

STUDI PIROLISIS AMPAS TEBU DENGAN MENGGUNAKAN INSTRUMEN PYROLYSIS-GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY (Py-GC/MS)

STUDY OF BAGASSE USING A PYROLYSIS-GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY (Py-GC/MS) INSTRUMENT

Nana Lestari, R.R Dirgarini Julia Nurlianti Subagyo^{*}, Veliyana Londong Allo

Program Studi S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman

Jalan Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia, 75123

^{*}Corresponding Author: dirgarini@fmipa.unmul.ac.id

Diterbitkan: 30 Oktober 2022

ABSTRACT

A pyrolysis study of a bagasse using a pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC/MS) instrument was carried out. This research was conducted to determine the chemical and physical characteristics of bagasse and to determine the chemical composition of the pyrolysis products of bagasse. Pyrolysis of biomass were carried out at three temperatures, namely 350°C, 450°C and 550°C. Bagasse had a moisture content of $12 \pm 0.004\%$, ash content $2.43 \pm 0.001\%$, cellulose content 58%, lignin content $11 \pm 0.02\%$ and 10% hemicellulose content. Based on the percent product area in the pyrogram, bagasse pyrolysis products contained lignin derivative products (16-23%) and cellulose/hemicellulose derivative products 61-66%.

Keywords: *Pyrolysis, Py-GC/MS, Bagasse*

ABSTRAK

Studi pirolisis ampas tebu dengan menggunakan instrumen *pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry* (Py-GC/MS) telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kimia dan fisika dari ampas tebu dan untuk mengetahui komposisi kimia produk pirolisis ampas tebu. Pirolisis biomassa dilakukan pada tiga variasi suhu yaitu 350°C, 450°C dan 550°C. Ampas tebu memiliki kadar air $12 \pm 0,004 \%$, kadar abu $2,43 \pm 0,001 \%$, kadar selulosa 58%, kadar lignin $11 \pm 0,02 \%$ serta kadar hemiselulosa 10%. Berdasarkan persen area produk pada pirogram, produk pirolisis ampas tebu mengandung produk turunan lignin (16-23 %) dan produk turunan selulosa/hemiselulosa 61-66 %.

Kata kunci: *Pirolisis, Py-GC/MS, Ampas tebu*

PENDAHULUAN

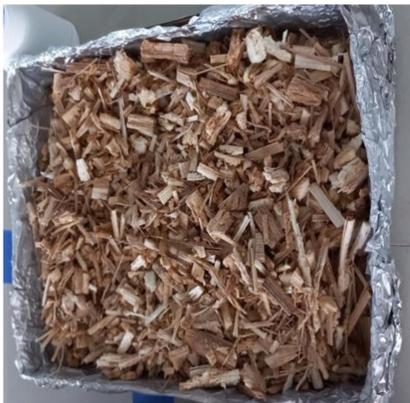
Ampas tebu atau *bagasse* adalah limbah yang didapatkan yakni dari proses penggilingan dari tanaman tebu sesudah di ekstrak dan diperoleh niranya. Banyak upaya yang dilakukan untuk meminimalisir ampas tebu agar dapat dimanfaatkan seperti untuk bahan baku pembuatan pupuk, *pulp*, makanan ternak dan *particle board*. Namun hal tersebut masih belum maksimal mengatasi permasalahan tentang ampas tebu. Salah satu pertimbangan yang mendasari dari pemanfaatan ampas tebu menjadi arang aktif yakni karena ampas tebu adalah biomassa

lignoselulosa yang mempunyai kadar arang tinggi [1].

Pirolisis secara general dibagi menjadi tiga tahapan, dimana tahapan pertama yaitu penguapan uap air, tahap kedua yaitu dekomposisi struktur organik seperti karbohidrat, protein dan lemak dan tahap ketiga yaitu disintegrasi lambat dari residu padatan [2]. Dalam proses pirolisis, jika digunakan 2 atau lebih *feedstock* maka proses dekomposisi tersebut disebut dengan co-pirolisis. Co-pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia yang melibatkan lebih dari satu *feedstock* dengan pemanasan tanpa melibatkan oksigen [3].

