

PENGARUH RASIO UMPAN SABUT DENGAN CANGKANG KELAPA PADA PEMBUATAN ASAP CAIR MELALUI PIROLISIS

Rahmadina Shafira dan Khalimatus Sa'diyah

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
rsdina6@gmail.com, [khalimatus22@gmail.com]

ABSTRAK

Sabut dan cangkang merupakan limbah padat kelapa dengan ketersediaan melimpah setiap tahunnya. Solusi terbaik penanganan limbah tersebut adalah dengan cara mengolahnya menjadi asap cair. Asap cair didapatkan dari hasil kondensasi uap pembakaran limbah padat kelapa. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan asap cair dari campuran biomassa sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit melalui metode pirolisis. Metodologi yang dilakukan yaitu sampel biomassa sebanyak 100 g sesuai variabel dipanaskan selama 90 menit dalam reaktor sederhana. Asap yang dihasilkan dari reaktor selanjutnya dikondensasi hingga berubah fase menjadi cair. Variabel yang digunakan yaitu rasio biomassa sabut kelapa dengan cangkang kelapa sawit sebesar 1:9, 1:3, 1:1, 3:1, dan 9:1. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan asap cair metode pirolisis dengan kualitas terbaik pada rasio 1:3. Pada rasio tersebut, asap cair memiliki karakteristik pH 2, densitas 1,0067 g/mL, rendemen 30,2% dan warna kecoklatan. Produk yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik asap cair *grade 3* karena masih mengandung senyawa tar dan tidak melalui proses pemurnian lebih lanjut.

Kata kunci: Asap Cair, Sabut, Cangkang, Kelapa Sawit, Pirolisis

ABSTRACT

Coir and shell are coconut solid waste with abundant availability. The best solution for handling coconut solid waste is to process it into liquid smoke. Liquid smoke is vapor condensation from coconut solid waste combustion. This study aims to obtain liquid smoke from mixture of coconut coir and palm shell biomass using pyrolysis method. The methodology used is sample of 100 g biomass is heated for 90 minutes in a simple reactor. Vapor result from reactor is condensed so it changes to liquid phase. Variable used are ratio of coconut coir and palm shell of 1:9, 1:3, 1:1, 3:1, and 9:1. Based on the analysis results, it was obtained liquid smoke with best quality at ratio 1:3. At this ratio, liquid smoke has the characteristics pH of 2, density of 1,0067 g/mL, yield of 30,2% and brownish color. Product result in this study is in accordance with the characteristic of grade 3 liquid smoke because it still contains tar and doesn't go through further purification process.

Keywords: Liquid Smoke, Coir, Shell, Palm, Pyrolysis

1. PENDAHULUAN

Sabut dan cangkang merupakan limbah padat industri kelapa dengan ketersediaan melimpah setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari luasnya persebaran perkebunan kelapa di Indonesia. Pada tahun 2020, luas area perkebunan kelapa mencapai 3.377.376 hektar [1] dengan produksi sebesar 2.798.980 ton [2]. Sedangkan, luas area perkebunan kelapa sawit mencapai 14.996.010 hektar [3] dengan produksi sebesar 49.117.260 ton [4]. Tingginya kandungan bahan organik pada limbah padat industri kelapa berdampak pada nilai pH, BOD, COD, kandungan logam dan amoniak sehingga kualitas tanah dan air semakin menurun [5].

Solusi terbaik untuk mengurangi volume limbah kelapa di lingkungan adalah dengan cara mengolahnya menjadi asap cair [6].

Asap cair merupakan hasil kondensasi uap pembakaran metode pirolisis dari biomassa yang mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin [7]. Metode pirolisis dilakukan dengan sedikit atau tanpa oksigen sehingga terjadi penguraian struktur kimia senyawa kompleks menjadi produk padat, cair dan gas [8]. Kelebihan metode pirolisis adalah dapat mereduksi gas buang hingga 20 kali sehingga rendemen yang dihasilkan semakin banyak [9]. Komposisi senyawa pada berbagai jenis biomassa mempengaruhi kualitas asap cair yang dihasilkan. Standar kualitas *wood vinegar* di Jepang dinyatakan oleh Yatagai memiliki nilai pH 1,5 – 3,7 dan densitas <1,005 [10].

