

Peningkatan *Yield* Fenol dari *Bio-oil* Hasil Pirolisis *Bagasse* Tebu Melalui Proses Ekstraksi pada Suhu dan Kecepatan Pengadukan

Megawati, Dewi Selvia Fardhyanti, Haniif Prasetiawan, Ummi Habibah✉, Prayogo Tri Raharjo

Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Universitas Negeri Semarang

✉email penulis: ummi.abya20@gmail.com

Abstrak. *Bio-oil* dapat diproduksi dari proses pirolisis bagas tebu. Selama proses pirolisis terjadi reaksi dekomposisi termal lignoselulosa dengan dialiri gas inert. *Bio-oil* yang dihasilkan merupakan campuran yang kompleks dimana salah satu komponen utama *bio-oil* adalah senyawa fenol. Keberadaan senyawa fenol dalam *bio-oil* dapat menyebabkan penurunan kualitas *bio-oil* dalam bentuk peningkatan viskositas, penurunan nilai kalor, penurunan pH, dan korosif. Jika fenol dapat diaplikasikan langsung sebagai alternatif biodiesel, maka dilakukan pemisahan komponen fenol dari *bio-oil*. Metode pemisahan fenol yang ideal dapat dilakukan dengan cara ekstraksi cair-cair. *Bio-oil* diekstraksi menggunakan dua pelarut dengan kepolaran berbeda yaitu metanol konsentrasi 80% sebagai pelarut polar yang berikatan dengan fase larutan encer *bio-oil*, dan kloroform konsentrasi 100% sebagai pelarut non polar yang berikatan dengan fase organik *bio-oil*. *Bio-oil* pH 5 digunakan sebagai umpan ekstraksi. Proses ekstraksi terjadi selama 50 menit, dengan rasio umpan dan pelarut sebesar 1:2, dan waktu pembentukan fase ekstrak dan fase rafinat selama 60 menit. Uji kadar fenol hasil ekstraksi menggunakan metode *Folin Ciocalteu* untuk mendapatkan konsentrasi total senyawa fenol dalam hasil ekstraksi *bio-oil*. Variabel ekstraksi fenol *bio-oil* terdiri dari suhu yang divariasi pada 25, 30, dan 35° serta kecepatan pengadukan yang divariasi pada 200, 250, dan 300 rpm. Kondisi optimum ekstraksi fenol diperoleh ketika volume ekstrak terbesar dan *yield* tertinggi dicapai yaitu sebesar 58,89% pada *bio-oil* suhu 500°C dan 48,43% pada suhu 700°C yang keduanya didapatkan pada variasi suhu ekstraksi 30°C dan kecepatan pengadukan 250 rpm.

Kata kunci: Bagas Tebu; *Bio-Oil*; Ekstraksi; Fenol; Pirolisis

Abstract. *Bio-oil* can be produced from sugarcane bagasse pyrolysis process. During the pyrolysis process a lignocellulose thermal decomposition reaction occurs with an inert gas. *Bio-oil* produced is a complex mixture where one of the main components of *bio-oil* is phenol compounds. The presence of phenol compounds in *bio-oil* can cause a decrease in the quality of *bio-oil* in the form of increased viscosity, decreased heat value, decreased pH, and corrosive. If phenol can be applied directly as an alternative biodiesel, the phenol component is separated from *bio-oil*. The ideal phenol separation method can be done by liquid-liquid extraction. *Bio-oil* was extracted using two solvents with different polarity namely 80% concentration of methanol as a polar solvent that binds with the aqueous phase of *bio-oil* solution, and 100% chloroform as non-polar solvent that binds to the organic *bio-oil* phase. *Bio-oil* pH 5 is used as an extraction feed. The extraction process occurs for 50 minutes, with a feed and solvent ratio of 1: 2, and the extraction phase and raffinate phase for 60 minutes. Test of phenol content extracted using the *Folin Ciocalteu* method to obtain the total concentration of phenol compounds in the extraction of *bio-oil*. Phenol *bio-oil* extraction variables consisted of temperatures varied at 25, 30, and 35 °C and the stirring speed varied at 200, 250 and 300 rpm. The optimum condition of phenol extraction was obtained when the highest extract volume and highest yield was achieved at 58.89% in *bio-oil* at 500 °C and 48.43% at 700 °C, both of which were obtained at extraction temperature variations of 30 °C and stirring speed 250 rpm.

