

KAJIAN TEMPERATUR DAN WAKTU PROSES TERHADAP RENDEMEN BAHAN BAKAR CAIR PADA KONVERSI LIMBAH PLASTIK DI UNIT *THERMAL CRACKING* REAKTOR

Tahdid¹⁾, Erlinawati¹⁾, Yohandri Bow¹⁾, Zakiyah Sri Rezeki^{1)*},
Shela Dilen Putri¹⁾, Rhevy Liandari¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya,
Jl.Srijaya Negara, Palembang 30139, Indonesia

*)*correspondence email* : zakiyah.srirezeki10@gmail.com

Abstrak

Bahan bakar cair hasil konversi sampah plastik merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat di perbarui serta mampumengurangi ketergantungan akan energi. Sampah plastic yang digunakan adalah sampah plastic jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), dan PET (*Polyethylene terephthlate*). Metode yang digunakan untuk konversi sampah plastic ini adalah metode pirolisis yang merupakan dekomposisi kimia dengan proses pemanasan dalam kondisi bebas oksigen. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rendemen dan kualitas bahan bakar cair yang baik. Bahan bakar yang dihasilkan akan berupa bensin, kerosin atau solar yang akan diuji terlebih dahulu karakteristiknya agar dapat mengetahui jenis bahan bakar hasil pirolisis ini. Dari penelitian menggunakan plastic jenis LDPE ini didapatkan kondisi optimal pada temperature 160°C pada waktu operasi 180 menit dengan %rendemen 94,73%. Setelah dilakukan analisa didapatkan nilai kalor sebesar 11137 Cal/gr, densitas 0,7754 kg/l, titik nyala 20°C dan viskositas 0,663 mm²/s. Untuk plastic jenis PP menghasilkan %rendemen terbanyak didapatkan pada waktu operasi 180 menit dengan temperatur 230°C sebanyak 72,17%, produk yang dihasilkan setelah dianalisa didapatkan nilai densitas 0,7831 kg/l, titik nyala sebesar 19°C, nilai kalor sebesar 11.132 kal/gr dan viskositas 0,6823 mm²/s . Sedangkan hasil dari plastic jenis PET pada kondisi optimal pada temperature 300°C dan waktu 180 menit didapat % rendemen tertinggi yaitu 67,82% , nilai kalor 11018 Cal/gr, densitas 0,7724 kg/l, titik nyala 19°C dan viskositas 0,673 mm²/s. Bahan bakar cair yang dihasilkan dari plastic jenis LDPE, PP, dan PET berdasarkan standarnya dapat diklasifikasikan sebagai bensin.

Kata Kunci : Pirolisis, Temperatur, Waktu, Limbah Plastik, Bahan Bakar Cair

PENDAHULUAN

Sumber energi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir mengalami ketidak seimbangan laju ketersediaan energi dengan meningkatnya kebutuhan. Salah satunya produksi minyak dalam negeri terus mengalami penurunan, sedangkan permintaan selalu meningkat. Cadanganakan minyak dan gas bumi di Indonesiamenurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tersedia hingga 9,5 tahun mendatang, sementara umur cadangan gas bumi Indonesia mencapai 19,9 tahun. Hal ini akan menyebabkan indonesia berpotensi mengalami krisis energi.

Kebutuhan akan transportasi menjadi kebutuhan perpindahan masyarakat dan barang sebagai aktifitas ekonomimengakibatkan tingginya tingkat ketergantungan impor minyak serta bahan bakar proses industri dan transportasi akan berhenti bila krisis energi terjadi. Untuk mengatasi krisis energisalah satu solusinya yaitu mengendalikan konsumsi bahan bakar minyakserta mengurangi ketergantungan konsumsi bahan bakar minyak dan mengembangkan