Hasil dekomposisi senyawa yang terkandung dalam biomassa dikelompokkan berdasarkan tipe kimianya yaitu senyawa fenol, karbonil, dan asam [11]. Fenol merupakan senyawa paling berperan dalam asap cair sebagai antibakteri dan zat warna, senyawa karbonil sebagai pembentuk warna dan cita rasa produk asap, sedangkan senyawa asam berperan sebagai antibakteri [12]. Asap cair juga mengandung senyawa tar dan *benzopiren* yang bersifat karsinogen sehingga perlu dilakukan pemurnian kembali [13].

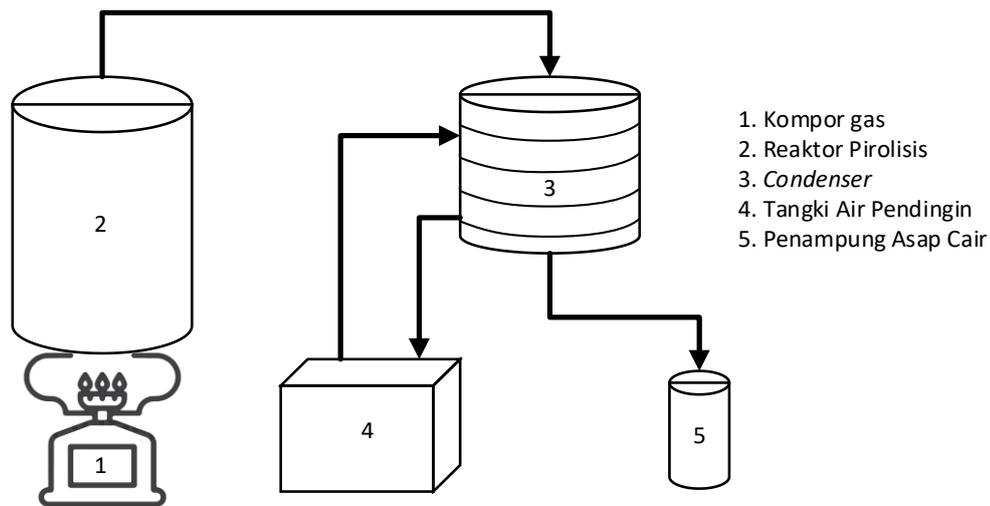
Berdasarkan proses pemurnian dan penggunaannya, asap cair dapat dibagi menjadi 3 *grade* [12]. Asap cair *grade 3* dihasilkan tanpa proses pemurnian dan berwarna coklat kehitaman karena masih mengandung senyawa tar yang bersifat karsinogenik. Asap cair *grade 3* digunakan sebagai penghilang bau pada karet lateks. Asap cair *grade 2* merupakan produk asap hasil pemurnian yang digunakan sebagai pengawet makanan mentah aman konsumsi. Sedangkan, asap cair *grade 1* merupakan produk asap paling jernih karena telah mengalami pemurnian berulang dan digunakan sebagai pengawet makanan seperti mie, bakso, tahu serta bumbu *barbecue*.

