

## ANALISIS TERMOGRAVIMETRI *Spirulina platensis* DENGAN KATALIS Ni/Al-SBA-15 RASIO Si/Al=10 MENGGUNAKAN LAJU PEMANASAN 10°C/MENIT

### THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF *Spirulina platensis* WITH Ni/Al-SBA-15 CATALYST AT Si/Al, RATIO=10 USING HEATING RATE OF 10°C/MINUTE

Nia Nur Anisa, R.R. Dirgarini Julia Nurlianti Subagyono\*, Veliyana Londong Allo  
Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia  
\*Corresponding author: [dirgarini@fmipa.unmul.ac.id](mailto:dirgarini@fmipa.unmul.ac.id)

Diterbitkan: 31 Oktober 2024

#### ABSTRACT

The thermogravimetric analysis of *Spirulina platensis* with Ni/Al-SBA-15 catalyst (Si/Al ratio = 10) using a heating rate of 10°C/min has been conducted. This study was performed to determine and analyze the chemical decomposition process of *Spirulina platensis* with a pyrolysis heating rate of 10°C/min. Based on the characterization results, *Spirulina platensis* has a moisture content of 8.34% and an ash content of 7.18%. The TG and DTG curves show the active pyrolysis temperature range of *Spirulina platensis* microalgae with Ni/Al-SBA-15 catalyst between approximately 155-496°C. The chemical decomposition of *Spirulina platensis* with Ni/Al-SBA-15 catalyst occurs in three stages: 1. water evaporation, 2. active pyrolysis, where the decomposition of carbohydrate, protein, and lipid compounds takes place, and 3. passive pyrolysis caused by gasification and the formation of non-volatile carbon compounds that vaporize to form CO and CO<sub>2</sub> gases at high temperatures.

**Keywords:** Thermogravimetry, *Spirulina platensis*, Pyrolysis, Ni/Al-SBA-15

#### PENDAHULUAN

Saat ini telah banyak dilakukan penelitian untuk mendapatkan sumber energi terbarukan pengganti bahan bakar yang berasal dari minyak bumi, salah satunya adalah mikroalga. Banyak hasil eksplorasi yang menunjukkan bahwa mikroalga mempunyai potensi luar biasa sebagai sumber bahan bakar karena mengandung minyak. Selain kandungan minyaknya, mikroalga juga dikenal sebagai biota laut yang memiliki keunggulan dibandingkan sumber bahan bakar lainnya, termasuk tidak membutuhkan lahan luar, dapat menghasilkan biomassa dengan cepat, dan dapat menggunakan CO<sub>2</sub> dalam produksinya sehingga mengurangi kontaminasi udara [1].

Salah satu metode untuk mengkonversi biomassa menjadi energi adalah metode pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia melalui siklus pemanasan dengan atmosfer hampir tidak terdapat oksigen dimana zat dimurnikan akan mengalami penguraian konstruksi sintetiknyanya menjadi tahap gas dimana material dasar akan mengalami pemecahan struktur kimia dan mengalami perubahan fase menjadi gas [2]. Pada pirolisis terjadi tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah pengeringan yang diindikasikan dengan pengurangan massa sampel yang lambat. Tahap selanjutnya adalah devolatilisasi yang ditandai dengan berkurangnya massa sampel secara sangat cepat. Tahap ketiga adalah karbonasi dimana pada tahap ini terjadi penurunan massa secara lambat [3].

Analisis TGA pada proses pirolisis berguna untuk mengidentifikasi karakteristik dan pola dari pengurangan massa sampel sebagai fungsi dari perubahan suhu. Proses pengurangan massa biomassa umumnya ditentukan oleh suhu analisis termogravimetri (TGA). TGA akan menunjukkan hasil berupa termogram berupa kurva dengan fungsi waktu dan suhu. Penggunaan TGA pada pirolisis biomassa telah dilakukan pada studi sebelumnya untuk mempelajari parameter kinetik dekomposisi kimia dari pirolisis biomassa [4].

Dalam penelitian ini digunakan biomassa mikroalga *Spirulina platensis*. Mikroalga *Spirulina* memiliki kadar protein hingga 70% dan memiliki kandungan lipid atau lemak 4-7% yang mana sebagian besar dalam bentuk asam lemak esensial [5]. Pada penelitian ini digunakan katalis Ni/Al-SBA-15 pada

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



pirolisis mikroalga *Spirulina*. Penambahan Al pada SBA-15 bertujuan untuk meningkatkan keasaman katalis. Kemudian dilakukan penambahan Ni pada katalis Al-SBA-15 karena pada Ni terdapat efek sinergis yang dapat meningkatkan sifat katalitik [6].

