

KAJI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN PEMANASAN CAMPURAN BIOMASSA DENGAN PLASTIK POLYETHILEN TEREPHTALATE (PET) MENGGUNAKAN OVEN MICROWAVE

Trian Ramandhani^a, Novi Caroko^b, Wahyudi^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
^aianramandhani@gmail.com, ^bnovicaroko@yahoo.co.id, ^cwahyudi_stmt@yahoo.co.id

Abstrak

Sumber energi fosil yang semakin berkurang dan meningkatnya kebutuhan energi membutuhkan energi alternatif. Ketersediaan limbah padat Minyak kelapa sawit dan sampah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) adalah sumber energi yang potensial. Proses pemanasan (thermal treatment) adalah salah satu metode yang dirasa tepat untuk menjadikan limbah padat kelapa sawit dan PET agar memiliki nilai tambah dan menjadikan limbah yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik pemanasan bahan biomassa dalam bentuk cangkang, serat, dan tandan kosong dengan PET ditambah absorber dalam bentuk arang. Pencampuran sebanyak 50:50 dan suhu pemanasan hingga 105 °C. Penelitian dilakukan menggunakan oven microwave dengan daya 800 Watt. Perekaman suhu dan massa otomatis menggunakan data logger dan aplikasi hyper terminal. Hasil pencampuran bahan biomassa (cangkang, serat, dan tandan kosong) dengan PET sebanyak 50:50 diperoleh laju pemanasan pemanasan paling tinggi pada pengujian tandan yaitu sebesar 1,3864 °C/detik. Tandan lebih cepat panas karena memiliki nilai densitas yang paling kecil yaitu 0,4710 g/ml. Konsumsi energi paling tinggi terdapat pada proses pengujian bahan cangkang karena pada proses pengujian cangkang membutuhkan waktu yang lebih lama.

Kata Kunci: absorber, biomassa, data logger, hyper terminal, karakteristik pemanasan, PET

Abstract

Fossil energy sources that are decreasing and increasing energy needs require alternative energy. Availability of solid waste Palm oil and polyethylene terephthalate (PET) plastic waste are potential sources of energy. The process of heating (thermal treatment) is one method that is deemed appropriate to make palm oil and PET solid waste to have added value and make environmentally friendly waste. This study aims to know the comparison characteristics of drying of biomass materials in the form of shells, fibers, and bunches with PET. The study was mixture of as much as 50:50, heating temperatures up to 105°C plus the absorber in the form of charcoal. conducted using a microwave oven with 800 Watt power. Automatic temperature and mass recording using data logger and hyper terminal applications. From mixing biomass materials (shells, fibers, and bunches) with PET as much as 50:50, the heating rate was obtained the highest heating heating rate in the bunch test that is equal to 1.3864 °C / sec. Bunches heat faster because they have the smallest density value of 0.4710 g / ml. The highest energy consumption is in the process of testing the shell material because the process of testing the shell requires a longer time.

Keyword: absorber, biomass, characteristics of drying, data logger, hyper terminal, PET

1. Pendahuluan.

Perkembangan ekonomi di era globalisasi menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi pada semua sektor kehidupan di antaranya kebutuhan energi fosil. Data Dewan Energi Nasional menunjukkan bahwa pada tahun 2000-2012 konsumsi energi di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Dengan nilai rata-rata 2,9% per tahun dan penggunaan energi paling banyak berupa minyak bumi yaitu sebesar 48% (Dewan Energi Nasional, 2014). Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan kebutuhan sarana di bidang transportasi dan aktivitas industri.