Keunggulan dari proses ini terutama terletak pada efek sinergis dari berbagai bahan yang berinteraksi selama proses sehingga terdapat residu yang berbeda dalam satu proses [4].

Pyrolysis-Gas Chromatography Mass Spectroscopy (Py-GC/MS). Adalah suatu metode yang menggabungkan antara teknik pirolisis dengan kromatografi gas dan spektroskopi massa. Analisis menggunakan Py-GC/MS dilakukan karena dalam preparasi sampelnya hanya memerlukan padatan yang sangat sedikit yaitu 100-200 µg. Proses pirolisis tersebut dapat dilakukan pada suhu 400-600 °C [5]. Py-GC/MS ini sangat berguna dalam menganalisis fraksi cair (*bio-oil*) yang dihasilkan melalui perlakuan termal biomassa, karena *bio-oil* mungkin sering mengandung berat molekul tinggi dan komponen yang sangat polar dimana sering bermasalah untuk analisis dengan GC-MS konvensional [6].



Gambar 1. Ampas Tebu

Sifat fisika dari ampas tebu adalah berwarna kuning-kekuningan, berserat (berserabut), lunak dan relatif memerlukan tempat yang luas untuk digunakan sebagai penyimpanan dalam jumlah tertentu dibandingkan dengan menyimpan dalam bentuk arang dengan jumlah yang sama. Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu tersebut tersusun atas penyusun-penyusunnya yaitu kadar air (44,5%), serat yang berupa zat padat (kadar serat 52,0%) dan *brix* atau zat padat yang mudah larut (gula terlarut 3,5%) [7]. Adapun gambar dari ampas tebu dapat di lihat pada **Gambar 1**.

Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian studi pirolisis ampas tebu dengan instrumen Py-GC/MS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kimia dan fisika (kadar air, kadar abu, kadar selulosa, lignin dan hemiselulosa) dari ampas tebu, kemudian untuk mengetahui komposisi kimia produk pirolisis

ampas tebu yang dianalisis dengan menggunakan Py-GC/MS.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat alat gelas, desikator, neraca analitik, botol vial, *furnace*, cawan petri, *homogenizer*, *freeze drying*, *magnetic stirrer*, oven, buret, loyang, spatula kaca, gelas saring, *waterbath*, autoklaf, seperangkat alat Py-GC/MS, *Eco-cup* SF PY1-EC50F, *glass wool*, *Multi-shot pyrolyzer* (EGA/PY-3030D), GC/MS QP-2020 NX (Shimadzu, Jepang), kolom SH-Rxi-5Sil MS (ketebalan film 0,25 µm, 30 m × 0,25 mm diameter internal), Blender, Saringan 40 mesh dan 100 mesh.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas tebu yang diperoleh dari pedagang kaki lima di depan Jl. Kemakmuran, Samarinda, Kalimantan Timur, aluminium foil, kertas saring dan kertas label, gas helium, H₂SO₄ 72%, natrium klorit, NaOH 17,5%, asam asetat 10%, aseton, aquades, air es.

Prosedur Penelitian

Preparasi Sampel

Sampel ampas tebu dibersihkan, dipotong kecil dan dikeringkan dengan cara dianginkan selama ± 7 hari sampai kadar air di dalam sampel berkurang, setelah itu dihaluskan menggunakan blender lalu disaring dengan ayakan 40 mesh dan 100 mesh, kemudian diambil sebagian serbuk ukuran 40 mesh untuk digunakan dalam analisis komponen kimia tebu dan sampel ukuran 100 mesh dilanjutkan dalam proses pirolisis.

