



Proses Fraksionasi Biomassa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit melalui Metode *Organosolv* Etanol dengan Penambahan Katalis

Harum Azizah Darojati^{1*}, Ronny Purwadi², Carolus Borromeus Rasrendra²

¹Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN, Jl. Babarsari PO BOX 6101 ykbb, Yogyakarta, Indonesia

²Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung, Indonesia

Diterima: 15 September 2020, Revisi akhir: 6 November 2020, Disetujui terbit: 30 Desember 2020

Biomass Fractionation Process from Oil Palm Empty Fruit Bunch by Catalyzed Ethanol Organosolv

Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu biomassa lignoselulosa dengan komposisi utama terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Pemisahan komponen lignoselulosa dapat dilakukan dengan fraksionasi melalui metode *organosolv*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi operasi dari proses fraksionasi biomassa lignoselulosa TKKS dengan metode *organosolv* berkatalis NH_4OH . Penelitian dirancang menggunakan Metode Placket-Burman dengan variasi rasio fraksi berat, rasio etanol:air, temperatur, konsentrasi katalis, dan waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksionasi dapat dilakukan dengan baik pada rasio fraksi berat biomassa 10%, perbandingan etanol:air sebanyak 1:1, temperatur 160°C , dan konsentrasi katalis 5% NH_4OH , selama 120 menit. Kondisi tersebut dapat menghasilkan perolehan selulosa 98,07%, perolehan hemiselulosa 98,71% dan penghilangan lignin 60,28%. Penggunaan kembali pelarut dilakukan dengan memisahkan lignin melalui presipitasi H_2SO_4 1 M pada pH 2. Penggunaan pelarut untuk kedua kali dapat menghasilkan perolehan selulosa 98,03%, perolehan hemiselulosa 65,61% dan penghilangan lignin 59,81%. Sementara itu, dari perhitungan neraca massa, dapat dilihat bahwa proses tersebut dapat dilakukan karena kehilangan pelarut dan padatan relatif sedikit. Kehilangan padatan berkisar pada 19,06% dari umpan TKKS, sedangkan pelarut yang dapat diambil adalah sekitar 59,34% dari umpan etanol.

Kata kunci: fraksionasi, katalis, lignoselulosa, *organosolv*, TKKS

Abstract

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) is a potential lignocellulosic biomass with main composition are cellulose, hemicellulose, and lignin. This process of OPEFB can be done with fractionation using organosolv method. This study aims to get a configuration of lignocellulosic biomass fractionation process of NH_4OH catalyzed ethanol organosolv method. This experiment was performed using Placket-Burman method with variation of biomass loading, ratio of ethanol:water, temperature, catalyst concentration, and time. The results showed that fractionation can be done on biomass loading of 10%, at temperature of 160°C , ratio of ethanol: water 1:1, catalyst concentration of 5%, for 120 minutes. This condition result in 98.07% yield of cellulose, 98.71% yield of hemicellulose, and 60.28% lignin removal. Reusing solvent was done by lignin precipitation in 1 M of H_2SO_4 at pH 2. The usage of solvent at second time in the same conditions result in 98.03% yield of cellulose, 65.61% yield of hemicellulose and 59.81% lignin removal. Therefore, from the mass balance of fractionation process, it can be observed that loss of solvent and solid are minor. The solid loss was about 19,08% of OPEFB feed, while solvent recovery was about 59,34% from ethanol feed.

Keywords: catalyze, fractionation, lignocellulose, OPEFB, *organosolv*

Pendahuluan

Besarnya produksi minyak sawit di Indonesia menyisakan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang potensial sebagai produk samping yang memiliki potensi besar sebagai sumber biomasa lignoselulosa. Data dari Rahmanulloh (2020) menunjukkan bahwa Indonesia dapat menghasilkan minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) sebanyak 42,5 juta ton, dan produksi tandan buah segar (TBS) di Indonesia mencapai 194,17 juta ton, dengan setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) dihasilkan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebanyak 22 – 23% TKKS atau sebanyak 220 – 230 kg TKKS (Fuadi and Heri, 2016).

