

## PIROLISIS SERBUK KAYU ULIN (*Eusideroxylon zwageri*) DENGAN INSTRUMEN PYROLYSIS-GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROSCOPY

### PYROLYSIS OF IRONWOOD SAWDUST (*Eusideroxylon zwageri*) WITH PYROLYSIS-GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROSCOPY INSTRUMENT

Sri Astika Putri, RR Dirgarini Julia Nurlianti Subagyono\*, Rahmat Gunawan  
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman,  
Jl. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia  
Corresponding Author: dirgarini@fmipa.unmul.ac.id

Diterbitkan: 30 Oktober 2022

#### ABSTRACT

Pyrolysis of Ulin sawdust (*Eusideroxylon zwageri*) with pyrolysis-gas chromatography-mass spectroscopy (Py-GC/MS) instrument has been performed. This study was conducted to determine the chemical composition resulting from the pyrolysis process of Ulin sawdust (*Eusideroxylon zwageri*) using the Py-GC/MS instrument. Pyrolysis was performed at a temperature of 350 °C, 450 °C and 550 °C under the flow of helium gas (He). The chemical composition of the product resulting from the pyrolysis process of Ulin sawdust was lignin derivative products of 56-73%, cellulose/hemicellulose derivative products of 17-22%. The pyrolysis products with the highest per cent were Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-; .beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro; and isoelemicin.

**Keywords:** Pyrolysis, *Eusideroxylon zwageri*, Py-GC/MS

#### ABSTRAK

Pirolisis serbuk kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dengan instrumen *pyrolysis-gas chromatography-mass spectroscopy* (Py-GC/MS) telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang dihasilkan dari proses pirolisis serbuk kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) menggunakan instrumen Py-GC/MS. Pirolisis dilakukan pada suhu 350 °C, 450 °C dan 550 °C di bawah aliran gas helium (He). Komposisi kimia produk yang dihasilkan dari proses pirolisis serbuk kayu Ulin yaitu produk turunan lignin sebesar 56-73%, produk turunan selulosa/hemiselulosa sebesar 17-22%. Produk pirolisis dengan persen area tertinggi adalah *Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-; .beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-; dan isoelemicin*.

**Kata kunci:** Pirolisis, *Eusideroxylon zwageri*, Py-GC/MS

#### PENDAHULUAN

Serbuk kayu umumnya digunakan untuk memproduksi *bio-oil* yang dalam dunia industri banyak dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler atau untuk pengeringan, seperti minyak bakar [1]. Salah satu jenis kayu yang dapat dimanfaatkan serbuk kayunya untuk memproduksi bahan bakar adalah kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*). Yang mana kayu Ulin mengandung selulosa sebanyak 58,1% [2].

Komponen kimia penyusun dinding sel kayu adalah lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Pada dinding sel, terdapat lignin yang berfungsi

untuk mengikat sel dan mempengaruhi kekerasan kayu. Selulosa merupakan polimer yang terdiri dari monomer-monomer glukosa. Selulosa merupakan komponen utama dalam pulp kayu juga merupakan bahan baku pembuatan senyawa turunan selulosa seperti selulosa asetat, selulosa nitrat, karboksimetil selulosa dan bahan penting dalam konversi menjadi gas bakar. Sedangkan hemiselulosa adalah polimer polisakarida yang memiliki berat molekul rendah dan tersusun dari unit-unit monosakarida seperti D-xyloza, L-arabonosa, D-galaktan dan lain-lain. Hemiselulosa ini digunakan sebagai bahan

(nutrient) bagi pertumbuhan mikroba, produksi etanol dan makanan ternak [3].

Pirolisis merupakan salah satu proses dekomposisi kimia bahan organik melalui pemanasan tanpa adanya oksigen [4]. Hasil dari proses pirolisis berupa cairan, gas dan padatan [5]. Saat ini, proses dekomposisi termal melalui proses pirolisis dapat dipelajari dengan instrumen GC/MS yang ditandem dengan instrumen pirolisis, atau yang dikenal dengan Py-GC/MS. Py-GC/MS memiliki beberapa kelebihan, antara lain sampel yang akan dianalisis tidak memerlukan preparasi terlebih dahulu, jumlah sampel yang dianalisis sedikit, waktu analisis cepat. Selain itu, melalui Py-GC/MS juga dapat diketahui komponen kimia dalam biomassa dan biopolimer kompleks secara lebih detail dibandingkan analisis dengan hanya menggunakan GC/MS [6]. Pada analisis dengan metode ini, sampel yang berupa padatan akan dipirolisis terlebih dahulu lalu dianalisa dengan alat GC/MS [7].

Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan penelitian mengenai “Pirolisis serbuk kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dengan instrumen *pyrolysis-gas chromatography-mass spectroscopy* (Py-GC/MS)”. Pada penelitian ini akan dilakukan pirolisis serbuk kayu Ulin pada temperatur yang bervariasi.

## METODOLOGI PENELITIAN

Sampel dalam penelitian ini adalah serbuk kayu Ulin yang diperoleh dari CV. Enggal Jaya, Jl. Cipto Mangunkusomo. Sampel penelitian memiliki kadar lignin sebesar  $39 \pm 1,03\%$ ; kadar selulosa sebesar  $41 \pm 11\%$  dan kadar hemiselulosa sebesar  $16\%$ .

Sebanyak 500  $\mu\text{g}$  sampel serbuk kayu Ulin dimasukkan ke dalam *eco-cup* SF PY1-EC50F kemudian ditutup menggunakan *wool glass*. Selanjutnya, sampel dipirolisis pada tiga variasi suhu ( $350\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $450\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $550\text{ }^\circ\text{C}$ ) selama 0,1 menit dengan alat *multi-shot pyrolyzer* (EGA/PY-3030D) dengan suhu *interface*  $280\text{ }^\circ\text{C}$  yang telah terhubung dengan sistem GC/MS QP-2020 NX (Shimadzu, Japan) dengan tipe kolom yang digunakan untuk analisis GC/MS adalah MS SH-Rxi-5Sil (ukuran  $30\text{ m} \times 0,25\text{ mm}$ ) dengan *electron impact* sebesar 70 eV. Gas helium digunakan sebagai gas pembawa dengan tekanan sistem sebesar 20,0 kPa (15,9 mL/min, laju alir kolom sebesar 0,61 mL/min). Dimana suhu pada sistem GC, yaitu: suhu awal  $50\text{ }^\circ\text{C}$  konstan selama 1 menit, kemudian suhu ditingkatkan

hingga  $280\text{ }^\circ\text{C}$  ( $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ ) dalam waktu 13 menit. Hasil produk pirolisis dianalisis melalui identifikasi dengan membandingkan data waktu retensi dan massa spektrum dari NIST *Library* 2017.14.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

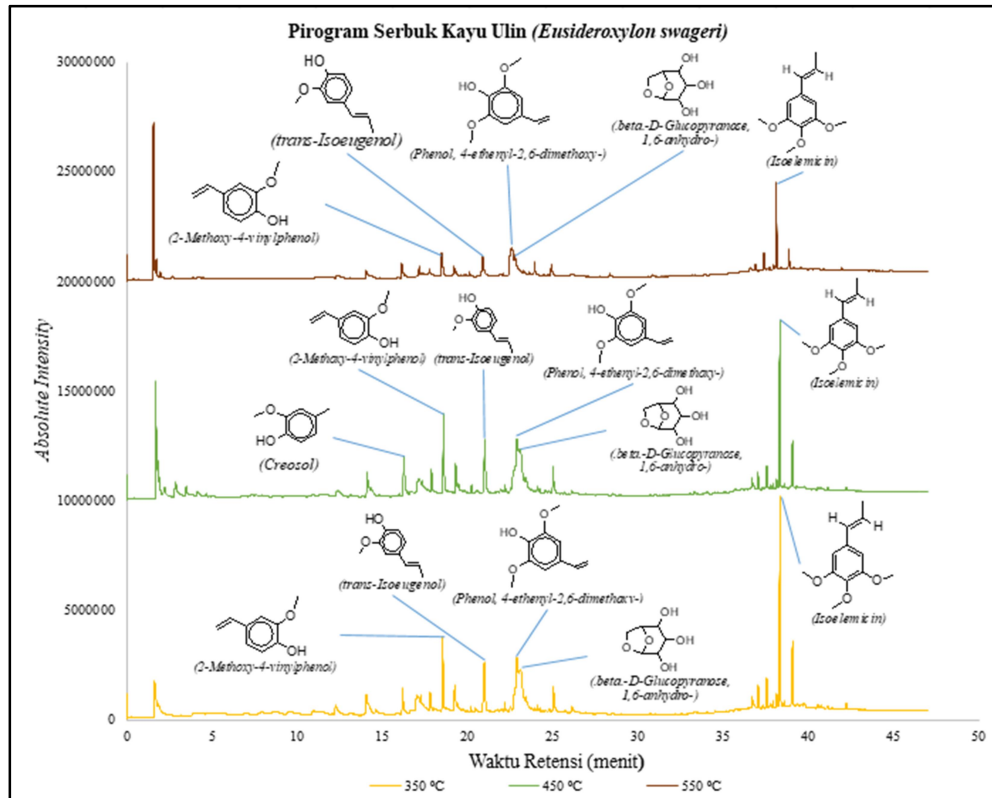
Pirolisis terhadap sampel serbuk kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dilakukan pada tiga variasi suhu, yaitu  $350\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $450\text{ }^\circ\text{C}$ , dan  $550\text{ }^\circ\text{C}$  menggunakan instrumen Py-GC/MS. Dimana dengan menggunakan alat tersebut, sampel setelah melalui proses pirolisis akan langsung dianalisis dalam sistem *gas chromatography* (GC) dan dilanjutkan dengan analisis pada sistem *mass spectroscopy* (MS). Hasil analisis dari sistem GC digambarkan dalam suatu pirogram (pirolisis kromatogram) dengan sumbu X waktu retensi (*retention time*) dan sumbu Y intensitas absolut (*absolute intensity*). Sedangkan hasil analisis dari sistem MS berupa puncak yang menampilkan fragmentasi dari senyawa yang teridentifikasi dari sistem GC.