Analisis Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan berdasarkan metode SNI 03-6850-2000. Sampel dipanaskan dalam oven sampai berat konstan pada suhu 103 ± 2°C; pemanasan dapat dilakukan secara triplo sehingga didapatkan hasil yang akurat. Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(\%) \text{ Air} = \frac{\text{Berat awal kayu (A)} - \text{Berat kayu setelah dioven (B)}}{\text{Berat kayu setelah dioven (B)}} \times 100\% \quad (1.1)$$

Analisis Kadar Abu

Prosedur penentuan kadar abu mengacu pada SNI 14-1031-1989. Cawan dipanaskan dalam tanur listrik selama ± 30 menit pada suhu 575 ± 25°C. kemudian cawan platina didinginkan

dalam desikator selama 15 menit, sedangkan untuk cawan porselen atau kuarsa selama 30 menit. Cawan dengan neraca analitik ditimbang sampai didapatkan berat tetap. Selanjutnya sampel uji ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram. Setelah itu cawan yang telah berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur listrik dan dibakar pada suhu $575 \pm 25^\circ\text{C}$ sekurang-kurangnya selama 3 jam. Kemudian cawan dan sisa pembakaran didinginkan dalam desikator. Cawan dan sisa pembakaran ditimbang dengan neraca analitik sampai didapatkan berat tetap. Kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(\%) \text{ Abu} = \frac{\text{Berat kayu setelah dipanaskan (g)}}{\text{Berat kayu sebelum dipanaskan (g)}} \times 100 \% \quad (1.2)$$

Analisis Komponen Kimia Ampas Tebu Analisis Kandungan Lignin

Penentuan kandungan lignin tidak terlarut dilakukan dengan menggunakan metode TAPPI T 222 om-88 [8]. Sebanyak 0,3 gram sampel yang telah bebas zat ekstraktif dimasukkan ke dalam botol vial 50 mL serta diletakkan dalam loyang yang diisi air es. Selanjutnya ke dalam campuran ditambahkan sebanyak 4,5 mL H_2SO_4 72% secara bertahap dengan menggunakan buret sambil diaduk merata dengan menggunakan spatula kaca. Suhu dalam cawan petri diusahakan selalu pada kisaran $20 \pm 1^\circ\text{C}$ selama proses pengadukan berlangsung. Sampel yang telah ditutup alumunium foil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* $\pm 2,5$ jam pada suhu $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Kemudian sampel dipindahkan dari botol vial ke labu Erlenmeyer 250 mL dan diencerkan dengan akuades sebanyak 171 mL. Lalu permukaannya ditutup dengan menggunakan alumunium foil. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam alat autoklaf selama 30 menit pada suhu 121°C . Sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $105 \pm 3^\circ\text{C}$, didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat yang konstan. Jumlah kandungan lignin dalam sampel dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kandungan Lignin } (\%) = \left[\left(\frac{B}{A} \right) \times 100 \right] \quad (1.3)$$

Keterangan:

A = Berat awal sampel (gram)

B = Berat kering sampel (gram)

Analisis Kandungan Hemiselulosa

Penentuan kadar holoselulosa dilakukan berdasarkan Wise [9]. Bahan pereaksi A disiapkan berupa natrium klorit sebanyak 0,2

gram, 40 μL asam asetat dan 6 mL akuades dalam Erlenmeyer. Setelah itu, sebanyak 0,2 gram natrium klorit, 40 μL asam asetat dan 2 mL akuades dicampur di dalam labu Erlenmeyer dan disimpan sebagai bahan pereaksi B. Sebanyak 0,5 gram serbuk bebas zat ekstraktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol vial tersebut, kemudian dipanaskan di dalam *waterbath* selama 1 jam pada suhu 80°C diiringi pengadukan secara berkala. Setelah 1 jam ditambahkan 2 mL bahan pereaksi B, dilakukan sambil diiringi pengadukan dan pemanasan lagi selama 1 jam. Penambahan pereaksi B ini dilakukan sebanyak 4 kali/jam. Selanjutnya botol vial didinginkan di dalam air es dan disaring dengan gelas saring (pori 2) yang telah ditimbang sebelumnya. Kemudian sampel dibilas dengan 100 mL akuades dan aseton lalu dikeringkan dan ditimbang hingga diperoleh berat yang konstan. Kadar holoselulosa dapat diketahui dengan menggunakan rumus perhitungan berikut:

$$(\%) \text{ Holoselulosa} = \frac{B}{A} \times 100 \% \quad (1.4)$$

$$(\%) \text{ Hemiselulosa} = (\%) \text{ Holoselulosa} - (\%) \alpha\text{-Selulosa} \quad (1.5)$$

Keterangan:

A = Berat awal sampel (gram)

B = Berat kering sampel (gram)

Analisis Kandungan α -Selulosa

Penentuan kandungan α -selulosa dilakukan berdasarkan standar TAPPI T 203 om-93 [10]. Sebanyak 0,2 gram sampel yang telah melalui proses analisis kadar holoselulosa dimasukan ke dalam gelas 50 mL lalu ditambahkan 5 mL NaOH 17,5% dan didiamkan. Setelah 4 menit, campuran tersebut diaduk dengan menggunakan spatula kaca selama 5 menit dan dibiarkan selama 20 menit. Lalu sampel ditambahkan 5 mL akuades dan diaduk kembali selama 5 menit. Setelah itu, sampel disaring dengan menggunakan 150 mL akuades sebanyak 2 kali dengan menggunakan akuades yang sama. Lalu 8 mL asam asetat 10% ditambahkan dan didiamkan selama 5 menit. Setelah itu, sampel disaring menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya. Kemudian sampel dibilas dengan akuades baru hingga bau asam asetat hilang. Setelah itu, sampel dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $105 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 1-2 hari lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang dan dihitung kandungan α -selulosa menggunakan rumus berikut:

$$\alpha - \text{selulosa (\%)} = \left[\frac{B}{A} \times 100\% \right] \quad (1.7)$$

Keterangan:

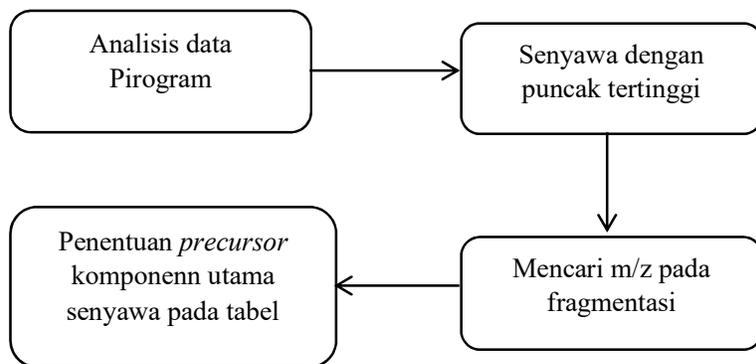
A = Berat awal sampel (gram)

B = Berat kering sampel (gram)

Analisis dengan Py-GC/MS

Sekitar 500 μg sampel dimasukkan ampas tebu ke dalam *eco-cup* SF PY1-EC50F dan ditutup dengan *glass wool*. Selanjutnya, sampel dalam *eco-cup* dipirolisis pada suhu 350°C, 450°C dan 550 °C selama 0,1 menit menggunakan *multi-shot pyrolyzer* (EGA/PY-3030D) dengan suhu *interface* 280°C yang telah terhubung dengan sistem GC/MS QP-2020 NX (Shimadzu, Jepang). Kolom yang digunakan untuk analisis GC/MS adalah MS SH-Rxi-5Sil (ketebalan film 0,25 μm , diameter internal ukuran 30 m \times 0,25 mm) dengan *electron impacts* sebesar 70 eV. Gas helium digunakan sebagai gas pembawa dengan tekanan sistem

