

Research Paper

Perbandingan Hidrolisis Limbah Kertas Menggunakan Kalium Hidroksida Dari Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Kalium Hidroksida Komersial

Comparison of Paper Waste Hydrolysis Using Potassium Hydroxide From Empty Palm Fruit Bunch Ash and Commercial Potassium Hydroxide

Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan*, Annisa Zahara Riziq, Syalsa Fadhila, Andri Sanjaya, Misbahudin Alhanif

Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung 35365, Indonesia.

Artikel Histori : Submitted : 3 September 2024, Revised : 5 October 2024, Accepted : 25 November 2024, Online : 30 November 2024

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v9i2.1225>

ABSTRAK: Limbah kertas merupakan salah satu jenis limbah yang cukup melimpah. Pengolahan limbah kertas secara efektif dapat dilakukan menggunakan proses hidrolisis dikarenakan proses ini dapat menguraikan senyawa lignoselulosa pada limbah kertas menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti glukosa dan produk turunan lainnya. Proses hidrolisis sendiri umumnya dilakukan menggunakan katalis kimia seperti asam, basa dan enzyme. Pada penelitian ini diteliti perbandingan hidrolisis limbah kertas menggunakan katalis basa yaitu kalium hidroksida (KOH) dari abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan KOH komersial. Tahapan penelitian dimulai dengan preparasi TKKS, pembuatan KOH dari abu TKKS, preparasi limbah kertas dan proses hidrolisis limbah kertas menggunakan KOH dari abu TKKS dan KOH komersial. Penelitian ini menggunakan variasi waktu hidrolisis untuk mengevaluasi nilai konversi hidrolisis yang diperoleh. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa katalis abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mengandung senyawa kalium dalam bentuk kalium oksida (K_2O) sebesar 5,87% dan kalium karbonat (K_2CO_3) sebesar 31,45%. Perbandingan kinerja katalis antara KOH abu TKKS dan KOH komersial menunjukkan bahwa hasil hidrolisis dengan katalis KOH komersial lebih baik dibandingkan dengan KOH abu TKKS. Pengaruh waktu reaksi hidrolisis berbanding lurus terhadap nilai konversi hidrolisis limbah kertas yang dihasilkan dengan konversi tertinggi diperoleh sebesar 12,11% pada waktu 90 menit menggunakan katalis KOH komersial.

Kata Kunci: Hidrolisis; Kalium Hidroksida; Limbah Kertas.

ABSTRACT: Paper waste is one type of waste that is quite abundant. Effective processing of paper waste can be done using hydrolysis process because this process can decompose lignocellulose compounds in paper waste into simpler compound such as glucose and other derivative products. Hydrolysis process was generally carried out using chemical catalysts such as acids, bases and enzymes. In this study, paper waste hydrolysis was investigated using base catalysts such as potassium hydroxide (KOH) from palm oil empty fruit bunches (POEFB) ash and commercial KOH. The research stages began with the preparation of POEFB ash, KOH production from POEFB ash, paper waste preparation, and the hydrolysis process of paper waste using KOH from POEFB ash and commercial KOH. This study uses variations in hydrolysis time were carried out to evaluate the hydrolysis conversion. Based on the research, it was showed that KOH catalyst from POEFB ash contain potassium compounds in the form of 5.87% potassium oxide (K_2O) and 31.45% potassium carbonate (K_2CO_3). Comparison of catalyst performance between KOH catalyst from POEFB ash and commercial KOH catalyst showed that commercial KOH catalyst was better than KOH catalyst from POEFB ash. The effect of hydrolysis reaction time was directly proportional to the conversion value that the highest conversion was 12.11% at 90 minutes using commercial KOH catalyst.

