

UJI ALAT PIROLISIS LIMBAH POLIMER PADA BEBERAPA JENIS LIMBAH PLASTIK

(Test of Polymer Waste Pyrolysis Device on Several Types of Plastic Waste)

Rika Martineza Angkat^{1,2)}, Riswanti Sigalingging¹⁾, Saipul Bahri Daulay¹⁾

¹⁾Progam Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara
Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3 Kampus USU Medan 20155

²⁾Email: angkatrika@gmail.com

Diterima: 18 Juli 2018/ Disetujui: 25 Juli 2018

ABSTRACT

The accumulation of plastic waste increase continually due to the nature of the plastic that is difficult to decompose naturally so that it becomes a problem for the environment. Pyrolysis method is one of the alternative in handling of plastic waste that may overcome the dangers of plastic trash accumulation by decomposition the polymer into oil. This study was aimed to determine the yield, fuel quality of the oil and type of oil. The results showed that the highest yield of pyrolysis was found 21.1% in flower plastic vase oil (HDPE) and the lowest yield was 18.2% in mulch plastic oil (Polyethylene). The highest increase in amount of oil was at 125 minutes and decrease in amount of oil was at 150 minutes. Mulch plastic residue was 800 g, gunny sack plastic was 780 g and flower pot plastic oil was 795 g respectively. The highest cetane number was 67.2 for mulch plastic (Polyethylene) and the the lowest was 46.6 for plastic oil of gunny sack (Polypropylene).

Keywords: Cetane Number, Plastic waste, Pyrolysis method, Yield.

ABSTRAK

Penumpukan plastik bekas terus bertambah disebabkan oleh sifat plastik yang sulit terurai secara alami sehingga menjadi masalah bagi lingkungan hidup. Metode pirolisis merupakan salah satu alternatif dalam penanganan sampah plastik yang dapat mengatasi bahaya menumpuknya sampah plastik dengan cara mendekomposisikan kandungan polimer menjadi minyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendemen, kualitas bahan bakar dari minyak yang dihasilkan, dan jenis minyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen tertinggi pada alat pirolisis terdapat pada minyak plastik pot bunga yaitu sebesar 21,1% dan rendemen terendah pada minyak plastik mulsa yaitu 18,2%. Kenaikan jumlah minyak yang tertinggi pada menit 125 dan penurunan jumlah minyak terjadi menit ke 150. Residu plastik mulsa sebesar 800 g, plastik karung goni sebesar 780 g dan plastik pot bunga sebesar 795 g. Nilai bilangan setana tertinggi diperoleh pada minyak plastik mulsa yaitu 67,2 dan nilai bilangan setana terendah diperoleh pada minyak plastik karung goni yaitu 46,6.

Kata kunci: Bilangan Setana, Limbah Plastik, Metode pirolisis, Rendemen.

PENDAHULUAN

Plastik merupakan suatu bahan polimer yang tidak mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga penumpukan plastik bekas akan menimbulkan masalah bagi lingkungan hidup. Penumpukan plastik bekas terus bertambah disebabkan oleh sifat-sifat plastik, antara lain tidak dapat membusuk, tidak terurai secara alami dan tidak berkarat sehingga pada akhirnya menjadi masalah bagi lingkungan hidup. Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya.

Jenis polimer plastik umumnya berasal dari *polypropylene*, *polyethylene*, polistirena, atau polivinilklorida (PVC). Ada dua jenis *polyethylene*,

yaitu *high density polyethylene* (HDPE) dan *low density polyethylene* (LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai botol plastik minuman, sedangkan LDPE untuk kantong plastik. Penanganan sampah plastik yang efektif adalah memutus rantai polimer (fraksinasi). Metode pemecahan rantai polimer yang sudah dikenal adalah pirolisis, gasifikasi, degradasi termal maupun katalitik. Pengolahan sampah plastik yang paling memungkinkan adalah dengan proses pirolisis (Mulyadi, 2004). Keunggulan nyata dari pirolisis dibandingkan dengan pembakaran (incineration), yaitu dapat mereduksi gas buang. Dalam hal ini, plastik yang digunakan adalah plastik mulsa (*polyethylene*), plastik karung goni (*polypropylene*) dan plastik pot bunga (HDPE) dengan harapan nantinya dapat mengurangi