Komponen terbesar penyusun TKKS terdiri atas 45,95% selulosa, 16,49% hemiselulosa dan 22,48% lignin (Wardani, 2014). Menurut Yoo (2012) dan North (2014) setiap komponen tersebut dapat diubah menjadi produk yang lebih bernilai guna dan bernilai jual. Selulosa yang merupakan komponen terbesar, dapat diolah menjadi sumber energi/bahan bakar cair berupa bioetanol, asam organik, pelarut, pelumas dan polimer. Selulosa juga dapat diproses menjadi serat nanoselulosa yang ringan, tetapi kuat, yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi di berbagai bidang seperti bahan nanokomposit, bahan yang dimodifikasi permukaan, dan kertas transparan dengan fungsi khusus (Phantong *et al.*, 2018). Hemiselulosa mengandung xilan yang terdiri atas unit-unit xilosa, dapat diolah menjadi etanol, xilitol (pemanis buatan), resin, dan nylon. Sementara itu, lignin dapat diolah menjadi bahan dasar kimia organik, batu bara dan bahan bakar padat (North, 2014; Yoo, 2012).

Komponen utama lignoselulosa berupa lignin, selulosa dan hemiselulosa dapat ditingkatkan nilai gunanya melalui proses pemisahan yang disebut fraksionasi biomassa. Fraksionasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode *organosolv*. Fraksionasi metode *organosolv* telah banyak dilakukan dan memberikan hasil yang baik, bahkan pada skala pilot (Harmsen *et al.*, 2010). Metode *organosolv* dilakukan dengan menggunakan pelarut organik dan dapat ditambahkan katalis berupa basa atau asam. Pelarut organik berupa etanol sering digunakan di industri untuk melakukan proses fraksionasi (Akgul dan Kirci, 2009).

Menurut Mesa *et al.* (2011), basa dapat digunakan sebagai katalis karena dapat membantu

masuknya etanol ke struktur material sekaligus mendelignifikasi TKKS. Salah satu basa yang dapat digunakan sebagai katalis adalah NH_4OH , dengan pertimbangan karena senyawa tersebut mampu didaur ulang dengan mudah dan tidak bereaksi dengan etanol (Park *et al.*, 1988).

Fraksionasi yang ideal adalah yang dapat menghasilkan komposisi selulosa, dan hemiselulosa yang besar, serta penghilangan lignin/delignifikasi yang tinggi. Pada fraksionasi lignoselulosa menggunakan *organosolv* etanol berkatalis, faktor yang paling berpengaruh adalah temperatur, perbandingan etanol:air, waktu, rasio fraksi berat, dan konsentrasi katalis (Wildschut *et al.*, 2013; Lopes *et al.*, 2013; Akgul and Kirci, 2009). Penentuan nilai atau kondisi dari setiap faktor tersebut tidak mudah, sehingga diperlukan suatu penelitian untuk mendapatkan proses fraksionasi terbaik yang meliputi faktor-faktor tersebut.

Meskipun sudah banyak penelitian yang menggunakan metode *organosolv*, namun masih terdapat beberapa hambatan untuk mengaplikasikannya ke dalam skala industri, terutama hambatan berupa kesulitan mendaur ulang pelarut dan katalis yang menyebabkan biaya pengoperasian semakin tinggi (Muurine, 2000). Pelarut yang digunakan pada metode *organosolv* mempunyai tingkat volatilitas yang tinggi sehingga banyak pelarut yang menguap dan hilang pada proses fraksionasi.

Fraksionasi biomassa lignoselulosa yang ekonomis tidak bisa lepas dari tinjauan neraca massa komposisinya. Selain itu, biaya kebutuhan energi dapat terbantu dengan adanya daur ulang untuk memperoleh kembali pelarut yang digunakan untuk pemisahan tersebut (Kautto *et al.*, 2013). Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi proses fraksionasi yang paling baik dan menguntungkan, yang dapat ditinjau melalui neraca massa, sehingga dapat diketahui berapa massa yang hilang dalam keseluruhan proses tersebut.