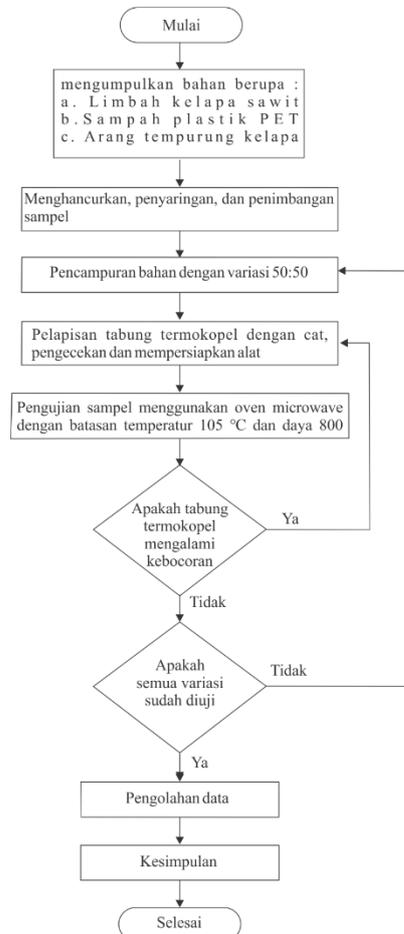
Indonesia sebagai salah satu negara agraris yang beriklim tropis banyak terdapat perkebunan. Salah satunya adalah perkebunan kelapa sawit karena menjadi komoditi penting dalam sektor perekonomian di Indonesia. Di sisi lain, peningkatan produksi kelapa sawit juga menyebabkan meningkatnya limbah padat.

Saat ini, penggunaan barang-barang berbahan plastik juga semakin meningkat. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 15% sampah plastik dari 189 ribu ton sampah/hari (Iswadi dkk., 2017).

Proses perlakuan panas atau thermal treatment merupakan salah satu jenis pemanasan untuk memisahkan kadar air atau zat yang ada di dalam material sehingga mengurangi kandungan atau sisa cairan yang ada pada material tersebut hingga mencapai nilai yang diinginkan.

Semakin berkurangnya sumber energi minyak bumi menyebabkan kebutuhan energi alternatif semakin meningkat. Limbah industri kelapa sawit dan sampah plastik dapat diolah menjadi energi yang bersifat terbarukan. Perlakuan panas atau thermal treatment merupakan salah satu teknologi yang tepat untuk pengolahan limbah industri kelapa sawit dan sampah plastik. Hal seperti ini dikarenakan proses thermal treatment dapat menjadikan limbah industri kelapa sawit dan sampah plastik ramah lingkungan.

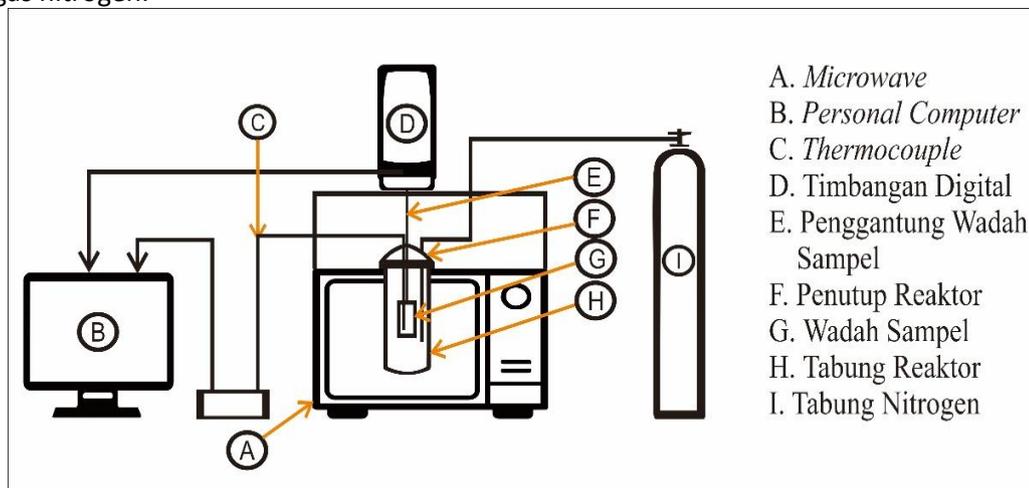
2. Metode Penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Alat Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan memiliki instalasi pada Gambar yang terdiri atas microwave, timbangan digital, Avantect, dan personal computer (PC). Di samping itu, instalasi dilengkapi dengan peralatan-peralatan pendukung antara lain: tabung reaktor, penutup reaktor, wadah sampel, penggantung wadah sampel, thermocouple, dan tabung gas nitrogen.