Keywords: Hydrolysis, Potassium Hydroxide, Paper Waste

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK RI) tahun 2021, Indonesia menghasilkan 82.000 ton sampah nasional setiap harinya atau setara dengan 30,4 juta ton sampah per tahun dan 11,9% diantaranya merupakan limbah kertas/karton [1]. Jumlah limbah yang begitu besar ternyata tidak diikuti dengan metode pengolahan sampah yang efektif dan benar. Secara umum, limbah

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan
e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *

jabosar.panjaitan@tk.itera.ac.id



kertas dapat didaur ulang menjadi beberapa produk berkualitas rendah, seperti kertas koran, tisu toilet, kertas tulis berkualitas rendah, dan lain sebagainya [2]. Sedangkan sisanya yang tidak mengalami daur ulang hanya akan dibuang serta menimbulkan masalah baru bagi lingkungan sekitar seperti polusi udara juga bau busuk [3]. Kertas sebagai material memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, dibandingkan dengan hemiselulosa dan lignin. Limbah kertas mengandung 58,33% selulosa; 30,26% hemiselulosa dan 1,33% lignin [4]. Selulosa yang menjadi komponen utama kertas dapat diubah menjadi selubiosa yang kemudian menjadi glukosa setelah melalui proses hidrolisis [5]. Oleh karena itu, diperlukan alternatif baru untuk memanfaatkan limbah kertas tersebut salah satunya dengan mengubah selulosa pada kertas menjadi glukosa melalui proses hidrolisis agar memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan membuangnya secara langsung.

Hidrolisis merupakan suatu proses pemecahan ikatan kimia suatu molekul dengan menambahkan air (H_2O) dalam prosesnya. Pada proses hidrolisis limbah kertas, selulosa akan dipecah menjadi gula. Gula yang dihasilkan dapat difermentasi menjadi bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti bensin [3][4]. Hidrolisis limbah kertas bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada kertas, merusak struktur selulosa serta meningkatkan porositas bahan [6]. Berbagai cara dapat dilakukan untuk menghidrolisis limbah kertas, diantaranya dengan hidrolisis termal, hidrolisis dengan katalis asam, hidrolisis dengan katalis basa dan hidrolisis enzimatis [7]. Dalam proses hidrolisis, penggunaan katalisator tentu menjadi hal yang sangat penting untuk memperbesar kecepatan reaksi hidrolisis serta dapat menghemat biaya produksi dan energi [8]. Hidrolisis dengan menggunakan katalis basa biasa disebut dengan hidrolisis basa. Hidrolisis dengan katalis basa memberikan berbagai keuntungan misalnya memiliki kemampuan katalisator yang tinggi dan juga ramah lingkungan karena tidak menghasilkan produk samping seperti asam sulfat. Katalis basa yang biasa digunakan adalah katalis basa homogen atau heterogen seperti Natrium Hidroksida ($NaOH$) dan Kalium Hidroksida (KOH) [9].

Kalium hidroksida (KOH) dapat diproduksi dengan mencampurkan kalium (K) dan air (H_2O) dengan hasil samping berupa gas hidrogen (H_2). Kalium hidroksida tidak hanya berasal dari senyawa kimia logam alkali kalium, tetapi dapat juga berasal dari bahan-bahan alami seperti tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit memiliki kandungan kalium yang cukup tinggi yaitu sebesar 67% dan sisanya berupa Si 8,87%; Ca 6,63%; Mg 3% dan Cl 8,53% [10]. Metode yang dapat dilakukan dalam ekstraksi kalium hidroksida dari tandan kosong kelapa sawit adalah dengan pengabuan tandan kosong kelapa sawit. Pada proses ini kalium yang terkandung dalam tandan kosong kelapa sawit akan terkonversi menjadi K_2O atau K_2CO_3 dalam senyawa karbonat [11].

Hidrolisis limbah kertas menggunakan kalium hidroksida (KOH) merupakan metode yang menarik untuk dikaji lebih lanjut. Pemanfaatan abu TKKS sebagai sumber KOH pada proses hidrolisis limbah kertas memberikan nilai tambah terhadap kedua jenis limbah tersebut serta mengurangi ketergantungan pada sumber daya tak terbarukan [12]. Pada penelitian ini limbah kertas akan dihidrolisis menggunakan katalis basa KOH yang berasal dari sintetis abu tandan kosong kelapa sawit dan KOH komersial. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh variasi waktu hidrolisis terhadap rendemen yang dihasilkan serta membandingkan pengaruh penggunaan katalis KOH dari abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan KOH komersial terhadap rendemen yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah limbah kertas HVS ukuran A4 (70 gsm), tandan kosong kelapa sawit (TKKS), kalium hidroksida (KOH) (Merck), sodium hidroksida ($NaOH$) (Merck), asam klorida (HCl) 0,1 N, natrium tetraborat 0,01 N, indikator metil merah, indikator fenolftalein, dan akuades. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain rangkaian alat hidrolisis, gelas beaker, neraca analitik, desikator, dan *furnace*.