polusi lingkungan akibat sampah plastik yang sulit terurai serta dapat mengurangi kelangkaan energi serta menguji kualitas bahan bakar minyak dari minyak yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan plastik mulsa (polyethylene), plastik karung goni (polypropylene) dan plastik pot bunga (HDPE) karena pengolahannya mudah, ketahanan kimia yang sangat baik, daya tahan tinggi, fleksibilitas, dan kebebasan dari bau dan toksisitas dibandingkan dengan polimer lainnya dan juga masih minimnya pengolahan limbah pada plastik tersebut. Menurut (Mujiarto,2008) plastik yang baik mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (chemical resistance) yang tinggi, tetapi ketahanan pukul (impact strength) nya rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendemen dan kualitas bahan bakar minyak yang dihasilkan dari limbah plastik pertanian (plastik mulsa plastik karung) dan plastik pot bunga dengan menggunakan alat pirolisis limbah polimer.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan 3 jenis limbah plastik dengan menggunakan alat pengolahan limbah polimer pertanian untuk menghasilkan bahan bakar dengan kapasitas alat yaitu 5 kg. Pirolisis dilakukan pada sampel dengan berat kering total 2,5 kg untuk tiap jenis plastik.

Prosedur Penelitian

Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, dimersihkan dan memotong plastik yang akan didestilasi dengan ukuran $\pm 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$, dikeringkan bahan di bawah sinar matahari, dimasukkan bahan sebanyak 2,5 kg ke dalam wadah penampungan. Dimasukan cangkang kelapa sawit sebanyak 30 kg ke dalam wadah pembakaran, dimasukkan air ke dalam tabung kondensor, dimasukkan es batu ke dalam air, dibakar cangkang kelapa sawit hingga suhu mencapai 350°C , dilakukan pengamatan parameter.

Parameter Penelitian

Rendemen (%)

Perhitungan rendemen dilakukan setelah proses pengolahan limbah polimer selesai dilakukan kemudian rendemen dihitung berdasarkan persamaan :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa asap cair yang dihasilkan (g)}}{\text{massa bahan yang akan diolah (g)}} \times 100\%$$

(Utama, 2016)

Kualitas Bahan Bakar Minyak

Kualitas bahan bakar minyak ialah suatu proses yang memastikan bahwa produk bahan bakar limbah plastik pertanian yang dihasilkan memenuhi atau melampaui persyaratan yang telah ditetapkan. Pencarian bilangan setana dilakukan dengan menggunakan mesin uji standar dan kondisi operasi mesin untuk membandingkan karakteristik intensitas ketukan dari bahan bakar uji (sampel) dengan bahan bakar campuran. Alat yang digunakan merupakan alat untuk mencari bilangan oktan namun sudah dimodifikasi untuk dapat mencari bilangan setana. Penentuan bilangan setana diperoleh dengan menyesuaikan antara rasio kompresi dan rasio bahan bakar/ udara. Dalam pengujian sampel ini, lemigas menggunakan metode uji ASTM D. 2699 untuk pengujian bilangan setana dimana pada umumnya pengujian dilakukan dengan prosedur kerja sebagai berikut :

- Rasio kompresi dan rasio bahan bakar/ udara antara masing-masing bahan bakar disesuaikan untuk menghasilkan intensitas ketukan standar.
- Alat untuk bahan bakar uji diukur dengan sistem alat meteran detonasi spesifik khusus elektronik dan menggunakan petunjuk intensitas ketukan standar.
- Di dalam tabel petunjuk tersebut menghubungkan rasio kompresi dengan bilangan oktan.
- Hasil dari rasio kompresi tersebut akan disesuaikan ke tabel petunjuk intensitas ketukan standar sehingga diketahui bilangan oktannya.
- Rasio bahan bakar udara untuk bahan bakar uji dan masing-masing dari bahan bakar campuran rujukan disesuaikan untuk memaksimalkan intensitas ketukan. Intensitas ketukan yang maksimal diketahui dari alat meteran detonasi spesifik khusus elektronik. (ASTM D2699, 2003)