Keywords: Bagasse Sugar Cane; *Bio-Oil*; Extraction; Phenol; Pyrolysis

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia semakin meningkat dan menyebabkan bertambahnya penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui sehingga diprediksi akan habis pada tahun 2042 (*U.S. Energy Information Agency*, 2013). Dari masalah kelangkaan bahan bakar fosil, diperlukan suatu solusi berupa penggunaan sumber daya alam terbarukan. Pada beberapa tahun terakhir telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan potensi biomassa sebagai bio-energi (Manzano, 2013). Hal ini didukung oleh jumlah potensi bio-energi di Indonesia yang mencapai angka 50.000 MW, namun potensi yang ada belum difungsikan secara optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya, telah membuktikan bahwa biomassa dapat dikonversi menjadi *bio-oil*. Kandungan lignoselulosa dalam biomassa dapat terdekomposisi menjadi komponen-komponen penyusun *bio-oil*. Deretan biomassa yang dapat menghasilkan *bio-oil* yaitu tempurung kelapa (Fardhyanti & Damayanti, 2017), tongkol jagung (Demiral *et al.*, 2012), kulit durian (Ismadji, 2012), tandan kosong, serat, dan cangkang kelapa sawit (Purwanto dkk, 2012). Salah satu biomassa yang potensial untuk produksi *bio-oil* adalah bagas tebu.

Bagas tebu merupakan limbah dari proses pembuatan gula yang masih mengandung lignoselulosa yang terdiri dari 40-50% selulosa, 20-30% hemiselulosa, 20-25% lignin, dan 1,5-3% abu (Varma *et al.*, 2016). Umumnya, dari proses industri gula, dihasilkan 32% bagas tebu (Erawati dkk., 2013).

Bio-oil dapat diproduksi dari biomassa bagas tebu melalui proses pirolisis. Pirolisis dapat didefinisikan sebagai suatu proses konversi termokimia yang paling menjanjikan dimana terjadi dekomposisi termal tanpa kehadiran oksigen dengan menggunakan gas inert (Treedet *et al.*, 2017). Proses pirolisis menghasilkan tiga produk utama yaitu bio-oil fase cair, bio-char fase padat, dan gas. Bio-oil adalah emulsi dengan bau seperti asap yang diproduksi melalui proses kondensasi uap hasil pirolisis biomassa yang mengandung lignoselulosa (Fardhyanti & Damayanti, 2017). Karakter *bio-oil* lebih ramah lingkungan, dan bersih, serta memberikan emisi SO₂, NO_x, dan jelaga yang jauh lebih sedikit daripada bahan bakar fosil.

Komponen *bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis sangat kompleks dan sebagian besar komponen utama adalah senyawa oksigenat yang terdiri dari fenol, asam asetat, dan hidroksi aseton, dapat menyebabkan menurunnya kualitas *bio-oil* (Graca *et al.*, 2009). Senyawa fenol memberikan pengaruh meningkatnya viskositas, menurunnya pH, meningkatnya keasaman, menurunkan nilai kalor, dan korosif (Lu *et al.*, 2009). Maka, perlu dilakukan pemisahan senyawa fenol dari *bio-oil*. Metode yang tepat dan mudah diaplikasikan yaitu ekstraksi cair-cair menggunakan solven metanol dan kloroform. Metanol sebagai solven polar yang mengikat fase *aqueous bio-oil* dan kloroform sebagai solven non polar yang mengikat fase organik *bio-oil* (Maantilla *et al.*, 2015). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimum ekstraksi fenol dari bio-oil hasil pirolisis bagas tebu pada suhu pirolisis 500°C dan 700°C.