Bahan dan Metode

Bahan baku TKKS yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Sumatera. Proses perlakuan TKKS dilakukan dengan terlebih dahulu dicuci menggunakan air mengalir beberapa kali. Selanjutnya TKKS dikeringkan di bawah sinar matahari, lalu dikeringkan lebih lanjut dengan menggunakan oven *blower* dengan

temperatur 60°C selama 24 jam. Kemudian TKKS tersebut digiling menggunakan *disc mill* dan disaring dengan ayakan *tyler 60 mesh*. Penelitian ini juga menggunakan bahan-bahan pembantu berupa, etanol teknis dengan kadar 96%, larutan pekat NH₄OH kadar 25% (*Merck*), *pellet* NaOH teknis (*Merck*), larutan pekat H₂SO₄ kadar 95-97% (*Merck*), dan air tanpa mineral.

Fraksinasi *Organosolv*

Sampel TKKS ditimbang sesuai variasi yang sudah dirancang, dan ditambahkan larutan yang dibutuhkan (pelarut etanol dan katalis NH₄OH). Penelitian ini menggunakan reaktor *organosolv* yang memiliki volume 100 mL. Proses *organosolv* ini dilakukan dengan menggunakan sampel TKKS yang lolos oleh ayakan berukuran 60 mesh, larutan etanol 96% berat volume, katalis NH₄OH 1 M, dengan rasio fraksi berat, rasio etanol:air, temperatur, konsentrasi katalis dan waktu sesuai variasi yang telah dirancang.

Variasi Percobaan Fraksinasi *Organosolv*

Penelitian ini memvariasikan lima faktor operasi, yaitu:

1. Rasio fraksi berat = 10%; 20%
2. Rasio etanol:air = 1:2; 1:1
3. Temperatur = 120°C; 160°C
4. Konsentrasi katalis = 5%; 15%
5. Waktu = 60; 120 menit

Variasi percobaan yang dilakukan dirancang menggunakan Metode Placket-Burman

(Rushing *et al.*, 2013) dengan bantuan program Minitab Pro 16.1.0.0, sehingga didapatkan 12 rancangan percobaan yang disajikan pada **Tabel 1**. Rancangan percobaan ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh setiap variabel pada perolehan komposisi lignoselulosa TKKS.

Hidrolisis Enzimatik

Setelah TKKS diberikan perlakuan awal berupa fraksinasi *organosolv* sesuai rancangan percobaan, selanjutnya TKKS tersebut dihidrolisis secara enzimatik. Hidrolisis enzimatik ini digunakan sebagai tolok ukur potensi selulosa hasil fraksinasi untuk dikonversi menjadi bahan bakar berupa etanol. Metode hidrolisis enzimatik yang digunakan mengacu pada NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) dengan nomor NREL/TP-510-42629 dengan ketentuan sebagai berikut: buffer Natrium Sitrat 0,05 M (pH 4,8), temperatur 50°C, waktu 72 jam, dan konsentrasi biomassa 3% (w/v). Hasil hidrolisis dianalisis menggunakan HPLC yang kemudian menjadi dasar perhitungan perolehan selulosa dan hemiselulosa.

Penggunaan Kembali Pelarut

Pelarut pada perlakuan awal *organosolv* etanol dapat digunakan kembali sebagai umpan. Penggunaan kembali pelarut tersebut dapat dilakukan setelah pemisahan lignin dari larutan *organosolv* (Muurine, 2000). Pemisahan lignin dapat dilakukan dengan cara presipitasi menggunakan asam pada pH 2. Pada pH 2 lignin

Tabel 1. Rancangan Percobaan Fraksinasi *Organosolv* Etanol Berkatalis NH₄OH

No.	Rasio fraksi berat	Etanol:air	Temperatur (°C)	Konsentrasi katalis NH ₄ OH	Waktu (menit)
1.	10%	1:1	120	5%	60
2.	10%	1:2	160	15%	120
3.	20%	1:1	120	15%	120
4.	10%	1:1	160	15%	60
5.	20%	1:2	160	5%	60
6.	10%	1:1	160	5%	120
7.	20%	1:1	120	5%	120
8.	20%	1:1	120	15%	60
9.	20%	1:2	120	5%	120
10.	10%	1:2	120	15%	120
11.	20%	1:2	160	15%	60
12.	10%	1:2	120	5%	60

dapat mengendap maksimal (Garcia *et al.*, 2009). Asam yang dapat digunakan untuk presipitasi lignin antara lain H₂SO₄ dan HCl. Setelah penambahan asam, lignin akan mengendap, dan akan tersisa filtrat. Pada penelitian ini, pengendapan lignin dilakukan dengan menggunakan H₂SO₄ 20% hingga pH 2.