Penelitian mengenai pembuatan asap cair memanfaatkan limbah padat kelapa telah banyak dilakukan. Salah satunya oleh Sa'diyah, dkk. (2017), mengenai pembuatan asap cair dari tempurung kelapa mendapatkan *yield* terbanyak sebesar 45,1582% [14]. Penelitian lain dilakukan oleh Sa'diyah, dkk. (2018), mengenai pembuatan asap cair dengan variasi biomassa sabut dan tempurung kelapa [15]. Pada penelitian tersebut didapatkan *yield* terbesar untuk pirolisis sabut kelapa sebesar 34,2% dengan densitas 1,001 g/mL, sedangkan untuk pirolisis tempurung kelapa didapatkan *yield* terbesar 45,2% dengan densitas 1,212 g/mL.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang masih terbatas pada limbah padat kelapa, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan asap cair memanfaatkan limbah padat kelapa dan limbah padat perkebunan kelapa sawit. Limbah padat tersebut berupa sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan asap cair dari campuran biomassa sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit melalui metode pirolisis. Selanjutnya, dilakukan analisis kualitas dari asap cair meliputi pH, densitas, rendemen dan warna untuk mengetahui karakteristik asap cair yang dihasilkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan utama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah proses pirolisis asap cair dari campuran biomassa sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit serta menganalisis kualitas produk asap cair yang dihasilkan. Desain alat pirolisis menggunakan reaktor berupa kaleng silinder besi tertutup dengan pemanas kompor gas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain alat pirolisis

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini berupa campuran biomassa sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit dengan rasio 1:9, 1:3, 1:1, 3:1, dan 9:1. Sabut kelapa didapatkan dari penjual kelapa lokal dan cangkang kelapa sawit didapatkan dari perkebunan kelapa sawit daerah Kutai Timur, Kalimantan Timur. Pembuatan asap cair dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:

- **Tahap Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku berupa campuran sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit sebanyak 100 g sesuai variabel diperkecil ukurannya hingga 3-5 cm. Selanjutnya, bahan baku tersebut dikeringkan hingga berat penimbangan konstan.

- **Tahap Pirolisis**

Bahan baku yang telah dikeringkan dimasukkan kedalam reaktor tertutup dengan udara terbatas. Pada bagian bawah reaktor dinyalakan api dari kompor gas sehingga bahan baku terbakar secara tidak langsung selama 90 menit.

- **Tahap Kondensasi**

Selama proses pembakaran berlangsung, asap dari reaktor dialirkan melalui pipa menuju *condenser* yang berisi air pendingin. Asap tersebut dikondensasi hingga berubah fase menjadi cair dan dialirkan menuju tangki penampung asap cair.

- **Tahap Analisis**

Hasil kondensasi berupa asap cair dianalisis kualitasnya melalui pH, densitas, rendemen dan warna yang dihasilkan. Rumus-rumus yang digunakan dalam tahap analisis antara lain [16]:

a. Densitas (Massa jenis)

$$\text{Densitas} = \frac{\text{massa asap cair (gram)}}{\text{volume asap cair (mL)}} \quad (1)$$

b. Rendemen

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa asap cair (gram)}}{\text{massa bahan baku (gram)}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Asap cair merupakan hasil kondensasi uap pembakaran biomassa dengan metode pirolisis. Biomassa yang digunakan yaitu campuran sabut kelapa dan cangkang kelapa sawit diperkecil ukurannya hingga 3-5 cm dan dikeringkan hingga berat penimbangan konstan. Hal tersebut dilakukan agar luas permukaan pembakaran menjadi lebih besar sehingga proses pirolisis berlangsung lebih cepat dan merata [17]. Pada penelitian ini, variabel yang digunakan adalah rasio biomassa sabut kelapa terhadap cangkang kelapa sawit dengan berat total 100 g. Data analisis produk asap cair dapat dilihat pada Tabel 1.

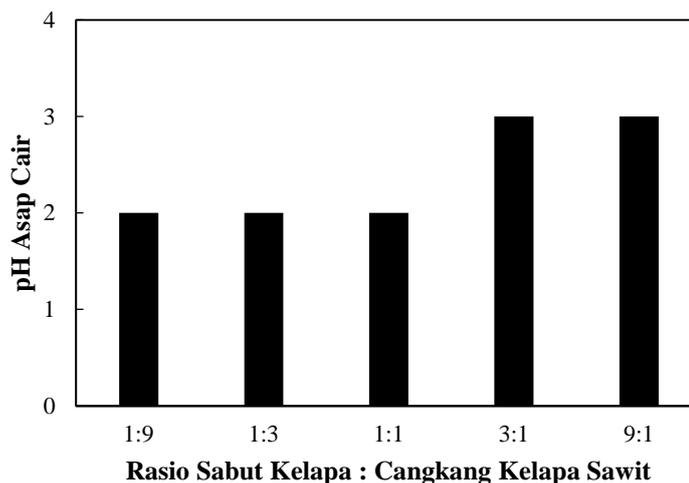
Tabel 1. Data analisis produk asap cair metode pirolisis