sebesar 20,0 kPa (15,9 mL/menit, laju alir kolom sebesar 0,61 mL/menit). Adapun suhu untuk sistem GC adalah sebagai berikut: suhu awal 50°C konstan selama 1 menit, kemudian suhu dinaikkan hingga 280 °C (5 °C/menit), dalam waktu 13 menit. Produk hasil pirolisis diidentifikasi dengan membandingkan waktu retensi dan data spektrum massa dengan NIST *Library* 2017.14. Hasil analisis berupa pirogram (pirolisis kromatogram) pada tiga suhu pirolisis yang berbeda. Selanjutnya dilakukan analisis komposisi kimia produk yang dihasilkan. Analisis data yang didapatkan dilakukan dengan cara mencari puncak persen area tertinggi pada pirogram dan dicari senyawa dominan yang ada berdasarkan persen area tertinggi. Setelah itu dicari m/z pada fragmentasi dari senyawa yang ada pada tabel hasil analisis pirogram, dan ditentukan *precursor* pada tabelnya berdasarkan komponen utamanya yaitu lignin, selulosa/hemiselulosa.



Gambar 2. Bagan Analisis Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kadar Air, Abu dan Komponen Kimia Ampas Tebu

Pada penelitian ini, analisis proksimat (kadar air dan kadar abu) serta analisis komponen kimia kayu (lignin, hemiselulosa dan α -selulosa) diujikan pada sampel ampas tebu. Hasil analisis tersebut disajikan pada **Tabel 1**.

Hasil analisis kadar air, abu dan kimia kayu sangat berpengaruh pada proses pirolisis. Berdasarkan pada **Tabel 1**, di atas dapat diketahui nilai dari masing-masing parameter ampas tebu. Pada penelitian ini, digunakan metode *dry ashing* berdasarkan pada standar SNI 14-1031-1998. Nilai kadar abu ampas tebu yang didapatkan sebesar $2,43 \pm 0,001 \%$, dimana kadar abu akan berpengaruh pada peningkatan emisi

debu dan pembentukan kerak dan endapan pada tungku pembakaran [11]. Semakin besar kadar abu maka semakin berkurang potensi biomassa untuk menjadi sumber bahan bakar. Pada penelitian ini digunakan metode oven kering sesuai dengan standar SNI 03-6850-2002 (PD M-12-2000-03). Nilai kadar air ampas tebu yang didapatkan sebesar $12 \pm 0,004 \%$ dari berat sampel. Kadar air yang tinggi dari suatu biomassa dapat menurunkan kualitas produk cair pirolisis, serta berpengaruh dalam nilai kalor bersih, efisiensi proses pirolisis dan temperatur pirolisis. Hal ini dikarenakan sebagian energi akan digunakan dalam penguapan air dalam biomassa [11].

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar Air, Abu dan Komponen Kimia Ampas Tebu

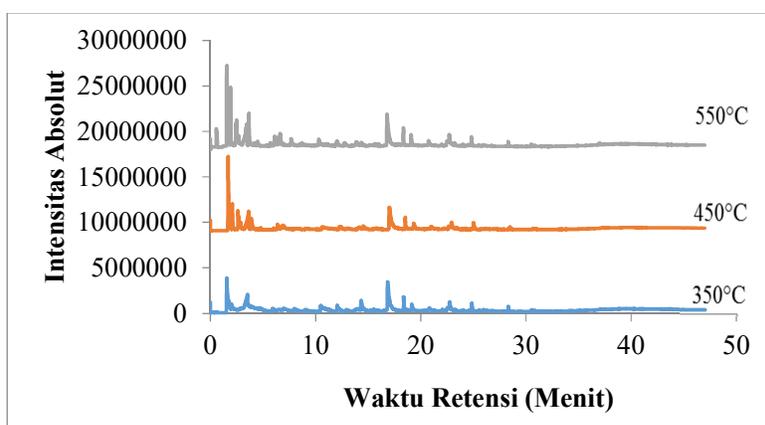
Parameter	Ampas Tebu (%)
Kadar Abu	2,43 ± 0,001 %
Kadar Air	12 ± 0,004 %
Kandungan Lignin	11 ± 0,02 %
Kandungan Hemiselulosa	10 %
Kandungan α -selulosa	58 %

