

Pengaruh Variasi Dosis Iradiasi Gamma pada Pemisahan Komponen Penyusun Biomassa Lignoselulosa Sabut Kelapa

Harum Azizah Darojati*, Sebastianus Dani Ganesha, Dhita Ariyanti

Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia BRIN, Jl. Babarsari PO BOX 6101 YKBB, Yogyakarta, Indonesia

Diterima : 30 April 2022 Revisi akhir : 12 Juni 2022 Disetujui terbit : 29 Juni 2022

The Effect of Gamma Irradiation Dosage Variation on The Separation of Coconut Coir Lignocellulose Biomass Components

Abstract

Indonesia has the potential for lignocellulosic biomass in the form of coconut coir, which is very abundant. The components of coconut coir are lignocellulosic biomass, which consists of cellulose, hemicellulose, and lignin and can be separated from one another. This study was conducted to determine the effect of variations in the dose of gamma-ray irradiation on the structure of each component so that it was expected that the utilization of coconut coir lignocellulosic biomass could be more comprehensive. The separation was carried out using wet irradiation with a 5% H₂O₂ solution as the initiator, where 15 grams of coco coir sample was dissolved in 60 ml of 5% H₂O₂ solution. Gamma irradiation dose variations were 0 kGy, 50 kGy, 100 kGy, 150 kGy, and 200 kGy. Based on the research, the optimal dose to obtain glucose was obtained at an irradiated dose of 100 kGy with a glucose level of 5.09 mg. The optimal gamma irradiation dose for lignin separation is 50 kGy with a lignin separation percentage of 34.95%. Based on the FTIR analysis, it can be seen that as a result of the chemical bond resulting from the separation, there is a decrease in the effect of the gamma IR radiation. This study showed that the separation of lignocellulosic coconut coir biomass using gamma irradiation could produce higher levels of glucose and lignin separation and affect the chemical structure of cellulosic biomass

Keywords: sawdust lignocellulosic biomass, component separation, coconut coir, gamma irradiation

Abstrak

Indonesia memiliki potensi biomassa lignoselulosa berupa sabut kelapa yang sangat melimpah. Komponen penyusun biomassa lignoselulosa sabut kelapa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin dapat dipisahkan antara satu dengan yang lain. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi dosis iradiasi sinar gamma terhadap struktur masing-masing komponen penyusunnya sehingga diharapkan pemanfaatan biomassa lignoselulosa sabut kelapa dapat lebih luas lagi. Pemisahan dilakukan menggunakan iradiasi basah dengan larutan H₂O₂ 5% sebagai inisiator dimana sampel sabut kelapa sebanyak 15 g dilarutkan dalam 60 mL larutan H₂O₂ 5%. Variasi dosis iradiasi gamma yang digunakan adalah sebesar 0 kGy, 50 kGy, 100 kGy, 150 kGy, dan 200 kGy. Berdasarkan penelitian diperoleh dosis optimal untuk perolehan glukosa pada dosis iradiasi 100 kGy dengan kadar glukosa sebanyak 5,09 mg. Dosis iradiasi gamma yang optimal untuk pemisahan lignin adalah pada dosis iradiasi 50 kGy dengan persentase pemisahan lignin sebesar 34,95 %. Berdasarkan analisis FTIR dapat diketahui bahwa struktur ikatan kimia hasil pemisahan melemah akibat efek dari iradiasi gamma. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemisahan biomassa lignoselulosa sabut kelapa menggunakan iradiasi gamma dapat menghasilkan kadar glukosa dan pemisahan lignin yang lebih tinggi serta mempengaruhi struktur ikatan kimia biomassa lignoselulosa.

Kata Kunci: biomassa lignoselulosa, pemisahan komponen, sabut kelapa, iradiasi gamma

Pendahuluan

Biomassa adalah bahan organik yang tersedia secara terbarukan dan diproduksi langsung atau tidak langsung dari organisme hidup tanpa kontaminasi dari zat lain atau limbah (Diji, 2013). Biomassa lignoselulosa merupakan sumber daya melimpah dan terbarukan dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang merupakan bahan utama penyusun dinding sel pada tumbuhan. Biomassa lignoselulosa jumlahnya melimpah dan tidak mengganggu ketahanan pangan global sehingga biomassa lignoselulosa memiliki potensi yang sangat besar (Zoghlami and Paës, 2019). Sumber biomassa lignoselulosa yang ketersediaannya cukup melimpah adalah sabut kelapa. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik produksi kelapa di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 2,85 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Dilansir dari website Pelakubisnis.com tahun 2019, produksi rata-rata buah kelapa per tahun di Indonesia mencapai 15 milyar butir kelapa dimana satu kilogram sabut kelapa dapat dihasilkan dari 8 butir kelapa. Sehingga dapat diperkirakan Indonesia dapat memproduksi sabut kelapa sebanyak 1,875 ton/tahun (Ruslina, 2019). Saat ini pemanfaatan sabut kelapa hanya sebatas kerajinan alat rumah tangga sehingga sangat diperlukan adanya proses pengembangan menggunakan teknologi agar pemanfaatannya lebih luas lagi.