2.2 Prosedur Kerja

Dalam rangka mengumpulkan data primer untuk penelitian ini, pengujian langsung terhadap objek yang diteliti dilakukan di laboratorium. Penelitian ini mempelajari bagaimana perubahan konsentrasi H_2SO_4 sebesar 3%, 5%, dan 7% mempengaruhi kadar selulosa dan lignin pada perlakuan awal Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Penelitian ini melibatkan langkah-langkah berikut:

2.2.1 Persiapan TKKS

Langkah pertama dari percobaan ini adalah mengumpulkan bahan-bahan yang diperlukan. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah bahan mentah yang telah dibersihkan dan dipotong kecil-kecil. Keesokan harinya, bahan baku tersebut dijemur di bawah sinar matahari. Sampel dikeringkan, dihaluskan, dan disaring dengan saringan 60 mesh untuk mencapai konsistensi yang diinginkan..

2.2.2 Proses Pre-treatment TKKS

Erlenmeyer diisi dengan 30 g sampel TKKS yang telah diayak. Erlenmeyer tersebut kemudian ditambah dengan 3% H_2SO_4 . Erlenmeyer yang berisi sampel kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf selama 60 menit pada suhu $121^\circ C$ setelah ditutup dengan aluminium foil. Setelah perlakuan awal, produk didinginkan dan disaring. Residu dibersihkan dengan aquadest hingga pH mencapai 7, atau netral. Pada suhu $105^\circ C$, residu yang telah bersih dikeringkan dengan oven selama empat jam. Dengan menggunakan larutan 5% dan 7% H_2SO_4 , proses ini diulangi..

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Pembuatan KOH Sintetis dari Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit

Proses pembuatan KOH dari tandan kosong kelapa sawit diambil dari skripsi Astasari (2008) [13] dengan beberapa modifikasi. Pada tahap pertama tandan kosong kelapa sawit dikeringkan dengan sinar matahari untuk mengurangi kandungan air lalu dipotong manual dengan menggunakan pisau untuk memperkecil ukuran. Tandan kosong kelapa sawit kemudian dibakar melalui pembakaran langsung dengan udara terbuka untuk menghasilkan arang. Arang hasil pembakaran kemudian dihaluskan dan disaring. Selanjutnya serbuk arang tandan kosong kelapa sawit dilakukan proses pengabuan di *furnace* pada suhu $750^\circ C$ selama 3 jam. Abu TKKS yang dihasilkan kemudian dikecilkan dengan mortar dan diayak dengan pengayak *mesh* 100. Abu TKKS kemudian diuji dengan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) untuk mengetahui kandungan senyawa yang terdapat didalamnya. Pembuatan KOH dilakukan dengan mencampurkan abu TKKS dengan akuades (H_2O) pada rasio 1:10 (b/v) sambil diaduk selama 1 jam.

2.2.2 Pengujian Karbonat (K_2CO_3)

Pengujian karbonat dimulai dengan membuat larutan standar primer $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 0,01 N yang distandarisasi dengan HCl. Perhitungan kadar karbonat dimulai dengan menimbang $\pm 0,2$ gram sampel abu TKKS dengan menggunakan neraca analitik yang dilarutkan pada akuades sampai volume 50 ml. Larutan sampel diambil 10 mL dan dimasukkan dalam erlenmeyer serta ditambahkan 4 tetes indikator fenolftalein. Larutan sampel kemudian dititrasi asidimetri dengan larutan HCl sampai larutan berubah warna menjadi bening. Volume HCl yang digunakan dicatat untuk menghitung kadar karbonat dengan persamaan 1:

$$\%CO_3^{2-} = \frac{(N \times 2V)HCl \times BE_{CO_3} \times fp}{massa sampel (mg)} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana N adalah Normalitas HCl, V adalah Volume HCl yang digunakan, BE_{CO_3} adalah berat ekuivalen CO_3 , dan *fp* adalah perbandingan volume larutan dengan larutan yang digunakan

