

Pengujian Alat Pengolah Limbah Plastik Jenis Ps (*Polystyrene*) Menjadi Bahan Bakar Alternatif

*Zaenal Abidin¹, Sugeng Tirta Atmadja², Ariyanto²

¹Mahasiswa Program Studi S1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Program Studi S1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email: zaenalabidin.bidin@gmail.com

Abstrak

Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semi sintetik yang berasal dari minyak bumi dan gas alam. Dari produk plastik, dihasilkan salah satunya polistirena (PS). Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Alternatif lain penanganan sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui factor kondisi, serta mengetahui densitas dan nilai kalor dari minyak sampah PS hasil proses pirolisis. Penelitian ini dilakukan dengan metode pirolisis dimana sampah plastik jenis Polystyrene, dibakar di dalam reactor. Selama proses memiliki 3 suhu diantaranya 350°C dari hasil pirolisis menghasilkan volume 340 ml, densitas 0,8640 gr/ml, nilai kalor 35,348 J/gr, kemudian suhu 500°C menghasilkan volume 365 ml, densitas 0,8888 gr/ml, nilai kalor 34,687 J/gr, dan suhu yang ketiga 700°C menghasilkan volume 375 ml, densitas 0,9170 gr/ml, nilai kalor 29,914 J/gr.

Kata kunci: Densitas, Kalor, Pirolisis, Polistirena (PS), volume.

Abstract

Plastic is an organic material of synthetic or organic material semi-synthetic derived from petroleum and natural gas. Of plastic products, produced one of polystyrene (PS). Increasingly this plastic waste will be a serious problem if not the solution sought. Another alternative handling of plastic waste that is currently widely researched and developed is converting plastic waste into fuel oil. The purpose of the study to know the condition factor, and to know the density and calorific value of oil bins PS result of the pyrolysis process. This research was conducted by the pyrolysis method wherein a plastic garbage types of Polystyrene, burned in the reactor. During the process of which has 3 temperature 350°C from the pyrolysis generates 340 ml volume, density 0.8640 g / ml, the calorific value of 35.348 J / g, then the temperature 500°C produce 365 ml volume, density 0.8888 g / ml, the calorific value of 34.687 J / g, and a third temperature 700°C produce 375 ml volume, density 0.9170 g / ml, the calorific value of 29.914 J / g.

Keywords: Density, heat, Polystyrene (PS), pyrolysis, volume

1. Pendahuluan

Sampah didefinisikan sebagai semua bentuk limbah berbentuk padat yang berasal dari kegiatan manusia dan hewan kemudian dibuang karena tidak bermanfaat atau keberadaannya tidak diinginkan lagi [1]. Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari. Menurut definisi dari plastik sebagai material polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan [2].

Polimer adalah molekul yang besar yang telah mengambil peran yang penting dalam teknologi karena mudah dibentuk dari satu bentuk ke bentuk lain dan mempunyai sifat, struktur yang rumit. Hal ini disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya lebih rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur yang tersusun secara berulang dan diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen [3].

Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semi sintetik yang berasal dari minyak bumi dan gas alam. Dari produk plastik, dihasilkan *polyethylene terephthalate* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), *polistirena* (PS), *polyurethane* dan

polifenol, menghasilkan limbah plastik yang kira-kira terdiri dari 50-60% jenis PE, 20-30% dari PP, 10-20% PS dan, 10% PVC [4].

Plastik merupakan suatu komoditi yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan atau produk yang digunakan terbuat dari plastik dan sering digunakan sebagai pengemas bahan baku. Namun pada kenyataannya, sampah plastik menjadi masalah lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami proses daur ulang. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, tahan air serta ekonomis [5].

Semakin meningkatnya sampah plastik ini akan menjadi masalah serius bila tidak dicari penyelesaiannya. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan metode 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. *Recycle* adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastik.

