

BRICKETTING POLY-STYRENE WASTE DENGAN METODE THERMAL DECOMPOSITION SEBAGAI BOILER FUEL RAMAH LINGKUNGAN

Naila Adiba, Profiyanti Hermien Suharti, Agung Ari Wibowo
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
germannaila1997@gmail.com, [profiyanti@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Modernisasi saat ini berdampak besar bagi kemajuan teknologi, disisi lain terdapat banyak masalah yang ditimbulkan yaitu meningkatnya permasalahan limbah yang tidak terselesaikan dikarenakan pertumbuhannya semakin tidak terkendali, terutama limbah *styrofoam* (*polystyrene*). Produksi *styrene* pada tahun 1973 tercatat 25.000 ton, dan pada 2010 jumlahnya melonjak 1.000 kali menjadi 25 juta ton. Sampah plastik membutuhkan 100-500 tahun untuk terurai dan *styrofoam* sebagai limbah yang tidak dapat diurai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan rasio massa *styrofoam* : massa limbah makanan terhadap kapasitas panas dan lama nyala serta mengetahui nilai kalor tertinggi pada variabel terbaik. *Styrofoam* dapat diproses dengan Metode Dekomposisi Termal untuk memecah rantai polimernya yang panjang. Metode Dekomposisi Termal adalah proses pengolahan dimana *styrofoam* akan mengalami pemutusan ikatan dan pembentukan tar batubara. Penambahan limbah organik yaitu sisa makanan akan meningkatkan nilai kapasitas panas produk. Produk briket dianalisis dalam dua tahap di mana hasil konversi tertinggi dari analisis pertama akan diteliti lebih lanjut menurut analisis batubara. Hasil briket terbaik dengan perbandingan 2:1 (*styrofoam* : limbah makanan) dengan lama proses 5 menit dan suhu 450°C dengan hasil nilai kalor 6352,072 kal/gram.

Kata kunci: Briket, *Styrofoam*, *Pyrolysis*, *Styrene*.

ABSTRACT

Modernization is currently having a major impact on technological progress, there are many impact from unresolved waste due to increasingly uncontrolled growth, especially *styrofoam* (*polystyrene*) waste. *Styrene* production in 1973 was recorded at 25,000 tons, and in 2010 the number jumped 1,000 times to 25 million tons. Plastic waste takes 100-500 years to decompose and *styrofoam* as waste that cannot be decomposed. The purposes of this research are to determine the effect of temperature and mass ratio of *Styrofoam* : food waste to heat capacity and flame length and to determine the highest heating value of the best variable. The Thermal Decomposition Method is a processing process in which *styrofoam* will experience bond breaking and coal tar formation. The addition of organic waste, ie food waste, will increase the value of the product's heat capacity. Briquette products are analyzed in two stages where the highest conversion results from the first analysis will be further investigated according to coal analysis. The best briquette results with a ratio of 2: 1 (*Styrofoam*: food waste) with a 5 minute process time and a temperature of 450°C with a heating value of 6352,072 cal/gram.

Keywords: *Briquettes*, *Styrofoam*, *Pyrolysis*, *Styrene*.

1. PENDAHULUAN

Modernisasi saat ini berdampak besar bagi kemajuan teknologi, disisi lain terdapat banyak masalah yang ditimbulkan yaitu meningkatnya permasalahan limbah yang tidak

terselesaikan dikarenakan pertumbuhannya semakin tidak terkendali, terutama limbah *styrofoam* (*polystyrene*) [1].

Dalam Undang-undang No.18 Tahun 2008 dijelaskan bahwa sampah adalah sisa atau barang yang telah digunakan dan tidak digunakan lagi oleh pemakainya. Di Indonesia sampah menjadi salah satu permasalahan nasional dan sinyal darurat pemerintah. Dari sekian banyak jenis sampah terdapat *styrofoam* yang tidak dapat ditangani dengan metode *open dumping*, maupun *landfill* karena tidak dapat terurai oleh mikroorganisme. *Styrofoam* merupakan jenis polimer plastik yang muncul sejak tahun 1839 dan diproduksi secara massal mulai tahun 1940. Pergerakan jumlah *styrofoam* dapat dilihat dari Table 1.1 berikut.

