

INTISARI

Biomassa lignoselulosa merupakan sumber daya terbarukan yang melimpah di Indonesia. Oleh karena itu, biomassa lignoselulosa sangat berpotensi untuk dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku pembuatan produk kimia. Salah satu metode pemanfaatan biomassa lignoselulosa secara termal adalah proses pirolisis yang dapat menghasilkan produk gas, padat, dan cair secara simultan. Guna meningkatkan efisiensi proses pirolisis, maka perlu dilakukan studi kinetika pirolisis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari: (i) dekomposisi termal biomassa lignoselulosa melalui analisis dan pemodelan kinetik (ii) pengaruh katalis terhadap profil dekomposisi termal biomassa melalui pemodelan kinetik untuk menjelaskan tahapan reaksi pirolisis. Instrumen *Thermogravimetry Analysis* (TGA) digunakan untuk menganalisis profil dekomposisi termal biomassa lignoselulosa. Selanjutnya, data yang diperoleh dapat digunakan sebagai basis untuk menyusun model kinetika pirolisis. Pada penelitian ini, studi kinetika dilakukan dengan metode *model-free* (isoconversional) dan *model-fitting* yang merujuk pada panduan dari *International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry* (ICTAC).

Hasil analisis kinetika dengan metode *model-free* dapat memberikan profil energi aktivasi pirolisis. Namun, metode *model-free* belum dapat memisahkan maupun menjelaskan tahapan reaksi yang terjadi. Walaupun demikian, hasil analisis kinetika dengan *model-free* dapat memberikan indikasi terjadinya kemungkinan reaksi banyak tahap (*multi-step*) pada pirolisis serbuk gergaji dan lignin terisolasi, serta memberikan nilai *educated guess* untuk analisis kinetika dengan metode *model-fitting*.

Analisis kinetika dengan metode *model-fitting* dilakukan dengan menggunakan metode *Distributed Activation Energy Model* (DAEM) untuk menjelaskan tahapan reaksi dari masing-masing komponen biomassa lignoselulosa. Hasil analisis dengan *model-fitting* dan DAEM dapat menjelaskan rentang reaksi dan signifikansi sebuah tahap reaksi terhadap keseluruhan proses reaksi yang terjadi. Pada pirolisis serbuk gergaji, penggunaan DAEM 4 komponen dapat menjelaskan tahapan reaksi pirolisis dengan lebih detail jika dibandingkan dengan DAEM 3 komponen yang telah lazim terdapat di sejumlah literatur.

Analisis kinetika untuk *in-situ* pirolisis katalitik dilakukan dengan menambahkan katalis Ni dan Co pada biomassa. Dengan katalis Ni, analisis kinetika dengan DAEM mengindikasikan terjadinya penurunan energi aktivasi pada dekomposisi ketiga komponen biomassa lignoselulosa. Sedangkan pada pirolisis dengan katalis Co, terjadi peningkatan energi aktivasi dari pirolisis hemiselulosa dan selulosa, namun penurunan pada pirolisis lignin. Secara keseluruhan, kedua katalis ini dapat mempromosikan laju reaksi dan reaksi pirolisis pada suhu lebih rendah.

Kata kunci: biomassa lignoselulosa, *in-situ* pirolisis katalitik, TGA, DAEM, Nikel, Kobalt

ABSTRACT

Lignocellulosic biomass is an abundantly available natural resource in Indonesia. Hence, lignocellulosic biomass has a potential to be valorized to produce various kind of chemical products. One of the methodologies to process the lignocellulosic biomass via thermochemical method is through pyrolysis, which can simultaneously produce gaseous, liquid, and solid products. To increase the efficiency of the pyrolysis process, a kinetic study of pyrolysis is needed.

The aims of this research are to study: (i) the thermal decomposition of lignocellulosic biomass with appropriate kinetic modeling and (ii) evaluate the effect of metal catalyst to the pyrolysis of lignocellulosic biomass with relevant kinetic modeling. TGA instrumentaiton was used to analyze the characteristic of lignocellulosic biomass thermal decomposition. From the analysis, the data that was obtained from TGA can be used as a basis to formulate a pyrolysis kinetic model. In this research, kinetic study with model-free (isoconversional) and model-fitting methodology were implemented in accordance with the recommendation by the International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry (ICTAC).

Result from the model-free kinetic analysis gave the activation energy profile of the pyrolysis of biomass. However, this methodology unable to separate and detail the stage of pyrolysis reaction. Nevertheless, from this methodology, an educated guess and indication of multistep reaction that occurs in the pyrolysis of lignin and sawdust was obtained. This information was used to the next stage of kinetic analysis with model-fitting methodology.

In the model-fitting kinetic study, the Distributed Activation Energy Model (DAEM) was employed to explain the stage of lignocellulosic biomass pyrolysis. The result from the model-fitting and DAEM able to explain the significance of a single reaction extent to the whole reaction stage. In the pyrolysis of sawdust, four-component DAEM can explain the pyrolysis of sawdust in more detail compared to the existing three-component DAEM that are widely available in literatures.

A kinetic study on an in-situ catalytic pyrolysis of biomass was conducted by impregnating biomass with Ni and Co catalyst. In the Ni-catalyzed pyrolysis, the kinetic analysis with DAEM shows that there was a decrease in the activation energy value of all components of biomass. On another hand, the Co-catalyzed pyrolysis only marginally increases the activation energy of the pyrolysis of hemicellulose and cellulose in sawdust, and notably decrease the lignin pyrolysis activation energy. Nevertheless, both catalyst able to promote the reaction rate and the pyrolysis reaction in lower temperature, as quantified by the increase in the extent of reaction value. From this research, a more comprehensive and quantified understanding in the role of catalyst on the catalytic pyrolysis of lignocellulosic biomass was obtained.

Keywords: *lignocellulosic biomass, in-situ catalytic pyrolysis, TGA, kinetics, DAEM, Nickel, Cobalt*