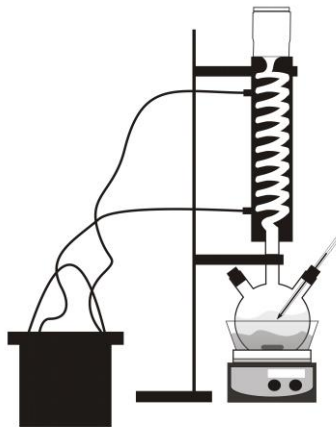
MATERIAL DAN METODE

Material

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu, reagen *folin ciocalteau*, asam galat, Na_2CO_3 , metanol, klorofom, dan akuades.

Metode

Pada penelitian ini digunakan alat: *hot plate*, *water bath*, *boiling flask 3 neck 250 mL*, *magnetic stirrer*, gelas ukur 10 mL, labu takar 100 mL, 50 mL, dan 10 mL, corong kaca, kertas saring, *beaker glass* 100 mL, pipet ukur 10 mL, 5 mL, dan 1 mL, pipet tetes, statif, klem, *boss head*, spatula, gelas arloji, neraca analitik, *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)*, dan Spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 1. Rangkaian Alat Ekstraksi Fenol dari *Bio-Oil*

Bio-oil diproduksi melalui proses pirolisis bagas tebu dengan tipe reaktor *fixed bed*. *Bio-oil* divariasi pada suhu pirolisis 500°C dan 700°C. Selama proses pirolisis, umpan dialiri gas N_2 yang berfungsi sebagai pengganti udara. Uap yang terbentuk kemudian dikondensasi agar didapatkan *bio-oil*. Kondisi operasi pirolisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Operasi Pirolisis

Kondisi Operasi Pirolisis	Nilai
Massa Umpan	1000 gram
Ukuran Partikel	35 mesh
<i>Heating Rate</i>	5°C/menit
Waktu Tinggal	4 detik
Laju Alir N_2	200 mL/menit
Media Pendingin	Air

Selanjutnya *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu pada suhu pirolisis 500°C dan 700°C di analisis komponen dan konsentrasinya dengan GC-MS. Kondisi GC-MS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi GC MS

<i>GC-MS Perkin Elmer GC Clarus 680 MS Clarus SQ 8T</i>	
Panjang kolom	30 m
Diameter kolom	2,5 x 10 ⁻⁸ m
Temperatur	60°C
Tekanan	Vakum
Laju alir	0,8 mL/menit

Setelah dianalisis dan diketahui konsentrasi masing-masing komponen *bio-oil*, selanjutnya *bio-oil* diekstraksi. Kondisi operasi ekstraksi tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi Operasi Ekstraksi

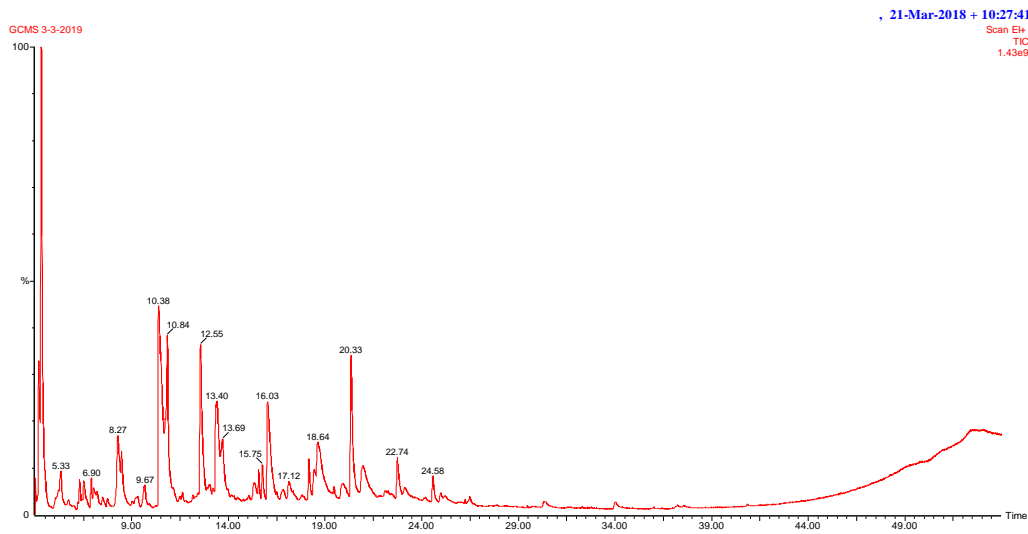
Kondisi Operasi Ekstraksi	Nilai
Volume Umpan	6,5 mL
Konsetrasi Metanol	80%
Konsentrasi Klorofom	100%
Perbandingan Pelarut-Umpan	2:1
pH <i>Bio-oil</i>	5
Waktu Ekstraksi	50 menit
Waktu Pembentukan 2 Fase	60 menit