2.2.3 Penentuan Konsentrasi KOH Sintetis dari Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit

Penentuan konsentrasi KOH sintetis dari Abu TKKS dikutip dari jurnal Nuryanti (2010) [14] dengan beberapa modifikasi. Konsentrasi KOH ditentukan dengan titrasi 10 mL larutan KOH abu TKKS menggunakan HCl 0,1N. Volume titrasi HCl yang terpakai dipakai untuk menghitung konsentrasi larutan KOH Abu TKKS dengan menggunakan persamaan 2.

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana NB adalah normalitas larutan yang tidak diketahui konsentrasi, VB adalah volume larutan yang diketahui konsentrasi, NA adalah normalitas larutan yang diketahui konsentrasi dan VA adalah volume larutan yang terpakai saat titrasi. Penentuan konsentrasi KOH komersial juga dilakukan sama dengan prosedur diatas.

2.2.4 Preparasi Limbah Kertas

Limbah kertas HVS ukuran A4 (70 gsm) ditimbang sebanyak 150 gram yang dipotong secara manual dengan menggunakan gunting untuk memperkecil ukuran kertas menjadi 1x1 cm. 50 gram limbah kertas selanjutnya dideinking menggunakan NaOH 1% (v/v) pada suhu 25°C selama satu jam sambil diaduk pada kecepatan pengadukan 300 rpm. Limbah kertas hasil deinking kemudian dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH netral. Selanjutnya limbah kertas dikeringkan hingga mencapai kadar air 4,5-6,0% sesuai SNI 7274:2008 [14]. Limbah kertas yang sudah sesuai kadar air disimpan dalam suhu kamar dengan menggunakan plastik *ziplock* untuk dapat digunakan ke tahap selanjutnya.

2.2.5 Proses Hidrolisis Limbah Kertas

Limbah kertas hasil proses *deinking* sebanyak 5 gram ditambah dengan akuades pada rasio perbandingan S/L yaitu 1:40 (b/v) yang dipanaskan mencapai temperatur stabil 90°C. Sebanyak 10 mL katalis KOH sintesis dari Abu TKKS ditambahkan ke dalam campuran yang diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 400 rpm. Proses hidrolisis dilakukan pada berbagai variasi waktu yaitu 30, 60, dan 90 menit. Setelah proses hidrolisis dilakukan, limbah kertas hasil hidrolisis disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan hingga 4,5-6,0% sesuai SNI 7274:2008 [15]. Hasil limbah kertas yang tidak terhidrolisis ditimbang dengan neraca analitik lalu dihitung % rendemen sesuai rumus

$$\% \text{ rendemen} = \frac{m_p}{m_a} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana %rendemen adalah perbandingan antara massa produk dengan massa awal (%), m_p adalah massa produk (g), m_a adalah massa sampel awal (g). Proses hidrolisis yang sama juga dilakukan menggunakan KOH komersial sebagai pembanding.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Katalis Sintetis Kalium Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit

Abu TKKS yang digunakan dianalisis terlebih dahulu untuk menentukan nilai derajat keasamannya atau pH. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh nilai pH abu TKKS sebesar 11, hal ini menunjukkan bahwa abu TKKS memiliki tingkat kebasaaan yang tinggi disebabkan oleh tingginya kadar logam K [16]. Penelitian ini menggunakan analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk memastikan adanya kandungan kalium dalam abu TKKS. Hasil analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* ditampilkan pada Tabel 1.