Analisis komponen kimia ampas tebu sangat berpengaruh besar pada hasil proses pirolisis. Komponen kimia kayu dibagi tiga parameter yaitu lignin, hemiselulosa dan α -selulosa. Hasil analisis menunjukkan bahwa ampas tebu mengandung 11% lignin. Lignin merupakan salah satu kandungan utama pada ampas tebu dengan temperatur dekomposisi termal 200-275°C [11]. Semakin kecil kandungan lignin yang ada pada kayu maka tingkat kerapatan kayu akan semakin kecil [12]. Suhu tinggi pada proses pirolisis dapat meningkatkan laju degradasi lignin dan meningkatkan hasil *biocrude oil* [13]. Nilai kadar hemiselulosa sampel ampas tebu yang digunakan berturut-turut sebesar 10% dan 58%. Temperatur dekomposisi hemiselulosa adalah 80°C sedangkan temperatur dekomposisi α -selulosa sebesar 310-400°C [11]. Semakin tinggi kandungan hemiselulosa dan α -selulosa yang ada pada sampel ligniselulosa maka rendemen produk pirolisis yang dihasilkan akan semakin tinggi, hal tersebut dikarenakan

semakin tinggi jumlah selulosa dalam biomassa maka semakin banyak pula jumlah senyawa volatil [14].

Pirolisis Ampas Tebu dengan Menggunakan Instrumen Py-GC/MS

Proses pirolisis pada penelitian ini menggunakan sampel ampas tebu yang berukuran 100 mesh. Ukuran partikel dapat mempengaruhi proses pirolisis, dimana semakin besar ukuran partikel maka luas permukaan per satuan berat semakin kecil sehingga proses akan menjadi lambat. Oleh sebab itu, semakin kecil ukuran partikel sampel maka kecepatan transfer panas yang terjadi akan semakin cepat [15]. Penelitian ini menggunakan metode pirolisis kilat (*flash pyrolysis*) dengan tiga variasi suhu yaitu 350 °C, 450 °C dan 550 °C untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Karakterisasi produk pirolisis ampas tebu dilakukan dengan menggunakan *Pyrolysis-Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (Py-GC/MS). Hasil dari analisis gas kromatografi yaitu berupa program (pirolisis kromatogram) dimana terdapat 2 sumbu, sumbu x yaitu waktu retensi dan sumbu y yaitu intensitas absolut. Dan hasil dari analisis spektrometri massa yaitu berupa peak yang terdapat fragmentasi dari senyawa yang telah diidentifikasi oleh gas kromatografi. Program hasil pirolisis ampas tebu dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Pirogram Hasil Pirolisis Ampas Tebu

Karakterisasi dilakukan terhadap hasil pirolisis ampas tebu dengan variasi suhu 350°C, 450 °C dan 550 °C. Dari pirogram tersebut diperoleh, senyawa dengan persen area tertinggi pada ampas tebu dengan perlakuan suhu 350°C diantaranya adalah, *Acetic Acid, Methyl Alcohol,*

1,2-Cyclopentanedione, Cyclopropyl carbinol, Benzofuran, 2,3-dihydro. Pada perlakuan 450°C senyawa-senyawa dengan persen area tertinggi yang diperoleh diantaranya adalah *Methyl Gloxal, Ammonium Acetate, 2-Propanone, 1-Hydroxy, (Acetaldehyde, hydroxy-), Benzofuran,*

2,3-dihydro. Pada perlakuan 550°C, senyawa dengan persen tertinggi yang diperoleh diantaranya adalah 2-Butenal, Acetaldehyde, hydroxy-, Methyl glyoxal.