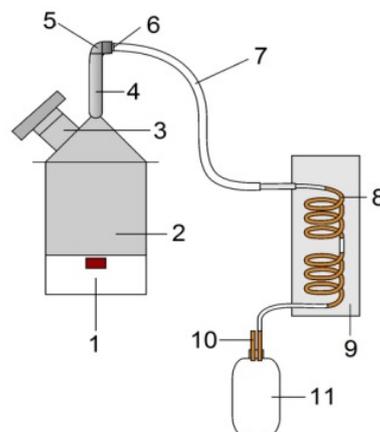
Alternatif lain penanganan sampah plastik yang saya teliti adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Cara ini sebenarnya termasuk dalam recycle akan tetapi daur ulang yang dilakukan adalah tidak hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui suhu optimum, minyak yang dihasilkan, konsumsi lpg, nilai densitas dan nilai kalor dari minyak hasil proses pirolisis.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental yaitu untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris. Penelitian ini menggunakan alat pengolah sampah menjadi bahan bakar alternatif, gas lpg, kompor bakar, sampah plastik *Polystyrene*, dan air es untuk kondensasi. Penelitian ini dilakukan dengan metode pirolisis dimana sampah plastik jenis *Polystyrene*, dibakar di dalam reaktor untuk diuapkan materi hidrokarbonnya, kemudian setelah materi hidrokarbon ini diuapkan kemudian didinginkan di dalam kondensor untuk diembunkan. Pengembunan yang dilakukan ini bertujuan menjadikan uap tersebut menjadi minyak.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui faktor dan kondisi apa saja yang berpengaruh pada proses konversi sampah plastik *Polystyrene* menjadi bahan bakar alternatif. Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah suhu pada reaktor, sebelum masuk kondensor, setelah melalui kondensor, suhu air pendingin pada kondensor, volume minyak yang dihasilkan dan yang terakhir menganalisa densitas dan nilai kalor dari minyak tersebut.



Gambar 1. Alat pengolah limbah plastik

Alat pengolah sampah plastik ini terdiri dari :

- Kompor gas (1) sebagai alat pembakaran reaktor
- Reaktor (2) yang terbuat dari plat besi berbentuk persegi panjang dengan ketebalan 3 mm pada bagian bawah dan 2 mm pada bagian lainnya
- Tutup samping (3) sebagai tempat untuk memasukan sampah.
- Pipa keluaran (4) sebagai jalur keluarnya uap.
- *Elbow* (5) sebagai penghubung pipa reaktor dengan *Double niple* untuk nantinya *double niple* disambungkan dengan selang tahan panas
- *Double niple* (6) untuk menghubungkan selang tahan panas dengan pipa reaktor
- Selang (7) untuk mengalirkan dari reaktor menuju pipa tembaga untuk nanti dikondensasi saat uap berada di pipa tembaga

- Pipa tembaga (8) untuk jalur uap yang dikondensasi, pipa tembaga ini berbentuk spiral dan diletakkan didalam didalam tempat yang sudah berisi air es
- Unit pendingin (9) sebagai pendingin uap hasil pembakaran
- Pipa tembaga (10) untuk jalur keluarnya uap yang tidak sempat terkondensasi, suhu uap ini mencapai 20°C.
- Botol penampung (11) sebagai penampung minyak hasil pirolisis.

Langkah-langkah pengujian dilakukan adalah sebagai berikut :

- Persiapkan peralatan sesuai dengan yang diperlukan dalam pengujian..
- Setelah semua instalasi sudah dilakukan hidupkan kompor dan dilakukan penyetingan pada suhu 350°C pada *Thermocouple*. Setelah mencapai suhu yang ditentukan, maka saat itu waktu mulai dihitung sebagai waktu awal dan menghitung waktu selama 1 jam
- Menimbang plastik jenis *Polystyrene* (1 kg) yang akan diolah.
- Potong kecil kecil plastik jenis *Polystyrene* sebelum masuk reaktor.
- Memasukkan plastik yang sudah di timbang ke dalam reaktor.
- Matikan kompor setelah waktu pembakaran sudah sampai pada waktu yang di tentukan.
- Catat hasil minyak yang dihasilkan selama waktu pembakaran.
- Ulangi langkah percobaan diatas dengan menggunakan suhu 500°C dan 700°C
- Setelah semua sampel minyak pirolisis berhasil didapatkan maka dilakukan pengujian karakteristik masing-masing sampel di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro
- Selesai