No	Rasio Biomassa*	Parameter					
		pH	Massa (g)	Volume (mL)	Densitas (g/mL)	Rendemen	Warna
1	1:9	2	26,9	27	0,9963	26,9%	Kecoklatan
2	1:3	2	30,2	30	1,0067	30,2%	Kecoklatan
3	1:1	2	16,5	17	0,9706	16,5%	Kecoklatan
4	3:1	3	24,8	26	0,9538	24,8%	Kecoklatan
5	9:1	3	30,2	30	1,0067	30,2%	Kecoklatan

*Rasio biomassa adalah rasio Sabut Kelapa : Cangkang Kelapa Sawit

3.1. Pengaruh Rasio Biomassa terhadap pH Asap Cair

Salah satu parameter kualitas produk asap cair ditunjukkan melalui nilai pH. Nilai pH menunjukkan tingkat proses penguraian komponen untuk menghasilkan komponen asam pada asap cair [14].



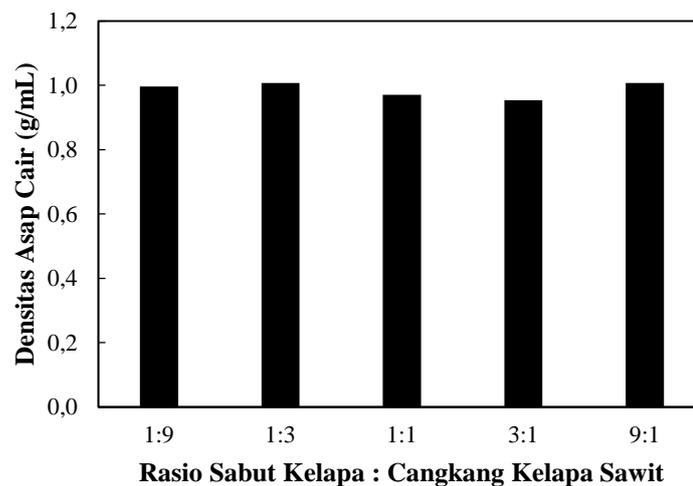
Gambar 2. Pengaruh rasio biomassa terhadap pH asap cair

Hasil asap cair dapat dilihat pada Gambar 2 memiliki nilai pH cenderung bervariasi yaitu 2-3. Nilai tersebut memenuhi standar kualitas *wood vinegar* di Jepang yang memiliki pH 1,5 – 3,7 [10]. pH asap cair yang dihasilkan juga tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian lain. Pada penelitian Sa'diyah, dkk. (2018), asap cair dari sabut kelapa memiliki pH 2-3 [15]. Sedangkan, pada penelitian Mustafiah dan Jafar (2017), asap cair dari cangkang kelapa sawit memiliki pH 2,12 [16].

Berdasarkan variabel rasio biomassa, dapat dilihat semakin banyak kandungan cangkang kelapa sawit maka semakin rendah pH asap cair. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kandungan hemiselulosa dan selulosa pada biomassa. Dekomposisi hemiselulosa dan selulosa menghasilkan senyawa asam seperti asam asetat [12]. Sabut kelapa memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 8,5% dan selulosa sebesar 19,27% [7]. Sedangkan cangkang kelapa sawit memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 18,8% dan selulosa sebesar 37,76% [12]. Nilai pH yang rendah atau tingkat keasaman tinggi mengindikasikan asap cair memiliki kualitas tinggi berkaitan dengan daya simpan dan keawetan produk asap [6]. Nilai pH yang rendah mengakibatkan bakteri merugikan tidak dapat hidup dan berkembang biak dengan baik [18]. Hal tersebut menunjukkan bahwa asap cair dengan pH rendah memiliki fungsi sebagai antibakteri.

