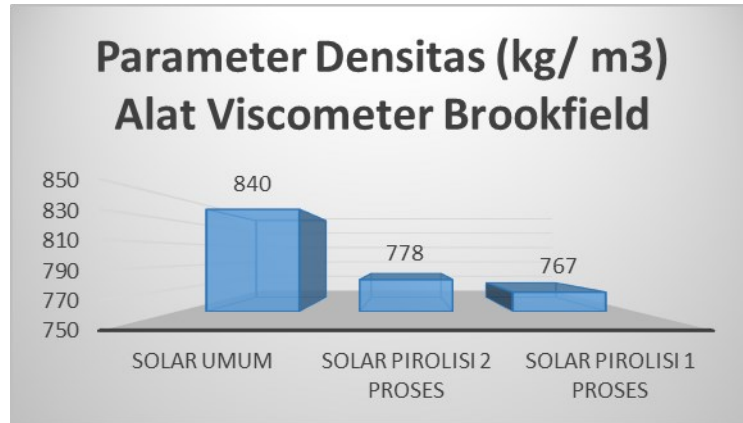
Solar hasil mesin pirolisis 2-proses memiliki nilai viskositas lebih rendah sehingga dalam proses pembakaran akan lebih memudahkan untuk mengalir tanpa mengganggu proses pembakaran dalam sistem permesinan.

c. Hasil Uji Densitas

Hasil pengujian densitas bahan bakar solar pada Tabel 4 dan Gambar 13 dari hasil mesin pirolisis yang dibandingkan dengan solar konvensional menggunakan alat Viscometer Brookfield.

Tabel 4. Hasil Uji Densitas.

Nama Sampel Uji	Nilai (Kg/m ³)
Solar Umum	840
Solar Pirolisi 2 Proses	778
Solar Pirolisi 1 Proses	767



Gambar 13. Grafik Perbandingan Densitas Solar.

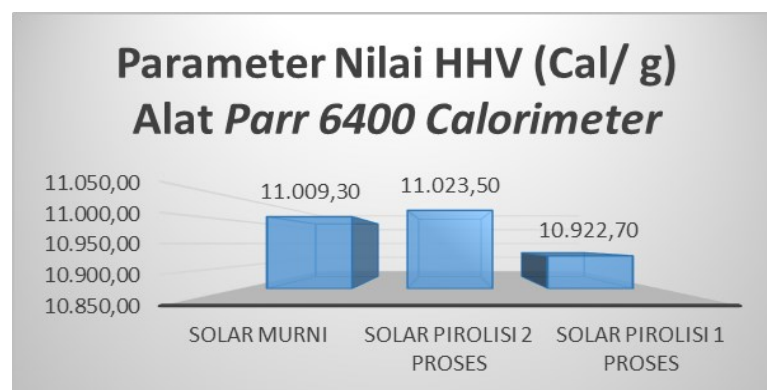
Nilai densitas solar mesin pirolisis 1-proses memiliki nilai terendah. Jadi semakin rendah nilai densitasnya, maka semprotan penetrasi bahan bakar solar hasil produksi mesin pirolisis 1-proses menjadi semakin panjang dan mudah dialirkan karena kerapatannya rendah.

d. Hasil Uji HHV

Hasil pengujian nilai HHV (*Higher Heating Value*) solar pada Tabel 5 dan Gambar 14 dimana hasil mesin pirolisis yang di bandingkan dengan solar konvensional menggunakan alat Parr 6400 Calorimeter.

Tabel 5. Hasil Uji Nilai HHV.

Nama Sampel Uji	Nilai (Cal/g)
Solar Umum	11009,3
Solar Pirolisi 2 Proses	11023,5
Solar Pirolisi 1 Proses	10922,7



Gambar 14. Grafik Perbandingan Nilai Kalor Solar.

Nilai panas yang dilepaskan oleh bahan bakar dalam proses pembakaran (HHV) pada solar mesin pirolisis dan solar konvensional, dimana solar hasil mesin pirolisis 2-proses memiliki nilai HHV lebih tinggi daripada solar konvensional.

e. Perhitungan SEM Hasil Uji Bahan Bakar

Nilai SEM untuk nilai kalor, densitas, dan angka cetane memiliki simpangan data yang baik karena nilai SEM berada di bawah nilai mean, dan untuk viskositas memiliki nilai SEM di atas nilai meannya yang berarti simpangan data untuk nilai viskositas dinilai kurang baik.

Tabel 6. Tabel SEM Uji Bahan Bakar Hasil Produksi Mesin Pirolisis.