Pemanfaatan biomassa lignoselulosa diawali dengan perlakuan pendahuluan (*pretreatment*). Proses perlakuan ini sangat penting karena akan mempengaruhi jalannya proses pemanfaatan biomassa lignoselulosa menjadi lebih mudah. *Pretreatment* dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur maupun ukuran dengan memecah dan mengurangi kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan (Torun, 2017). *Pretreatment* yang biasa digunakan pada biomassa lignoselulosa adalah tindakan kimia, fisik, biologis, dan ada kemungkinan untuk menggabungkan beberapa metode yang ada (Gonçalves, Sanjinez-Argandoña and Fonseca, 2011).

Penelitian yang ada selama ini banyak yang hanya menitikberatkan pada konversi selulosa menjadi bioetanol. Biomassa lignoselulosa yang dipisahkan menjadi tiga komponen penyusun utamanya memiliki potensi yang lebih bervariasi.

Selulosa dapat digunakan untuk produksi etanol, obat-obatan, dan pembuatan kertas. Hemiselulosa dapat digunakan untuk produksi etanol dan xilitol. Sedangkan lignin dapat dimanfaatkan untuk memproduksi serat karbon dan dispersan (Tarasov, Leitch and Fatehi, 2018).

Metode pemisahan komponen yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan iradiasi gamma fase basah dengan larutan H₂O₂ sebagai inisiatornya. Larutan H₂O₂ digunakan sebagai inisiator untuk mempercepat proses degradasi karena akan lebih banyak membentuk radikal bebas, sehingga dosis yang digunakan untuk iradiasi tidak terlalu besar. Penggunaan iradiasi gamma terbukti efektif dalam mendegradasi biomassa. Tujuan utama dari iradiasi adalah untuk mengurangi ikatan antarmolekul dalam selulosa karena pemecahan ikatan hidrogen. Radiasi yang terpancar dari sumber akan menembus dan membombardir biomassa. Radiasi yang mengenai komponen biomassa akan menyebabkan terjadinya transfer energi yang mengakibatkan hilangnya elektron oleh atom dan menyebabkan ionisasi. Paparan radiasi menyebabkan berkurangnya komponen biomassa terutama makromolekul selulosa dan membentuk ion radikal berumur panjang dan pendek (Kassim *et al.*, 2016).

Radiasi energi tinggi mampu meningkatkan luas permukaan spesifik biomassa, mengurangi derajat polimerisasi dan kristalinitas selulosa, serta menghidrolisis sebagian komponen hemiselulosa dan lignin. Faktor yang mempengaruhi efektifitas perlakuan dengan iradiasi adalah frekuensi radiasi, waktu paparan, komposisi biomassa, dan resistensi terhadap radiasi oleh medium antara radiasi dan biomassa (Saini *et al.*, 2015). Iradiasi gamma dapat melakukan degradasi selektif yang terkontrol dari komponen biomassa sehingga tidak menyebabkan hilangnya beberapa bagian selulosa atau hemiselulosa seperti yang terjadi pada perlakuan dengan metode secara kimia. Penggunaan iradiasi juga tidak menggunakan pelarut dalam jumlah besar sehingga dapat menghilangkan kebutuhan untuk daur ulang pelarut (Saini *et al.*, 2015). Teknologi iradiasi mampu untuk mengontrol suhu, lingkungan, dan aditif tanpa reagen ataupun peralatan khusus. Oleh karena itu penggunaan iradiasi dianggap lebih sederhana dan ramah lingkungan dibandingkan dengan metode konvensional lainnya (Orozco *et al.*, 2012).

Penelitian ini tidak hanya menitikberatkan pada perolehan selulosa sebagai bahan baku

bietanol, namun mengamati pengaruh iradiasi gamma terhadap pemisahan komponen utama lignoselulosa, yaitu lignin, hemiselulosa dan selulosa. Hasil dari pemisahan komponen penyusun didapatkan melalui beberapa metode. Perolehan glukosa diuji menggunakan titrasi luff school, pemisahan lignin dianalisis menggunakan UV-VIS dan analisis gravimetri, sedangkan untuk struktur ikatan lignoselulosa dan kadar perolehan selulosa, hemiselulosa, lignin dianalisis dengan instrumen FTIR. Melalui hasil analisis yang diperoleh, penelitian ini diharapkan mampu membuktikan bahwa pemisahan komponen penyusun lignoselulosa menggunakan iradiasi gamma fase basah dengan larutan H_2O_2 lebih efektif daripada menggunakan iradiasi gamma fase kering saja.

Bahan dan Metode

Persiapan Bahan Baku

Sabut kelapa yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari CV. Kalpa Agro, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang. Serbuk sabut kelapa yang telah kering kemudian diseragamkan ukurannya melalui pengayakan menjadi 45 mesh. Pengayakan ini bertujuan untuk mereduksi ukuran partikel dalam memudahkan proses perlakuan awal yang mengakibatkan meningkatnya luas permukaan substrat, meningkatkan proses perpindahan massa dan panas, serta memudahkan akses enzim ke permukaan biomassa untuk mendekomposisi selulosa menjadi glukosa (Aiman, 2016).

