

## STUDI KARAKTERISTIK PEMBAKARAN MINYAK PIROLISIS PLASTIK MENGUNAKAN *STEAM-ATOMIZING BURNER*

Muhammad Sigit Cahyono<sup>1</sup>, Ucik Ika Fenti Styana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta

<sup>1</sup>Email: sigitup45@gmail.com

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Energi, Institut Teknologi Yogyakarta

<sup>2</sup>Email: ucik\_energi@ity.ac.id

Masuk: 10 Januari 2018, Revisi masuk: 26 Januari 2018, Diterima: 28 Januari 2018

### ABSTRACT

*One of the new and renewable energy resources is Plastic Pyrolysis Oil, that produced from pyrolysis process of plastic wastes. This oil could be utilized as energy source using steam-atomizing burner, which its burning characteristics dependent to air pressure that used in the burner. The objective of the research was to investigate the influence of air pressure on the burning characteristic of plastic pyrolysis oil using steam-atomizing burner. The raw material that used are dry LDPE wastes. First, it was heated in pyrolysis reactor using biomass combustion as energy source, produced pyrolysis oil, noncondensable gases, and carbon black. The oil that produced is used as fuel for combustion in steam-atomizing burner, to know its burning characteristic, with variable air pressure on 1, 2, 3, 4, and 5 bar. The observation was made on fire temperature, the long of flame, and its efficiency, that showed by fuel consumption in burner and yield of plastic pyrolysis oil that produced. The experiment results showed that as the air pressure increased, all parameters were increased, that are fire temperature, the long of flame, fuel consumption in burner, and the yield of plastic pyrolysis oil that produced in the pyrolysis reactor.*

**Keywords:** Air pressure, LDPE, Pyrolysis, Steam-atomizing burner.

### INTISARI

Salah satu potensi sumber energi baru terbarukan adalah minyak pirolisis plastik (*plastic pyrolysis oil*) yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik. Minyak ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi menggunakan *Steam Atomizing Burner*, dimana karakteristik pembakarannya tergantung pada tekanan udara yang digunakan pada *burner*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan udara terhadap karakteristik pembakaran minyak pirolisis plastik menggunakan *Steam-Atomizing Burner*. Bahan baku berupa sampah plastik jenis LDPE yang sudah kering, pada awalnya dipanaskan di dalam reaktor pirolisis, menghasilkan minyak pirolisis, *noncondensable gas* dan karbon. Minyak yang dihasilkan kemudian diuji pembakarannya menggunakan *Steam-Atomizing Burner*, dengan variasi tekanan udara 1, 2, 3, 4, dan 5 bar. Pengamatan dilakukan pada suhu api di lorong pembakaran, panjang nyala api, serta efisiensi yang ditunjukkan dengan konsumsi bahan bakar *burner* dan rendemen minyak pirolisis plastik yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan udara, suhu api di lorong pembakaran, panjang nyala api, konsumsi bahan bakar *burner*, dan rendemen minyak pirolisis plastik yang dihasilkan akan semakin meningkat.

**Kata-kata kunci:** LDPE, Pirolisis, *Steam-Atomizing Burner*, Tekanan udara.

### PENDAHULUAN

Konsumsi energi di Indonesia terus meningkat, dimana sebagian besar diperoleh dari sumber energi fosil yang

tidak dapat diperbaharui. Berdasarkan data *BP Statistical Review of World Energy 2015*, selama 10 tahun terakhir, konsumsi energi primer Indonesia

mengalami peningkatan dari 118,8 juta setara ton minyak (*Million Ton Oil Equivalent, MTOE*) pada tahun 2004, menjadi 174,8 MTOE pada tahun 2014, atau meningkat 4,7 % per tahun ([www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview), 2015).

Tingginya konsumsi energi ini tidak diimbangi dengan peningkatan efisiensi energi, yang terlihat dari besarnya nilai intensitas energi Indonesia yaitu 565 TOE/juta USD pada Tahun 2014. Artinya, untuk meningkatkan Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar 1 juta USD, dibutuhkan energi sebesar 565 TOE. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia masih kalah efisien dibandingkan Malaysia yang memiliki intensitas energi 493 TOE/juta USD, dan rata-rata negara maju yang tergabung dalam organisasi kerjasama ekonomi dan pembangunan (OECD), yaitu 164 TOE/juta USD.

Oleh karena itu, diperlukan upaya khusus untuk mengatasi masalah tersebut, dengan melakukan efisiensi penggunaan energi fosil. Pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan merupakan salah satu cara untuk mengurangi tingginya konsumsi masyarakat terhadap energi fosil.