Senyawa dengan persen area tertinggi pada hasil pirolisis ampas tebu dengan variasi suhu 350 °C, 450 °C dan 550 °C disajikan pada **tabel 2** berikut.

Tabel 2. Senyawa Dominan Hasil Pirolisis Ampas Tebu Dengan Persen Area Tertinggi Variasi Suhu 350 °C, 450 °C Dan 550 °C*

No	Hasil Pirolisis Ampas Tebu	Waktu Retensi (menit)	% Area	m/z
350 °C				
1.	<i>Benzofuran, 2,3-dihydro</i>	16,852	24,30	91, 110, 120
2.	<i>Acetic Acid</i>	3,543	12,58	43, 60
3.	<i>Methyl Alcohol</i>	1,742	5,47	29, 31, 32
4.	<i>Cyclopropyl carbinol</i>	14,337	5,38	44, 57
5.	<i>1,2-Cyclopentanedione</i>	10,489	4,16	41, 55, 69, 98
450 °C				
1.	<i>Benzofuran, 2,3-dihydro</i>	17,022	15,10	91, 110, 120
2.	<i>Ammonium acetate</i>	3,633	11,27	29, 43, 60
3.	<i>Methyl glyoxal</i>	2,090	5,07	29, 43, 72
4.	<i>2-propanone, 1-hydroxy</i>	3,889	4,42	29, 31, 43, 74
5.	<i>Acetaldehyde, hydroxy</i>	2,621	4,37	29, 31, 60
550 °C				
1.	<i>Methyl glyoxal</i>	1,926	5,56	29, 43, 72
2.	<i>2-butenal</i>	3,380	3,99	41, 70
3.	<i>Acetaldehyde, hydroxy-</i>	2,447	3,57	29, 31, 60

Catatan: *tidak termasuk karbon dioksida

Pada **Tabel 2**, komposisi hasil pirolisis ampas tebu dominan mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin yang telah diketahui berdasarkan prekursoranya. Dari keseluruhan pirogram dari ampas tebu ini, didapatkan beberapa senyawa salah satunya yaitu *phenol*. *Phenol* merupakan produk pirolisis dari sisi cincin beberapa asam amino. Komposisi dari selulosa/hemiselulosa juga terdeteksi di pirogram. *Furan, 2-methyl* merupakan derivat dari levoglucosan (sebuah produk pirolisis dari

selulosa). Sedangkan *furfural* adalah sebuah produk degradasi termal dari *xylose* [6].

Adapun produk pirolisis *phenols, aromatic compounds, eugenols, vanillin, slyringyl* merupakan produk dekomposisi dari lignin. Kemudian produk pirolisis *ketone, aldehyde, alcohol, furans, glucopyranose* dan *acetic acid related compounds* merupakan produk dekomposisi dari selulosa/Hemiselulosa [6].

Adapun tabel total hasil pirolisis berdasarkan prekursor yang terdapat dari ampas tebu, dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Total Hasil Pirolisis Ampas Tebu

Prekursor	% Area		
	350 °C	450 °C	550 °C
Karbon dioksida	16 %	20 %	16 %
Lignin	23 %	16 %	18 %
Selulosa/Hemiselulosa	61 %	64 %	66 %

Tabel 3. diatas merupakan tabel total hasil pirolisis berdasarkan pada pengelompokkan komponen utama dengan variasi suhu 350 °C,

450 °C dan 550 °C. Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada pirolisis ampas tebu terjadi penurunan persen area untuk karbon oksida

ketika terjadi peningkatan suhu karena semakin banyak jenis senyawa yang teridentifikasi sehingga persen area akan berkurang. Adapun temperatur dekomposisi lignin adalah 200-275°C, temperatur dekomposisi hemiselulosa adalah 80°C sedangkan temperatur dekomposisi α -selulosa sebesar 310-400°C [11].