Jenis Minyak

Jenis minyak diketahui dengan melakukan pengujian metode ASTM D. 6730 menggunakan *gas chromatography*. Alat ini digunakan untuk memisahkan komponen kimia bahan dari gas-gas yang ringan sampai komponen berat yang sukar menguap sehingga diketahui zat-zat penyusun bahan bakar minyak pirolisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui seberapa besar minyak yang dihasilkan oleh alat dalam memproduksi minyak

tiap satuan berat bahan yang diolah. Perhitungan rendemen dapat dilihat pada Tabel 1.

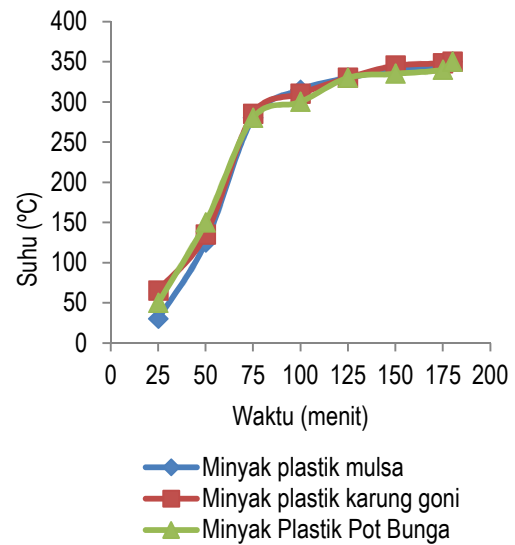
Tabel 1. Rendemen minyak plastik

Jenis plastik	Jumlah bahan baku (g)	Volume minyak (ml)	Rendemen minyak (%)
Mulsa	2500	630	23,6
Karung Goni	2500	570	21,5
Pot Bunga	2500	660	25,6
Rata-rata	2500	620	23,5

Dari pengolahan ketiga minyak plastik yang dilakukan, diperoleh rendemen tertinggi pada minyak plastik pot bunga yaitu 25,6 dan rendemen terendah pada minyak plastik karung goni yaitu 21,5 % (Tabel 1). Hal ini disebabkan oleh perubahan suhu pada saat pirolisis plastik karung goni sehingga suhu pada ruang bakar menjadi tidak maksimal yang berakibat langsung pada minyak yang dihasilkan. Rata-rata rendemen dari ketiga minyak plastik tersebut adalah 23,5 %. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ramadhan dan Ali (2012) yang menyatakan bahwa produk pirolisis selain dipengaruhi oleh suhu dan waktu juga dipengaruhi oleh laju pemanasan.

Rendemen minyak plastik hasil pirolisis yang diperoleh pada penelitian ini lebih kecil dibanding penelitian sebelumnya dimana hasil rendemen tertinggi pada penelitian sebelumnya berkisar 26,6 % yaitu penelitian Sembiring (2017), sedangkan pada penelitian ini diperoleh rendemen berkisar 23,5 %. Menurut Cahyono, dkk (2016), rata-rata rendemen yang diperoleh dari pirolisis sampah plastik berkisar 36-44% dan menurut Budi dan Ismanto (2016), pengolahan sampah plastik jenis PP, PET dan HDPE menjadi bahan bakar minyak mempunyai rata-rata rendemen sebesar 70%. Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor seperti faktor suhu lingkungan, bahan bakar dan bahan baku yang berbeda. Dimana suhu lingkungan yang tidak stabil dapat mempengaruhi kinerja alat, bahan bakar yang berbeda juga mempengaruhinya karena alat yang mencapai rendemen tertinggi tersebut memakai kompor gas serta bahan baku yang digunakan yang memiliki kandungan minyak yang lebih banyak.