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik (kadar air dan kadar abu) mikroalga *Spirulina platensis* serta proses dekomposisi mikroalga *Spirulina platensis* dengan katalis Ni/Al-SBA-15 menggunakan laju pemanasan 10°C/menit.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu seperangkat alat gelas, TGA/DSC 1 STAR<sup>e</sup> system, Mettler Toledo dengan *software* stare evaluation, *crucible* (aluminium oksida 70 µL), botol semprot, Vortex V-1 plus.

### **Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu mikroalga hijau serbuk *Spirulina platensis*, isopropil alkohol, etanol 95%, katalis Ni/Al-SBA-15, aquades, aluminium foil.

### **Prosedur Penelitian**

#### **Analisis Kadar Air dan Kadar Abu**

Analisis kadar abu dan kadar air dilakukan oleh Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Laboratorium Pengujian BPSIP Kalimantan Timur dengan menggunakan metode IKM TN (Juknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk) 02 pada analisis kadar air dan menggunakan metode IKM TN (Juknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk) 09 pada analisis kadar abu.

#### **Preparasi Sampel**

Sampel biomassa ditimbang sebanyak 500 mg kemudian dicampur dengan 50 mg katalis Ni/Al SBA-15 (*catalyst loading* = 10 wt%) menggunakan Vortex V-1 plus [7]. Sampel campuran tersebut selanjutnya digunakan untuk analisis TGA.

#### **Analisis Termogravimetri**

Analisis termogravimetri mikroalga *Spirulina platensis* dengan katalis Ni/Al-SBA-15 dilakukan dengan menggunakan alat TGA/DSC 1 STAR<sup>e</sup> System, Mettler Toledo dengan *software* Stare evaluation. Pada tahap preparasi, *crucible* (aluminium oksida 70 µL) dibersihkan menggunakan isopropil alkohol dan dikeringkan. Setelah itu, *crucible* dimasukkan ke dalam alat TGA lalu ditera hingga massa *crucible* bernilai 0 mg. Lalu, campuran sampel mikroalga *Spirulina Platensis* sebanyak 5 – 10 mg dimasukkan ke dalam *crucible* menggunakan spatula dan permukaan sampel diratakan secara perlahan. Selanjutnya, *crucible* yang berisi sampel dimasukkan ke dalam TGA. Setelah itu, sampel dipanaskan dari suhu ruang hingga 800°C di bawah aliran gas N<sub>2</sub> (laju alir = 50 mL/menit) dengan laju pemanasan 10°C/menit. Hasil analisis yang diperoleh berupa kurva TGA atau termogram yang menampilkan perubahan massa (%) vs temperatur (°C).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Analisis Kadar Air dan Kadar Abu**

Berdasarkan hasil analisis, kadar air pada mikroalga *Spirulina platensis* sebesar 8,34 %. Kadar air pada biomassa mikroalga dapat dinyatakan dalam satuan persen (%). Kandungan air yang terkandung pada biomassa akan dikeluarkan dengan pemanasan, apabila kandungan air terlalu tinggi maka dibutuhkan energi aktivasi pengeringan yang tinggi sehingga dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dengan menurunkan suhu dalam reaktor [8]. Kemudian kadar abu yang diperoleh dari sampel mikroalga *Spirulina platensis* sebesar 7,18 %. Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui jumlah abu yang terdapat pada sampel dengan mineral dari bahan yang dianalisis. Kadar abu adalah hasil yang tersisa dari sampel yang dibakar sempurna pada proses pengabuan. Kadar abu yang tinggi dapat menghasilkan produk pirolisis dengan *yield* yang rendah. Abu dapat terikat dengan produk pirolisis, seperti *biochar*, yang dapat mengurangi kemurnian dan nilai energinya. Kadar abu

yang tinggi dapat meningkatkan emisi gas buang selama proses pirolisis dikarenakan abu dapat berkontribusi pada pembentukan gas-gas seperti CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, dan hidrokarbon lainnya [9].