Salah satu jenis energi baru dan terbarukan tersebut adalah minyak pirolisis yang dihasilkan dari limbah plastik (*plastic pyrolysis oil*). Plastik pada dasarnya adalah produk turunan minyak bumi yang memiliki potensi nilai kalor yang tinggi, yaitu 43,34 MJ/kg untuk jenis LDPE (Santoso, 2010). Energi dari plastik ini bisa dimanfaatkan kembali dengan cara diubah menjadi bahan bakar minyak menggunakan proses pirolisis.

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi secara termokimia dari material organik atau sintetis untuk menghasilkan bahan bakar pada suhu tinggi dalam kondisi miskin oksigen (Syamsiro dkk., 2014).

Proses pirolisis melibatkan tiga mekanisme dekomposisi, yaitu pemotongan rantai polimer yang lebih pendek, pemotongan pada ujung rantai dimana molekul kecil dan rantai panjang polimer akan terbentuk, dan pemisahan rantai polimer membentuk molekul-molekul kecil. Proses ini umumnya

berlangsung secara simultan. Secara ilmiah, pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan organik pada temperatur sekitar 350-550<sup>o</sup>C tanpa adanya oksigen (Cahyono, 2013).

Proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah suhu proses pirolisis (Mandala dkk., 2016). Semakin tinggi suhu reaktor, rendemen minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik semakin besar, sedangkan rendemen arang semakin kecil. Akan tetapi, rendemen *noncondensable gas* awalnya turun dari suhu 300<sup>o</sup>C ke 350<sup>o</sup>C, kemudian naik seiring dengan kenaikan suhu. Di sisi lain, semakin tinggi suhu reaksi, nilai kalor minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik semakin besar. Nilai kalor terbesar dihasilkan pada proses pirolisis sampah plastik pada suhu 400<sup>o</sup>C, yaitu sebesar 10.292 kal/g.

Cahyono dan Styana (2017) telah melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu dan laju pemanasan terhadap rendemen dan karakteristik minyak pirolisis yang dihasilkan dari sampah kantong plastik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa semakin cepat laju kenaikan suhu, maka produk minyak yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Begitu juga dengan kenaikan suhu akan menyebabkan rendemen minyak yang dihasilkan semakin tinggi, dengan nilai tertinggi pada proses pirolisis pada suhu 450<sup>o</sup>C dan laju pemanasan 15<sup>o</sup>C/menit, yaitu sebesar 25% minyak, 12% padatan dan 41% *noncondensable gas*.

Liestiono dkk. (2017) telah melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik minyak dan gas hasil proses pirolisis sampah plastik jenis *low density polyethylene* (LDPE) dengan berbagai variabel laju kenaikan suhu. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa semakin tinggi laju kenaikan suhu, minyak yang dihasilkan semakin banyak dan gas semakin sedikit. Berdasarkan uji sifat fisik, karakteristik minyak plastik mendekati sifat-sifat bahan bakar minyak, terutama kerosen, sehingga cukup layak apabila dijadikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM (Liestiono dkk. 2017).

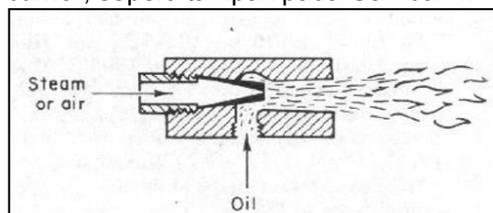
Penelitian Purwanti dan Sumarni (2008), melakukan pirolisis plastik dari 100 gram kantong plastik yang diolah pada suhu 400°C dalam waktu dua jam, diperoleh cairan mirip minyak bumi sekitar 75 gram. Adapun gas bakar yang didapat mencapai 116 ml per gram plastik bekas. Adanya kelemahan sistem *batch*, maka dikembangkan sistem "sinambung", dengan konstruksi agak berbeda. Pemanasan dilakukan dengan listrik, dibantu dengan nyala gas hasil pirolisis, dan sistem pendingin ditingkatkan. Pada proses ini, hasil cair yang diperoleh 79%-83% dari berat plastik yang dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, dengan panas dari luar yang dapat dikurangi 10%-15%.