Pemisahan dengan Iradiasi Fase Basah

Proses iradiasi gamma sabut kelapa dilakukan pada fase basah. Larutan yang digunakan pada iradiasi basah ini adalah larutan H_2O_2 dengan konsentrasi 5%. Perbandingan sampel sabut kelapa dengan larutan H_2O_2 adalah 1:4 w/v (15 g sabut kelapa kering : 60 mL H_2O_2 5%). Sampel ditimbang sebanyak 15 g dan ditambahkan 60 mL H_2O_2 5%. Larutan H_2O_2 digunakan sebagai inisiator karena didasari oleh sifat larutan H_2O_2 yang apabila dikenai radiasi maka larutan H_2O_2 akan membentuk banyak radikal bebas sesuai dengan teori menurut Fessenden (Fessenden, 1992). Senyawa peroksida akan lebih mudah membentuk radikal bebas karena memiliki energi disosiasi ikatan yang rendah yaitu 35 kkal/mol

dimana nilai tersebut lebih rendah dibanding kebanyakan ikatan disosiasi yang lain. Radikal bebas bersifat tidak stabil sehingga sangat reaktif untuk memutuskan ikatan-ikatan pada polimer selulosa. Larutan H_2O_2 juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan oksidator lain yaitu sifatnya yang ramah lingkungan. H_2O_2 tidak meninggalkan residu dimana hanya menghasilkan air dan oksigen.

Sampel kemudian diiradiasi menggunakan irradiator gamma dengan variasi dosis 0 kGy, 50 kGy, 100 kGy, 150 kGy, dan 200 kGy. Pemilihan dosis iradiasi gamma berdasarkan penelitian terdahulu (Darojati, Putra and Zulprasetya, 2019) dimana pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa perolehan kadar bioetanol tertinggi adalah pada dosis 200 kGy. Sehingga penelitian ini hendak mengetahui apakah pada dosis tersebut pemisahan komponen penyusun biomassa sabut kelapa juga berlangsung optimal.

Pemisahan dengan Larutan NaOH

Sampel yang sudah diiradiasi diambil sebanyak 25 g dan diberi perlakuan dengan pemanasan NaOH 4% 250 mL pada autoclave dengan suhu 120°C selama 60 menit. Efek utama iradiasi pada hemiselulosa dan selulosa menyebabkan degradasi melalui pemisahan ikatan glikosidik dengan pembentukan kelompok pereduksi seperti gula pereduksi (glukosa). Pemisahan komponen menggunakan larutan basa kuat NaOH dilakukan untuk mendegradasi kandungan lignin yang ada pada sabut kelapa. Pemisahan komponen penyusun menggunakan NaOH dilakukan setelah iradiasi gamma. Hal ini dilakukan untuk mencegah selulosa dan hemiselulosa larut dalam NaOH karena efek pemanasan pada dosis radiasi tinggi yang dapat menyebabkan glukosa yang dihasilkan lebih sedikit (Darojati, Putra and Zulprasetya, 2019).

Biomass loading yang digunakan pada perlakuan ini adalah sebesar 10% w/v (25 g sabut kelapa : 250 mL NaOH 4% 250 mL). Pemilihan *biomass loading* mengacu pada pernyataan Muurinen (Muurinen, 2000) bahwa kondisi operasi paling memuaskan untuk delignifikasi pada industri pulp adalah dengan *biomass loading* 10%. Pemilihan *biomass loading* ini diharapkan mampu membuat seluruh pelarut mengalami kontak dengan semua padatan sabut kelapa dengan baik. Pemilihan konsentrasi NaOH sebesar 4% dipilih berdasarkan kondisi

optimal penelitian sebelumnya (Yin and Wang, 2016) dimana penambahan NaOH 4% dapat meningkatkan rendemen gula pereduksi sebesar 89%. Penelitian tersebut juga memiliki kesimpulan bahwa penggunaan iradiasi gamma efektif untuk mengurangi konsumsi NaOH ketika proses pengembangan (*swelling*) sehingga zat ekstraktif di dalam serat mudah larut. Pemisahan komponen penyusun menggunakan NaOH dilakukan untuk mempermudah pemutusan ikatan senyawa lignin. Lignin bereaksi dengan larutan NaOH terurai menjadi Na^+ dan OH^- . Ion OH^- bereaksi dengan H pada lignin membentuk H_2O . Hal ini menyebabkan gugus O membentuk radikal bebas dan bereaksi dengan C membentuk cincin epoksi (C-O-C). Hal ini menyebabkan serangkaian gugus melepaskan ikatan dari gugus O. Reaksi ini menghasilkan dua cincin benzena terpisah di mana setiap cincin memiliki gugus O yang reaktif. Gugus O reaktif ini bereaksi dengan Na^+ membentuk garam fenolat dan larut dalam larutan basa, sehingga bila dibilas dengan air lignin akan hilang (Sun and Cheng, 2002).

Karakterisasi Hasil Pemisahan

Larutan yang didapatkan kemudian disaring sehingga diperoleh residu dan filtrat. Residu dikeringkan dan disimpan untuk karakterisasi FTIR. Filtrat yang ada kemudian diuji kadar glukosa menggunakan titrasi luff school. Glukosa merupakan monosakarida yang merupakan gula pereduksi, sehingga penentuannya dengan metode luff school dapat langsung dilakukan. Uji luff school dilakukan untuk mengetahui perolehan glukosa dari hasil fraksinasi menggunakan NaOH. Hasil dari uji luff school ini kemudian dibandingkan dengan standar SNI 01-2891-1992. Metode luff school dipilih selain karena praktis dan biayanya murah juga karena metode ini paling banyak digunakan untuk menentukan kadar karbohidrat dan merupakan metode terbaik karena hanya memiliki kesalahan sekitar 10% untuk mengukur kadar karbohidrat (Underwood, 2014).