Ekstraksi fenol dari *bio-oil* suhu pirolisis 500°C dan 700°C merupakan ekstraksi satu tahap dengan variasi suhu ekstraksi pada 25, 30, dan 35°C, serta variasi kecepatan pengadukan pada 200, 250, dan 300 rpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Senyawa Fenol Hasil Analisis GC-MS

Bio-oil hasil pirolisis bagas tebu pada kedua variasi suhu pirolisis, kemudian dianalisis komponen dan konsentrasinya dengan menggunakan GC-MS. Kromatogram *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 500°C dan 700°C secara berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Kromatogram *Bio-Oil* Hasil Pirolisis Bagas Tebu Suhu 500°C

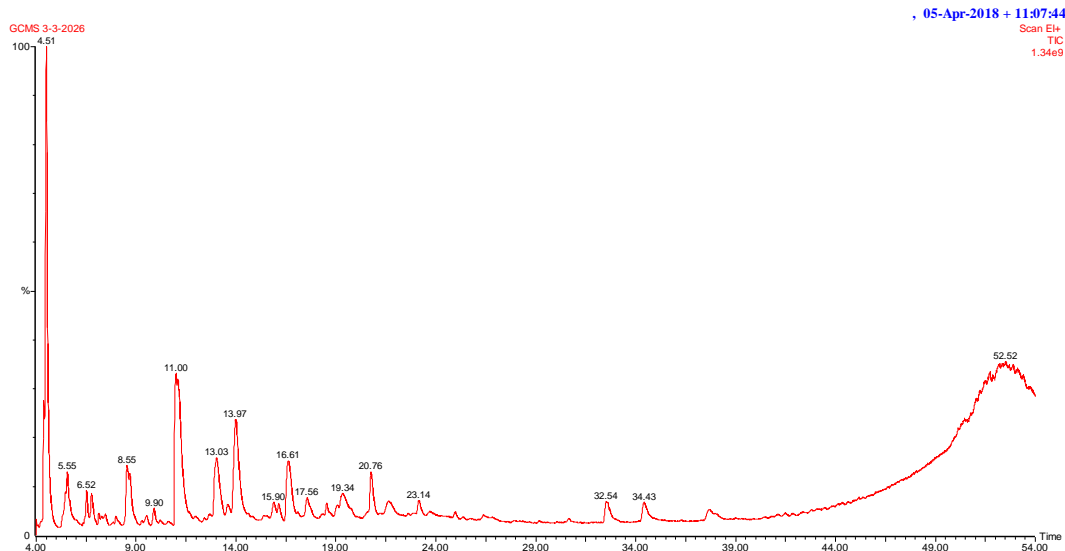
Dari kromatogram *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 500°C, dapat diperoleh data komponen beserta konsentrasi *bio-oil* suhu 500°C yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komponen Kimia *Bio-oil* Hasil Pirolisis Bagas Tebu Suhu 500°C