KESIMPULAN

Karakterisasi kimia dan fisika dari ampas tebu yaitu diperoleh kadar air 12%, kadar abu 2,43%, kadar selulosa 58%, kadar lignin 11% serta kadar hemiselulosa 10%. Komposisi kimia produk pirolisis ampas tebu yang dianalisis dengan menggunakan Py-GC/MS berdasarkan nilai persen area pada pirogram yaitu produk turunan lignin 16-23%, produk turunan selulosa/hemiselulosa 61-66%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui hibah *World Class Research* (Contract number: 585/UN17.L1/PG/2021) untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayati, A. S. D. S. N., Kurniawan, S., Restu, N. W., & Ismuyanto, B. (2016). Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif. *Natural B*, 3(4), 311-317.
- [2] Aminah, S., Subagyono, R. D. J. N., Allo, V. L., & Nugroho, R. A. (2021). Pirolisis Mikroalga *Botryococcus braunii* dengan Variasi Laju Pemanasan Menggunakan Thermogravimetric Analyser. In *Prosiding Seminar Kimia* (Pp. 154-158).
- [3] Fikri, M., Prakasa, B., Rachiemoellah, H. M., dan Zullaikah, S. (2013). Co-Pirolisis Batubara Kualitas Rendah (*Low Rank*) dan tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Teknik Pomits*, 1-6.
- [4] Milato, J. V., Franca, R. J., & Calderari, M. R. M. (2020). Co-pyrolysis of Oil Sludge with Polyolefins: Evaluation Of Different Y Zeolites to Obtain Paraffinic Products. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(3), 103805.
- [5] Chandrasekaran, S., & Brajendra, K. (2019). 13 from Waste to Resources: How to Integrate Recycling Into the Production Cycle of Plastics. *Plastics to Energy*, 345-364.
- [6] Subagyono, R. D. J., Qi, Y., Jackson, W. R., & Chaffee, A. L. (2016). Pyrolysis-GC/MS Analysis Of Biomass And The Bio-Oils Produced From CO/H₂O Reactions. *Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis*, 120, 154-164.
- [7] Khahfi, M.N., (2016). Pemanfaatan Arang Aktif dari Limbah Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Zat Adsorben dengan sistem Kantong Celup pada Ion Logam Berat Cd, Cr dan Cu. Universitas Mulawarman.
- [8] TAPPI. Acid-Insoluble Lignin In Wood And Pulp. (1998). Technical Association of the Pulp and Paper Industry, T 222 om-98. New York: *Technical Association of the Pulp and Paper Industry*.
- [9] Wise LE. (1946). Chlorite holocellulose, its fractionation and bearing on summative wood analysis and studies on the hemicelluloses. *Paper Trade Journal*, 122(2):35-43.
- [10] TAPPI. Alpha, Beta And Gamma Cellulose In Pulp And Wood. (1998). Technical Association of the Pulp and Paper Industry, T 203 om-93. New York: *Technical Association of the Pulp and Paper Industry*.
- [11] Masdalifa, W., RR Dirgarini, J., Veliyana, L., & Rudy, A. (2021). Co-Pirolisis Mikroalga Hijau (*Botryococcus braunii*) dan Victorian Brown Coal dengan Variasi Laju Pemanasan Menggunakan Thermogravimetric Analyser. *Prosiding Seminar Nasional Kimia* (pp. 180-186). Samarinda: Jurusan Kimia FMIPA Unmul.
- [12] Hambali E. (2007). Teknologi Bioenergi. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.
- [13] Iman, T. and S. C. Capareda. 2012. Characterization of Bio-Oil, Syngas and Bio-Char from Switchgrass Pyrolysis at Various Temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Volume 93 (2012), pp. 170-177.
- [14] Abnisa, F., & Daud, W. (2014). A Review on Co-Pyrolysis of Biomass: An Optional Technique to Obtain a High-grade Pyrolysis Oil. *Energy Conversation and Management* 87, 71-85.
- [15] Aprian, Ramadhan P. & Munawar, Ali. (2012). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 44-53.