Tabel 1. Distribusi polimer jenis *polystyrene* [2]

Penggunaan	1955	1960	1965	1970	1975	1980
<i>Styrofoam</i>	44%	46%	55%	61%	62%	63%
ABS	0%	2%	5%	7%	8%	9%
SAN	8%	8%	6%	6%	7%	7%
<i>Styrene Copolimer</i>	6%	4%	5%	5%	2%	3%
SBR	40%	35%	22%	14%	11%	9%
UPR	2%	4%	6%	5%	7%	6%
Polimer <i>styrene</i>	0%	0%	0%	1%	1%	2%

Produksi *styrene* pada tahun 1973 tercatat sebanyak 25.000 ton, dan ditahun 2010 jumlahnya melonjak 1000 kali menjadi 25 juta ton [3] menjelaskan bahwa sampah plastik membutuhkan waktu 100-500 tahun untuk penguraian dan *styrofoam* sebagai sampah yang tidak dapat terurai. apabila tidak ada batasan atau sistem penanganan yang baik maka Indonesia yang seharusnya menjadi negara maju berubah menjadi negara penyumbang sampah terbesar di dunia. Hingga saat ini penelitian para pakar kimia tentang bahaya *poly-styrene* dan pada khususnya tentang penanganan *poly-styrene* mengalami banyak hambatan. Beberapa penelitian pakar di dunia dikemas dalam tabel berikut:

Tabel 2. *State of the art* penelitian *styrofoam* [4,5,6]

Topik Penelitian	Produksi Premium dari limbah karet dan <i>poly-styrene</i>	Pirolisis Limbah <i>Styrofoam</i>	Pirolisis Campuran <i>Poly-styrene</i> dan Plastik Al
Metode yang Digunakan	Destilasi	Pirolisis	Pirolisis
Kondisi Operasi	3 jam katalis 400 gr	500°C 1 atm	450°C 1 atm
Konversi	16,4%	18%	19,56%
Sumber	Susila dkk (2015)	Salamah dan Maryudi (2018)	Yebi (2016)

Pemanfaatan	Limbah karet alam dan <i>poly-styrene</i> menjadi bahan bakar cair	Limbah <i>Styrofoam</i> menjadi solar jenis 51	<i>Poly-styrene</i> dan Plastik AI menjadi senyawa aromatic dan olefin
Terobosan Inovasi	<i>Bricketting Poly-styrene Waste</i> dengan Metode <i>Thermal Decomposition</i> Sebagai <i>Boiler Fuel</i> Ramah Lingkungan		

Tabel 2 menggambarkan penelitian para pakar yang menunjukkan bahwa limbah *poly-styrene (styrofoam)* dapat diolah dengan memanfaatkan panas untuk memecah rantai polimernya. Namun, ketiga penelitian diatas masih dirasa kurang baik untuk diterapkan di Indonesia karena nilai konversi yang terbatas (dibawah 20%) [7].

Sehingga bukan tidak mungkin memberikan terobosan pengolahan dengan metode dekomposisi termal (perengkahan polimer dengan suhu diatas 400°C) [8] dengan memanfaatkan panas dari *furnace* (tungku bakar) sehingga akan didapatkan nilai konversi yang tinggi (didas 50%) dan menjadi jawaban akan masalah nasional Indonesia.

Hingga saat ini penggunaan *boiler* masih menjadi pilihan utama banyak industri untuk proses produksi panas daripada menggunakan listrik yang dapat meningkatkan potensi kerugian. PT. Standart Toyo Polimer (STATOMER) merupakan salah satu industri yang emanfaatkan batu bara sebagai bahan bakar *boiler* dan harus mengeluarkan biaya tambahan untuk proses pengolahan limbah *bottom ash* yang harus diolah oleh industri lain misalnya industri semen [9].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan limbah *styrofoam* dan limbah makanan menjadi briket. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan rasio massa *Styrofoam* : massa limbah makanan terhadap kapasitas panas dan lama nyala serta mengetahui nilai kalor tertinggi pada variabel terbaik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode *thermal decomposition* (perengkahan polimer dengan suhu diatas 400°C), produk yang diperoleh dianalisis kapasitas panas, densitas, lama nyala dan nilai kalornya.