Dari hasil pirogram (**Gambar 1**), jumlah senyawa yang teridentifikasi pada suhu  $350\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak 36 jenis senyawa, pada suhu  $450\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak 42 jenis senyawa, dan pada suhu  $550\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak 34 jenis senyawa. Selain itu, juga didapatkan bahwa pada suhu  $350\text{ }^\circ\text{C}$  total senyawa hasil degradasi lignin sebanyak  $73\%$ , pada suhu  $450\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak  $67\%$ , sedangkan pada suhu  $550\text{ }^\circ\text{C}$   $56\%$ . Sedangkan total senyawa hasil degradasi selulosa/hemiselulosa pada suhu  $350\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak  $17\%$ , pada suhu  $450\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak  $19\%$  dan pada suhu  $550\text{ }^\circ\text{C}$  sebanyak  $22\%$ . Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, maka komponen lignin yang terdekomposisi akan semakin banyak, sebaliknya jika suhu pirolisis semakin tinggi persen area selulosa/hemiselulosa yang terdekomposisi akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena dekomposisi lignin terjadi pada suhu yang lebih tinggi daripada selulosa/hemiselulosa. Suhu dekomposisi untuk senyawa turunan lignin terjadi dari rentang suhu  $100\text{--}900\text{ }^\circ\text{C}$ , sedangkan suhu dekomposisi untuk senyawa turunan selulosa/hemiselulosa terjadi dari rentang suhu  $220\text{--}400\text{ }^\circ\text{C}$  [8]. Total hasil pirolisis serbuk kayu Ulin disajikan pada **Tabel 1**.

Adapun pirogram (pirolisis kromatogram) hasil pirolisis serbuk kayu Ulin pada beberapa variasi suhu ( $350\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $450\text{ }^\circ\text{C}$ , dan  $550\text{ }^\circ\text{C}$ ) dapat dilihat pada **Gambar 1**.

**Tabel 1.** Total Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*)

Pirolisis Serbuk Kayu Ulin ( <i>Eusideroxylon zwageri</i> )			
	Suhu 350 °C	Suhu 450 °C	Suhu 550 °C
Gas karbon dioksida	5 %	11 %	15 %
Selulosa/Hemiselulosa	17 %	19 %	22 %
Lignin	73 %	67 %	56 %
Lain-lain	5 %	4 %	7 %



**Gambar 1.** Pirogram hasil pirolisis serbuk kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*)

Dari **Gambar 1** di atas, terdapat 5 jenis senyawa dengan persen area tertinggi (luas area lebih dari 4%) pada suhu 350 °C dan 550 °C, senyawa tersebut, yaitu 2-metoksi-4-vinilfenol; trans-isoeugenol; dan fenol, 4-etenil-2,6-dimetoksi; isoelemicin serta beta-D-Glukopiranos, 1,6-anhidro. Sedangkan pada suhu 450 °C terdapat 6 jenis senyawa dengan persen area tertinggi, yaitu 2-metoksi-4-vinilfenol; trans-isoeugenol; fenol, 4-etenil-2,6-dimetoksi; isoelemicin; kresol dan beta-D-Glukopiranos,1,6-anhidro. Senyawa fenol-4-etenil-2,6-dimetoksi dan senyawa isoelemicin merupakan senyawa fenol yang berasal dari dekomposisi lignin. Senyawa 2-metoksi-4-vinilfenol merupakan senyawa turunan fenol yang berasal dari dekomposisi lignin (*guaiacol*) [9]. Senyawa kresol juga merupakan senyawa

turunan fenol yang dapat berasal dari dekomposisi lignin [10]. Adapun beta-D-Glukopiranos,1,6-anhidro (*levoglucosan*) merupakan senyawa yang berasal dari dekomposisi selulosa/hemiselulosa [11].