3. Hasil dan analisa

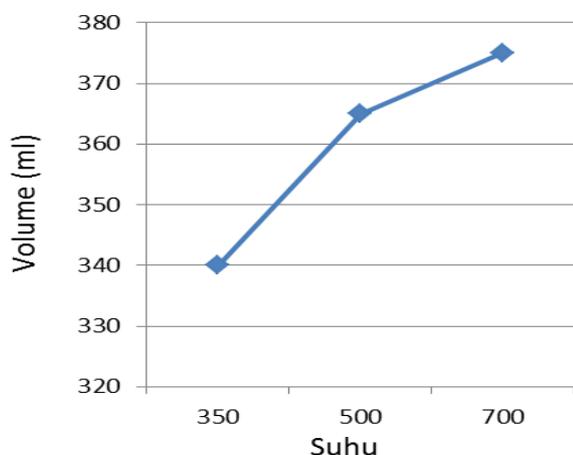
3.1. Hasil pirolisis

Setelah dilakukan proses pirolisis dengan bahan baku plastik jenis *Polystyrene* 1 kg maka di peroleh hasil yaitu perbandingan konsumsi gas dan volume hasil proses dengan menggunakan variasi suhu yang berbeda. Maka didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 1. Hasil pirolisis dalam berbagai suhu dan volume

No	Suhu (°C)	Volume (ml)	Konsumsi elpiji (kg)
1	350 Minyak berwarna coklat	340	0,07
2	500 Minyak berwarna coklat tua	365	0,09
3	700 Minyak berwarna hitam	375	0,12

Berikut adalah grafik perbandingan yang didapatkan antara volume yang dihasilkan dengan beberapa suhu pirolisis yang telah dilakukan:



Gambar 2. Grafik perbandingan volume dan suhu

Dari gambar 2 dapat dilihat hasil perbandingan volume pirolisis dan didapat nilai tertinggi untuk volume yaitu pada suhu 700°C dengan volume yang dihasilkan 375 ml . Hal ini disebabkan karena suhu tinggi, semakin tinggi suhu

pembakaran sampah plastik yang terbakar juga semakin sempurna sehingga sampah benar benar bisa habis terbakar dan menyebabkan hasilkan volume semakin banyak.

3.2. Hasil analisis minyak pirolisis

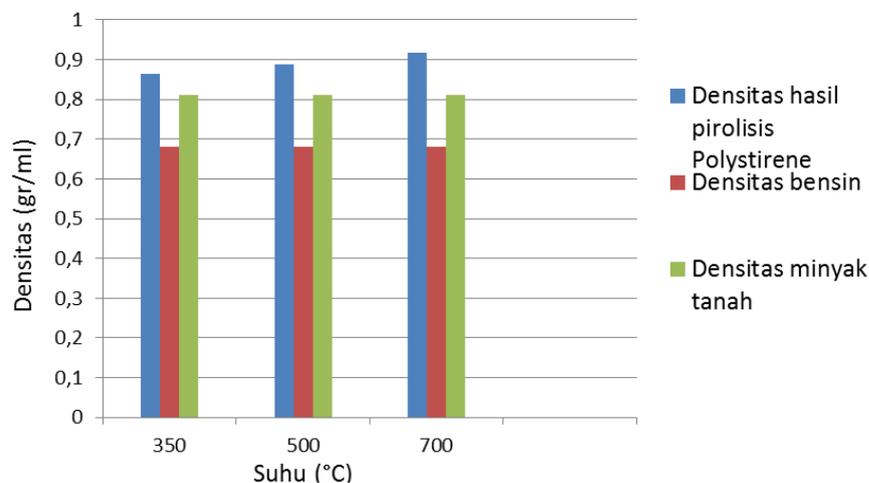
3.2.1. Analisis densitas

Dari hasil proses pirolisis maka didapatkan densitas sebagai berikut

Tabel 2. hasil pirolisis dalam berbagai suhu dan densitas

No	Suhu (°C)	Densitas (gr/ml)
1	350	0,8640
2	500	0,8888
3	700	0,9170

Berikut adalah grafik perbandingan yang didapatkan antara densitas yang dihasilkan proses pirolisis dengan densitas dari bensin dan minyak tanah:



Gambar 3. Grafik perbandingan densitas dengan suhu

Dari Gambar 3 dapat disimpulkan hasil perbandingan densitas pirolisis di dan didapat nilai tertinggi untuk densitas yaitu pirolisis pada suhu 700 °C. Hasil nilai densitas merupakan berbanding terbalik dari volume yang dihasilkan dalam pirolisis, dengan rumus massa jenis yaitu massa per volume.