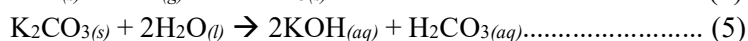
Tabel 1. Kandungan Logam Abu TKKS

Parameter Uji	Hasil (%)
Kalium (K ₂ O)	5,87
Kalsium (Ca)	3,01
Parameter Uji	Hasil (%)
Magnesium (Mg)	0,56
Besi (Fe)	2,54

Berdasarkan hasil analisis kadar logam dalam abu TKKS, diketahui bahwa kandungan kalium dalam bentuk K₂O sebesar 5,87%. Hal ini mengindikasikan potensi kalium yang terdapat dalam abu TKKS berupa senyawa karbonat karena temperatur pengabuan dilakukan pada suhu 750°C, yang mana temperatur tersebut lebih rendah daripada temperatur optimal 900°C [17]. Untuk memastikan bahwa didalam abu TKKS terdapat

senyawa karbonat, dilakukan analisa dengan metode titrasi asidimetri yang menghasilkan komposisi senyawa karbonat berupa K_2CO_3 pada penelitian ini sebesar 31,45%. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Imaduddin et al (2008) menunjukkan bahwa katalis sintetis kalium dari abu TKKS berada dalam bentuk senyawa karbonat (K_2CO_3) dikarenakan dalam abu TKKS terdapat anion-anion karbonat dan bikarbonat [17]. Selain itu, pada pengujian yang telah dilakukan, kandungan anion karbonat memiliki konsentrasi yang paling besar yaitu 37,6% [17].

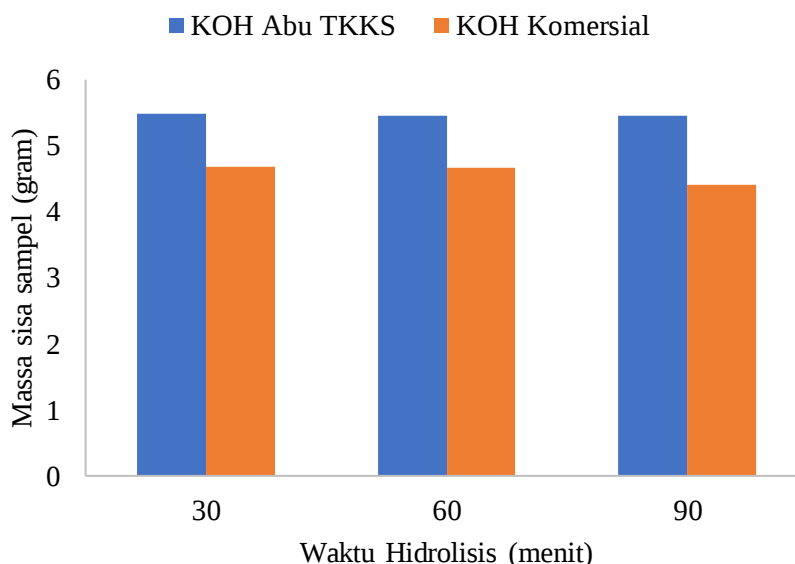
Senyawa K_2CO_3 terbentuk pada saat proses pengabuan yang menghasilkan produk samping berupa gas CO_2 dan berikatan dengan senyawa K_2O [18]. Senyawa KOH sebagai katalis sintetis abu TKKS dibentuk melalui reaksi dengan air. Larutan alkalis berupa KOH dapat terbentuk bila abu dilarutkan dalam air [19]. Reaksi yang terbentuk ditampilkan pada persamaan 4 dan persamaan 5.



Khairi et al (2021) menyatakan bahwa larutan abu TKKS memiliki potensi untuk digunakan sebagai katalis pada hidrolisis dan dapat menggantikan katalis konvensional meskipun memiliki performa lebih rendah dibandingkan katalis basa konvensional. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kalium yang terdapat pada abu TKKS dapat dimanfaatkan sebagai katalis pada proses hidrolisis limbah kertas [19].