Gambar 2. Instalasi Penelitian

2.2. Prosedur Penelitian

Bahan limbah padat kelapa sawit (cangkang, serat, dan tandan kosong), sampah plastik PET, dan arang batok kelapa yang sudah terkumpul kemudian digrinder dan disaring dalam bentuk serbuk dengan ukuran 1-2 mm. Ketiga bahan tersebut disiapkan sesuai dengan kebutuhan pengujian. Bahan yang akan dilakukan pengujian ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan variasi pengujian kemudian dimasukkan kedalam wadah sampel. Wadah sampel tersebut kemudian dimasukkan kedalam tabung reaktor dan digantungkan di bawah timbangan digital.

Sebelum pengujian dilakukan pastikan alat dan bahan sudah tertata, kemudian oven microwave dihidupkan bersamaan dengan software datalogger dan hyperterminal untuk merekam data temperatur dan massa selama pengujian berlangsung. Setelah temperature mencapai 105 °C, kemudian oven microwave dimatikan dan dilanjutkan dengan pengolahan data..

2.3. Variasi Pengujian

Proses variasi pengujian dilakukan dengan klasifikasi berat sampel dan material absorber. Variasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi pengujian

No	Variasi Sampel	Serat Kelapa Sawit (gram)	Plastik PET (gram)	absorber (gram)
1	Cangkang 50 % + PET 50%	7,5	7,5	15
2	Serat 50 % + PET 50 %	7,5	7,5	15
3	Tandan Kosong 50 % + PET 50 %	7,5	7,5	15

2.4. Pengolahan Data.

Setelah mendapatkan data temperatur dan penurunan massa, kemudian data di olah menggunakan soft ware *Microsoft Excel* untuk mendapatkan grafik berupa *mass loss rate* dan *heating rate*.

a. *Mass loss rate*

Mass loss rate merupakan besarnya penurunan massa bahan sampel tiap waktu tertentu. Besarnya *mass loss rate* menunjukkan adanya penguapan kadar air (*moisture content*) dan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*). *Mass loss rate* biasanya dinyatakan dalam satuan g/detik. Secara matematis, *mass rate* dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

$$MLR=(\text{Selisih massa})/\text{waktu}.....(2.1)$$

b. *Heating rate*

Heating rate merupakan besarnya kenaikan temperatur bahan sampel tiap waktu tertentu. *Heating rate* adalah besaran yang menunjukkan seberapa cepat kenaikan temperature bahan sampel pada waktu tertentu. *Heating rate* bahan sampel biasanya dinyatakan dalam satuan °C/min. Secara matematis, *heating rate* dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

$$HR=(\text{Selisih Temperatur})/\text{waktu}.....(2.2)$$

c. Konsumsi energi

Pada proses *thermal treatment* menggunakan oven *microwave* membutuhkan energi yang cukup besar untuk mendapatkan nilai *heating rate* dan *mass loss rate*. Oleh karena itu diperlukan perhitungan untuk mendapatkan variasi yang memiliki nilai ekonomis dalam penggunaan energi. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan berikut.