Lignin diendapkan melalui rangkaian *buchner* dan pompa vakum, sehingga pelarut terpisah sebagai filtrat dan lignin dapat ditampung pada kertas saring. Lignin yang tertampung pada kertas saring dikeringkan dan ditimbang, sedangkan filtrat dianalisis menggunakan alat HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) untuk mengetahui kadar etanol yang tersisa. Larutan etanol yang tersisa kemudian dibasakan (pH>7), dengan menambahkan NH₄OH, dan digunakan kembali sebagai umpan pelarut pada fraksinasi *organosolv*.

Analisis dan Karakterisasi Produk

Analisis dilakukan dengan mengkarakterisasi komposisi lignoselulosa TKKS sebelum dan setelah perlakuan awal. Karakterisasi dilakukan dengan metode NREL/TP-510-42618. Karakterisasi NREL dilakukan dengan menambahkan sampel TKKS ke dalam H₂SO₄ dan air tanpa mineral. Larutan tersebut kemudian disaring menggunakan cawan krus berpenyaring yang dirangkai dengan pompa vakum. Selanjutnya filtrat larutan tersebut diuji kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin larut asamnya. sedangkan padatan bersama cawan krus dipanaskan dalam oven pada 105±3 °C selama 16 jam dan dibakar dalam tungku pembakaran pada 575±3 °C selama empat jam. Berat padatan pada cawan krus diukur sebagai lignin tak larut asam. Kadar selulosa, hemiselulosa dianalisis menggunakan alat HPLC (Waters, Breeze QS System, Amerika Serikat) yang dilengkapi dengan kolom BioRad Aminex HPX-87H. Sementara itu, kadar lignin larut asam dianalisis menggunakan

spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, UV-1800, Jepang) pada panjang gelombang 205 nm. Hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis berupa absorbansi kemudian menjadi dasar perhitungan kadar lignin terlarut. Lignin yang tidak larut dianalisis dengan metode gravimetri, kemudian dijumlahkan dengan lignin terlarut, dan dikurangi dengan ekstraktif. Lignin sebelum dan setelah fraksinasi kemudian dibandingkan dan menghasilkan persentase yang disebut sebagai penghilangan lignin.

Hasil analisis HPLC berupa luas area larutan dikonversi menjadi konsentrasi gula pereduksi sebagai dasar perhitungan perolehan hemiselulosa dan selulosa. Perhitungan perolehan hemiselulosa adalah hemiselulosa setelah terpecah ikatannya oleh perlakuan awal dibandingkan dengan hemiselulosa sebelum perlakuan awal. Perhitungan perolehan selulosa adalah selulosa setelah terpecah ikatannya oleh perlakuan awal dibandingkan dengan selulosa sebelum perlakuan awal.