3.2. Pengaruh Rasio Biomassa terhadap Densitas Asap Cair

Asap cair dapat diuji kualitasnya secara fisika melalui perhitungan densitas. Densitas atau massa jenis merupakan pengukuran massa setiap satuan volume. Pada penelitian ini, pengukuran densitas dilakukan dengan cara membandingkan massa sampel terhadap volumenya.



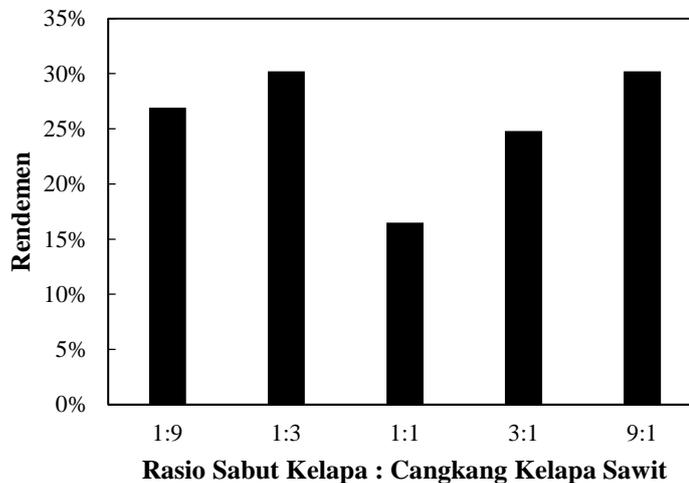
Gambar 3. Pengaruh rasio biomassa terhadap densitas asap cair

Hasil perhitungan densitas asap cair dapat dilihat pada Gambar 3 berkisar antara 0,9 sampai 1 g/mL. Densitas tersebut memenuhi standar kualitas *wood vinegar* di Jepang yaitu <1,005 [10]. Produk asap cair memiliki densitas yang tidak berbeda jauh dengan beberapa penelitian lain. Pada penelitian Sa'diyah, dkk. (2018), asap cair dari sabut kelapa memiliki densitas sebesar 1,0012 – 1,0412 g/mL [15]. Sedangkan pada penelitian Mustafiah dan Jafar (2017), asap cair dari cangkang kelapa sawit memiliki densitas sebesar 1,03 g/mL [16].

Densitas tertinggi diperoleh pada rasio biomassa sabut kelapa : cangkang kelapa sawit 1:3 dan 9:1 sebesar 1,0067 g/mL. Nilai densitas melebihi standar (>1,005) mengindikasikan asap cair memiliki kualitas rendah. Hal tersebut disebabkan karena adanya kandungan senyawa tar yang dihasilkan dari dekomposisi lignin pada suhu tinggi. Senyawa tar memiliki sifat kental dan massa jenisnya lebih besar daripada asap cair [12]. Semakin lama proses pirolisis berlangsung, maka semakin banyak senyawa tar yang dihasilkan [19].

3.3. Pengaruh Rasio Biomassa terhadap Rendemen Asap Cair

Hasil suatu proses dapat diketahui dengan melakukan perhitungan rendemen. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa tertentu.



Gambar 4. Pengaruh rasio biomassa terhadap rendemen asap cair

Berdasarkan Gambar 4, diperoleh rendemen asap cair tertinggi pada rasio 1:3 dan 9:1 sebesar 30,2%. Rendemen asap cair yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan penelitian lain. Pada penelitian Badin, dkk. (2013), diperoleh rendemen asap cair dari sabut kelapa sebesar 32,35% [7]. Sedangkan pada penelitian Padil, dkk. (2008), diperoleh rendemen asap cair dari cangkang kelapa sawit sebesar 18,68 – 35,48% [20]. Pada rasio biomassa 1:1, rendemen yang dihasilkan sangat rendah. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya asap yang terbuang saat pembakaran berlangsung dan tidak terkondensasi menjadi cair [11].