Selanjutnya diberi perlakuan pengendapan lignin. Pengendapan lignin dilakukan dengan presipitasi menggunakan H_2SO_4 . H_2SO_4 1 M ditambahkan ke dalam larutan hasil fraksinasi NaOH hingga pH 2. Pengendapan hingga pH 2 dilakukan sebab pada pH 2 lignin mengendap maksimal (García *et al.*, 2009). Kemudian lignin diendapkan dan dipisahkan melalui rangkaian

bunchner dan pompa vakum, sehingga didapatkan larutan lignin larut asam sebagai filtrat dan lignin tak larut asam sebagai residu yang dapat ditampung pada kertas saring.

Residu yang tersisa dilanjutkan dengan analisis gravimetri untuk mengetahui kadar lignin tak larut asam. Sedangkan filtrat dari pemisahan dianalisis menggunakan UV-VIS pada panjang gelombang 480 nm. Pemisahan lignin yang hilang dilakukan melalui gabungan dua uji yaitu uji lignin larut asam dan lignin tak larut asam. Lignin larut asam diuji menggunakan UV-VIS dari larutan filtrat dari presipitasi lignin sedangkan untuk lignin tak larut asam diuji menggunakan analisis gravimetri residu yang tertampung pada kertas saring hasil presipitasi lignin. Perolehan lignin larut asam diperoleh dari karakterisasi menggunakan UV-VIS. Larutan lignin larut asam dianalisis menggunakan UV-VIS untuk mendapatkan nilai absorbansi pada panjang gelombang 480 nm. Panjang gelombang 480 nm digunakan karena menurut penelitian sebelumnya (Wang *et al.*, 2010) lignin larut asam memiliki nilai absorbansi yang konstan ketika menggunakan panjang gelombang 480 nm.

Hasil dan Pembahasan

Perolehan Glukosa

Hasil perolehan glukosa melalui titrasi luff school dapat dilihat pada Gambar 1. Gula selulosa mampu dikonversi menjadi monomer glukosa. Produk dari glukosa dapat diolah kembali menjadi bahan bakar berbasis bio atau produk turunan lain seperti polimer dan pemanis buatan.

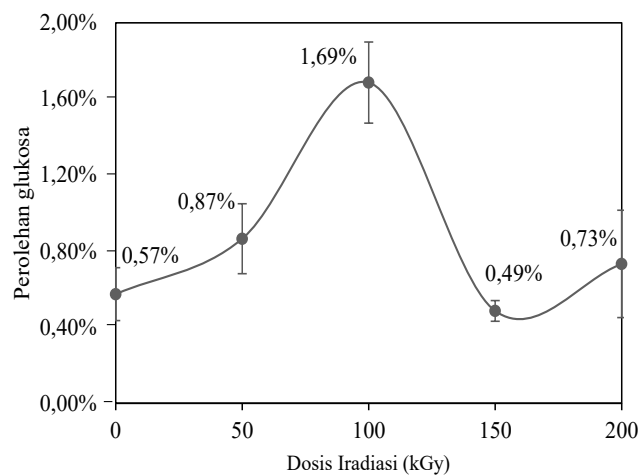
Pada Gambar 1. dapat dilihat hasil kadar glukosa yang diperoleh berdasarkan lima variasi dosis yang dilakukan. Melalui grafik tersebut, dapat ditentukan bahwa dosis iradiasi yang optimal untuk memperoleh kadar glukosa adalah pada dosis 100 kGy dengan perolehan glukosa sebesar 1,69%. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pada dosis iradiasi 100 kGy selulosa terdegradasi dengan baik dan merubah selulosa dari awal struktur polisakarida terpecah menjadi monosakarida sehingga glukosa yang dihasilkan dapat diolah menjadi produk lebih lanjut. Sedangkan pada dosis 150 kGy dan 200 kGy mengalami penurunan kadar glukosa menjadi 0,49% dan 0,73%. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa pada dosis iradiasi tersebut kemungkinan selulosa mengalami kerusakan struktur sehingga

pada proses selanjutnya selulosa tidak terkonversi menjadi glukosa secara maksimal. Menurut (Orozco *et al.*, 2012) penurunan kadar glukosa dapat disebabkan oleh degradasi glikolitik. Selain itu penurunan yang tidak begitu signifikan antara dosis 0 kGy, 150 kGy, dan 200 kGy juga tergantung pada struktur polisakarida, interaksi intra dan antarmolekul antara polisakarida terlarut, dan jenis serta konsentrasi gula yang ada dalam selulosa dan hemiselulosa. Faktor lain yang menyebabkan rendahnya perolehan glukosa yang dihasilkan juga dapat dipengaruhi oleh dosis iradiasi yang digunakan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Chung *et al.*, 2012) setidaknya diperlukan dosis iradiasi lebih dari 1000 kGy untuk menginduksi lignoselulosa guna memberikan efek nyata pada gula produksi biomassa secara enzimatik hidrolisis.