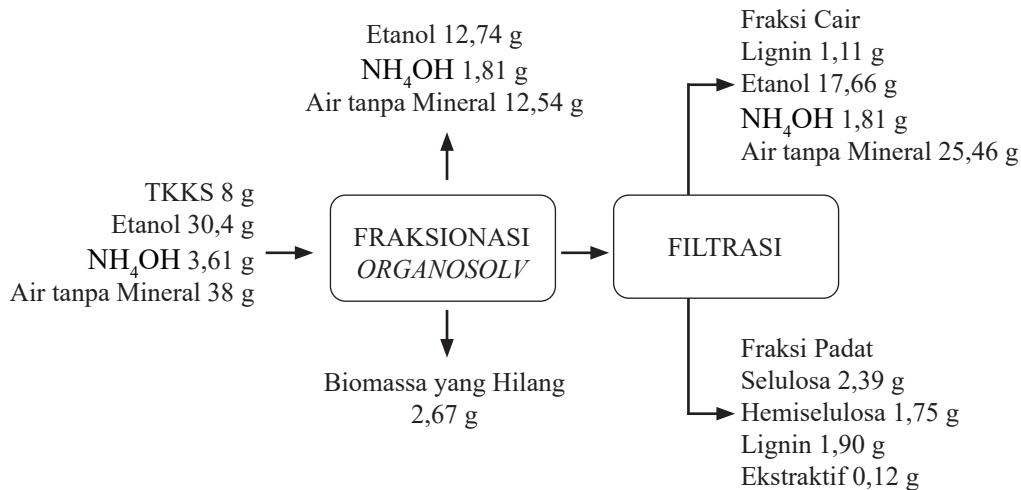
Hasil dan Pembahasan

Hasil karakterisasi TKKS sebelum perlakuan awal yaitu selulosa 21,06%±2,7%, hemiselulosa 8,39%±2,33% dan lignin 26,11%±0,34%. Karakterisasi komponen lignoselulosa TKKS pada penelitian ini dilakukan 6 kali dengan pengulangan secara duplo. Hasil karakterisasi ini disajikan pada **Tabel 2**.

Data dari **Tabel 2** menunjukkan bahwa komposisi selulosa dan hemiselulosa yang didapatkan pada penelitian ini lebih rendah dari literatur, sedangkan komposisi lignin dan ekstraktif lebih besar daripada literatur. Hal ini karena komposisi lignoselulosa TKKS sangat beragam, dipengaruhi oleh kondisi lahan, metode pemanenan, pengeringan dan penggilingan TKKS (Chiesa *et al.*, 2014). Selain itu komposisi lignoselulosa TKKS juga dapat dipengaruhi oleh faktor penyimpanan. Penyimpanan dalam

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Komposisi Lignoselulosa TKKS sebelum Perlakuan Awal

Komponen Lignoselulosa	Penelitian ini	Chiesa <i>et al.</i> (2014)	Triwahyuni <i>et al.</i> (2015)
Selulosa	21,06%±2,7%	29,6%	36,6%
Hemiselulosa	8,39%±2,33%	18,8%	25,0%
Lignin	26,11%±0,34%	22,9%	26,5%
Ekstraktif dan abu	44,43%±4,98%	28,7%	11,9%



Gambar 1. Neraca Massa Fraksionasi *Organosolv* Lignoselulosa TKKS

waktu lama dengan sirkulasi udara yang kurang baik dapat menurunkan kualitas TKKS. Dalam penelitian ini bahan TKKS telah di simpan selama 3 bulan.

Selama berlangsungnya proses fraksionasi *organosolv* dengan pelarut organik dan penambahan pelarut asam, akan terjadi reaksi berupa pemotongan lignin dan lalu terlarut dalam pelarut organik, dan jalur utama pemecahan lignin adalah pembelahan yang dikatalisasi oleh asam dari hubungan β -O-4 dan ikatan ester. Karbohidrat mengalami reaksi hidrolisis dan kemudian larut dalam larutan *organosolv* sebagai gula oligomer dan gula monomer, dan kemungkinan bereaksi lebih jauh terhadap produk degradasi gula (Kautto *et al.*, 2013).

Parameter keberhasilan fraksionasi pada penelitian ini diukur dari nilai penghilangan lignin. Penghilangan lignin adalah persentase hilangnya lignin dari padatan biomassa lignoselulosa akibat terdegradasi oleh proses perlakuan awal. Persentase penghilangan lignin akan meningkat setelah perlakuan awal.

Hasil penelitian disajikan pada **Tabel 3**, dengan rancangan 12 percobaan didapatkan dari program Minitab Pro 16.1.0.0.2. Penghilangan lignin paling besar diperoleh pada percobaan ke-6 yaitu 64,23%. Kondisi proses pada tempuhan tersebut adalah rasio fraksi berat 10%, temperatur 160°C, perbandingan etanol:air sebanyak 1:1, konsentrasi katalis 5%, selama 120 menit. Selain itu, selulosa enzimatik yang tinggi didapatkan pada temperatur 160 °C selama 120 menit, kondisi operasi tersebut dijadikan sebagai batasan agar mendapatkan perolehan