No.	Komponen	Komposisi
1.	Furfural	20,76%
2.	Butyrolakton	0,83%
3.	5-metil-2-furankarboksaldehida	4,67%
4.	3-metil-2-siklopentena	2,73%
5.	Fenol	16,42%
6.	3-metil-1,2-siklopentandiona	10,86%
7.	5-metil-3-metilena	7,54%
8.	p-kresol	7,05%
9.	2,4-Asam Oktadionat	3,48%
10.	p-kreosol	1,13%
11.	4-etil fenol	7,72%
12.	4-etil guaiakol	1,31%
13.	1,2-Benzenediol	5,27%
14.	2,6-dimetoksi fenol/ syringol	6,79%
15.	4-metoksi fenol	2,29%

16.	2,4,5-trimetoksi amfetamin	1,14%
-----	----------------------------	-------

Dari Tabel 4., diperoleh total senyawa fenolik dalam *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 500°C sebesar 47,98 % ditunjukkan oleh data yang diarsir pada Tabel 4. Kromatogram *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 700°C menggambarkan puncak yang berbeda dari *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 500°C.



Gambar 3. Kromatogram *Bio-Oil* Hasil Pirolisis Bagas Tebu Suhu 700°C

Dari kromatogram *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 700°C dapat diperoleh data komponen beserta persentase *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 700°C yang tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Komponen Kimia *Bio-oil* Hasil Pirolisis Bagas Tebu Suhu 700°C

No.	Komponen	Komposisi
1.	Furfural	4.41%
2.	2-Furan methanol	8.09%
3.	2-Siklopentena	1.68%
4.	Etanon	1.86%
5.	5-metil-2-furaldehid	4.66%
6.	4-etil-5-metil-1-heksenon	4.11%
7.	Fenol	31.66%
8.	6-heksena	9.49%
9.	p-kresol	14.74%

10.	2,5-dimetil fenol	1.86%
11.	3-etil fenol	9.09%
12.	3-asam siklopentil propionate	3.05%
13.	2,6-dimetoksi-fenol/ syringol	5.30%

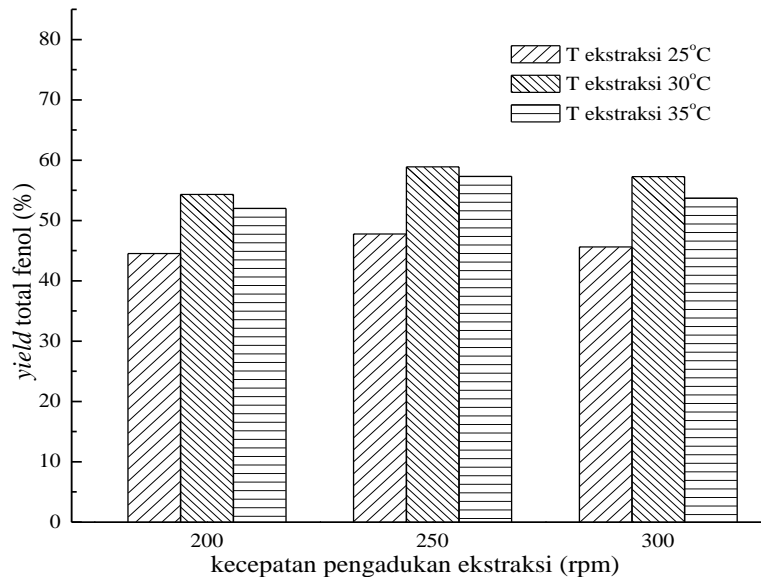
Dari Tabel 5., diperoleh total senyawa fenolik dalam *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 700°C sebesar 62,65 % ditunjukkan oleh data yang diarsir pada Tabel 5.

