

PIROLISIS LAMBAT *SPIRULINA PLATENSIS* PADA SUHU 400°C

SLOW PYROLYSIS OF *SPIRULINA PLATENSIS* AT 400°C

Nela Gamboa Rodriques, RR. Dirgarini Julia Nurlianti S. *, Abdul Aziz

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

*Corresponding author: dirgarini@fmipa.unmul.ac.id

Diterbitkan: 31 Oktober 2025

ABSTRACT

This study aims to investigate the slow pyrolysis of *Spirulina platensis* using a laboratory-scale reactor. The slow pyrolysis was conducted at 400°C for 60 minutes. The results showed that the bio-oil yield obtained was 9%. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) analysis revealed that the dominant compounds in the bio-oil were hexadecanoic acid, N-Tetradecanoic Acid Amide, 1H-Indole and Phenol,4-Methyl, which are degradation products of lipids and proteins.

Keywords: *Spirulina platensis*, slow pyrolysis, bio-oil, temperature, chemical composition

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pirolisis lambat *Spirulina platensis* menggunakan reaktor skala laboratorium. Pirolisis lambat dilakukan pada suhu 400°C selama 60 menit. Hasil menunjukkan bahwa yield *bio-oil* yang diperoleh sebesar 9%. Analisis GC-MS menunjukkan bahwa senyawa dominan dalam *bio-oil* meliputi asam heksadekanoat, N-tetradekanoat asam amida, 1H-indol dan 4-metil-fenol, yang berasal dari hasil degradasi lipid dan protein.

Kata kunci: *Spirulina platensis*, pirolisis lambat, *bio-oil*, suhu, komposisi kimia

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat menuntut pencarian sumber energi alternatif, karena ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang tidak terbarukan semakin berisiko di masa depan (Pramono et al., 2018). Salah satu solusi yang potensial adalah pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biodiesel, khususnya *Spirulina platensis* yang kaya lipid, tumbuh cepat, tidak membutuhkan lahan luas, dan mampu menyerap CO₂ dari udara (Pramono et al., 2018).

Konversi biomassa mikroalga menjadi energi dapat dilakukan melalui pirolisis, yaitu pemanasan tanpa oksigen yang menghasilkan tiga produk utama: char (padat), bio-oil (cair), dan gas, yang semuanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Jika dilengkapi kondensor, pirolisis juga menghasilkan asap cair (*liquid smoke*) yang memiliki aplikasi tambahan (Aladin et al., 2023).

Untuk mengetahui komposisi kimia produk pirolisis, digunakan teknik Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS). Metode ini sangat sensitif dan akurat dalam mengidentifikasi senyawa volatil dan semi-volatil dalam bio-oil, serta membantu menganalisis jalur metabolisme karbon dan efisiensi konversi biomassa (Wittmann, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap 400°C dan komposisi bio-oil dari pirolisis lambat *Spirulina platensis* menggunakan reaktor semi kontinu, serta mengidentifikasi senyawa hasilnya menggunakan GC-MS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan bioenergi dari mikroalga sebagai alternatif bahan bakar terbarukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah reaktor pirolisis skala laboratorium, pompa vakum, *water bath*, neraca analitik, pH universal, *stopwatch*, pompa aquarium, blender, botol vial, Labu Erlenmeyer, botol reagen, timbangan, serangkaian alat refluks, dan GCMS-QP2010S (Shimadzu).

Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga *Spirulina Platensis*, aquades, arang, aluminium *foil*, es batu, garam, kertas saring, dan sebagainya.

Prosedur

Proses Pirolisis

Proses pirolisis dilaksanakan di Laboratorium Teknik dan Rekayasa Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Pirolisis dilakukan menggunakan reaktor pirolisis semi kontinu skala laboratorium yang dilengkapi dengan tungku pemanas, chamber sampel, kondensor pendingin, dan saluran pembuangan gas. Sebanyak ± 300 gram sampel dimasukkan ke dalam chamber, kemudian dipanaskan pada suhu 300°C dan 400°C selama 60 menit dalam kondisi minim oksigen. Produk hasil pirolisis terdiri dari dua fase cair (bio-oil dan fase aqueous), residu padat (char), dan gas.

Fase cair dipisahkan menggunakan corong pisah.