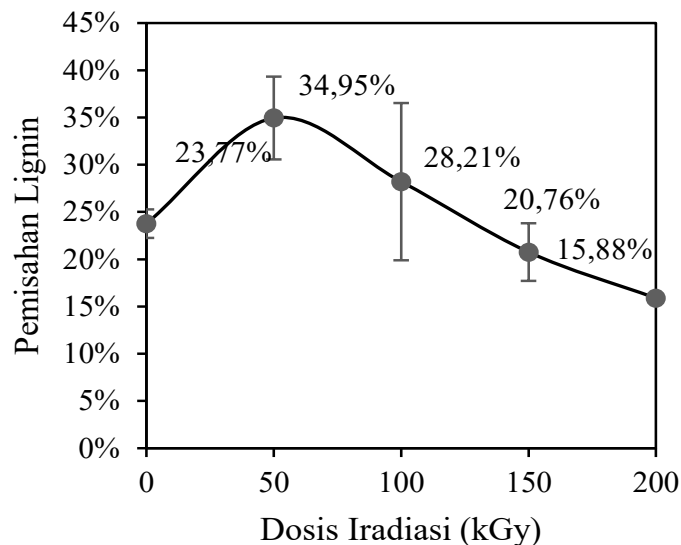
Perolehan kadar glukosa yang didapatkan menggunakan metode pemisahan dengan iradiasi gamma masih lebih kecil daripada beberapa penelitian sebelumnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Jannah and Asip, 2015) hidrolisis sabut kelapa menggunakan larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 4% dapat menghasilkan perolehan glukosa sebesar 8,36%.

Pemisahan Lignin

Hasil pemisahan lignin dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui kemurnian lignin yang dihasilkan pada dosis 0 kGy; 50 kGy; 100 kGy; 150 kGy; dan 200 kGy secara berturut-turut adalah 76,23%; 65,05%; 71,79%; 79,24%; dan 84,21%.



Gambar 1. Perolehan Glukosa



Gambar 2. Pemisahan Lignin

Gambar 2 menunjukkan bahwa pemisahan lignin tertinggi didapat pada dosis iradiasi 50 kGy dengan nilai 34,95%. Hal ini menandakan bahwa iradiasi gamma pada dosis tersebut mampu memisahkan lignin dari komponen penyusun lignoselulosa lainnya dengan baik. Hal ini sesuai dengan penelitian Rajeswara Rao *et al.*, (2015) dimana lignin yang tidak diiradiasi menimbulkan lebih banyak interaksi rantai antarmolekul dan berat molekul tinggi. Sedangkan dengan adanya iradiasi menyebabkan pengurangan rantai antarmolekul dan penurunan berat molekul. Rantai antarmolekul yang dimaksud adalah ikatan kovalen yang bertugas untuk menghubungkan lignin dengan selulosa dan hemiselulosa, sehingga ketika interaksi antarmolekul berkurang akan terjadi pelemahan antar komponen penyusun yang kemudian menyebabkan terlepasnya komponen lignin dari selulosa dan hemiselulosa. Pada grafik dapat dilihat bahwa terjadi penurunan pemisahan lignin pada dosis 100 kGy hingga 200 kGy. Menurut (Chung *et al.*, 2012) hal ini dikarenakan iradiasi gamma yang mempengaruhi lignin secara struktural akibat efek dari proton dan berbagai spesi oksigen reaktif (ROS) yang diproduksi oleh asam dan iradiasi gamma. Selain itu juga dapat disebabkan karena tidak adanya perlakuan pengeringan yang seragam sehingga mempengaruhi perhitungan berat padatan total pada sampel. Pengeringan diperlukan karena sampel dengan kadar air di atas 10% mengakibatkan kelembaban yang berlebihan sehingga akan mengganggu konsentrasi asam yang sesuai (Sluiter *et al.*, 2008).

Pemisahan lignin yang diperoleh dengan pretreatment iradiasi gamma ini masih memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan pemisahan lignin menggunakan metode ekstraksi. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Muensri *et al.*, 2011) pemisahan lignin secara ekstraksi menggunakan 0,7% NaClO₂ pada pH 4 selama 90 menit mampu menghasilkan nilai pemisahan lignin sebesar 50%. Oleh karena itu, perlu penelitian lebih mendalam agar pemisahan lignin menggunakan iradiasi gamma dapat lebih maksimal.

Terdapat perbedaan dosis optimal pada hasil perolehan glukosa dengan hasil pemisahan lignin. Secara teori, perolehan dosis optimal untuk perolehan glukosa sama dengan dosis optimal untuk pemisahan lignin. Penelitian sebelumnya (Yin and Wang, 2016) menyebutkan bahwa gula pereduksi meningkat seiring dengan

meningkatnya dosis iradiasi yang disebabkan karena hilangnya lignin. Menurut (Studer *et al.*, 2011) ketidaksesuaian hasil penelitian dengan teori yang ada dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi resistensi pelepasan glukosa seperti adanya p-hidroksibenzoat terasilasi atau monolignol asetat, jumlah gugus fenolik bebas dalam lignin, dan perbedaan anatomi sel & tumbuhan.