energi alternative yang dapat mengurangi ketergantungan akan bahan bakar minyak, salah satunya adalah dengan pemanfaatan limbah plastik yang dapat berperan sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Permasalahan pokok yang dihadapi saat ini salah satunya yaitu limbah plastik yang dapat berdampak buruk pada manusia maupun lingkungan karena bersifat *non-biodegradable*. Limbah plastik dapat dikonversi menjadi bahan bakar hidrokarbon, karena plastik berasal dari turunan minyak bumi. Proses konversi ini dapat dilakukan dengan metode pirolisis. Dengan proses pirolisis polimer dapat direngkai dan dikonversi menjadi bahan bakar cair seperti bensin, diesel, solar, dan kerosen (Chanashetty, 2015). Dalam suatu proses pirolisis ada faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi terhadap keluaran dari hasil proses pirolisis adalah sebagai berikut (Fatimura., M, dkk. (2019) :

1. Waktu , semakin lama proses pirolisis. Produk yang dihasilkan (limbah padat, tar, gas dan minyak) akan meningkat.
2. Suhu , sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan karena menurut persamaan Arrhenius, suhu dekomposisi termal yang tinggi dari nilai konsekuensi konstan yang lebih besar meningkatkan laju pirolisis dan kenaikan konversi.
3. Ukuran partikel, terhadap hasil, semakin besar ukuran partikel, luas permukaan per satuan berat menjadi lebih kecil, sehingga proses semakin lambat.
4. Berat Partikel, semakin banyak bahan yang dimasukkan maka akan menyebabkan hasil bakar cair (tar).

Beberapa peneliti melakukan proses konversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair dengan variasi bahan baku dan temperature yang berbeda. Pada penelitian Kurniawan, dkk (2014) menggunakan plastik jenis LDPE dan menggunakan temperature 480°C dengan waktu operasi selama 1 jam didapatkan hasil rendemen sebesar 59,67%. Pada penelitian Azis, dkk (2021) menggunakan plastik jenis *Polypropylene* didapatkan hasil rendemen 79,85% pada temperature 400°C dalam waktu 30 menit. Pada penelitian yang dilakukan oleh Novia (2021) melakukan proses konversi dengan jenis plastik PET sebanyak 500 gram pada temperature 300°C dengan waktu operasi 6 jam didapatkan hasil rendemen 90 ml. Dapat dilihat bahwa penelitian ini belum efisien karena energi yang digunakan tidak sebanding dengan hasil yang didapatkan karena rendemen yang dihasilkan kurang optimal.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah diuraikan, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rendemen bahan bakar cair yang optimal dengan variasi temperature yang tidak terlalu tinggi dengan waktu operasi yang relative lebih cepat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya dengan melakukan pengambilan dan pengumpulan data secara langsung pada alat *Thermal Cracking Reactor* yang dapat dilihat pada gambar 1, dan didukung dengan adanya tinjauan pustaka yang relevan. Data yang didapkatnantinya akan dibuat dalam bentuk tabel serta grafik. Bahan baku yang digunakan yaitu limbah plastik jenis LDPE, PP, dan PET.

Persiapan Bahan Baku Bahan baku limbah plastik jenis LDPE, PP, dan PET diperoleh dari tempat pembuangan akhir dikota Palembang, lingkungan Polsri ataupun lingkungan perumahan yang dikumpulkan masing-masing jenis sebanyak 8 kg. Sebelum dilakukan proses konversi, bahan baku dibersihkan dari kotoran dan air yang dikeringkan dengan cara dijemur, setelah dikeringkan kemudian dilipat agar volume plastik tidak berubah.

Persiapan Bahan Bakar

Tempurung kelapa digunakan sebagai bahan bakar yang sebelumnya telah dikeringkan serta dikecilkan ukurannya sebesar 10 cm agar bisa dimasukkan kedalam ruang bakar. Tempurung kelapa dimasukkan secara bertahap sebanyak 13 kg/run hingga mencapai nyala api yang optimal.



Gambar 1. Unit *Thermal Cracking Reactor*

Proses Pirolisis

Bahan baku dimasukkan kedalam tabung *reactor* sebanyak ± 8 kg dengan menutup rapat tabung *reactor* agar tidak ada udara yang masuk kedalam *reactor*. Tempurung kelapa dimasukkan dalam ruang bakar kemudian menyalakan api untuk mulai memanaskan *reactor* selama 30 Menit sampai temperature 100°C agar terjadi proses konversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair.