Beberapa penelitian tentang pirolisis sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar di atas menunjukkan hasil yang cukup bagus. Namun, sampai saat ini implementasi teknologi tersebut di Indonesia masih belum maksimal. Hal ini disebabkan karena kebutuhan energi untuk memanaskan reaktor pirolisis cukup besar, sehingga membutuhkan sumber bahan bakar dari luar seperti bahan bakar minyak (BBM), gas maupun biomasa. Penggunaan bahan bakar eksternal ini menyebabkan proses tidak bisa efisien sehingga merugikan pengelola teknologi tersebut.

Alternatif terbaik untuk meningkatkan efisiensi proses adalah penggunaan produk samping dari proses pirolisis, seperti minyak yang kualitasnya rendah sebagai bahan bakar reaktornya sendiri (*autothermal system*). Sistem ini akan berjalan optimal jika menggunakan alat pembakaran yang tepat. Alat bakar yang digunakan untuk mengetahui karakteristik pembakaran bahan bakar cair adalah *burner* yang berfungsi untuk mengatomisasi bahan bakar agar mudah terbakar.

Teknik vaporasi cocok untuk bahan bakar minyak ringan (*light fuel oil*), sedangkan untuk minyak yang mempunyai viskositas tinggi, seperti minyak pirolisis plastik, diperlukan pemanasan awal atau atomisasi dari minyak ke dalam aliran udara dengan menggunakan *atomizing burner*. Salah

satu jenis *burner* yang bisa digunakan untuk pembakaran minyak dengan viskositas tinggi adalah *steam-atomizing burner*, seperti tampak pada Gambar 1.



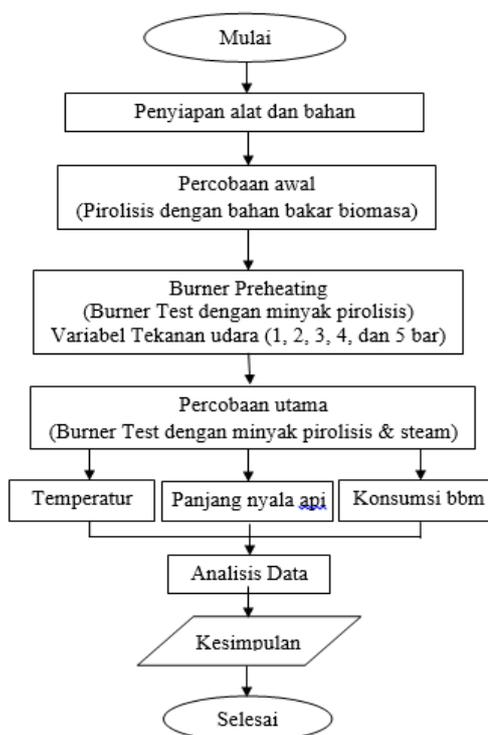
Gambar 1. *Steam-atomizing burner*

Pada *burner*, proses atomisasi bahan bakar menggunakan uap panas bertekanan tinggi dari *injector* atau *venture* sebesar 3-12 kg/cm<sup>2</sup>. Prinsip kerjanya adalah minyak yang baru keluar dari lubang saluran, dipecah-pecah menjadi butiran-butiran kabut, tepat di depan mulut pembakar (*nozzle*). Lubang-lubang untuk keluarnya udara atau uap arahnya dibuat tangensial terhadap aliran minyak yang keluar dari lubang salurannya. Hal ini akan menimbulkan pusaran (*swirl*) campuran minyak dan udara di depan mulut *burner*. Gaya sentrifugal yang timbul akibat dari pusaran campuran minyak dan udara akan membantu proses pengabutan, sehingga akan diperoleh nyala api yang besar (Curtis, 2001).

Efektifitas penggunaan minyak pirolisis plastik sebagai bahan bakar bisa dinilai dari karakteristik pembakaran minyak, yang terdiri dari suhu pembakaran, panjang dan diameter nyala api yang dihasilkan, serta rasio konsumsi bahan bakar dan udara (*Air Fuel Ratio/AFR*) yang menunjukkan efisiensi pembakaran. Karakteristik pembakaran tersebut sangat bergantung pada tekanan udara yang digunakan untuk proses atomisasi dalam *burner*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan udara terhadap karakteristik pembakaran minyak pirolisis plastik menggunakan *steam-atomizing burner*. Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah sampah plastik jenis LDPE (tas kresek) yang didapatkan dari pengepul di dekat Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Umbulharjo Yogyakarta. Sedangkan bahan bakar yang digunakan

untuk proses pirolisis awal adalah biomasa berupa potongan kayu, ranting, dan daun yang ada di sekitar TPST Umbulharjo Yogyakarta. Peralatan yang digunakan adalah satu set *steam-atomizing burner* yang diintegrasikan dengan alat pirolisis plastik untuk menguji efisiensi pembakaran minyak pirolisis plastik yang dihasilkan. Lokasi penelitian adalah di TPST Umbulharjo Yogyakarta, sedangkan analisa minyak pirolisis dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM Yogyakarta. Tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur proses tahap penelitian