Nilai densitas tiap suhu tidak berbeda jauh. Nilai rata-rata dari berbagai suhu untuk plastik *Polystyrene* yaitu 0,8899 g/mL. Nilai ini cukup dekat jika dibandingkan dengan nilai densitas bahan bakar minyak yaitu bensin (0,68 kg/L) dan minyak tanah (0,78-0,81 kg/L). Nilai ini juga cukup dekat jika dibandingkan dengan alkohol yang bernilai 0,79 kg/L

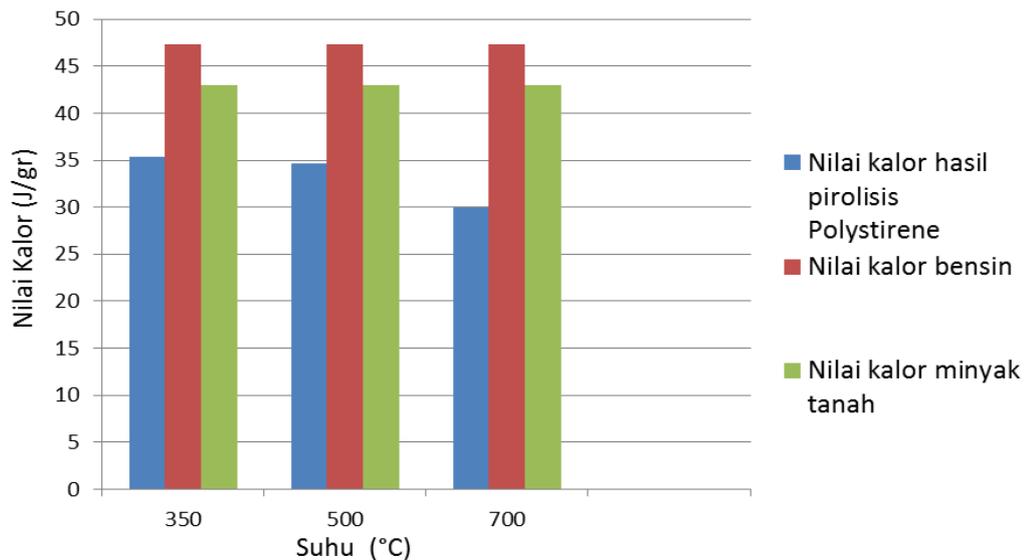
3.2.2. Analisis nilai kalor

Dari hasil proses pirolisis maka didapatkan nilai kalor sebagai berikut:

Tabel 3. hasil pirolisis dalam berbagai suhu dan nilai kalor

No	Suhu (°C)	Nilai Kalor (Joule/gram)
1	350	35,348
2	500	34,687
3	700	29,914

Berikut adalah grafik perbandingan yang didapatkan antara nilai kalor yang dihasilkan dengan proses pirolisis dengan nilai kalor dari bensin dan minyak tanah:



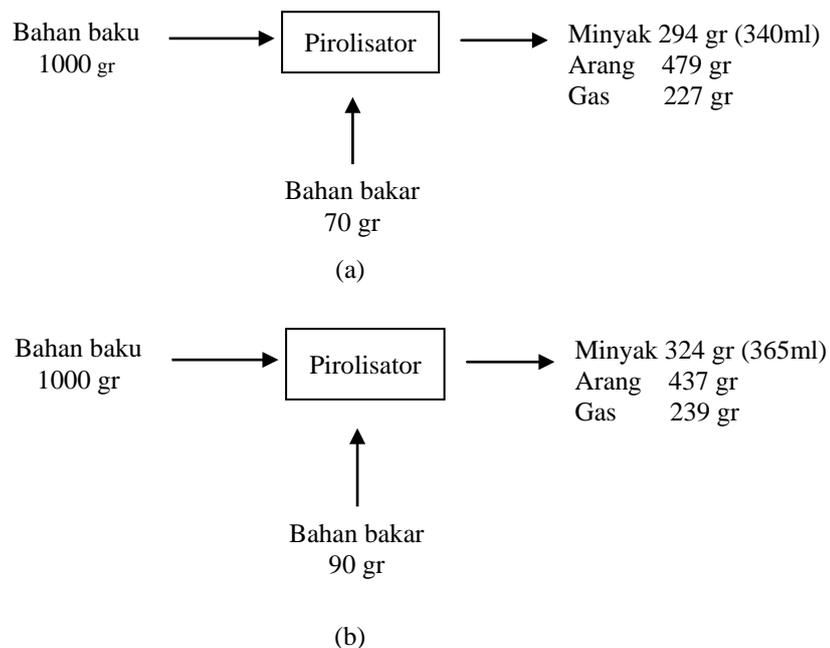
Gambar 4. Grafik perbandingan nilai kalor dengan suhu