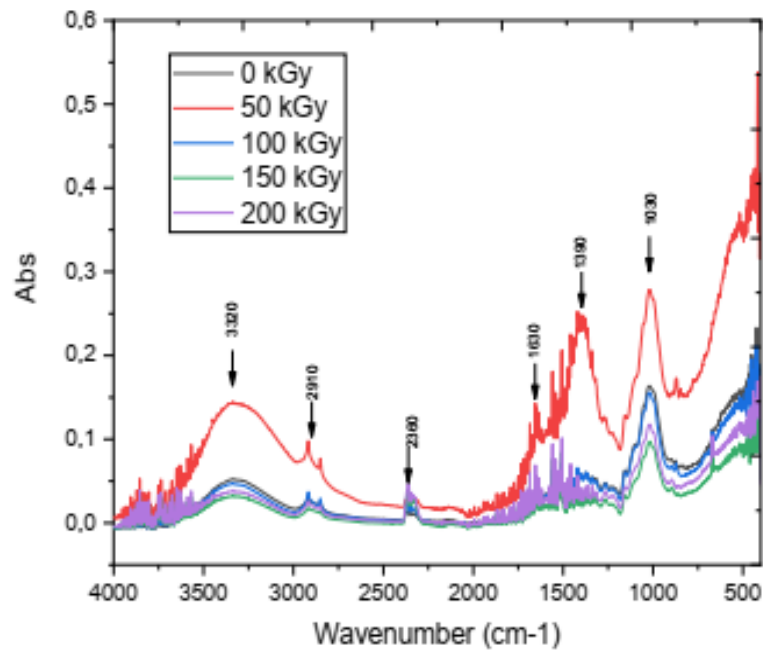
Analisis Struktur Ikatan Lignoselulosa dengan FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk melihat perbedaan antara pemisahan komponen penyusun lignoselulosa sabut kelapa dengan iradiasi gamma dan tanpa iradiasi gamma. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa terdapat beberapa puncak pada bilangan gelombang tertentu yang menunjukkan gugus-gugus biomassa lignoselulosa. Bilangan gelombang dan gugus fungsi yang muncul pada puncak-puncak tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Selain itu perbedaan absorbansi pada spectra sebelum dan sesudah iradiasi masing-masing variasi dosis juga dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil FTIR di atas menunjukkan bahwa hasil pemisahan komponen yang tidak diiradiasi dengan pemisahan komponen lignoselulosa yang diiradiasi memiliki pola spektrum yang mirip dengan perubahan absorbansi yang kecil. Perubahan ini menandakan bahwa ikatan kimia hasil pemisahan komponen lignoselulosa sabut kelapa sedikit terpengaruh oleh iradiasi gamma. Deformasi lignoselulosa oleh iradiasi mungkin terjadi karena pemecahan ikatan glikosidik. Sebagian besar spektrum yang muncul adalah spektrum yang biasanya juga muncul pada kandungan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) dan lignin.

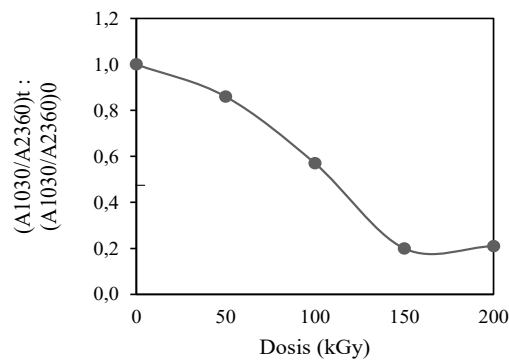
Selain melakukan uji kualitatif menggunakan FTIR, nilai absorbansi yang diperoleh pada Gambar 3. juga dapat digunakan sebagai analisis semi-kuantitatif untuk mengetahui perolehan kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin terhadap variasi dosis iradiasi gamma yang dilakukan. Analisis semikuantitatif dilakukan dengan menggunakan skala angka dalam perhitungan data kualitatif yang diubah menjadi data kuantitatif berdasarkan pembobotan. Data yang digunakan adalah berupa nilai absorbansi pada Tabel 1.



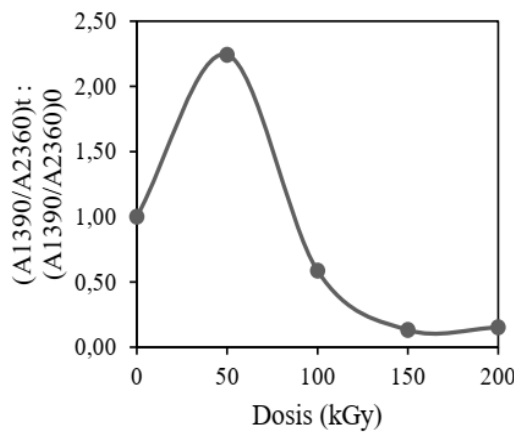
Gambar 3. Spektrum FTIR Hasil Pemisahan Komponen Penyusun Lignoselulosa