Tahap pertama penelitian adalah pembuatan minyak pirolisis plastik. Bahan baku dimasukkan ke tabung pirolisis (*retort*), kemudian tutup tabung dipasang rapat. Tungku pembakaran (*kiln*) diisi dengan bahan bakar awal. Kondensator diisi air menggunakan pompa dari penampung air. Setelah semua peralatan siap, api dinyalakan dengan bahan bakar awal, sementara sirkulasi air kondensasi dihidupkan. Proses pirolisis dilakukan pada suhu yang stabil

yaitu 400°C. Pada proses pirolisis, plastik akan meleleh dan menguap menjadi uap hidrokarbon, mengalir melalui pipa ke kondensator dan mengalami kondensasi menjadi minyak pirolisis dan ditampung dalam wadah penampung. Sebagian gas yang tidak terkondensasi akan didaur ulang ke tungku pembakaran untuk memanaskan bahan di dalam *retort*. Proses pirolisis dihentikan ketika tidak ada lagi gas yang keluar dari kondensator. Kemudian alat dimatikan dan dibiarkan sampai mendekati suhu kamar. Setelah itu tutup dibuka dan arang dikeluarkan dari dalam reaktor. Minyak yang diperoleh dari proses pirolisis kemudian diukur volumenya menggunakan gelas ukur untuk mengetahui rendemen proses pirolisis.

Tahap berikutnya adalah pengujian karakteristik pembakaran minyak pirolisis plastik menggunakan *steam-atomizing burner*. Percobaan ini diawali dengan memanaskan *burner* terlebih dahulu (*preheating*) menggunakan minyak pirolisis. *Preheating* dimulai dengan mengisi tangki penampung minyak sebanyak 10 liter, serta mengisi tabung steam dengan air bersih sampai level yang ditentukan, kemudian membuka *valve* udara dan *valve* bahan bakar (minyak pirolisis) secara perlahan sampai minyak menyemprot melalui *nozzle burner*. Di ujung *nozzle*, pemantik nyala api dihidupkan sehingga minyak akan terbakar dan memanaskan *steam* yang ada di tabung *steam*. Proses *preheating* dilakukan sampai tekanan steam mencapai variabel yang diinginkan, yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 *bar*, dengan mencatat suhu tungku dan waktu yang diperlukan. Setelah tekanan tercapai, *valve steam* dibuka menggantikan *valve* udara sehingga pembakaran dengan campuran minyak dan *steam* bisa terjadi. Selama pembakaran, temperatur tungku dan panjang nyala api dicatat setiap 5 menit, sampai proses percobaan selesai selama 1 jam untuk kemudian peralatan dimatikan seluruhnya. Bahan bakar (minyak pirolisis) yang tersisa di tangki penampung kemudian diukur menggunakan gelas ukur untuk mengetahui konsumsi bahan bakar yang terpakai selama proses percobaan.

Uji laboratorium minyak pirolisis dilakukan dengan cara mengukur massa jenis, viskositas, dan nilai kalor. Data yang diperoleh dicatat dalam tabel, kemudian dianalisa secara kualitatif untuk menentukan pengaruh tekanan udara terhadap suhu pembakaran, panjang nyala api, dan konsumsi bahan bakar yang digunakan.

## PEMBAHASAN

### Pengaruh Tekanan terhadap Suhu dan Panjang Nyala Api

Proses pengukuran suhu pembakaran dilakukan dengan kabel termokopel yang dihubungkan dengan termokopel digital, yaitu pada posisi ujung lorong api *steam-atomizing burner*. Sementara proses pengukuran panjang nyala api dilakukan dengan alat penggaris yang diletakkan di depan *burner* dengan posisi searah dengan api yang keluar dari *burner*, pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui jangkauan nyala api di dalam tungku pembakaran reaktor pirolisis.