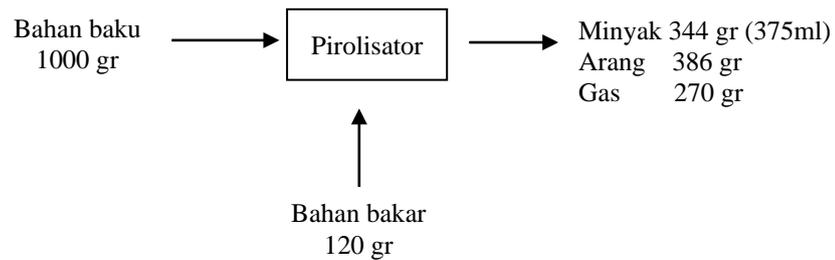
Dari Gambar 4 didapatkan hasil perbandingan nilai kalor pirolisis di berbagai suhu dan didapat nilai tertinggi untuk nilai kalor yaitu pirolisis dengan bahan baku sampah plastik pada suhu 350°C.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai kalor minyak pirolisis tiap suhunya ada perbedaan nilai namun perbedaan tersebut rentangnya tidak begitu jauh. Dari Tabel 3 diketahui bahwa rata-rata nilai kalor dari minyak pirolisis yang dihasilkan adalah 33,316 J/g. Jika dibandingkan dengan nilai kalor bahan bakar minyak yaitu bensin (47,3 J/g) dan minyak tanah (43 J/g) maka nilai kalor hasil pirolisis ini nilainya cukup berbeda namun jika dibandingkan dengan berbagai macam nilai kalor pada bahan bakar, maka nilai kalor dari minyak pirolisis hampir sama dengan nilai kalor kokas yaitu sebesar 28-31 J/g. Dan pada suhu 700°C yang memiliki nilai 29,914 J/g hampir sama dengan alkohol 96% yaitu 30 J/g.

3.2.3. Diagram Alir Pirolisis

Dari hasil proses pirolisis maka didapatkan hasil berupa perbandingan efisiensi gas terhadap bahan baku yang diolah, perbandingan bahan bakar yang digunakan terhadap minyak hasil pirolisis, dan kesetimbangan kalor. Pada suhu 350°C maka diperoleh diagram alir proses pirolisis seperti Gambar 5.





(c)

Gambar 5. Diagram Alir pirolisis pada suhu (a) 350°C, (b) 500°C dan (c) 700°C

4. Penutup

Hasil penelitian dari proses pirolisis pada plastik jenis *polystyrene* dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil volume minyak terbanyak adalah pada temperatur dinding reaktor 700°C yaitu sebesar 375 ml dengan konsumsi elpiji sebesar 0,12 kg. Dan untuk massa jenis rata-rata jenis plastik *Polystyrene* yaitu 0,8899 g/mL sedangkan nilai kalor rata-rata adalah 33,316 J/g. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan suhu dinding reaktor yang cukup signifikan, terhadap nilai kalor minyak pirolisis plastik *Polystyrene*. Suhu optimum pada proses pirolisis yaitu pada temperatur dinding reaktor 350°C karena memiliki nilai kalor yang paling tinggi yaitu 35,348 J/g.

Pada penelitian ini terdapat kekurangan sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang teknik proses pirolisis dan sistem pendingin yang memadai untuk pirolisis plastik ini, dan juga rancangan pembuatan reaktor pirolisis disarankan menggunakan dimensi silinder untuk meminimalisir kebocoran dan untuk distribusi panas yang lebih merata.

Daftar Pustaka

- [1] Tchobanoglous. (1993). *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- [2] Agustina, S. P. (2014). *Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Umbi Gadung*. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- [3] Sari, D. P. (2014). *Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati dari Keladi*. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- [4] Sarker, M., Rashid, M. M. (2013). *Mixture of LDPE, PP and PS Waste Plastics into Fuel by Thermolysis Process*. International Journal of Engineering and Technology Research, Vol. 1, No. 1.
- [5] Darni, Y., Utami, H. (2010). *Studi Pembuatan dan Karakteristik Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, Vol.7, No.4, Hal. 190-195. ISSN 1412-5064.