$$\text{Energi}=P \times (\text{Waktu}).....(2.3)$$

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1. Uji Analisis Proximate

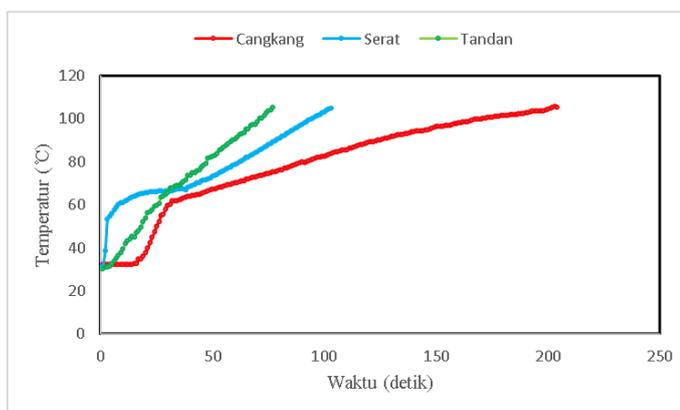
Karakteristik kimia bahan baku kelapa sawit diketahui dengan melakukan uji proksimat dan kadar kimia berupa holoselulosa, alfa selulosa, dan lignin di Laboratorium Konversi Kimia Biomaterial Fakultas Kehutanan UGM yang mengacu sesuai standar SNI 0492:2008, sedangkan karakteristik kimia bahan baku PET diperoleh berdasarkan data dari Sharuddin dkk., (2016). Uji proksimat digunakan untuk memperkirakan kineja bahan bakar pada saat pemanasan dan pembakaran. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis proksimat, komponen kimia, dan sifat fisik bahan

Analisis	Component	% Cangkang	% Serat	% Tandan	WT.% PET (Sharuddin dkk., 2016)
Proksimat	<i>Moisture Content</i>	6,36	7,26	6,47	0,46
	<i>Volatile Matter</i>	67,84	63,49	69,23	91,75
	<i>Fixed Carbon</i>	24,30	22,99	18,56	7,77
	<i>Ash</i>	1,5	6,29	5,64	0,02
Komponen Kimia	Holoselulosa	57	46,33	47	
	Alfa Selulosa	28,67	22,24	26,21	

	Lignin	38,76	34,10	22,16	
Sifat Fisik	Densitas	0,7805 g/ml	0,6097 g/ml	0,471 g/ml	

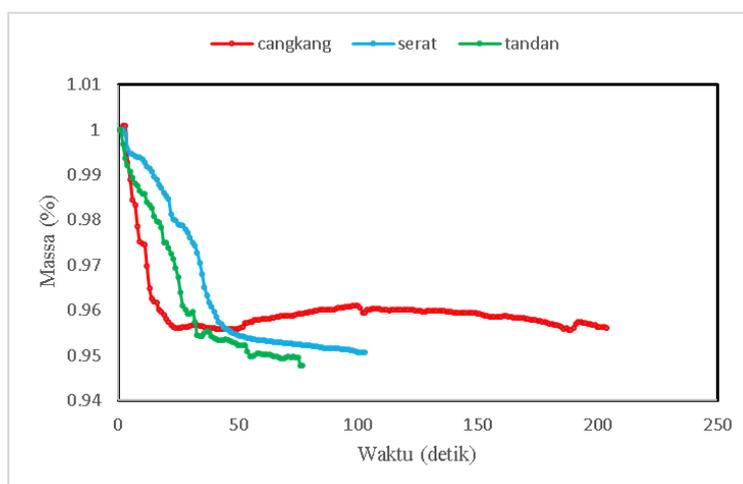
3.2. Profil Temperatur.



Gambar 3. Profil temperature

Pada gambar 3 dapat diketahui bahwa profil kenaikan temperatur paling tinggi terdapat pada bahan tandan dengan waktu (76 detik) dibandingkan dengan serat selama (105 detik) dan cangkang selama (206 detik) untuk mencapai suhu 105 °C karena tandan memiliki nilai densitas yang paling rendah yaitu 0,471 g/ml dibandingkan cangkang 0,7805 g/ml dan serat sebesar 0,6097 g/ml. Hal ini sesuai dengan Somerville dan Jahanshashi., (2015) bahwa semakin padat suatu material akan mempengaruhi proses thermal treatment untuk mencapai suhu yang diinginkan.