Tabel 1. Absorbansi FTIR Berdasarkan Variasi Dosis

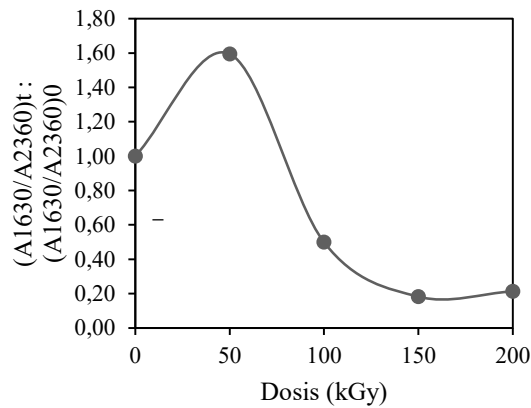
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Absorbansi				
		0 kGy	50 kGy	100 kGy	150 kGy	200 kGy
1030	C-O, C=C, C-C pada selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Fauziah, Rodiansono and Sunardi, 2019)	0,15945	0,26821	0,15075	0,09166	0,11193
1390	C-H hemiselulosa, selulosa (Bodîrlău and Teacă, 2009)	0,05256	0,23118	0,05148	0,01991	0,02684
1630	C=O lignin (Fauziah, Rodiansono and Sunardi, 2019)	0,03179	0,09945	0,02648	0,01663	0,02285
2360	C-H, selulosa dan hemiselulosa (Darojati, Putra and Zulprasetya, 2019)	0,01393	0,02732	0,02326	0,03993	0,04690
2910	C-H lignin (Fauziah, Rodiansono and Sunardi, 2019)	0,02808	0,08546	0,03033	0,01631	0,02241
3320	O-H, selulosa (Darojati, Putra and Zulprasetya, 2019)	0,05148	0,14206	0,04598	0,03133	0,03689



Gambar 4. Penentuan Perolehan Selulosa secara Semikuantitatif



Gambar 5. Penentuan Perolehan Hemiselulosa secara Semikuantitatif



Gambar 6. Penentuan Perolehan Lignin secara Semikuantitatif

Secara semikuantitatif, perhitungan rasio selulosa dilakukan dengan membandingkan gugus C-O pada bilangan gelombang 1030 cm^{-1} (A_{1030}) dan absorbansi C-H pada bilangan gelombang 2360 cm^{-1} (A_{2360}). Rasio selulosa $[(A_{1030}/A_{2360})_t / (A_{1030}/A_{2360})_0]$ dihitung dengan “t” sebagai keadaan setelah iradiasi dan “0” sebagai keadaan sebelum iradiasi. Sedangkan untuk

rasio hemiselulosa menggunakan absorbansi pada bilangan gelombang 1390 cm^{-1} dari gugus C-H dan rasio lignin menggunakan absorbansi pada bilangan gelombang 1630 cm^{-1} dari gugus C=O. Pemilihan bilangan gelombang tersebut didasarkan oleh penelitian (Stuart B. H., 2004) yang menyatakan bahwa pita utama inframerah untuk jenis karbohidrat selulosa, hemiselulosa,

dan lignin adalah berkisar antara 1050-1030, 1240-1730, dan 1510-1630 cm^{-1} .

Grafik perolehan kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6. Gambar 4 menunjukkan pola menurun dari dosis 0 kGy–200 kGy. Hal ini menunjukkan bahwa setelah iradiasi ikatan glikosidik pada selulosa terputus dan selulosa yang ada sudah terdegradasi kemudian membentuk gula pereduksi sehingga semakin besar dosis iradiasi gamma yang digunakan semakin kecil absorbansi selulosa yang diperoleh.

Gambar 5. menunjukkan hasil analisis semikuantitatif dari kadar hemiselulosa. besar diperoleh dengan menggunakan dosis iradiasi sebesar 50 kGy. Hal ini menunjukkan pada dosis tersebut hemiselulosa sudah terlepas dengan ikatan selulosa dan lignin karena pengaruh radikal bebas dari radiasi sehingga terbaca dengan absorbansi tinggi pada FTIR.

Grafik perolehan lignin pada Gambar 6. memiliki pola yang mirip dengan grafik pemisahan lignin pada Gambar 2. dimana dosis optimal yang diperoleh adalah pada dosis 50 kGy. Hal ini menunjukkan bahwa pada dosis tersebut lignin sudah terlepas dari ikatan selulosa dan hemiselulosa sehingga pada FTIR terbaca absorbansi yang tinggi.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa dosis iradiasi yang paling optimal untuk memperoleh kadar glukosa adalah dosis 100 kGy dengan nilai kadar glukosa yang diperoleh adalah sebesar 1,68%. Dosis iradiasi yang paling optimal untuk dapat memisahkan lignin dari dari komponen penyusun biomassa lignoselulosa lainnya adalah dosis 50 kGy dengan nilai sebesar 34,95%. Hal ini membuktikan bahwa iradiasi gamma mampu mempengaruhi struktur lignoselulosa sabut kelapa. Pemisahan komponen penyusun biomassa lignoselulosa sabut kelapa menggunakan iradiasi gamma terbukti lebih efektif dibandingkan pemisahan komponen penyusun biomassa lignoselulosa sabut kelapa tanpa iradiasi gamma.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan perlu adanya penelitian lanjutan karena apabila dibandingkan dengan metode kimia hasil yang didapatkan masih belum maksimal. Perolehan glukosa penelitian ini belum mampu menyamai perolehan glukosa menggunakan