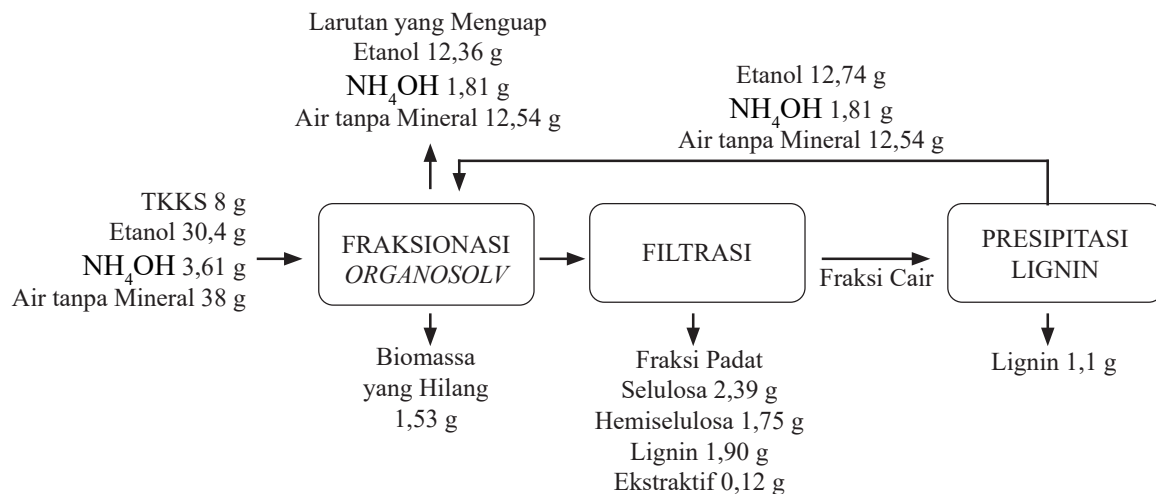
selulosa dan hemiselulosa yang tinggi, namun tidak terjadi depolimerisasi dari komponen lignoselulosa.

Penggunaan Kembali Larutan *Organosolv*

Berdasarkan hasil eksperimen, diperoleh bahwa kondisi operasi fraksionasi *organosolv* yang disarankan pada penelitian ini adalah *biomass loading* 10%, temperatur 160°C, perbandingan etanol:air 1:1, konsentrasi katalis 5%, selama 120 menit. Kondisi operasi tersebut menghasilkan perolehan selulosa 98,07%, perolehan hemiselulosa 98,71% dan penghilangan

Tabel 3. Hasil Percobaan *Organosolv* Etanol Berkatalis NH₄OH

No	Penghilangan Lignin	Selulosa Enzimatik
1.	57,77%	23,72%
2.	63,95%	61,42%
3.	35,58%	18,84%
4.	43,39%	70,12%
5.	58,42%	50,44%
6.	64,23%	33,43%
7.	47,97%	37,62%
8.	33,13%	3,14%
9.	51,76%	0,08%
10.	49,39%	25,86%
11.	44,00%	0,99%
12.	51,45%	26,64%



Gambar 2. Skema Neraca Massa Proses Fraksionasi *Organosolv* Lignoselulosa TKKS

lignin 60,28%. Hasil fraksi cair dari eksperimen ini masih mengandung lignin terlarut, etanol, air dan katalis (NH_4OH), hal ini dapat diamati dari neraca massa yang ditampilkan di **Gambar 1**.

Dari neraca massa tersebut, dapat dilihat bahwa masih ada sisa etanol setelah perlakuan awal yang dapat digunakan kembali sebagai umpan. Sisa etanol pada fraksi cair tersebut adalah 17,66 g. Sisa etanol tersebut masih cukup tinggi jika dibandingkan dengan etanol umpan, yaitu 30,4 g. Fraksi cair ini dapat digunakan sebagai umpan untuk meminimalkan biaya. Berdasarkan hal tersebut, kita dapat merancang sebuah proses yang lebih ekonomis dibandingkan jika hanya membuang fraksi cair tersebut.

Proses Fraksionasi Lignoselulosa TKKS

Proses dimulai dengan memasukkan TKKS ke dalam reaktor *organosolv* bersama dengan etanol dan NH_4OH . Setelah perlakuan awal *organosolv* selesai, dilakukan penyaringan menggunakan kain saring sehingga terpisah antara fraksi padat dan cair. Fraksi padat dikarakterisasi menggunakan metode NREL untuk didapatkan komposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin. Fraksi cair diendapkan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) untuk memisahkan pelarut dari lignin, sehingga pelarut dapat digunakan kembali sebagai umpan reaktor.