3.3. Profil Massa



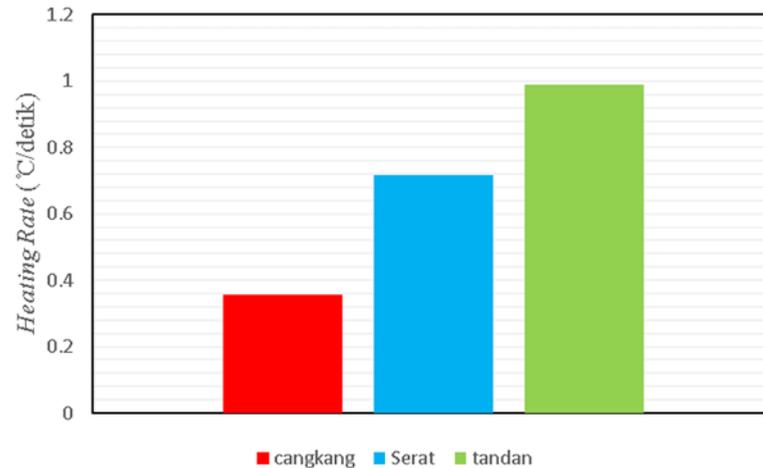
Gambar 4. Profil massa

Pada gambar 4 terlihat bahwa proses *thermal treatment* pada setiap pengujian menyebabkan penurunan massa. Pengujian pada setiap variasi mendapatkan tren penurunan massa yang sama. Hal ini disebabkan karena selama proses *thermal treatment* terjadi pelepasan air atau penguapan. (Chen dkk., 2014) juga menunjukkan bahwa proses *thermal treatment* pada suhu 105 °C menyebabkan penurunan massa karena terjadi proses penguapan. Akan tetapi, pada variasi pengujian cangkang terjadi penurunan massa

yang lebih signifikan dikarenakan cangkang memiliki kandungan *fixed carbon* yang optimum.

Pada gambar 3 dan 4 dapat disimpulkan bahwa cepat pemanasan untuk mencapai suhu 105°C mempunyai efek sinergis dengan penurunan massa. Hal tersebut dikarenakan semakin cepat pemanasan menyebabkan kadungan air pada material lebih cepat hilang. Densitas juga mempengaruhi proses penguapan pada material karena semakin besar nilai densitas maka struktur menjadi lebih padat..

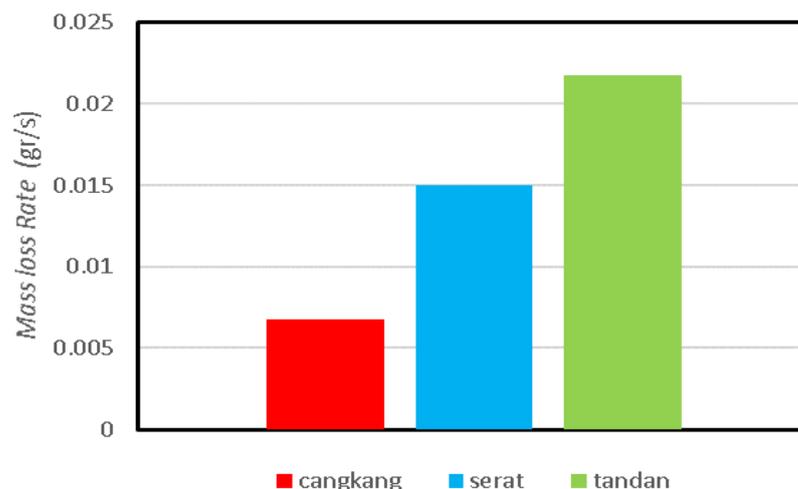
3.4. Laju kenaikan Temperatur (*Heating Rate*).