Pengaruh Suhu dan Kecepatan Pengadukan Ekstraksi terhadap Nilai *Yield* Total Fenol

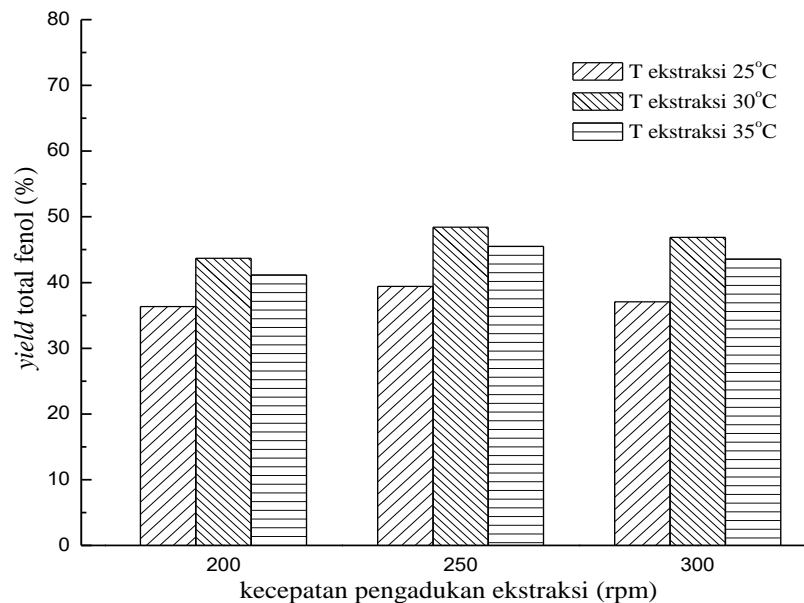
Senyawa fenol dalam *bio-oil* hasil ekstraksi yang terdapat dalam fase ekstrak maupun rafinat, kemudian diuji kadarnya menggunakan metode *folin ciocalteau*. Metode untuk mengetahui keberhasilan proses ekstraksi yaitu dengan melakukan perhitungan nilai *yield* total fenol. Digunakan Pers.1 untuk menghitung nilai *yield* total fenol hasil ekstraksi.

$$Yield = \frac{\text{massa fenol di ekstrak}}{\text{massa fenol di umpan}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Hubungan antara variabel ekstraksi fenol yaitu suhu dan kecepatan pengadukan terhadap nilai *yield* total fenol hasil ekstraksi *bio-oil* pada suhu pirolisis bagas tebu 500°C ditunjukkan pada Gambar 4., sedangkan pada suhu pirolisis bagas tebu 700°C ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan antara *Yield* Total Fenol Hasil Ekstraksi *Bio-oil* pada Suhu Pirolisis Bagas Tebu 500°C dengan Kecepatan Pengadukan dan Suhu Ekstraksi



Gambar 5. Hubungan antara *Yield* Total Fenol Hasil Ekstraksi *Bio-oil* pada Suhu Pirolisis Bagas Tebu 700°C dengan Kecepatan Pengadukan dan Suhu Ekstraksi

Nilai *yield* maksimum diperoleh pada variasi suhu 30°C. Menurut Fardhyanti *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa semakin tinggi suhu ekstraksi dapat meningkatkan fraksi mol komponen fenol dalam fase ekstrak sekaligus menurunkan fraksi mol komponen fenol dalam fase rafinat, tetapi pada suhu 35°C terjadi pengurangan fraksi mol solut dalam fase ekstrak, yang disebabkan molekul dari solven yang berubah menjadi fase uap meningkat yang berakibat pada penurunan kemampuan solven untuk melarutkan solut.

Nilai *yield* maksimum diperoleh pada variasi suhu pengadukan 250 rpm. Berdasarkan penelitian Zhou *et al.*, (2011), ekstraksi terjadi karena adanya proses difusi antara solven dengan solut. Proses difusi berlangsung lebih cepat dengan semakin tingginya kecepatan pengadukan. Proses difusi optimal berada pada kecepatan pengadukan 250 rpm. Hal ini dikarenakan, Pada kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan proses *back mixing* yang mempengaruhi berkurangnya kontak solven dengan solut.