Rendemen asap cair relatif tinggi disebabkan adanya kandungan hemiselulosa dan selulosa yang tinggi pada biomassa [15]. Sabut kelapa memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 8,5% dan selulosa sebesar 19,27% [7]. Sedangkan cangkang kelapa sawit memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 18,8% dan selulosa sebesar 37,76% [12]. Semakin tinggi kadar selulosa dan hemiselulosa pada biomassa, maka semakin tinggi pula nilai rendemen yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian, dapat dilihat penyumbang rendemen paling banyak adalah cangkang kelapa sawit.

Asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini merupakan asap cair *grade 3* karena tidak melalui proses pemurnian. Asap cair *grade 3* mengandung kadar air yang tercampur dalam produk asap karena tidak dilakukan proses distilasi lebih lanjut sehingga rendemen yang dihasilkan lebih banyak. Selama proses pirolisis berlangsung, kadar air yang dimiliki oleh biomassa akan menguap dan terkondensasi kembali ke dalam kondenser sehingga volume asap cair yang dihasilkan bertambah. Selain jenis dan komposisi biomassa, waktu pirolisis juga mempengaruhi jumlah rendemen yang dihasilkan. Semakin lama proses pirolisis berlangsung, maka semakin banyak rendemen asap cair yang dihasilkan [8].

3.4. Pengaruh Rasio Biomassa terhadap Warna Asap Cair

Asap cair memiliki karakteristik sensori berupa warna. Pada penelitian ini, asap cair yang dihasilkan merupakan asap cair *grade 3* karena tidak melalui proses pemurnian. Asap cair *grade 3* berwarna coklat kehitaman karena mengandung senyawa tar [12].



Gambar 5. Warna asap cair pada: (a) rasio biomassa 1:1 (b) rasio biomassa 3:1

Hasil asap cair sabut kelapa : cangkang kelapa sawit terlihat pada Gambar 5 memiliki warna yang hampir sama yaitu kecoklatan. Hal ini tidak berbeda jauh dengan asap cair *grade 3* pada penelitian [21] yang berwarna kecoklatan. Warna kecoklatan pada asap cair disebabkan karena adanya kandungan tar yaitu senyawa tak larut pada proses pirolisis yang memiliki warna kehitaman dan bersifat karsinogenik [12].

Kandungan senyawa karbonil dan fenol sebagai pemberi warna juga menyebabkan asap cair memiliki warna kecoklatan [7]. Senyawa karbonil didapatkan dari dekomposisi selulosa, sedangkan senyawa fenol didapat dari dekomposisi lignin. Sabut kelapa memiliki kandungan selulosa sebesar 19,27% dan lignin sebesar 29,23% [7]. Sedangkan, cangkang kelapa sawit memiliki kandungan selulosa sebesar 37,76% dan lignin sebesar 34,99% [12]. Semakin banyak kandungan selulosa dan lignin pada biomassa, maka warna asap cair yang dihasilkan semakin pekat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian, semakin banyak komposisi cangkang kelapa sawit pada biomassa maka semakin pekat warna asap cair.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan asap cair dari rasio biomassa sabut kelapa dengan cangkang kelapa sawit melalui metode pirolisis. Kualitas terbaik diperoleh pada rasio 1:3 dengan karakteristik pH 2, densitas 1,0067 g/mL, rendemen 30,2% dan warna kecoklatan. Produk yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik asap cair *grade 3* karena masih mengandung senyawa tar dan tidak melalui proses pemurnian lebih lanjut.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan pemurnian lebih lanjut sehingga asap cair bebas dari tar dan senyawa *benzopiren*. Selain itu, perlu dilakukan pengaturan suhu pirolisis agar asap cair yang dihasilkan memiliki kualitas lebih baik. Selanjutnya, perlu dilakukan analisis untuk mengetahui kandungan dalam asap cair.

REFERENSI

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020, *Luas Areal Kelapa Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2016-2020*.
- [2] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020, *Produksi Kelapa Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2016-2020*.