3.2 Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Jenis Katalis Terhadap Proses Hidrolisis Limbah Kertas

Proses hidrolisis mengubah selulosa yang menjadi komponen utama kertas menjadi gula yang lebih sederhana seperti glukosa. Pada penelitian ini, hidrolisis limbah kertas dilakukan dengan variasi waktu hidrolisis dan jenis katalis basa yaitu KOH sintetis dari abu tandan kosong kelapa sawit dan KOH komersial sebagai pembanding. Konsentrasi katalis basa yang digunakan disamakan sebesar 0,2 N dengan menggunakan proses titrasi. Pengaruh jenis katalis terhadap massa sisa sampel hidrolisis pada berbagai waktu hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh jenis katalis dan waktu hidrolisis terhadap massa sisa sampel sisa

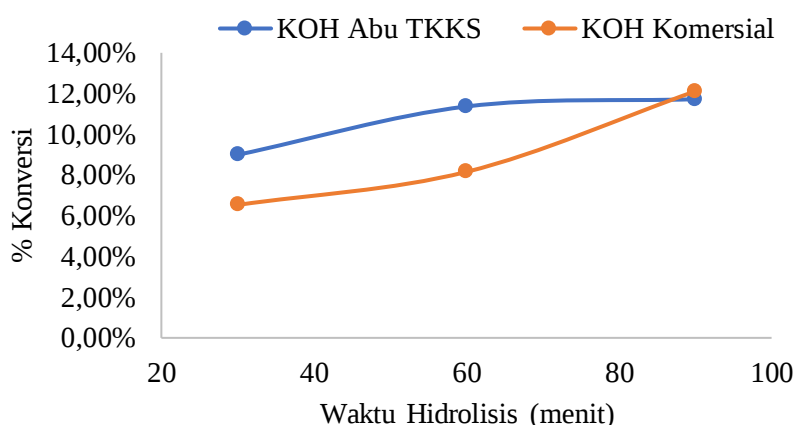
Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu hidrolisis maka semakin kecil massa sisa sampel kertas hasil hidrolisis baik pada katalis KOH sintetis dari abu tandan kosong kelapa sawit maupun KOH komersial. Katalis basa dapat mengurangi kandungan lignin yang ada dalam limbah kertas dan

meningkatkan derajat substitusi pada selulosa [20][21]. Semakin rendah massa sisa sampel yang dihasilkan menunjukkan bahwa limbah kertas yang terhidrolisis semakin banyak [22]. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah karbohidrat yang larut dalam larutan selama waktu hidrolisis panjang sehingga massa sisa sampel yang dihasilkan akan semakin berkurang [23]. Hasil tersebut dapat dibandingkan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa variasi waktu mempunyai pengaruh terhadap penurunan massa sampel yang terjadi pada saat hidrolisis limbah kertas. Semakin lama waktu hidrolisis maka semakin lama pula waktu kontak reaktan dengan air sehingga menghasilkan penurunan massa sisa sampel kertas yang menandakan nilai rendemen yang semakin tinggi [24].

Massa sisa sampel hidrolisis terkecil diperoleh dengan menggunakan katalis KOH komersial pada waktu 90 menit yaitu sebesar 4,405 gr. Hal ini menunjukkan bahwa KOH komersial lebih optimal dibandingkan dengan KOH sintetis. Kurang efektifnya katalis KOH sintesis disebabkan adanya asam lemah berupa asam karbonat (H_2CO_3) yang terbentuk didalam larutan katalis sintetis yang mengakibatkan aktivitas basa dalam mengkatalisis reaksi hidrolisis limbah kertas berkurang [19]. Selain itu, katalis sintetis kalium yang dihasilkan dari abu TKKS termasuk jenis katalis heterogen yang kurang larut dalam air. Dibandingkan dengan katalis heterogen abu TKKS, katalis homogen seperti KOH komersial memiliki kinerja yang lebih unggul karena memiliki kontak yang lebih baik dengan reaktan, terutama karena keduanya berada dalam fase yang sama, yaitu fase cair [25].

3.3 Konversi Hidrolisis Limbah Kertas

Konversi merupakan jumlah reaktan yang bereaksi membentuk produk. Pada Gambar 2 disajikan pengaruh waktu hidrolisis pada masing - masing jenis katalis dan hubungan terhadap nilai konversi.