Selama proses pembakaran minyak plastik menggunakan *steam atomizing burner*, didapatkan data pengamatan suhu pembakaran dan panjang nyala api yang diukur selama proses pemanasan ketika sistem stabil, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Suhu api dan panjang nyala api selama pengujian

Tekanan udara (bar)	Suhu pembakaran (°C)	Panjang nyala api (cm)
1	800	25
2	950	35
3	1150	50
4	1250	60
5	1400	80

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin besar tekanan udara, temperatur pembakaran yang dihasilkan juga meningkat, dengan suhu terbesar sebesar 1400 °C pada tekanan 5 bar. Hal ini terjadi karena semakin bertambahnya tekanan udara, atomisasi bahan bakar juga semakin baik dan mengakibatkan temperatur pembakaran juga meningkat.

Meningkatnya debit udara akan menambah jumlah (oksigen) di dalam proses pembakaran sehingga akan meningkatkan temperatur pembakaran (Prabawa, 2010).

Selain itu, Tabel 1 juga menunjukkan bahwa semakin besar tekanan udara, panjang nyala api juga akan meningkat, dengan panjang maksimal 80 cm pada tekanan 5 bar dan nyala api yang lebih stabil dibandingkan tekanan di bawahnya.

Pada tekanan kecil (1 bar) sifat nyala api tidak stabil dan panjang nyala api hanya 25 cm, hal ini dikarenakan tekanan udara yang rendah kurang dapat mengatomisasi bahan bakar untuk bisa memecah droplet menjadi ukuran yang lebih kecil dan *combustible*. Menurut Koide dkk. (1999), kekurangan jumlah oksigen dengan jumlah bahan bakar dan tekanan udara atomisasi konstan akan mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna, yaitu ditunjukkan semakin banyak asap yang terbentuk, kandungan gas CO dan CO<sub>2</sub> mengalami peningkatan.

Di sisi lain, pada tekanan udara 5 bar, menghasilkan karakteristik nyala api yang cukup baik ditunjukkan dengan panjang nyala api mencapai 80 cm dan nyala api yang stabil. Hal ini terjadi karena tekanan udara yang dialirkan mampu mengatomisasi bahan bakar cukup baik yakni ukuran droplet-nya lebih kecil dan dapat terbakar sehingga jumlah droplet yang terbakar juga cukup banyak dan menghasilkan nyala api yang stabil (Prabawa, 2010).

### Pengaruh Tekanan terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran laju konsumsi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui efisiensi proses pembakaran minyak pirolisis plastik menggunakan *steam-atomizing burner* dengan variasi tekanan udara. Volume bahan bakar yang terbakar dihitung dari selisih bahan bakar minyak awal di dalam tangki bahan bakar dengan minyak yang terbakar serta yang tidak terbakar. Pengukuran bahan bakar dilakukan menggunakan gelas ukur.

Selama proses pembakaran minyak plastik menggunakan *steam-atomizing*

*burner*, didapatkan data pengaruh tekanan udara *burner* terhadap konsumsi bahan bakar dan rendemen minyak yang dihasilkan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi bahan bakar dan rendemen minyak yang dihasilkan

Tekanan udara (bar)	Konsumsi bahan bakar (liter)	Rendemen minyak yang dihasilkan (liter)
1	5	3,5
2	8	5,2
3	13	7,8
4	18	9,4
5	21	12,3

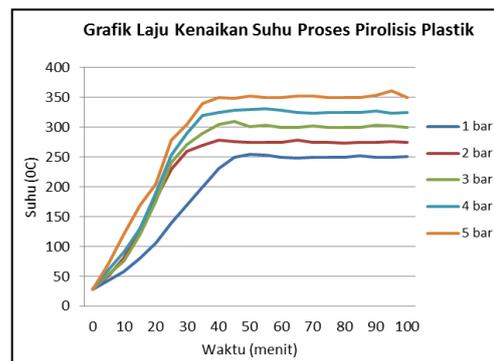
Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa konsumsi bahan bakar yang digunakan selama proses pengujian akan meningkat seiring dengan tekanan udara yang digunakan dalam *steam-atomizing burner*. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan udara yang besar membutuhkan bahan bakar yang banyak agar pembakaran bisa sempurna.

Di sisi lain, semakin tinggi tekanan udara, rendemen minyak plastik yang dihasilkan juga semakin besar, meskipun tidak sebanding dengan konsumsi bahan bakar yang digunakan. Hal ini disebabkan semakin tinggi tekanan udara *burner* akan menyebabkan terjadinya pencampuran udara yang cukup baik, sehingga pembakaran akan sempurna dan menghasilkan panas yang besar (Prabawa, 2010). Adanya panas yang besar ini kemudian ditransfer ke dalam reaktor pirolisis dengan cukup bagus sehingga bisa meningkatkan rendemen minyak hasil pirolisis.