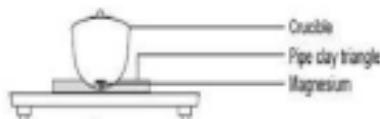
2.1. Bahan

Limbah plastik *poly-styrene*, Campuran limbah organik nasi dan sayur, spiritus.

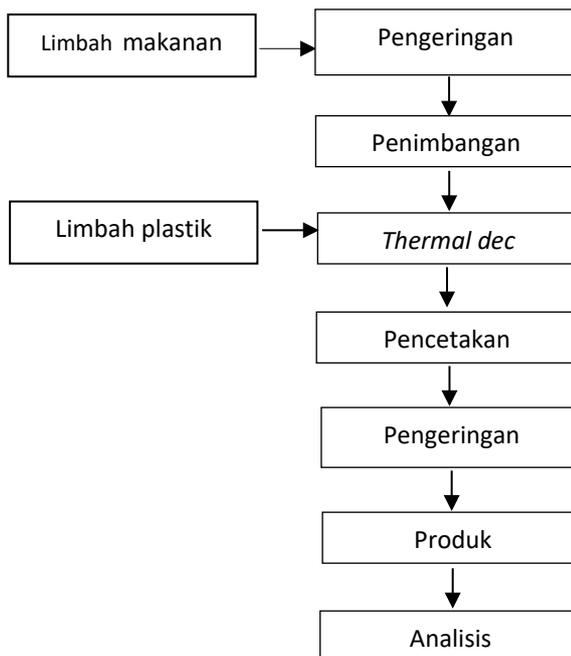
2.2. Prosedur Penelitian

Limbah *styrofoam* diperkecil ukurannya (5 gram) kemudian limbah organik dari sisa makanan menggunakan dikeringkan dengan oven bersuhu 98°C. Cawan porselin dimasukan dalam *furnace* dan dilakukan proses *thermal decomposition* dengan pada limbah plastik selama 0,5 jam dengan suhu 400°C. Hasil pada proses *thermal decomposition* dicampur dengan limbah makanan yang sudah dikeringkan. Dilakukan pembentukkan dan dikeringkan pada suhu 90°C selama 30 menit. Produk akhir berbentuk silinder. Proses pirolisis diulangi dengan variasi *styrofoam* : Limbah makanan yaitu: 1:1 ; 1:1,5 ; 1,5:1 ; 1:2 ; 2:1 (gram:gram). Proses pirolisis diulangi dengan variasi suhu 350°C,

400°C, dan 450°C dan waktu pirolisis : 15, 30, 45, 60 menit. Peralatan dirangkai seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. Alat *pyrolysis* [2]



Gambar 2. Diagram alir proses

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan 48 sampel dari penelitian *thermal decomposition*. Semua penelitian tersebut meliputi penelitian dengan variabel rasio massa *styrofoam* terhadap jumlah limbah makanan, variabel suhu, dan variabel waktu pirolisis. Bentuk briket hasil penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Sampel briket (*Boiler fuel*) hasil penelitian

Gambar 3 menunjukkan bentuk dari briket yang diperoleh memiliki kenampakan yang mirip dengan arang atau batu bara. Keseluruhan penelitian telah melewati analisis

tahap 1 berupa massa *bricket* terbentuk, densitas, kapasitas panas (Cp.dT) dan lama penyalaan. Analisis tahap kedua yaitu nilai kalor menggunakan *bomb calorimeter*.

Penelitian ini dilakukan dengan 5 pengulangan masing-masing variabel. Variabel waktu pirolisis yang digunakan adalah 5 menit dan 10 menit seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Data analisis tahap 1 suhu 350° celcius

NO	Rasio sty : limbah makanan	Waktu pirolisis (menit)	massa akhir <i>bricket</i> (gram)	Kapasitas Panas Cp.dT (kal/kg)	Lama nyala (sekon/gram)
1	1:1	5	8,5577	3334,238	60
		10	8,1345	3211,238	56
2	1:1.5	5	12,4727	4086,478	67
		10	11,4837	3853,478	63
3	1.5:1	5	23,0248	4352,448	57
		10	22,0523	4180,448	59
4	1:2	5	8,7504	3853,478	63
		10	8,4974	3841,448	65
5	2:1	5	23,0598	6604,538	98
		10	23,8248	6060,538	96