Gambar 2. Konversi proses hidrolisis limbah kertas

Berdasarkan Gambar 2 pada waktu 90 menit dengan menggunakan katalis KOH komersial menghasilkan konversi tertinggi sebesar 12,11%. Nilai konversi pada KOH komersial lebih besar dibandingkan KOH sintetis. Hal ini dapat disebabkan kalium yang terdapat dalam abu TKKS berada dalam bentuk K_2CO_3 , yang ketika bereaksi dengan air membentuk senyawa KOH dan asam karbonat [19]. Senyawa asam karbonat inilah yang menyebabkan aktivitas basa dalam mengkatalisis reaksi hidrolisis berkurang. Keberadaan senyawa karbonat sebagai *impurities* dalam katalis sintetis yang digunakan dapat mengganggu kinerja dan menjadi salah satu penyebab rendahnya konversi yang diperoleh. Hasil ini dapat dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Fuadi dan Harismah (2017) bahwa seiring meningkatnya waktu hidrolisis menunjukkan peningkatan konversi hidrolisis selulosa dari kertas bekas yang dihasilkan [5].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini meneliti hidrolisis limbah kertas menggunakan katalis KOH dari abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan KOH komersial. Pengaruh variasi waktu hidrolisis dievaluasi terhadap konversi yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mengandung kalium dalam bentuk kalium oksida (K_2O) sebanyak 5,87% dan kalium karbonat (K_2CO_3) sebanyak 31,45%. Pengaruh variasi katalis berupa KOH abu TKKS dan KOH komersial menunjukkan bahwa hasil hidrolisis dengan penggunaan katalis KOH komersial lebih baik dibandingkan dengan KOH abu TKKS. Waktu reaksi hidrolisis berbanding lurus terhadap nilai konversi hidrolisis limbah kertas yang dihasilkan. Konversi hidrolisis limbah kertas tertinggi diperoleh sebesar 12,11% pada waktu 90 menit menggunakan katalis KOH komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Data Pengelolaan Sampah & Ruang Terbuka Hijau, Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)." [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/> [Accessed: Oct. 15, 2022].
- [2] S. Wahyono, "Pengelolaan Sampah Kertas di Indonesia," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 2, no. 3, pp. 276–280, 2001.
- [3] Y. K. Fatimala, H. Parenrengi, and S. Ambari, "Pemanfaatan Limbah Kertas Sebagai Sumber Etanol Menggunakan Enzim Xilem," *Jurnal Farmasi*, vol. 7, no. 2, pp. 33–37, 2019.
- [4] M. A. Darmawan, Y. A. Hermawan, M. Samsuri, and M. Gozan, "Conversion of Paper Waste to Bioethanol Using Selected Enzyme Combination (Cellulase and Cellobiase) Through Simultaneous Saccharification and Fermentation," *Conference Proceedings, American Institute of Physics*, vol. 020018, Mar. 2019.
- [5] A. M. Fuadi and K. Harismah, "Perbandingan Efektifitas Pembuatan Glukosa dari Kertas Bekas Secara Hidrolisis Asam dan Enzim," *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, vol. 1, no. 1, pp. 6–11, 2017.
- [6] Megawati and R. Ciptasari, "Pembuatan Etanol Dari Limbah Kulit Jeruk Bali: Hidrolisis Menggunakan Selulase dan Fermentasi Dengan Yeast," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, vol. 1, No. 1, 2015.
- [7] E. K. Artati, F. Wulandari, and R. Nalendra Sukma, "Pengaruh Konsentrasi Katalis Asam dan Kecepatan Pengadukan Pada Hidrolisis Selulosa dari Ampas Batang Sorgum Manis," *Ekuilibrium*, vol. 12, no. 1, pp. 17–22, 2013.
- [8] T. Hudaya and Gede Pandega Wiratama, "Kajian Hidrodeoksigenasi Minyak Biji Kapok (Ceiba Pentandra) dengan Katalis Ni-Mo/ γ - Al_2O_3 Untuk Sintesa Biohidrokarbon," *Skripsi Universitas Khatolik Prahyanan*. 2014.
- [9] N. A. Tajuddin, A. F. Lee, and K. Wilson, "Production of Biodiesel Via Catalytic Upgrading and Refining of Sustainable Oleaginous Feedstocks," in *Handbook of Biofuels Production: Processes and Technologies: Second Edition*, Elsevier Inc., pp. 121–164, 2016.
- [10] L. M. Ningsih, A. Haryanto, U. Hasanudin, and S. Triyono, "Leaching of Potassium from Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) Using Tapioca Wastewater," in *Proceedings of the International Conference on Sustainable Biomass*, pp. 281–286, 2021.
- [11] Yoeswono, Triyono, and I. Tahir, "Pemanfaatan Limbah Abu Tandan Kosong Sawit Sebagai Katalis Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Sawit," *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, vol. 14, no. 2, pp. 55–62, 2007.