Dari penelitian ini diperoleh data peningkatan suhu minyak pada ketiga jenis plastik per satuan waktu (menit). Grafik peningkatan suhu pada saat pembakaran ketiga plastik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik peningkatan suhu minyak pada ketiga jenis plastik

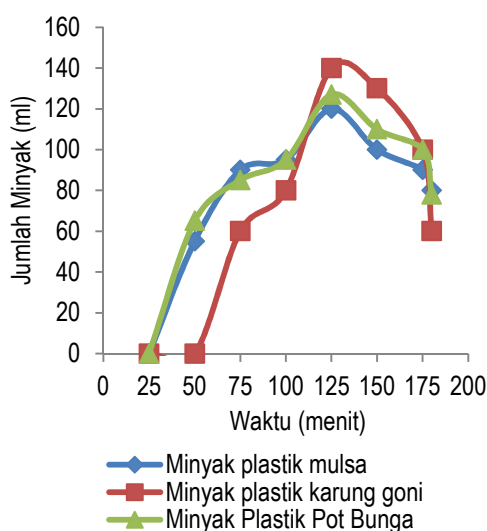
Urutan kenaikan suhu pada pirolisis plastik mulsa dimulai dari menit 0-25 mencapai suhu 30°C, menit ke 25-50 mencapai suhu 125°C, menit ke 50-75 mencapai suhu 280°C, menit 75-100 mencapai suhu 315 °C. Pada plastik mulsa, tetesan pertama minyak hasil pirolisis terjadi pada menit ke 40. Kemudian suhu terus naik maksimal sampai 350°C selama 3 jam hingga tidak ada lagi minyak yang menetes.

Urutan kenaikan suhu pada pirolisis plastik karung goni dimulai dari menit 0-25 mencapai suhu 65°C, menit ke 25-50 mencapai suhu 135°C, menit ke 50-75 mencapai suhu 285°C, menit 75-100 mencapai suhu 310 °C. Pada plastik karung goni, tetesan pertama minyak hasil pirolisis terjadi pada menit ke 70. Kemudian suhu terus naik maksimal sampai 350°C selama 3 jam hingga tidak ada lagi minyak yang menetes.

Urutan kenaikan suhu pada pirolisis plastik pot bunga dimulai dari menit 0-25 mencapai suhu 50°C, menit ke 25-50 mencapai suhu 150°C, menit ke 50-75 mencapai suhu 280°C, menit 75-100 mencapai suhu 300 °C. Pada minyak plastik pot bunga, tetesan pertama minyak hasil pirolisis terjadi pada menit ke 45. Kemudian suhu terus naik maksimal sampai 350°C selama 3 jam hingga tidak ada lagi minyak yang menetes.

Pada proses pirolisis ketiga plastik diperoleh kenaikan suhu setiap waktunya. Pada umumnya peningkatan kuantitas minyak terjadi pada menit 125 karena pada suhu 330 °C sudah melampaui titik leleh. Hal ini sesuai dengan Akbar, dkk., (2013) yang menyatakan bahwa produk pirolisis dipengaruhi oleh suhu dan waktu. Waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena semakin lama proses pirolisis maka suhu

semakin meningkat. Meningkatnya temperatur pirolisis menyebabkan semakin besar pula unsur-unsur dalam plastik yang terurai dan terkondensasikan menjadi asap cair. Besar api yang digunakan berpengaruh terhadap kenaikan dan penurunan suhu didalam ruang reaktor yang menyebabkan terjadinya kenaikan atau penurunan hasil dari pirolisis yang dilakukan. Artinya semakin besar api, maka semakin cepat suhu meningkat sehingga tetesan minyak semakin cepat. Sedangkan bila api semakin kecil, maka semakin menurun suhu di dalam reaktor yang menyebabkan tetesan minyak semakin melambat, sehingga laju perpindahan panas di dalam reaktor menjadi melambat dan menyebabkan gas yang dihasilkan berkurang. Hal inilah yang menjadi faktor utama penyebab rendemen minyak beragam.