HASIL DAN PEMBAHASAN

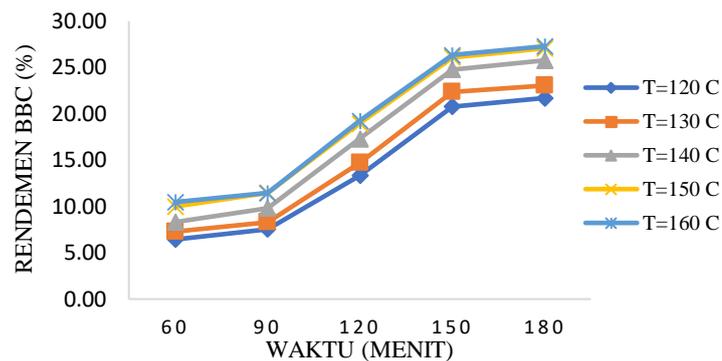
Tabel 1 Rendemen Hasil Pirolisis Plastik LDPE, PP, dan PET

| Bahan Baku | Temperatur (°C) | % Rendemen | | | | | Total(%) |
|------------|-----------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | | 60 (menit) | 90 (menit) | 120 (menit) | 150 (menit) | 180 (menit) | |
| LDPE | 120 | 6,43 | 7,56 | 13,34 | 20,78 | 21,7 | 69,82 |
| | 130 | 7,29 | 8,3 | 14,73 | 22,37 | 23,04 | 75,72 |
| | 140 | 8,31 | 9,81 | 17,28 | 24,77 | 25,76 | 85,93 |
| | 150 | 9,99 | 11,49 | 18,96 | 26,09 | 27,06 | 93,59 |
| | 160 | 10,47 | 11,46 | 19,21 | 26,32 | 27,28 | 94,73 |
| PP | 190 | 13,65 | 13,76 | 13,96 | 13,96 | 14,15 | 69,64 |
| | 200 | 13,75 | 13,88 | 14,07 | 14,07 | 14,26 | 70,20 |
| | 210 | 13,87 | 13,99 | 14,19 | 14,19 | 14,37 | 70,77 |
| | 220 | 13,98 | 14,11 | 14,31 | 14,31 | 14,49 | 71,63 |
| | 230 | 14,15 | 14,26 | 14,47 | 14,47 | 14,65 | 72,16 |
| PET | 220 | 8,87 | 9,41 | 9,81 | 11,17 | 11,69 | 50,95 |
| | 240 | 9,47 | 10 | 10,52 | 11,99 | 12,51 | 54,49 |
| | 260 | 10,18 | 10,84 | 11,36 | 12,8 | 13,31 | 58,49 |
| | 280 | 11,55 | 12,04 | 12,68 | 14,51 | 15,01 | 65,79 |
| | 300 | 11,91 | 12,42 | 12,94 | 15,03 | 15,52 | 67,82 |

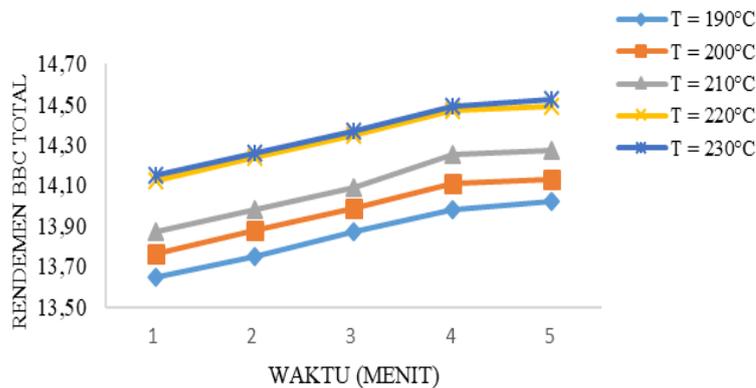
Proses konversi limbah plastik dilakukan menggunakan metode pirolisis dengan menggunakan alat *Thermal Cracking Reactor*. Pada proses ini menggunakan 3 jenis bahan baku limbah plastik yang berbeda, yaitu jenis LDPE, PP, dan PET. Titik leleh jenis plastik LDPE