Penggunaan kembali larutan *organosolv* pada proses fraksionasi *organosolv* ini dilakukan setelah lignin dipisahkan melalui presipitasi dengan asam. Setelah lignin terpisah, fraksi cair hasil fraksionasi *organosolv* dinetralkan sampai pH 7 terlebih dahulu untuk selanjutnya fraksi cair tersebut digunakan

sebagai umpan pelarut pada fraksionasi *organosolv* dengan penambahan katalis. Hasil percobaan penggunaan kembali fraksi cair hasil fraksionasi *organosolv* sebagai umpan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 4**.

Data pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa pada percobaan penggunaan kembali larutan *organosolv*, mengindikasikan penurunan hasil perolehan selulosa, perolehan hemiselulosa dan penghilangan lignin, namun penurunan tersebut tidak terlalu signifikan. Penurunan paling besar ditunjukkan oleh perolehan hemiselulosa, hal ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi basa pada penggunaan ke-2 untuk mengubah sifat larutan menjadi basa. Konsentrasi basa yang tinggi dapat mendegradasi hemiselulosa menjadi oligomer gula penyusunnya (Yoo, 2012). Berdasarkan hasil tersebut, maka penggunaan kembali larutan *organosolv* dapat menjadi salah satu opsi untuk menurunkan biaya fraksionasi *organosolv*.

Tabel 4. Pengaruh Penggunaan Pelarut terhadap Parameter Percobaan

Parameter	Penggunaan 1x	Penggunaan 2x
Perolehan Selulosa	98,07%	98,03%
Perolehan hemiselulosa	98,71%	65,61%
Penghilangan lignin	60,28%	59,81%

Perhitungan Neraca Massa pada Proses Fraksionasi *Organosolv* Berkatalis NH_4OH

Sebuah proses tidak dapat dipisahkan dari perhitungan neraca massa untuk meninjau berapa banyak kehilangan yang terjadi. Perhitungan neraca massa ini juga menjadi pendekatan untuk meninjau tingkat keekonomian sebuah proses, sehingga dapat menjadi gambaran pengaplikasian penggunaan kembali fraksi cair *organosolv* sebagai umpan. Neraca massa proses fraksionasi *organosolv* disajikan pada **Gambar 2**. Neraca massa pada **Gambar 2** tersebut dihitung berdasarkan hasil karakterisasi komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin dari lignoselulosa TKKS sebelum dan setelah fraksionasi *organosolv*, berat lignin yang diperoleh setelah presipitasi, dan konsentrasi etanol sebelum dan setelah fraksionasi *organosolv*. Selain itu, konsentrasi NH_4OH didasarkan pada penelitian Fulton (1950) yang menyatakan bahwa NH_4OH yang dapat didaur ulang adalah setengah dari umpannya. **Gambar 2** menunjukkan bahwa proses fraksionasi *organosolv* berkatalis NH_4OH dengan penggunaan kembali fraksi cair sebagai umpan dapat diaplikasikan dan juga bersifat ekonomis. Neraca massa tersebut menunjukkan bahwa etanol yang dapat digunakan kembali sebagai umpan masih cukup tinggi, yaitu 59,34% dari umpan etanol. Selain itu, kehilangan padatan TKKS hanya 1,525 g, atau sekitar 19,06% dari umpan TKKS.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksionasi metode *organosolv* etanol berkatalis NH_4OH dengan penggunaan kembali pelarut dapat dilakukan dengan baik pada kondisi operasi dengan *biomassa loading* 10%, perbandingan etanol:air sebanyak 1:1, temperatur 160°C, dan konsentrasi katalis 5% NH_4OH , selama 120 menit. Larutan *organosolv* dapat digunakan kembali sebagai umpan pelarut setelah lignin dipisahkan melalui presipitasi lignin dengan penambahan H_2SO_4 pada pH 2. Proses fraksionasi *organosolv* dalam penelitian ini dapat menghasilkan penghilangan lignin yang cukup tinggi, dapat memperkecil kebutuhan pelarut dan memiliki kehilangan massa yang sedikit, sehingga proses ini bersifat ekonomis dan layak untuk dikembangkan. Lebih lanjut, proses fraksionasi ini masih perlu dikembangkan,

terutama pada pemisahan lignin pada fraksi cair larutan *organosolv*.