Hasil yang diperoleh dari pengujian kapasitas panas yang disajikan pada Tabel 3 diperoleh bahwa pada waktu pirolisis 5 menit didapatkan kapasitas panas lebih besar dibandingkan pada 10 menit, sehingga dapat disimpulkan waktu optimal pada proses *thermal decomposition* [10] yaitu 5 menit. Sedangkan rasio *styrofoam*:limbah makanan 2:1 merupakan rasio tertinggi hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh Susilo [11] dimana pirolisis sampah plastik dengan campuran jenis PE dan PS menghasilkan kesimpulan bahwa semakin banyak plastik *polistiren (styrofoam)* yang digunakan akan meningkatkan persentase produk cair yang dihasilkan. Selain itu nilai *calorific value* pada sampah makanan yaitu 1.673-3.823 kkal/kg dan pada limbah plastik 9.797 kkal/kg hal ini sejalan dengan hasil penelitian. Sehingga semakin besar rasio *styrofoam*, semakin besar pula nilai kapasitas panas.

Hasil penelitian pada suhu 400°C untuk karakter briket dengan bahan baku campuran *styrofoam* - limbah makanan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data analisis tahap 1 suhu 400° Celcius

NO	Rasio sty : limbah makanan	Waktu pirolisis (menit)	massa akhir <i>bricket</i> (gram)	Kapasitas Panas Cp.dT (kal/kg)	lama nyala (sekon/gram)
1	1:1	5	6,7786	3436,568	73
		10	6,4586	3313,568	69
2	1:1.5	5	7,0835	4188,808	80
		10	6,4335	3955,808	76
3	1.5:1	5	22,032	4454,778	70
		10	21,359	4282,778	72

4	1:2	5	7,8345	3955,808	76
		10	7,0095	3943,778	78
5	2:1	5	24,4348	6706,868	111
		10	23,6698	6162,868	109

Tabel 4 menunjukkan bahwa waktu pirolisis optimal dicapai pada waktu 5 menit dengan rasio terbaik yaitu 2:1. Hal ini dikarenakan nilai *calorific value* pada *styrofoam* (9.797kkal/kg) lebih besar dibandingkan dengan biomassa (1.673-3.823 kkal/kg), sehingga semakin besar rasio pada *styrofoam* semakin besar pula nilai kapasitas panasnya. Dapat disimpulkan bahwa rasio dari bahan yang digunakan mempengaruhi kapasitas panas dan lama nyala.

Hasil penelitian pada suhu 450°C dilaporkan seperti pada tabel berikut:

Tabel 5. Data analisis tahap 1 suhu 450°C

NO	Rasio sty : limbah makanan	Waktu pirolisis (menit)	massa akhir <i>bricket</i> (gram)	Kapasitas Panas Cp.dT (kal/kg)	lama nyala (sekon/gram)
1	1:1	5	8,5577	3516,79	80
		10	8,1345	3393,79	76
2	1:1.5	5	12,4727	4269,03	87
		10	11,4837	4036,03	83
3	1.5:1	5	23,0248	4535,00	77
		10	22,0523	4363,00	79
4	1:2	5	8,7504	4036,03	83
		10	8,4974	4024,00	85
5	2:1	5	23,0598	6787,09	118
		10	23,8248	6243,09	116

Hasil penelitian pada suhu 350°C, 400°C, dan 450°C didapatkan nilai kalor tertinggi pada suhu 450°C, hal ini sejalan dengan penelitian Yebi [8] dimana minyak hasil *thermal decomposition* sampah polistiren dan sampah plastik berlapis aluminium foil menjadi minyak pada *temperature* 450°C dengan efisiensi terbesar 88%. Selain itu, Himawanto [12] juga menunjukkan bahwa pada proses *thermal decomposition* sampah *styrofoam* dapat terpirolisis pada suhu 291,6- 403,8°C. Akan tetapi pada penelitian ini suhu terbaik pada suhu 450°C.