adalah 115°C (Sari dkk,2014), titik leleh plastik PP adalah 190°C (Fortuna, 2020) dan titik leleh plastik PET adalah 250°C (Sari dkk, 2017). Dalam penelitian ini menggunakan temperature antara 120-300°C *temperature* ini merupakan diatas titik leleh dari bahan baku yang digunakan.

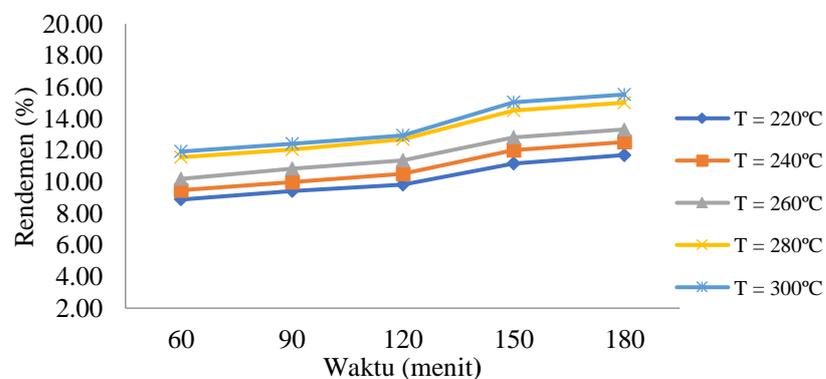
Berdasarkan tabel 1 didapat pada waktu operasi 180 menit sedangkan% rendemen terendah yaitu pada waktu operasi 60 menit pada plastik LDPE 10,47%, PP 14,15% dan PET 11,91% hal ini dikarenakan semakin lama waktu proses yang digunakan maka semakin banyakpula %rendemen yang dihasilkan.



Gambar 2 Hasil Rendemen Proses Pirolisis Plastik LDPE



Gambar 3 Hasil Rendemen Proses Pirolisis Plastik PP



Gambar 4.Hasil Rendemen Proses Pirolisis Plastik PET

Didapatkan grafik hubungan antara temperature dan waktu proses terhadap rendemen bahan bakar cair yang dihasilkan. Rendemen pada variasi temperatur dari masing-masing bahan baku telah melebihi titik leleh berdasarkan jenis plastiknya, menyebabkan plastik meleleh dan selanjutnya berubah fase dari padat menjadi gas, .Saat terjadiproses pirolisis,rantai panjang dari hidrokarbonakanterpotong menjadi lebih pendek.

Jika dilihat pada gambar2temperaturplastik LDPE dari temperatur 120°C ke 160°C, gambar 3PP 190°C ke 230°Cdangambar 4 merupakan temperatur PET 220°C ke 300°C mempengaruhi rendemen produk yang dihasilkan. Dengan bertambahnya temperatur operasi maka zat yang terkandungdidalam plastik akan terurai sempurna (Wicaksono, 2013). Hal ini berdasarkandari persamaan Arhenius dimana semakin tinggi temperatur yang digunakan maka nilai konstanta dekomposisi thermal akan semakin besar dan membuat laju pirolisis bertambah dan konversi naik (Gitakarma, 2016). Sehingga kenaikan temperatur akan diikuti oleh waktu proses yang dimana semakin tinggi temperatur maka waktu proses yang dibutuhkan semakin singkat.