Gambar 5. Nilai *heating rate*

Pada gambar 5 menunjukkan nilai *heatingrate* tertinggi pada variasi pengujian tandan yaitu sebesar 1,3864° C/detik dan terkecil pada variasi cangkang yaitu sebesar 0,5201° C/detik. Hal ini dikarenakan bahwa cangkang mempunyai struktur lebih padat yang menyebabkan cangkang memiliki waktu lebih lama untuk mencapai suhu 105°C sehingga mendapatkan nilai *heatingrate* terkecil dibandingkan pada variasi pengujian serat dan tandan. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian Somerville dan Jahanshashi., (2015) bahwa material yang banyak memiliki celah lebih cepat untuk mencapai suhu maksimum dibanding material yang lebih padat dan memiliki sedikit celah..

3.5. Laju Aliran Massa (*Mass Loss Rate*).

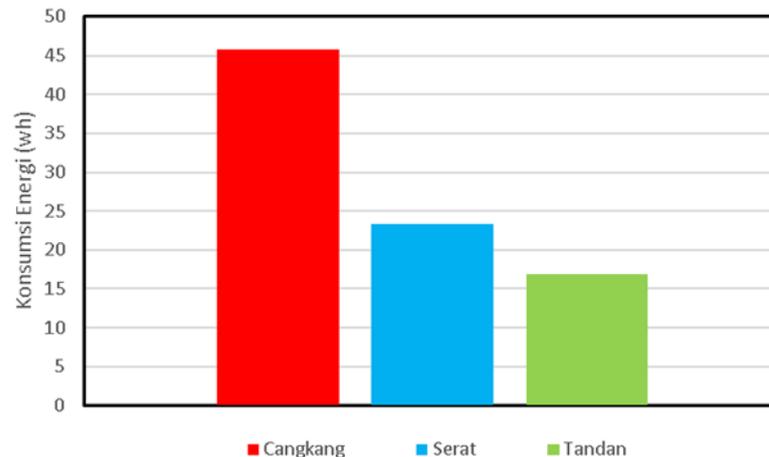


Gambar 6. Nilai *Mass loss rate*

Hasil gambar 6 menunjukkan tren yang meningkat. Nilai laju aliran massa terkecil ditunjukkan oleh pengujian bahan cangkang yaitu sebesar 0,0067 gr/detik, serat sebesar 0,015 gr/detik, dan pada pengujian bahan tandan memiliki nilai laju aliran massa terbesar

yaitu sebesar 0,0217 gr/detik. Hal ini karena nilai densitas cangkang lebih besar yang menyebabkan cangkang sulit untuk mencapai suhu 105 °C . Pada analisis gambar 4 diketahui bahwa panas dapat mengeluarkan kadar air dari dalam bahan ke lingkungan sekitar. Dapat disimpulkan bahwa laju pemanasan dapat mempengaruhi besar nilai *mass loss rate*. Pengaruh tingginya nilai laju pemanasan dapat berdampak pada besarnya nilai *mass rate*. Hasil ini seragam dengan penelitian Barneto dkk., (2019) yang mengatakan bahwa nilai *heating rate* dapat mempengaruhi besar *mass loss rate*.

3.6. Konsumsi Energi.



Gambar 7. Konsumsi Energi

Pada gambar 7 dapat dilihat cangkang memiliki nilai konsumsi energi yang paling tinggi yaitu sebesar 45,8 Wh. Hal ini karena cangkang memiliki waktu pemanasan untuk mencapai suhu 105 °C lebih lama dibandingkan serat dan tandan. Dapat disimpulkan bahwa cepat pemanasan berpengaruh pada nilai konsumsi energi, semakin cepat bahan mencapai suhu 105 °C maka nilai konsumsi energinya akan semakin rendah..