Tabel 6. Data analisis nilai kalor (*Bomb Calorimeter*)

No	Bahan	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Massa (gram)	Selisih Suhu (°C)	Sisa Kawat	Selisih Kawat	Abu	Hasil Kalori (kal/gram)	Standar Benzoid kalibrasi
1	<i>Styrofoam</i> Waste 2:1 5 Menit 450 °C	26,3	27,7	0,53	1,4	1,6	8,4	10	6352,072453	2425,656
2	<i>Styrofoam</i> Waste 2:1 10 Menit 450 °C	27,45	28,59	0,5	1,14	1,8	8,2	10	5472,77568	2425,656

3	Styrofoam Waste 1:2 5 Menit 450 °C	27,08	28,3	0,5	1,22	1,8	8,2	10	5860,88064	2425,656
---	---	-------	------	-----	------	-----	-----	----	------------	----------

Berdasarkan hasil analisis nilai kalor menggunakan *Bomb Calorimeter* nilai kalor terbesar yaitu 6787,09 kal/kg pada perbandingan 2:1 (*styrofoam*:Limbah makanan) dengan lama waktu pirolisis 5 menit dan suhu 450°C. Sampah plastik yang dulunya merupakan masalah lingkungan, saat ini dapat diubah menjadi bahan bakar alternatif dengan menggunakan proses daur ulang dengan memanfaatkan energi panas yaitu proses *thermal decomposition*, dimana hasil pada penelitian ini dapat menjadi *boiler fuel* pada industri dan menjadi jawaban pada permasalahan sampah di dunia.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: Semakin besar suhu yang digunakan, maka semakin besar % pengurangan *styrofoam* selama proses *thermal decomposition*; Semakin besar rasio pada *Styrofoam* maka semakin besar pula nilai kapasitas panas dan lama nyalanya. Hal ini dikarenakan nilai *calorific value* pada *styrofoam* (9.797kkal/kg) lebih besar dibandingkan dengan biomassa (1.673-3.823 kkal/kg); Hasil tertinggi pada rasio antara massa *styrofoam* dengan massa limbah sebesar 2:1 (gram : gram) pada suhu 450°C dan lama proses 5 menit yaitu didapatkan nilai kalor sebesar 6352,072 kal/gram.

REFERENSI

- [1] Purwaningrum, Pramiati. 2016. *Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan*. JTL Vol 8 No.2, 141-147 Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti.
- [2] Wahyudi, Ekky, dkk. 2016. *Processing of Polypropylene (PP) Plastik Waste Into Oil Fuel by Catalytic Cracking Method Using Synthetic Catalyst*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 11, No.1, Hlm. 17 – 23.
- [3] U.S. Department of Energy. 2012. *New Process for Producing Styrene Cuts Costs, Saves Energy, and Reduces Greenhouse Gas Emissions*. Washington.
- [4] Syafitri, C. 2001. *Analisis Aspek Sosial Ekonomi Pemanfaatan Limbah Plastik*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- [5] R. Saidur, E. A. Abdelaziz, dkk. 2011. "A Review on Biomass as A Fuel for Boilers". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 2262-2289.
- [6] Naryono, Eko, Soemarno. 2016. *Pengeringan Sampah Organik Rumah Tangga*. Indonesia Green Technology Journal.Vol. 2 No. 2, 2013.
- [7] Adiarso, dkk. 2010. *Teknologi Pemanfaatan Batu Bara Peluang dan Tantangan*. Balai Besar Teknologi Energi BPPT PUSPIPTEK Tangerang.
- [8] Yuriandala, Yebi dkk. 2016. *Pirolisis Campuran Sampah Plastik Polistirena Dengan Sampah Plastik Berlapis Aluminium Foil (Multilayer)*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan Volume 8, nomor 1, Januari 2016.
- [9] Furqo, Muhammad. 2012. *Development of the Coal Combustion for Increase Efficiency. Ash Reduction, and Clean Environment*. Jurnal Riset Industri Vol. VI No. 2, 2012, Hal. 157-163.

- [10] Rosyada, dkk. 2019. *Pengolahan Sampah Plastik dan Kertas di Jurusan Teknik Kimia Menggunakan Metode Dekomposisi Termal Sistem Direct*. Distilat Jurnal Teknologi separasi, Vol. 5 No. 2, 2019.
- [11] Susila, Arita, dkk. 2015. *Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Bekas dengan Katalis Zeolit*. Jurnal Teknik Kimia No. 2, Vol. 21, April 2015. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- [12] Himawanto, D. A. 2011. *Kinetika Global Proses Slow Pyrolysis Municipal Solid Wastes Terseleksi Dan Analisa Thermogravimetry Refuse Derived Fuel*. Disertasi Program Studi Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.