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian proses konversi plastik diperoleh hasil berupa bahan bakar cair dengan variasi bahan baku, temperatur dan waktu. Selain temperatur proses pirolisis juga dipengaruhi oleh lama nya waktu proses pirolisis. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya bahan baku yang terdekomposisi pada saat proses pirolisis terjadi dalam rentang waktu tertentu yang menyebabkan ikatan rantai karbon pada plastik terputus, sehingga semakin lama waktu pirolisis maka akan menghasilkan rendemen yang semakin banyak. Didapatkan kondisi yang optimal pada setiap bahan baku yaitu pada kondisi temperature dan waktu tertinggi penelitian, karena pada penelitian tersebut telah mendapatkan rendemen yang tinggi dengan kualitas yang baik.

Pada temperature dan waktu optimal, didapatkan bahan bakar cair dengan kualitas yang baik dari proses tersebut, dapat dilihat pada tabel 2 karakteristik dari masing-masing jenis bahan baku.

Tabel 2 Hasil Analisa Produk Pirolisis

| Karakteristik | Bahan Baku | | | Standar Bensin |
|---------------------------------|------------|--------|--------|----------------|
| | LDPE | PP | PET | |
| Densitas (kg/l) | 0,7754 | 0,7831 | 0,7701 | 0,71-0,77 |
| Nilai Kalor (Cal/gr) | 11137 | 11132 | 11018 | 11000-11500 |
| Titik Nyala (°C) | 20 | 19 | 19 | 23-43 |
| Viskositas (mm ² /s) | 0,663 | 2,27 | 2,14 | 0,625-0,7 |

(Sumber: *Petroleum Refinery Technology and Economics*,2007)

Bahan bakar cair dari hasil pirolisis plastic LDPE, PP dan PET berdasarkan karakteristiknya dapat di spesifikasikan ke bahan bakar cair jenis bensin, karena hasil penelitian menunjukkan densitas, nilai kalor dan titik nyala nya mendekati nilai standarnya.

KESIMPULAN

Temperaturdanwaktuprosessangatmempengaruhihasilrendemendankualitasprodukyang dihasilkan, pada penelitian ini temperatur optimal terjadi pada temperatur tertinggi pada penelitian dan waktu proses pada 180 menit. rendemen yang dihasilkan semakin banyak dan kualitas bahan bakar cair

semakin baik. Pada proses konversi rendemen tertinggi didapatkan sebesar 94,73% yang menggunakan bahan baku plastik jenis LDPE. Produk hasil pirolisis merupakan bahan bakar cair yang mendekati jenis bensin

DAFTAR PUSTAKA

- Azis Hijrah., Hanizah, B. (2021). Produksi Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik *Polypropylene* Metode Pirolisis. Universitas Teknologi Sulawesi.
- Chanashetty VB, Patil BM (2015) Int J Emerg Technol 6(2):121–128
- Fatimura., M, dkk. (2019). Pengolahan Limbah Plastik Jenis Kantong Kresek dan Gelas Minuman Menggunakan Proses Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurnal Redoks
- Fortuna., Zhasha. (2020). Titik Leleh Plastik *Polypropylene*. Universitas Negeri Jakarta.
- Gitakarma, S dkk. (2016). Pengembangan Teknik Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak di TPST Desa Anturan, Buleleng.Seminar Nasional Vokasi Dan Teknologi(SEMNASVOKTEK),22, 353–360.
- Kurniawan Eddy, Nasrun. (2014). Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis *High Density Polyethelene (HDPE)* Dan *Low Density Polyethelene (LDPE)*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal.
- Novia, T.(2021). Pengolahan Limbah Sampah Plastik *PolyEthylene Terephthlate (PET)* Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis. Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Samudra.
- Petroleum Refinery Technology and Economics,2007
- Sari., Y. (2014). Analisis Potensi Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Sanitasi Lingkungan: Studi Kasus Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Kawasan Perumnas Monang Maning, Denpasar. Skripsi. Universitas Udayana. Bali.
- Sari, Gina Lova. (2017). Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Cair, Vol. (3)(1), 06-13.
- Wicaksono Mahendra Aji, Arijanto. (2017). Pengolahan Sampah Plastik Jenis Pet(*Polyethilene Perephthalathe*) Menggunakan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Alternatif, Universitas Teknik Mesin. Vol. 5 (1).