Daftar Pustaka

- Akgul, M., and Kirci, H., (2009), 'An Environmentally Friendly *Organosolv* (Ethanol-Water) Pulp of Poplar Wood', *Journal Environmental Biology*, 30, pp. 735-740.
- Chiesa, S., and Gnansounou, E., (2014), 'Use of empty fruit bunches from the oil palm for bioethanol production: A thorough comparison between dilute acid and dilute alkali pretreatment', *Bioresour Technol*, 159, pp. 355-364.
- Fuadi, A. M., and Pranoto, H., (2016), 'Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa', *Chemica*, 3, pp. 2355-8776.
- Garcia, A., Toledano, A., Serrano, L., Egues, I., Gonzalez, M., Marin, F., and Labidi, J., (2009), 'Characterization of lignins obtained by selective precipitation'. *Separation and Purification Technology*, 68(2), pp. 193-198.
- Harmsen, P. F. H., Huijgen, W. J. J., Lopez, L. M. Bermudez, and Bakker, R. R. C., (2010), 'Literature Review of Physical and Chemical Pretreatment Processes for Lignocellulosic Biomass', *Energy Research Centre of The Netherlands*, pp. 30-32.
- Kautto, J., Realf, M. J., and Ragauskas, A. J., (2013), 'Design and simulation of an *organosolv* process for bioethanol production', *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 199-212.
- Lopes, A. M. D., Joao, K. G., Morais, A. R., Bogel-Lukasik, E., and Bogel-Lukasik, R., (2013), 'Ionic Liquids as A Tool for Lignocellulosic Biomass Fractionation', *Sustainable Chemical Processes*, pp.14-15.
- Mesa, L., Gonzalez, E., Cara, C., Gonzalez, M., Castro, E., and Mussatto, S.I., (2011), 'The Effect of *Organosolv* Pretreatment Variables On Enzymatic Hydrolysis of Sugarcane Bagasse', *Chemical Engineering Journal*, 168, pp. 1157-1162.
- Muurine, E., (2000), 'Organosolv Pulp: A Review and Distillation Study Related to Peroxyacid Pulp', *disertasi*, University of Oulu, Linnanmaa, Finland.
- North, Peter H., (2014), 'Method and System for Fractionation of Lignocellulosic Biomass', *US Patent* 8,657,960, pp. 14.
- Park, J. K., and Phillips, J. A., (1988), 'Ammonia Catalyzed *Organosolv* Delignification of Poplar', *Chemical Engineering Communications*, 65, pp.187-205.

- Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., Guan, G., (2018), 'Nanocellulose: Extraction and application', *Carbon Resources Conversion*, 1, pp. 32–43.
- Rahmanulloh, A., (2020), 'Indonesia Oilseeds and Product Annual 2020', *USDA Foreign Agricultural Service*, 6, pp. 5.
- Rushing H., A. Karl, and J. Wisnowski. (2013). *Design and Analysis of Experiments by Douglas Montgomery*. 1st edn. Cary: SAS Institute.
- Triwahyuni, E., Muryanto, Sudiyani, Y., and Abimanyu, H. (2015), 'The effect of substrate loading on simultaneous saccharification and fermentation process for bioethanol production from oil palm empty fruit bunches', *Energy Procedia*, 68, pp.138–146.
- Wardani, A. P. K., and Widiawati, D., (2014), 'Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil Dengan Pewarna Alam Untuk Produk Kriya', *Jurnal Tingkat Sarjana bidang Senirupa dan Desain*, pp. 1–10.
- Wildschut, J., Smith, A. T., Reith, J. H., and Huijgen, W.J J., (2013), 'Ethanol-based organosolv fractionation of wheat straw for the production of lignin and enzymatically digestible cellulose', *Bioresource Technology*, 135, pp. 58–66.
- Yoo, C. G., (2012), 'Pretreatment and fractionation of lignocellulosic biomass for production of biofuel and value-added products', *disertasi*, Iowa State University, Iowa.