**Tabel 1.** Kadar Air dan Kadar Abu *Spirulina platensis*

Parameter	Nilai
Kadar Air (%)	8,34
Kadar Abu (%)	7,18

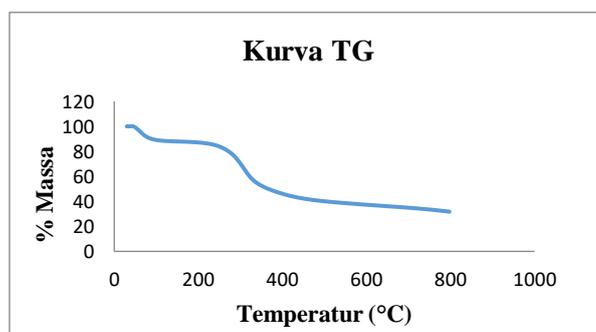
### Analisis Termogravimetri

Pirolisis *Spirulina platensis* dengan katalis Ni/Al-SBA-15 dilakukan menggunakan laju pemanasan yaitu 10°C/menit dengan metode termogravimetri.

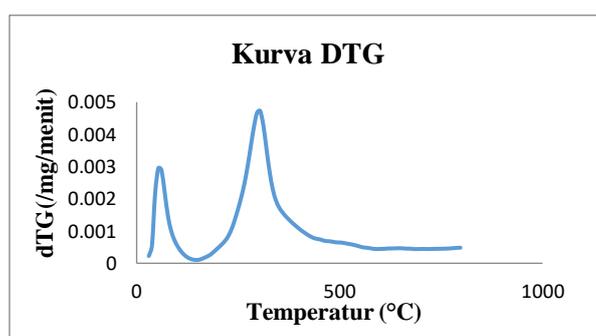
**Tabel 2.** Rentang Suhu Aktif Pirolisis *Spirulina platensis* Dengan Katalis Ni/Al-SBA-15

Laju Pemanasan Pirolisis (°C/menit)	T <sub>awal</sub> (°C)	T <sub>akhir</sub> (°C)
10	155	496

Tabel 2 di atas menunjukkan rentang suhu awal (T<sub>awal</sub>) dan suhu akhir (T<sub>akhir</sub>) pirolisis *Spirulina platensis* Dengan Katalis Ni/Al-SBA-15 atau disebut sebagai suhu aktif pirolisis.



**Gambar 1.** Kurva TG



**Gambar 2.** Kurva DTG

**Tabel 3.** Tahapan Proses Pirolisis *Spirulina platensis* dengan katalis Ni/Al-SBA-15

Tahap	Suhu (°C)	Pengurangan Massa (%)
Pertama	≤ 150	12,07
Kedua	± 155-496	47,49
Ketiga	≥ 496	8,63

Pada kurva TG dan DTG (Gambar 1 dan Gambar 2) diatas menampilkan tahapan pirolisis yang terbagi menjadi tiga tahap, dapat dilihat pada Tabel 3. Tahap pertama yaitu penguapan air (evaporasi) yang terdapat di dalam biomassa serta senyawa organik rendah yang terkandung dalam biomassa.