- [3] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020, *Luas Areal Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia 2016-2020*.
- [4] Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020, *Produksi Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2016-2020*.
- [5] Susilawati, S., dan Supijatno, S., 2015, *Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit Riau*, Bul. Agrohorti, Vol. 3, No. 2, 203–212.
- [6] Haji, A. G., Mas'ud, Z. A., Lay, B. W., dan Sutjahjo, S. H., 2006, *Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Padat*, Jurnal Teknologi Industri Pertanian, Vol. 16, No. 3.
- [7] Badin, Y. R., Anggraini, S. P. A., dan Yuniningsih, S., 2013, *Pengolahan Sabut Kelapa menjadi Asap Cair dengan menggunakan Proses Pirolisis*.
- [8] Ridhuan, K., Irawan, D., dan Inthifawzi, R., 2019, *Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan*, Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin, Vol. 8, No. 1, 69–78.
- [9] Hamid, R., Djide, M. N., dan Ibrahim, R., 2016, *Penanganan Limbah Plastik Dengan Teknologi Pirolisis dan Biogedrasi dengan Bakteri PSEUDOMONAS SP*, Jurnal Rekayasa Lingkungan.
- [10] Nurhayati, T., Desviana, D., dan Sofyan, K., 2005, *Tempurung Kelapa Sawit (TKS) sebagai Bahan Baku Alternatif untuk Produksi Arang Terpadu dengan Pyrolegneous / Asap Cair*, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis, Vol. 3, No. 2, 39–44.
- [11] Mappiratu, M., 2009, *Kajian Teknologi Produksi Asap Cair dari Sabut Kelapa*, Media Litbang Sulteng 2, Vol. 2, No. 2, 104–109.
- [12] Rusydi, S. M., 2019, *Pyrotechnology 4 in 1: Prinsip Dasar Teknologi Pirolisa Biomassa*, Unimal Press, Lhokseumawe.
- [13] Darmadji, P., 2002, *Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi*, Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. 13, No. 3, 267–271.
- [14] Sa'diyah, K., Suharti, P. H., Hendrawati, N., Nugraha, I., dan Febrianto, N. A., 2017, *Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa dengan Metode Pirolisis*, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia, Vol. 1, 1–7.
- [15] Sa'diyah, K., Rohman, F., Harsanti, W., Nugraha, I., dan Febrianto, N. A., 2018, *Pyrolysis of Coconut Coir and Shell as Alternative Energy Source*, Jurnal Bahan Alam Terbarukan, Vol. 7, No. 2, 115–120.
- [16] Mustafiah M., dan Jafar, N., 2017, *Pemanfaatan Asap Cair dari Blending Limbah Biomassa Cangkang Sawit dan Tempurung Kelapa Dalam secara Pirolisis menjadi Insektisida Organik*, Journal of Chemical Process Engineering, Vol. 02, No. 01, 36–45.
- [17] Fauzan, F., dan Ikhwanus, M., 2017, *Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi dan Filtrasi Menggunakan Zeolit dan Arang Aktif*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017, 1–5.
- [18] Dewi, J., Gani, A., dan Nazar, M., 2018, *Analisis Kualitas Asap Cair Tempurung Kelapa dan Ampas Tebu sebagai Bahan Pengawet Alami pada Tahu*, Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA, Vol. 2, No. 2, 106–112.
- [19] Rafi, A., Hartono, P., dan Margianto, M., 2019, *Analisis Energi Terbarukan Pada Proses Pirolisis dengan Memanfaatkan Sampah Plastik*, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 12, No. 01.
- [20] Padil, P., Sunarno, S., dan Andriyasih, T., 2008, *Pirolisis Cangkang Sawit menjadi Asap Cair (Liquid Smoke)*, Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia, 1–7.
- [21] Jenita, J., Anggraini, S. P. A., dan Yuniningsih, S., 2016, *Pembuatan Asap Cair dari*

Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Bambu Menggunakan Proses Slow Pyrolysis, Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, Vol. 1, No. 1, 57–64.