Gambar 2. Grafik peningkatan jumlah minyak

Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa kenaikan jumlah minyak yang tertinggi pada menit ke 125 dan penurunan jumlah minyak terjadi pada menit ke 150. Terjadinya penurunan minyak disebabkan oleh minyak yang terkandung di dalam plastik tersebut semakin lama semakin habis. Hal ini sesuai dengan Ramadhan dan Ali (2012) yang menyatakan bahwa jika melebihi waktu optimal maka karbon akan teroksidasi oleh oksigen (terbakar) menjadi karbondioksida dan abu. Untuk itu pada proses pirolisis penentuan waktu optimal sangatlah penting.

Adanya tren kenaikan produk minyak dan penurunan produk gas dan padatan hasil proses pirolisis ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Pei, dkk., (2013). Oleh karena itu, pirolisis bisa dilihat sebagai proses untuk mengeluarkan bahan-bahan yang mudah menguap dari sampah plastik. Jika suhu proses

sangat tinggi, maka bahan organik dengan titik leleh dan berat molekul yang besar, yang selama ini tertinggal sebagai bagian dari residu padatan akan terlepas dalam bentuk gas yang menguap. Pada akhirnya, gas-gas yang menguap tersebut akan terkondensasi menjadi minyak.

Residu

Dari penelitian yang dilakukan, dalam setiap pengolahan limbah plastik diperoleh sisa pirolisis atau residu. Residu hasil pirolisis pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Residu hasil pirolisis

Jenis Minyak	Residu Hasil Pirolisis (g)
Plastik Mulsa	800
Plastik Karung Goni	780
Plastik Pot Bunga	795

Dari Tabel 2 diperoleh residu hasil pirolisis yang tertinggi pada jenis minyak plastik mulsa dan residu hasil pirolisis yang paling rendah adalah pada plastik karung goni. Residu dari hasil pirolisis 2,5 kg limbah plastik pada ketiga bahan yang didapat adalah plastik karung goni sebesar 780 g, plastik mulsa sebesar 800 g dan plastik pot bunga sebesar 795 g. Residu minyak plastik mulsa bertekstur lembut dan mudah dibentuk. Residu minyak plastik karung goni bertekstur lebih lembut dari minyak plastik mulsa serta bisa dibentuk dan berwarna kuning kehitaman dan residu minyak plastik pot bunga bertekstur sedikit keras dan susah dibentuk. Minyak plastik karung goni yang berjenis *polypropylene* menghasilkan pembakaran yang sempurna. Plastik jenis *polypropylene* memiliki titik leleh sebesar 190-200°C maka plastik jenis *polypropylene* dapat dinyatakan mengalami proses pirolisis yang sempurna. Pada suhu tersebut, plastik berubah wujud menjadi cair dan hanya sebagian kecil bagian yang berubah wujud menjadi gas, kemudian plastik dalam wujud cair tersebut berubah bentuk menjadi bentuk yang solid ketika proses pemanasan berhenti.

Kualitas Bahan Bakar Minyak

Bilangan Setana

Bilangan setana merupakan suatu indeks yang biasa digunakan bagi bahan bakar motor diesel atau solar untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap detonasi (ledakan). Bilangan setana bukan untuk menyatakan kualitas dari bahan bakar diesel atau solar tetapi bilangan yang dipakai untuk menyatakan kualitas dari penyalaan bahan bakar atau ukuran untuk menyatakan keterlambatan pengapian dari bahan bakar itu sendiri.