Puncak pertama merupakan tahapan terjadinya penurunan biomassa untuk pertama kali, dimana hal itu terjadi pada puncak pertama dengan suhu  $\leq 150^{\circ}\text{C}$  dengan pengurangan massa sebesar 12,07%. Selanjutnya, pada tahap kedua yaitu pirolisis aktif yang terjadi pada suhu  $\pm 155-496^{\circ}\text{C}$  dengan pengurangan massa sebesar 47,49%. Pada pirolisis aktif terjadi proses dekomposisi termal, depolimerisasi, dekarboksilasi, dan penguraian senyawa klorofil, lipid, protein dan karbohidrat dalam mikroalga. Pada mikroalga, senyawa karbohidrat terdekomposisi pada rentang suhu  $200-300^{\circ}\text{C}$ , protein terdekomposisi pada rentang suhu  $280-400^{\circ}\text{C}$ , dan senyawa terdegradasi pada suhu  $270-550^{\circ}\text{C}$  [10]. Pada kurva dTG, terdapat 2 puncak dengan 1 puncak lemah dan 1 puncak tajam yang menunjukkan pada puncak utama terjadi degradasi biomassa. Puncak pertama menggambarkan dekomposisi karbohidrat dan protein, sedangkan puncak kedua menggambarkan dekomposisi lipid pada biomassa [11]. Pada suhu aktif pirolisis terjadi proses pemutusan ikatan C-H, C=C, C=N, O-H, O=O, dan C=O yang terdapat dalam karbohidrat, di mana membutuhkan energi yang lebih tinggi dari protein untuk memutuskan ikatan dan terjadi proses dekomposisi protein yang memutuskan ikatan C-H, C-N, dan N-H yang terdapat dalam protein, di mana membutuhkan energi yang lebih rendah [12]. Kemudian pada tahap ketiga terjadi pirolisis pasif. Pada tahapan ini terjadi proses dekomposisi senyawa yang disebabkan oleh gasifikasi serta pembentukan senyawa karbon *non volatile* yang menguap membentuk gas CO dan CO<sub>2</sub> di suhu yang tinggi. Tahapan pirolisis pasif terjadi pada suhu  $\geq 496^{\circ}\text{C}$  dengan pengurangan massa sebesar 8,63%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kadar air dan kadar abu mikroalga *Spirulina platensis* berturut-turut sebesar 8,34% dan 7,18%. Proses dekomposisi *Spirulina platensis* dengan katalis Ni/Al-SBA-15 menggunakan laju pemanasan  $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  terbagi dalam 3 tahap. Tahap pertama yaitu penguapan air yang terjadi pada suhu  $\leq 150^{\circ}\text{C}$  dengan pengurangan massa sebesar 12,07%. Selanjutnya, pada tahap kedua yaitu pirolisis aktif yang terjadi pada suhu  $\pm 155-496^{\circ}\text{C}$  dengan pengurangan massa sebesar 47,49%. Kemudian pada tahap ketiga terjadi pirolisis pasif yang terjadi pada suhu  $\geq 496^{\circ}\text{C}$  dengan pengurangan massa sebesar 8,63%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas bantuan dana dalam pelaksanaan penelitian penulis melalui hibah *The World Class Research Grant* dengan nomor kontak 031/E5/PG/02.00.PL/2023. Serta kepada Bapak Dr. Mohd Asyraf Kassim dari Universiti Sains Malaysia atas bantuannya dalam melakukan analisis termogravimetri.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gultom, S. O. (2018). Mikroalga: Sumber Energi Terbarukan Masa Depan. *Jurnal Kelautan*, 11(1), 95-103.
- [2] Ridhuan, K., Dwi, I., Yulita, Z., & Fendi, F. (2019). Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisien Bioarang-Asap Cair Yang Dihasilkan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 20(1), 18-27.
- [3] Setiawan, B. (2016). Analisa Thermogravimetry Pada Pirolisis Limbah Pertanian. *Jurnal Ethos*, 4(1), 49-56.
- [4] Sa'diyah, H., Subagyono, R. R. D. J. N. S., & Allo, V. L. (2021). Studi Kinetika Reaksi Pirolisis Makroalga Hijau (*Eucheuma Cottonii*) Dengan Analisis Termogravimetri Menggunakan Metode Friedman. *Molucca Journal of Chemistry Education*, 11(2), 61-73.
- [5] Kamaludin, A. M. R., & Holik, H. A. (2022). Chemical Content and Pharmacological Activities of *Spirulina* sp. *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*, 2(2), 59-66.
- [6] Kaydouh, M.N., Hassan, N.E., Davidson, A., Casale, S., Zakhem, H.E., & Massiani, P. (2016). Highly active and stable Ni/SBA-15 catalysts prepared by a "two solvents" method for dry reforming of methane. *Microporous and Mesoporous Materials*, 220, 99-109.
- [7] Subagyono, R. R. D. J. N. S., Putri, S. A., Manawan, M., Mollah, M., Nugroho, R. A., & Gunawan, R. (2023). Catalytic Pyrolysis of the Green Microalgae *Botryococcus braunii* over Ni/SBA-15 Prepared by the Ultrasonic-Assisted Sol-Gel Method. *ACS omega*.

- [8] Rizal, S., Faisal, M., & Yuliwati, E. (2020). Tungku Gasifikasi Untuk Produksi Gas Metan Dari Ampas Tebu. *Jurnal Inovator*, 3(1), 1-7.
- [9] Vershinina, K., Nyashina, G., & Strizhak, P. (2022). Combustion, Pyrolysis, and Gasification of Waste-Derived Fuel Slurries, Low-Grade Liquids, and High-Moisture Waste. *Applied Science*, 12(3), 18-24.
- [10] Chen, C., Ma, X., & He, Y. (2012). Co-pyrolysis Characteristics of Microalgae *Chlorella vulgaris* and coal through TGA. *Bioresource Technology*, 117, 264-273.
- [11] Agrawal, A., & Chakraborty, S. (2013). A kinetic study of pyrolysis and combustion of microalgae *Chlorella vulgaris* Using Thermo-gravimetric Analysis. *Bioresource Technology*, 128, 72-80.
- [12] Jamilatun, S., Setyawan, M., Mufandi, I., & Budiman, A. (2019). Potensi Produk Cair (Oil phase dan Water phase) dari Pirolisis Mikroalga Sebagai Pengawet Makanan. *Jurnal Teknik Kimia*, 6(2), 83-92.