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan tentang kaji eksperimental perbandingan pemanasan campuran biomassa dengan plastik Polyethylene Terephthalate (PET) menggunakan oven microwave dipeoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai densitas suatu material akan mempengaruhi kenaikan tempetur. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai densitas maka struktur material memiliki lebih banyak pori sehingga mampu mempercepat kenaikan temperatur biomassa.
- Semakin singkat waktu pemanasan akan mendapatkan nilai *heating rate* yang lebih tinggi. Dalam hal ini nilai *fixed carbon* kurang berpengaruh terhadap heating rate.
- Laju pemanasan pada pencampuran biomassa dengan plastik memiliki efek sinergis terhadap laju penurunan massa (*mass loss rate*). Pada *proses thermal treatment* pada suhu 105 ° C menyebabkan penurunan massa karena terjadi proses pelepasan kandungan air pada bahan ke lingkungan sekitar.
- Waktu pemanasan mempengaruhi nilai konsumsi energi.

Daftar Pustaka

Journal:

- Anuar Sharuddin, S. D., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., & Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308–326.
- Barneto, A. G., Carmona, J. A., Gálvez, A., & Conesa, J. A. (2009). Effects of the composting and the heating rate on biomass gasification. *Energy and Fuels*, 23(2), 951–957.
- Chen, W. H., Kuo, P. C., Liu, S. H., & Wu, W. (2014). Thermal characterization of oil palm fiber and eucalyptus in torrefaction. *Energy*, 71, 40–48.
- Chen, Z., Wang, M., Jiang, E., Wang, D., Zhang, K., Ren, Y., & Jiang, Y. (2018). Pyrolysis of Torrefied Biomass. *Trends in Biotechnology*, 36(12), 1287–1298.
- Dewan Energi Nasional. (2014). *BPPT - Outlook Energi Indonesia 2014*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Huang, Y. F., Chiueh, P. Te, & Lo, S. L. (2016). A review on microwave pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Sustainable Environment Research*, 26(3), 103–109.
- Iswadi, D., Nurisa, F., & Liastuti, E. (2017). Pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 1(2), 1–9.
- Masykur. (2013). Pengembangan Industri Kelapa Sawit Sebagai Penghasil Energi Bahan Alternatif dan Mengurangi Pemanasan Global. *Jurnal Reformasi*, 3, 96–107.
- Mohamed, B. A., Ellis, N., Kim, C. S., & Bi, X. (2019). Microwave-assisted catalytic biomass pyrolysis: Effects of catalyst mixtures. In *Applied Catalysis B: Environmental*.
- Motasemi, F., & Afzal, M. T. (2013). A review on the microwave-assisted pyrolysis technique. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 317–330.
- Mushtaq, F., Mat, R., & Ani, F. N. (2014). A review on microwave assisted pyrolysis of coal and biomass for fuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 555–574.

Namazi, A. B., Allen, D. G., & Jia, C. Q. (2015). Probing microwave heating of lignocellulosic biomasses. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 112, 121–128.

Rosyida Permatasari, M. Sjahrul Annas, B. A. (2015). Distribusi Temperatur Pada Microwave menggunakan Metode CFD. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTT M XIV)*, (September).

Somerville, M., & Jahanshahi, S. (2015). The effect of temperature and compression during pyrolysis on the density of charcoal made from Australian eucalypt wood. *Renewable Energy*, 80, 471–478.

Sukiran, M. A., Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., Abu Bakar, N., & Loh, S. K. (2017). A review of torrefaction of oil palm solid wastes for biofuel production. *Energy Conversion and Management*, 149, 101–120.

Supian, M. A. F., Amin, K. N. M., Jamari, S. S., & Mohamad, S. (2019). Production of cellulose nanofiber (CNF) from empty fruit bunch (EFB) via mechanical method. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 103024.

Wan Mahari, W. A., Chong, C. T., Cheng, C. K., Lee, C. L., Hendrata, K., Yuh Yek, P. N., ... Lam, S. S. (2018). Production of value-added liquid fuel via microwave co-pyrolysis of used frying oil and plastic waste. *Energy*, 162, 309–317.

Wirman, S. P., Yulia, F., & Apriza, W. (2016). Karakterisasi Komposit Serat Sabut Kelapa Sawit Dengan Perak PVAc Sebagai Absorber. *JoP*, 1(2), 10–15.