SIMPULAN

Kondisi optimum ekstraksi fenol pada *bio-oil* hasil pirolisis bagas tebu suhu 500°C dan 700°C yaitu pada variasi suhu ekstraksi 30°C dan kecepatan pengadukan 250 rpm, dengan diperoleh nilai *yield* terbesar secara berturut-turut yaitu 58,89 % dan 48,43 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Demiral, I., A. Eryazici, and S. Sensoz. 2012. *Bio-oil production from pyrolysis of corncob (Zea mays L.)*. "Biomass Bioenergy Journal", Vol. 36, pp. 43-49.
- Erawati, E, Sediawan, W.B, dan Mulyono, P. 2013. *Karakteristik Bio-Oil Hasil Pirolisis Bagas Tebu (Baggase)*. "Jurnal Kimia Terapan Indonesia", Vol. 15, 2, pp. 47- 55

- Fardhyanti, D.S and A. Damayanti. 2017. *Analysis of Bio-Oil Produced by Pyrolysis of Coconut Shell*. "World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Chemical and Molecular Engineering", Vol. 11, No. 9.
- Fardhyanti, D.S., Sediawan, W.B., dan Mulyono, P. 2015. *Complex Extraction of Phenol, o-Cresol and p-Cresol from Model Coal Tar Using Methanol and Acetone Solutions*. "British Journal of Applied Science & Technology", Vol. 8, No. 5, pp. 427-436, ISSN: 2231-084.
- Graca, I; F. Ramo[^]a Ribeiro; H.S. Cerqueira; Y.L. Lam; M.B.B. de Almeida. 2009. *Catalytic cracking of mixtures of model bio-oil compounds and gasoil*. *Environmental* 90. 556-563.
- Ismadji, S. 2012. *Kulit Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bio-Oil: Sumber Energi Terbarukan*. Jurusan Teknik Kimia, Unika Widya Mandala Surabaya.
- Lu Q, Li W-Z, and Zhu X-F. 2009. *Overview of fuel properties of biomass fast pyrolysis oils*. "Energy Convers Manage", Vol. 50, pp. 1376–83.
- Mantilla, Vecino, S., Manrique, A.M., Maradei, P.G. 2015. *Methodology for Extraction of Phenolic Compounds of Bio-oil from Agricultural Biomass Wastes*. *Waste and Biomass Valorization*. ISSN 1877-2641. Vol 6. No 3.
- Manzano-Agugliaro F., Alcayde A., Montoya F.G., Zapata-Sierra A., and Gil C.. 2013. *Scientific production of renewable energies worldwide: an overview*. "Renew Sustain Energy Rev", Vol. 18, pp. 134–43.
- Purwanto, W.W., Supramono, D., Muthia, R., dan Annisa, G. 2012. *Konversi Limbah Kelapa Sawit Menjadi Bio-Oil melalui Proses Catalytic Fast Pyrolysis dan Upgrading-nya*. Asosiasi Pendidikan Tinggi Teknik Kimia Indonesia.
- Treedet, Wasakorn., Sirivit Taechajedcadarungsri, and Ratchapon Suntivaracorn. 2017. *Fast pyrolysis of Sugarcane Bagasse in Circulating Fluidized Bed Reactor-Part B: Modelling of Bio-Oil Production*. "Energy Procedia", Vol. 138, pp. 806-810.
- U.S. Energy Information Agency. 2013. *International Energy Outlook*. "Outlook", pp. 312.
- Varma, A.K. dan Monda, P. 2016. *Pyrolysis of sugarcane bagasse in semi batch reactor: Effects of process parameters on product yields and characterization of products*. Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, 247667, Uttarakhand, India.
- Zhou, Y., Feng Gao, Yin Zhao, Jun Lu. 2011. *Study on the extraction kinetics of phenolic compounds from petroleum refinery waste lye*. *Journal of Studi Chemical Society*.