perlakuan hidrolisis yang mampu memperoleh kadar glukosa sebesar 8,36%. Selain itu hasil pemisahan lignin dari penelitian ini masih belum mampu menyamai nilai pemisahan lignin menggunakan perlakuan 0,7% NaClO_2 pada pH 4 yang mencapai 50%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Poltek Nuklir-BRIN Yogyakarta atas izin penggunaan laboratorium untuk melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aiman, S. (2016) ‘Pengaruh Ukuran Partikel Biomasa Lignoselulosa pada Pembuatan Bioetanol dan Biobutanol: Tinjauan The Influence of Lignocelulosic Biomass Particle Size on Bioethanol and Biobutanol Production: A Review komponen utama hemiselulosa, selulosa dan biomasa l’, *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(1), pp. 11–25.
- Badan Pusat Statistik (2021) *Produksi Tanaman Perkebunan (Ribu Ton), 2019-2021*, bps.go.id.
- Bodîrlău, R. and Teacă, C.A. (2009) ‘Fourier transform infrared spectroscopy and thermal analysis of lignocellulose fillers treated with organic anhydrides’, *Romanian Reports of Physics*, 54(1–2), pp. 93–104.
- Chung, B.Y. *et al.* (2012) ‘Enhanced enzymatic hydrolysis of poplar bark by combined use of gamma ray and dilute acid for bioethanol production’, *Radiation Physics and Chemistry*, 81(8), pp. 1003–1007. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2012.01.001>.
- Darojati, H.A., Putra, S. and Zulprasetya, F.P. (2019) ‘Pengaruh iradiasi gamma pada konversi biomassa lignoselulosa sabut kelapa menjadi bioetanol’, *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 3(2), p. 87. Available at: <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i2.121>.
- Diji, C.J. (2013) ‘Electricity production from biomass in Nigeria: Options, prospects and challenges’, *Advanced Materials Research*, 824, pp. 444–450. Available at: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.824.444>.
- Fauziah, A., Rodiansono, R. and Sunardi, S. (2019) ‘Analisis spektroskopi inframerah transformasi fourier (FTIR) dan perubahan warna lignoselulosa alang-alang (*Imperata cylindrica*) setelah pretreatment menggunakan asam encer’, *Konversi*, 8(1), pp. 10–16. Available at: <https://doi.org/10.20527/k.v8i1.6506>.

- Fessenden (1992) *Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga.
- García, A. *et al.* (2009) 'Characterization of lignins obtained by selective precipitation', *Separation and Purification Technology*, 68(2), pp. 193–198. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.05.001>.
- Gonçalves, F.A., Sanjinez-Argandoña, E.J. and Fonseca, G.G. (2011) 'Utilization of Agro-Industrial Residues and Municipal Waste of Plant Origin for Cellulosic Ethanol Production', *Journal of Environmental Protection*, 02(10), pp. 1303–1309. Available at: <https://doi.org/10.4236/jep.2011.210150>.
- Jannah, A.M. and Asip, F. (2015) 'Bioethanol production from coconut fiber using alkaline pretreatment and acid hydrolysis method', *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 5(5), pp. 320–322. Available at: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.5.5.570>.
- Kassim, M.A. *et al.* (2016) 'Irradiation Pretreatment of Tropical Biomass and Biofiber for Biofuel Production', in *Radiation Effects in Materials*. InTech. Available at: <https://doi.org/10.5772/62728>.
- Muensri, P. *et al.* (2011) 'Effect of lignin removal on the properties of coconut coir fiber/wheat gluten biocomposite', *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42(2), pp. 173–179. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.11.002>.
- Muurinen, E. (2000) *Organosolv Pulping. A Review and Distillation Study Related to Peroxyacid Pulping*, Academic Dissertation. University of Oulu, Finland.
- Orozco, R.S. *et al.* (2012) 'Gamma irradiation induced degradation of orange peels', *Energies*, 5(8), pp. 3051–3063. Available at: <https://doi.org/10.3390/en5083051>.
- Rajeswara Rao, N. *et al.* (2015) 'The effect of gamma irradiation on physical, thermal and antioxidant properties of kraft lignin', *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(4), pp. 621–629. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.07.003>.
- Ruslina, S. (2019) *PT MAHLIGAI INDOCOCO FIBRE, Potensi Ekspor Sabut Kelapa, Pelakubisnis.com*.
- Saini, A. *et al.* (2015) 'Prospects for Irradiation in Cellulosic Ethanol Production', *Biotechnology Research International*, 2015, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1155/2015/157139>.
- Sluiter, A. *et al.* (2008) 'Determination of structural carbohydrates and lignin in Biomass - NREL/TP-510-42618', *National Renewable Energy Laboratory*, (April 2008), p. 17.
- Studer, M.H. *et al.* (2011) 'Lignin content in natural populus variants affects sugar release', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(15), pp. 6300–6305. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1009252108>.
- Sun, Y. and Cheng, J. (2002) 'Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review', *Bioresource Technology*, 83(1), pp. 1–11. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7).
- Tarasov, D., Leitch, M. and Fatehi, P. (2018) 'Lignin-carbohydrate complexes: Properties, applications, analyses, and methods of extraction: A review', *Biotechnology for Biofuels*, 11(1), pp. 1–28. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1262-1>.
- Torun, M. (2017) 'Radiation pretreatment of biomass', *Applications of Ionizing Radiation in Materials Processing*, pp. 447–460.
- Underwood (2014) *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi III*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, Q. *et al.* (2010) 'A rapid method for determination of silicon content in black liquor by UV spectroscopy', *BioResources*, 5(4), pp. 2681–2689.
- Yin, Y. and Wang, J. (2016) 'Enhancement of enzymatic hydrolysis of wheat straw by gamma irradiation-alkaline pretreatment', *Radiation Physics and Chemistry*, 123, pp. 63–67. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2016.02.021>.
- Zoghalmi, A. and Paës, G. (2019) 'Lignocellulosic Biomass: Understanding Recalcitrance and Predicting Hydrolysis', *Frontiers in Chemistry*, 7(December). Available at: <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00874>.