#### Pengaruh Tekanan terhadap Suhu Reaktor Pirolisis

Berdasarkan percobaan utama yang dilakukan, didapatkan data kenaikan suhu reaktor selama proses pirolisis dengan sumber energi dari pembakaran minyak plastik menggunakan *steam atomizing burner* dengan variasi tekanan

*steam*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik laju kenaikan suhu reaktor selama proses pirolisis plastik

Berdasarkan grafik laju kenaikan suhu reaktor selama proses pirolisis plastik pada Gambar 3, tampak bahwa semakin besar tekanan udara yang digunakan pada *steam-atomizing burner* untuk pembakaran minyak plastik sebagai sumber energi proses pirolisis plastik, maka kenaikan suhu proses pirolisis akan semakin cepat. Termasuk juga suhu rata-rata reaktor saat kondisi stabil juga semakin besar seiring dengan kenaikan tekanan steam tersebut.

Hal ini disebabkan karena energi yang dihasilkan dari proses pembakaran minyak plastik semakin besar jika jumlah udara yang digunakan juga lebih besar, sehingga suhu reaktor akan semakin tinggi karena besarnya energi tersebut.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi tekanan udara, maka laju kenaikan suhu reaktor, temperatur dan panjang nyala api, konsumsi bahan bakar, rendemen minyak yang dihasilkan, serta nilai kalor dan viskositas minyak plastik yang dihasilkan, akan semakin meningkat juga.
2. Proses pirolisis plastik dalam penelitian ini kurang efisien disebabkan karena rendemen minyak plastik yang lebih kecil daripada konsumsi bahan bakar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, M.S. dan Styana, U.I.F., 2017, Influence of Heating Rate and Temperature on the Yield and Properties of Pyrolysis Oil Obtained from Waste Plastic Bag, *Conserve: Journal of Energy and Environmental Studies (CJEES)*, Vol. 1, No. 1, March 2017, pp.1-10.
- Cahyono, M.S., 2013, Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-oil sebagai Sumber Energi Terbarukan, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 5, No. 2, Juni 2013, hal. 67-76.
- Curtis, A., 2001, *Assesment of The Effect of Cumbustion Waste Oil, and Health Effect Associated with The Use of Waste Oil as a Dust Supresant*. USA: WoodwardClyde. Ltd.
- Koide, K., 1999, *R&D on Central Heating System with Cracked Light Oil Fraction as The Main Fuel*, Petroleum Energy Center All Right Reserved, 1999C3.1.8
- Liestiono R.P., Cahyono M.S., Widura W.W., Prasetya Agus, dan Syamsiro, M., 2017, Karakteristik Minyak dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE), *Jurnal OFFSHORE*, Vol. 1, No. 2 Desember 2017, pp. 1-9.
- Mandala, W. W., Cahyono, M.S., Ma'arif, S., Sukarjo, H.B., dan Wardoyo, 2016, Pengaruh Suhu terhadap Rendemen dan Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, Vol. 1, No. 2, Agustus 2016, hal. 49-52.
- Prabawa, P. A., 2010, Pengaruh Tekanan Udara terhadap Sifat Pembakaran Minyak Residu menggunakan Vaporizing Burner untuk Peleburan Aluminium. *Skripsi*, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Purwanti dan Sumarni, 2008, Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (LDPE), IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Santoso, J., 2010, Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi Kompiler Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik, *Thesis*, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, and Z., Yoshikawa, K., 2014, Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. *Energy Procedia*, Vol. 47, pp. 180-188.  
[www.bp.com/statisticalreview2015](http://www.bp.com/statisticalreview2015)

#### BIODATA PENULIS

**Muhammad Sigit Cahyono, S.T., M.Eng.**, lahir di Lamongan pada tanggal 28 Agustus 1983, menyelesaikan pendidikan S1 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2006 pada program studi Teknik Kimia, dan pendidikan S2 dari UGM tahun 2009 pada Program Magister Sistem Teknik. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat energi baru dan terbarukan.

**Ucik Ika Fenti Styana, S.Si., M.Eng.**, lahir di Pacitan pada tanggal 13 Maret 1985, menyelesaikan pendidikan S1 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2008 pada program studi Fisika, dan pendidikan S2 dari UGM tahun 2010 pada Program Magister Sistem Teknik. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Energi, Institut Teknologi Yogyakarta pada bidang minat energi baru dan terbarukan.