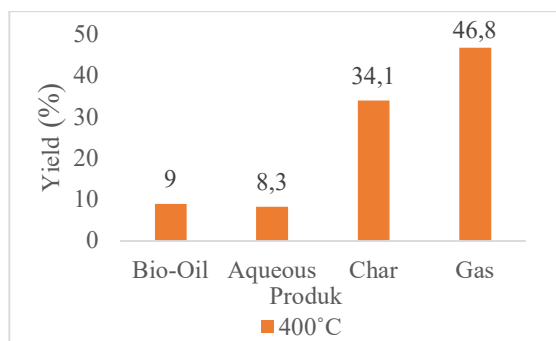
Karakterisasi

Karakterisasi senyawa kimia dilakukan dengan menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) tipe GCMS-QP2010S (Shimadzu). Senyawa yang teridentifikasi dianalisis dengan mencocokkan data spektrum massa terhadap pustaka referensi NIST62.LIB, WILEY229.LIB, dan NIST12.LIB. Analisis GC-MS dilakukan di laboratorium Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pirolisis

Proses pirolisis lambat dilakukan pada *Spirulina Platensis* dengan suhu 400°C selama 60 menit. Pirolisis adalah proses pemanasan biomassa dalam kondisi minim oksigen, sehingga senyawa-senyawa organik di dalamnya terurai menjadi produk padat (*char*), cair (*bio-oil* dan fase *aqueous*), dan gas. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1** berikut ini.



Gambar 1. Grafik Produk Pirolisis

Berdasarkan **Gambar 1**, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa bio-oil mencapai yield sebesar 9%, lebih tinggi dibandingkan penelitian pada suhu 300°C. Peningkatan suhu membuat pemecahan senyawa organik seperti protein, karbohidrat, dan lipid menjadi lebih cepat, sehingga lebih banyak senyawa volatil terbentuk dan terkondensasi menjadi bio-oil (Mohan et al., 2006).

Karakterisasi

Karakterisasi bio-oil hasil pirolisis *Spirulina platensis* pada suhu 400°C menunjukkan lima senyawa dominan, yaitu Hexadecanoic acid (7,74%), N-Tetradecanoic acid amide (6,34%), Phenol (6,29%), 1H-Indole (4,77%), dan Phenol, 4-Methyl- (4,56%), yang berasal dari degradasi lipid, protein, dan karbohidrat. Senyawa-senyawa ini mencerminkan efektivitas suhu 400°C dalam menghasilkan fraksi volatil bernilai tinggi, seperti asam lemak jenuh yang berperan sebagai prekursor biodiesel (Demirbas, 2009), serta senyawa aromatik dan heterosiklik seperti fenol dan indole yang bernilai ekonomi tinggi dan digunakan dalam industri kimia dan farmasi (Mohan et al., 2006; Paula et al., 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa pirolisis pada suhu tersebut tidak hanya menghasilkan bio-oil dalam jumlah lebih besar, tetapi juga meningkatkan kualitas kimianya untuk aplikasi energi dan non-energi (Li & Chang, 2023).

KESIMPULAN

Pirolisis lambat *Spirulina platensis* pada suhu 400°C menghasilkan bio-oil sebesar 9% dengan pH netral, massa jenis 1,00643 g/mL, dan senyawa dominan seperti asam lemak, fenol, dan indole. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu 400°C efektif menghasilkan bio-oil berkualitas yang berpotensi sebagai sumber energi dan bahan kimia terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aladin, A., Modding, B., Syarif, T., Wiyani, L., & Azis, H. A. (2023). *Pirolisis simultan*. Nas Media Pustaka: Makassar.
- [2] Demirbas, A. (2009). Progress and recent trends in biofuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33(1), 1–18.
- [3] Jamilatun, S., Elisthatiana, Y., Aini, S. N., Mufandi, I., & Budiman, A. (2020). Effect Of Temperature On Yield Product And Characteristic Of Bio-oil From Pyrolysis Of *Spirulina Platensis*. *Journal of Islamic Science and Technology*. 6(1): 96-108.
- [4] Li, Y., & Chang, J. (2023). Upgrading pathways of algal *bio-oil*: Chemical properties and conversion technologies. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 169, 113087.
- [5] Mohan, D., Pittman, C. U., & Steele, P. H. (2006). Pyrolysis of wood/biomass for *bio-oil*: A critical review. *Energy & Fuels*, 20(3), 848–889.
- [6] Paula, A. M., Simão, L. C., Pereira, A. S., & Silva, F. T. (2022). Pyrolysis-GCMS of *Spirulina platensis* and evolution of nitrogen compounds. *Journal of Applied Phycology*, 34(3), 1221–1234.
- [7] Pramono, I. A., Haryadi, W., & Raharjo, T. J. (2018). Optimasi ekstraksi lipid dari *Spirulina platensis* menggunakan tekanan osmotik dengan bantuan gelombang ultrasonik dan produksi metil esternya secara enzimatis. *Berkala MIPA*, 25(2), 116–128.
- [8] Prasetyo, N., Pranita, D., & Sanjaya, A. S. (2020). Pembuatan *bio oil* dari sekam padi dengan proses pirolisis lambat. *Sains dan Terapan Kimia*, 14(1), 36-42.
- [9] Wittmann, C. (2007). Fluxome analysis using GC-MS. *Microbial Cell Factories*, 6(6), 1–17. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-6-6>