



PROSES PIROLISIS SPIRULINA PLATENSIS RESIDU (SPR) DENGAN DOPING AMONIUM KLORIDA

Desy Hikmatul Siami
23/5277374/PTK/15544

INTISARI

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mendukung tercapainya target *Net Zero Emission* (NZE) tahun 2060 pada beberapa sektor bidang energi seperti minyak dan gas bumi, listrik, geologi, mineral dan batu bara, panas bumi sesuai dengan Pers Nomor: 389.Pers/04/SJI/2021. Hal ini juga menjadi tujuan penyelesaian pada program aksi global berupa *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang diluncurkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dengan *affordable and clean energy* menjadi tujuan ke-7. Energi baru terbarukan yang memiliki peluang besar untuk dikembangkan salah satunya adalah biofuel. Bahan baku biofuel berasal dari sumber daya biomassa yang tersedia melimpah di Indonesia salah satunya adalah mikroalga. Salah satu jenis mikroalga yang kompetitif untuk dikomersialisasikan adalah *Spirulina platensis*. Residu mikroalga *Spirulina platensis* yang selanjutnya disebut SPR dapat dimanfaatkan melalui proses termokimia, biokimia dan kimiawi.

Pirolisis adalah proses termokimia yang menjanjikan untuk mengubah SPR menjadi *biochar*, gas dan *bio-oil* yang bernilai tinggi dengan bahan baku yang memiliki kadar air kurang dari 15%. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis dapat dimanfaatkan lebih fleksibel dan penanganannya lebih mudah. Penelitian mengenai pirolisis ini berfokus pada karakterisasi produk *bio-oil*, *biochar* dan pencarian nilai konstanta-konstanta laju reaksi dari model kinetika Di Blasi dkk (1996) dan Farag dkk (2014) dengan basis *remaining solid*. Model tersebut dievaluasi pada variasi persentase doping 0%, 2% dan 4% berat. Kondisi operasi optimum dapat ditentukan berdasarkan RSM dengan *Face-Centered Central Composite Design* (FC-CCD) berdasarkan pertimbangan lebih disukai karena jumlah percobaan yang lebih rendah, efektivitas biaya, dan kesesuaian untuk optimasi multivariat. Produk hasil dari proses pirolisis dilakukan analisis karakteristik dengan GC-MS, HHV, dan ultimate CHNS.

Variasi suhu pirolisis (400–600°C) dan persentase doping (0–4%) menunjukkan pengaruh terhadap distribusi produk, terutama *bio-oil* dan *biochar*. Hasil menunjukkan bahwa suhu 500°C menghasilkan *yield bio-oil* tertinggi (9,24–9,66 wt.%), sementara suhu 400°C menghasilkan *biochar* terbesar (44,74 wt.%). Penambahan NH₄Cl hingga 4% tidak meningkatkan *yield bio-oil* secara signifikan, namun memengaruhi komposisi senyawanya. Optimasi melalui pendekatan RSM menunjukkan kondisi optimum pada suhu 517,5°C dan doping 4%, dengan prediksi *yield bio-oil* 9,656% dan *biochar* 33,952%. Dari aspek parameter-parameter kinetika, menunjukkan bahwa doping NH₄Cl berperan sebagai katalis dalam mempercepat jalur volatil, sementara efek terhadap *char* tergantung pada model kinetika yang digunakan.

Kata kunci: Pirolisis, SPR, Doping, Amonium Klorida, RSM



PYROLYSIS PROCESS OF SPIRULINA PLATENSIS RESIDUE (SPR) DOPED WITH AMMONIUM CHLORIDE

Desy Hikmatul Siami
23/5277374/PTK/15544

ABSTRACT

The Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) of Indonesia supports the achievement of Net Zero Emissions (NZE) by 2060 across several energy sectors such as oil and gas, electricity, geology, minerals and coal, and geothermal, in accordance with Regulation Number: 389.Pers/04/SJI/2021. This initiative aligns with the objectives of the global action program under the United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 7: Affordable and Clean Energy. One promising renewable energy source for development is biofuel, which can be produced from abundant biomass resources in Indonesia, including microalgae. Among them, *Spirulina platensis* is considered a highly competitive species for commercialization. The residue from *Spirulina platensis* (hereafter referred to as SPR) can be utilized through thermochemical, biochemical, and chemical conversion processes.

Pyrolysis is a promising thermochemical process for converting SPR into high-value products such as biochar, gas, and bio-oil, especially when using feedstock with moisture content below 15%. The resulting products offer flexible applications and easier handling. This study focuses on the characterization of bio-oil and biochar products and the determination of reaction rate constants using kinetic models by Di Blasi dkk. (1996) and Farag dkk. (2014) based on the remaining solid approach. The models were evaluated under varying doping concentrations (0%, 2%, and 4% by weight). Optimal operating conditions were determined using Response Surface Methodology (RSM) with a Face-Centered Central Composite Design (FC-CCD), chosen for its cost-effectiveness, reduced experimental runs, and suitability for multivariate optimization. The pyrolysis products were analyzed for their characteristics using GC-MS, Higher Heating Value (HHV), and CHNS elemental analysis.

Variations in pyrolysis temperature (400–600°C) and NH₄Cl doping concentration (0–4%) showed influence on product distribution, particularly bio-oil and biochar. The highest bio-oil yield (9.24–9.66 wt.%) was observed at 500°C, whereas the highest biochar yield (44.74 wt.%) occurred at 400°C. Although NH₄Cl doping up to 4% did not significantly increase the bio-oil yield, it affected the chemical composition of the products. RSM optimization revealed the optimal condition at 517.5°C and 4% doping, predicting bio-oil and biochar yields of 9.656% and 33.952%, respectively. From the kinetic perspective, NH₄Cl doping acts as a catalyst that accelerates volatilization pathways, while its effect on char formation depends on the applied kinetic model.

Keywords: Pyrolysis, SPR, Doping, Ammonium Chloride, RSM