Parameter	Data	Hasil	Rata-Rata (Mean)	Standar Deviasi	SEM (Standart Error of Mean)	Presentase SEM (%)
Angka Cetane	Solar Umum	48	53,733	4,969	2,222	4,136
	Solar Pirolisi 2 Proses	56,8				
	Solar Pirolisi 1 Proses	56,4				
Densitas (kg/m ³)	Solar Umum	840	795,000	39,357	17,601	2,214
	Solar Pirolisi 2 Proses	778				
	Solar Pirolisi 1 Proses	767				
Viskositas (cP)	Solar Umum	3,25	2,740	0,587	0,263	9,583
	Solar Pirolisi 2 Proses	2,87				
	Solar Pirolisi 1 Proses	2,10				
Nilai Kalor (Cal/g)	Solar Umum	11009,3	10985,167	54,562	31,501	0,287
	Solar Pirolisi 2 Proses	11023,5				
	Solar Pirolisi 1 Proses	10922,7				

3.3 Perbandingan Perkembangan Reaktor

Ada beberapa parameter yang dapat dihitung dari alat reaktor pirolisis setelah dilakukan pengujian, diantaranya sebagai berikut (Ratu, 2018):

a. Perhitungan Kalor Bahan Bakar Reaktor

$$Q_{bb} = M_{bb} \times N_{bb}$$

dimana: $M_{bb} = 0,08698 \text{ kg/menit} = 0,00144833333 \text{ kg/s}$
 $N_{bb} = \text{k calor kayu bakar } 15,0 \text{ MJ/kg} = 15000 \text{ Joule/kg}$

$$Q_{bb} = M_{bb} \times N_{bb}$$

$$Q_{bb} = 0.00144833333 \text{ kg/s} \times 15.000 \text{ Joule/kg}$$

$$Q_{bb} = 21725 \text{ Joule /s} \approx 21,72 \text{ kJ/ s}$$

Jadi, kalor bahan bakar yang diterima reaktor sebagai energi panas maksimum yang dilepaskan dari proses pembakaran di mesin pirolisis 2-proses dan 1-proses tetap sama, karena laju alir massa kayu dan nilai kalor bahan bakar kayu tetap sama untuk kedua jenis mesin, yaitu menghasilkan kalor bahan bakar 21, 72 kJ/ s

b. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Di Reaktor

$$K_{bb} = \frac{\text{Massa bahan bakar yang digunakan (kg)}}{t \text{ (jam)}}$$

Konsumsi bahan bakar mesin pirolisis 2 proses:

$$K_{bb} = \frac{120 \text{ kg}}{20 \text{ jam}} = 6 \text{ kg/ jam}$$

Konsumsi bahan bakar mesin pirolisis 1 proses:

$$K_{bb} = \frac{75 \text{ kg}}{18 \text{ jam}} = 2,23 \text{ kg/ jam}$$

Konsumsi bahan bakar adalah jumlah dari bahan bakar yang digunakan dalam operasi dibagi dengan waktu operasi (Belonio, 1985). Untuk konsumsi bahan bakar mesin pirolisis 1 proses memiliki nilai lebih rendah yaitu 2,23 kg/ jam dan menjadikan prosesnya menjadi lebih irit bahan bakar.

c. Perhitungan Rendeman di Reaktor

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{jumlah asap cair yang dihasilkan (kg)}}{\text{jumlah total bahan baku (kg)}} \times 100$$

Rendeman mesin pirolisis 2 proses:

Perbandingan asap cair: minyak kental (5:1), jadi 100 kg bahan bakar cair menghasilkan 80 kg asap cair dan 20 kg minyak kental yang perlu diolah kembali.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{80 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} \times 100 = 80\%$$

Rendeman mesin pirolisis 1 proses:

Perbandingan hasil asap cair:minyak kental (25:1), jadi 60 kg bahan bakar cair menghasilkan 57,6 kg asap cair dan 2,4 kg minyak kental yang perlu diolah kembali.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{57,6 \text{ kg}}{60 \text{ kg}} \times 100 = 96\%$$

Rendeman mesin pirolisis 1-proses memiliki nilai lebih tinggi yaitu 96% daripada mesin pirolisis 2-proses. Jadi semakin tinggi persentase rendeman, maka semakin baik proses tersebut, karena zat yang diperoleh/diolah dari bahan baku semakin besar.

d. Perhitungan Intensitas Energi Di Reaktor

$$\text{Intensitas Energi} = \frac{\text{jumlah konsumsi energi (joule)}}{\text{asap cair yang dihasilkan (kg)}}$$

Intensitas energi mesin pirolisis 2 proses:

Diketahui asap cair mesin pirolisis 2 proses dalam 1 hari (20 jam) menghasilkan 80 kg bahan bakar dan total energi yang dipakai, kayu 15.000 joule/ kg, dalam 1 hari membutuhkan 120 kg kayu bakar

$$\text{jumlah konsumsi energi} = 15.000 \frac{\text{joule}}{\text{kg}} \times 120 \text{ kg} = 1.800.000 \frac{\text{joule}}{\text{kg}} \approx 1.800 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Intensitas Energi} = \frac{1.800 \text{ kJ/kg}}{80 \text{ kg}} = 22,5 \text{ kJ}$$

Intensitas energi mesin pirolisis 1 proses:

Diketahui asap cair mesin pirolisis 1 proses dalam 1 hari (18 jam) menghasilkan 57,6 kg bahan bakar dan total energi yang dipakai, kayu 15.000 joule / kg, dalam 1 hari membutuhkan 75 kg kayu bakar

$$\text{jumlah konsumsi energi} = 15.000 \frac{\text{joule}}{\text{kg}} \times 75 \text{ kg} = 1.250.000 \frac{\text{joule}}{\text{kg}} \approx 1.250 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Intensitas Energi} = \frac{1.250 \text{ kJ/kg}}{57,6 \text{ kg}} = 21,7 \text{ kJ}$$

Dimana intensitas energi untuk mesin pirolisi 1 proses memiliki nilai lebih kecil, sehingga energi yang diperlukan lebih kecil dari mesin pirolisis 2 proses.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dalam pengembangan dan perbandingan mesin pirolisis 2-proses dengan mesin pirolisis 1-proses dapat disimpulkan bahwa: (1) Hasil pengujian reaktor mesin pirolisis dalam parameter konsumsi bahan bakar di reaktor, perhitungan rendeman, dan intensitas energi untuk mesin pirolisis 2-proses adalah 6 kg/ jam; 80%; 22,5 kJ. Sedangkan untuk mesin pirolisis 1-proses adalah 2,23 kg/ jam; 96%; 21,7 kJ; (2) Hasil pengembangan alat berupa penambahan alat berupa penampung solar, tabung kondensat, dan penggunaan katalis, serta penambahan bahan bakar berupa hasil tiner. Hasil pengujian penggunaan bahan bakar, waktu oprasional untuk mesin pirolisis 2-proses adalah 125 kg; 20 jam/ hari. Sedangkan mesin pirolisis 1-proses adalah 75 kg; 16 jam/ hari; (3) Hasil pengujian cetane number, viskositas, densitas, HHV setara solar untuk mesin pirolisis 2-proses adalah 56,8; 2,87 cP; 778 Kg/ m³; 11023,5 Cal/ g. Sedangkan untuk mesin pirolisi 1-proses adalah 56,4; 2,10 cP; 767 Kg/ m³; 10922,7 Cal/ g.

Daftar Pustaka

- [1] Kholidah, N., Faizal, M., Said, M., 2018, "Polystyrene P lastic Waste Conversion into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al₂O₃ as Catalyst," Science & Technology Indonesia, 3: 1–6.
- [2] Hendiarti, N., 2018, "Combating Marine Plastic Debris in Indonesia," Science to Enable and Empower Asia Pacific for SDGs, Jakarta.
- [3] 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: Majalah Teknik Mesin, 20(1): 18–27.
- [4] Endang, K., Mukhtar, G., Nego, A., Sugiyana, F.A., 2016, "Pengolahan sampah plastik dengan metoda pirolisis menjadi bahan bakar minyak," Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan, 1–7.
- [5] Nurzaelani, M.M., 2020, "Pembuatan Alat Penyulingan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak di Desa Sukaraksa," Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat, 4(2): 191–197.
- [6] Murni, 2010, "Kaji Ekperimental Pengaruh Temperatur Biodiesel Minyak Sawit Terhadap Performansi Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan," Rotasi, 11(3): 28–31.
- [7] Patabang, D., 2009, "Analisis Nilai Kalor Secara Eksperimental dan Teoritik dari Briket Arang Kulit Kemiri," MEKTEK, 11(3).

- [8] Kurniawan, H., 2017, “*Analisis Pengaruh Kandungan Logam Berat Terhadap Energi Pembakaran Batubara,*” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(2): 121–128.
- [9] Indah, R., 2018, “*Pembuatan Dan Pengujian Reaktor Pirolisis Untuk Menghasilkan Asap Cair Dengan Bahan Baku Tempurung Kelapa Dan Tongkol Jagung,*” Skripsi Politeknik Negeri Bandung.
- [10] Ridhuan, K., Mafruddin, M., Al Rasyid, A., 2020), “*Optimasi Pembakaran Menyeluruh Pada Reaktor Pirolisis Dalam Menghasilkan Bioarang dan Asap Cair,*” *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(1): 114–123.