**Tabel 2** menampilkan senyawa-senyawa dengan persen area tertinggi dari hasil pirolisis serbuk kayu Ulin.

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa produk hasil degradasi lignin dari serbuk kayu Ulin dengan metode pirolisis menggunakan instrument Py-GC/MS terdiri dari senyawa fenol, eugenol, vanillin, *syringyl* dan senyawa aromatik. Senyawa turunan selulosa/hemiselulosa tersebut berupa senyawa keton, aldehid, furan, dan senyawa-senyawa yang terkait asam asetat [6].

**Tabel 2** Senyawa Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dengan Persen Area Tertinggi\*

Suhu Pirolisis (°C)	% Area	Nama Senyawa	m/z
350	6,27	2-Methoxy-4-vinylphenol	107, 135, 150
	5,23	trans-Isoeugenol	103, 149, 164
	12,07	Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-	165, 180
	12,18	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	60, 73
	16,32	Isoelemicin	193, 208
450	4,11	Creosol	123, 138
	5,61	2-Methoxy-4-vinylphenol	107, 135, 150
	5,78	trans-Isoeugenol	103, 149, 164
	13,79	Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-	165, 180
	10,38	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	60, 73
550	11,38	Isoelemicin	193, 208
	5,37	2-Methoxy-4-vinylphenol	107, 135, 150
	5,37	trans-Isoeugenol	103, 149, 164
	16,31	.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	165, 180
	8,51	Phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-	60, 73
	10,14	Isoelemicin	193, 208

\*tidak termasuk karbon dioksida

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pirolisis serbuk kayu Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) dengan instrumen Py-GC/MS pada variasi suhu 350, 450 dan 550 °C yang telah dilakukan diperoleh komposisi kimia produk yang dihasilkan, meliputi senyawa hasil dekomposisi lignin sebesar 56-73% dan senyawa dekomposisi selulosa/hemiselulosa sebesar 17-22% dimana senyawa dengan persen area tertinggi, yaitu phenol, 4-ethenyl-2,6-dimethoxy-; .beta.-D-glucopyranose, 1,6-anhydro; and isoelemicin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

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

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibowo, S. (2013). Karakteristik Bio-Oil Serbuk Gergaji Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Menggunakan Proses Pirolisis Lambat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 13(4), 258-270.
- [2] Martawijaya, A., Iding, K., Mandang, Y., Soewanda, A., & Kosasih, K. (2005). *Atlas Kayu Indonesia Jilid II*. Bogor: Departemen Kehutanan.
- [3] Syahri, T. (1988). Analisis Kimia 75 Jenis Kayu dari Beberapa Lokasi di Indonesia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 5(1), 6-11.
- [4] Kumara, D., Widya, W., & Denny, W. (2015). Pengaruh Penggunaan Katalis (Zeolit) terhadap Kinetic Rate of Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (*Zwitenia macrophylla*). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 19-25.
- [5] Uzwatania, F. (2017). Teknologi Proses Bio Oil dari Mikroalga sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Agroindustri Halal*, 3(1), 74-79.
- [6] Subagyono, R., Ying, Q., W. Roy, J., & Alan, L. (2016). Pyrolysis-GC/MS Analysis of Biomass and the Bio-Oils Produced from CO/H<sub>2</sub>O Reactions. *Jurnal Pirolisis Analitik dan Terapan*, 154-164.
- [7] 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. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813140-4.00013-3
- [8] Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D. H., & Zheng, C. (2007). Characteristics of Hemicellulose, Cellulose, and Lignin Pyrolysis. *Fuel*, 1781-1788. doi:10.1016/j.fuel.2006.12.013

- [9] Nang, H. L., May, C. Y., Ngan, M. A., & Hock, C. C. (2007). Extraction and Identification of Water-Soluble Compound in Palm-Pressed Fiber by SC-CO<sub>2</sub> and GC-MS. *American Journal of Environmental Sciences* 3, 3(2), 54-59.
- [10] Kawamoto, H. (2017). Lignin Pyrolysis Reaction. *J Wood Sci*, 63, 117-132. doi:DOI 10.1007/s10086-016-1606-z
- [11] Subagyono, R., Ying, Q., Alan, L., Rudianto, A., & Marc, M. (2021). Pyrolysis-GC/MS Analysis of Fast Growing Wood . *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 6(1), 141-158. doi:http://dx.doi.org/10.17509/ijost.v6i1.