- [12] A. S. Sanjaya, J. A. Prajaka, N. Aini, and T. H. Soerawidjaja, "Penentuan Kadar Kalium dalam Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Daerah Tepian Langsung Kutai Timur Dengan Metode Ekstraksi," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6, no. 4, pp. 7–12, 2017.
- [13] R. U. Astasari, "Kajian Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Abu Tandan Kosong Sawit," *Skripsi Institut Pertanian Bogor*, 2008.
- [14] S. Nuryanti, "Indikator Titration Asam-Basa dari Ekstrak Bunga Sepatu (*Hibiscus Rosa Sinensis* L)," *Agritech*, vol. 30, no. 3, pp. 178-183, 2010.
- [15] SNI, "Kertas Cetak A," SNI 7274:2008, 2008.
- [16] Wirasito, T. Usman, dan Harlia, "Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Dengan Menggunakan Katalis Zeolit Termomodifikasi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 3, no. 1, pp. 32–36, 2014.
- [17] M. Imaduddin, Yoeswono, K. Wijaya, and I. Tahir, "Ekstraksi Kalium dari Abu Tandan Kosong Sawit sebagai Katalis," *Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, vol. 3, no. 1–3, pp. 14–20, 2008.
- [18] R. D. P. Ananda, L. N. Komariah, N. P. Putri, and S. Arita, "Potensi dan Karakteristik Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Katalis Heterogen Untuk Produksi Biodiesel," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 29, no. 1, pp. 36–45, 2023.
- [19] S. Khairi, E. Erlindawati, T. Kuseno, M. Marcelina, and M. Syafrianto, "Hidrogen dari Reaksi Pemecahan Air Menggunakan Aluminium dengan Katalis Basa Abu Tandan Kosong Sawit," *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2021.
- [20] M. Ufa, N. N, A. F. Ningrum, W. Suwinarti, and R. Amirta, "Efektivitas Perlakuan Awal Alkali dan Hidrotermal Terhadap Proses Delignifikasi, Potensi Gula Reduksi dan Produksi Etanol Teoritis dari Kayu *Vernonia Amygdalina* Delile," *Jurnal Hutan Tropis*, vol. 6, no. 2, pp. 155–164, 2022.
- [21] L. F. Napitupulu, J. R. H. Panjaitan, T. G. Simanjuntak, A. Herlambang, R. Yuniarti, D. F. Nury, "Produksi Karboksimetil Selulosa dari Nata De Coco dan Limbah Kertas," *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 18, no. 1, pp. 66 – 75, 2024.
- [22] J. R. H. Panjaitan, D. F. Nury, F. X. Hutabarat, and M. Hutabarat, "Paper Waste Hydrolysis with Stepwise Sulfuric Acid Catalyst," *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, vol. 8, no. 2, pp. 153–163, 2023.
- [23] C. Winarti, N. Richana, D. Mangunwidjaja, and C. Sunarti, "Pengaruh Lama Hidrolisis Asam Terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Pati Garut," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 24, no. 3, pp. 218–225, 2014.
- [24] A. M. Fuadi, K. Harismah, and A. Setiawan, "Hidrolisis Enzimatis Kertas Bekas Dengan Variasi Pemanasan Awal," *University Research Colloquium*, vol. 5, no. 2, pp. 1–8, 2015.
- [25] P. Gupta and S. Paul, "Solid Acids: Green Alternatives for Acid Catalysis," *Catalyst Today*, vol. 236, no. Part B, pp. 153–170, 2014.