Tabel 3. Bilangan setana minyak plastik

Jenis minyak	Bilangan setana
Plastik mulsa	67,2
Plastik karung goni	46,6
Plastik pot bunga	65,3

Dari Tabel 3 diperoleh bilangan setana yang tertinggi pada jenis minyak plastik mulsa dan bilangan setana yang paling rendah adalah pada plastik karung goni. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hendarsono (2005) yang menyatakan bilangan setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang dapat diinjeksikan ke ruang bahan bakar agar terbakar secara spontan. Semakin rendah bilangan setana maka semakin rendah pula kualitas penyalaan karena memerlukan suhu penyalaan yang lebih tinggi. Angka setana yang lebih tinggi umumnya tidak memberikan tenaga lebih, efisiensi bahan bakar lebih, atau pengurangan emisi, meskipun di beberapa mesin diesel berkinerja tinggi angka setana yang direkomendasikan dapat mencapai 60. Tabel 3 menunjukkan bahwa karakteristik angka setana minyak plastik dan plastik pot bunga belum memenuhi karakteristik yang ditetapkan SNI minyak solar hasil minyak bumi yaitu 45-48 namun bilangan setana dari minyak plastik karung goni sudah mendekati bilangan setana dari solar.

Jenis Minyak

Uji yang dilakukan untuk mengetahui jenis minyak adalah dengan metode ASTM D. 6730 menggunakan *gas chromatography*, dimana hasil yang diperoleh berdasarkan kromatogram belum dapat diklasifikasikan. Artinya, cairan tersebut belum memenuhi kriteria untuk dinyatakan sebagai minyak bahan bakar.

KESIMPULAN

1. Rendemen tertinggi pada alat pirolisis terdapat pada minyak plastik pot bunga yaitu sebesar 22,9 % dan rendemen terendah pada minyak plastik karung goni yaitu 19,8 %, sedangkan pada alat sebelumnya memiliki rendemen sebesar 26,6 %.
2. Semakin bertambahnya waktu maka suhu pada reaktor semakin meningkat yang menyebabkan peningkatan jumlah minyak yang dihasilkan per satuan waktu.
3. Kenaikan jumlah minyak yang tertinggi pada menit ke 125 dan penurunan jumlah minyak terjadi pada menit ke 150.
4. Nilai bilangan setana tertinggi diperoleh pada minyak plastik mulsa yaitu 67,2 dan nilai bilangan setana terendah diperoleh pada minyak plastik karung goni yaitu 46,6.

5. Hasil uji dari pengolahan limbah plastik pertanian pada alat pirolisis limbah polimer belum dapat diklasifikasikan sebagai bahan bakar.
6. Residu dari hasil pirolisis plastik mulsa sebesar 800 g, plastik karung goni yaitu sebesar 780 g dan plastik pot bunga sebesar 795 g

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., R. Paindoman, P. Coniwanti. 2013. Pengaruh Variabel Waktu dan Temperatur Terhadap Pembuatan Asap Cair. *Jurnal Teknik Kimia* 1 :1-8.
- An American National Standard D2699, 2003. Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel, New York.
- Budi, S. dan Ismanto, 2016. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. Skripsi. Universitas Janabadra, Yogyakarta.
- Cahyono, N., P. Mandala, Ma'arif, Sukarjo, T. Wardoyo, 2016. Pengaruh Suhu terhadap Rendemen dan Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. Skripsi. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal* 1: 49-59.
- Hendarsono, T. 2005. Pemanfaatan Minyak Dari Tumbuhan Untuk Pembuatan Biodiesel. www.Biodiesel.org.
- Mujiarto, I., 2008. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Jurnal Traksi* 2:65-73.
- Mulyadi, E., 2004. Termal Dekomposisi Sampah Plastik. *Jurnal Rekayasa Perencanaan* 1:2-7.
- Pei, T., M. Xiao-bo, C. De-zhen, dan W. Hai, 2013. Pyrolysis of Waste Plastic : Effect of Heating Rate on Product Yields and Oil Properties. *Journal Advanced Materials Research* 666:1-10.
- Ramadhan P. A., dan M . Ali, 2012. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 1:208-210.
- Sembiring, S.V. 2017. Uji Berbagai Jenis Bahan Plastik Pada Alat Pengolahan Limbah Plastik Berbahan Bakar Tempurung Kelapa.

Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Utama, D.H. 2016. Uji Berbagai Jenis Bahan Plastik Pada Alat Pengolahan Limbah

Plastik Berbahan Bakar Tempurung Kelapa. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.