

## INTISARI

Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam sekam padi dapat dikonversi menjadi produk gas, tar (bio-oil), dan arang melalui proses pirolisis. Penelitian-penelitian terkini mengarah pada peningkatan *yield* dan kualitas produk gas maupun bio-oil dengan penambahan katalis, sehingga memperluas pemanfaatannya sebagai sumber energi maupun bahan kimia turunan. Meskipun tidak sereaktif katalis berbasis logam, abu sekam padi memiliki potensi sebagai alternatif katalis murah. Abu sekam banyak mengandung silika amorf sehingga memiliki reaktifitas besar. Selain itu, kandungan senyawa alkali dan alkali tanah di dalam abu sekam memiliki efek katalitik tertentu. Di sisi lain, pirolisis katalitik secara *in-situ* dengan penambahan katalis secara langsung ke dalam biomassa yang kemudian dijadikan bentuk pelet belum banyak dilakukan. Metode ini memberikan kontak yang lebih baik antara biomassa dengan katalis, memungkinkan perubahan mekanisme reaksi dekomposisi biomassa dan pembentukan produk pirolisis katalitik dengan selektifitas tertentu. Penelitian ini bertujuan mempelajari kinetika pirolisis katalitik pelet sekam padi dengan penambahan katalis abu sekam serta mempelajari pengaruh kondisi operasi terhadap *yield* dan karakteristik produk pirolisis.

Pada penelitian ini, serbuk sekam padi dan serbuk abu sekam dicampur secara homogen dengan memvariasikan rasio berat sekam padi terhadap abu (10:0; 10:1; 10:2). Selanjutnya, pelet sekam padi dibuat menggunakan pengepres hidrolis tanpa bahan perekat. Ukuran pelet divariasikan pada diameter 3; 5; 7 mm dengan panjang pelet 3-4 kali diameter. Pirolisis katalitik pelet sekam padi dipelajari menggunakan peralatan macro-TGA yang dirancang secara mandiri. Sampel pelet sekam padi dengan berat sekitar 6 g dipanaskan dari 303 K sampai 873; 973; 1073; 1173 K pada *heating rate* tertentu (5; 10; 20; 40 K/min) dalam suasana N<sub>2</sub> atmosferis dengan laju alir 100 mL/min. Analisis termogravimetri menghasilkan data massa sampel dan suhu reaktor setiap detik selama proses pirolisis. Pada interval suhu tertentu, diambil sampel produk gas yang selanjutnya dianalisis dengan GC-FID. Selain itu, pada akhir pirolisis, dilakukan analisis produk bio-oil menggunakan GC-MS dan produk padat menggunakan FTIR.

Hasil studi kinetika menunjukkan model kinetika multi-komponen satu-tahap (Model 3-IPR) dapat mendiskripsikan pirolisis katalitik pelet sekam padi dengan baik. Energi aktivasi dekomposisi hemiselulosa, selulosa, dan lignin tidak selalu lebih rendah pada pirolisis katalitik, namun energi aktivasi rata-ratanya turun dengan meningkatnya *heating rate* dan penambahan abu. Sementara itu, pengaruh kondisi operasi terhadap *yield* produk pirolisis didiskripsikan dengan baik dengan model kinetika semi-global dua-tahap (Model 2-Step-C). Peningkatan *heating rate* meningkatkan *yield* bio-oil, dan menurunkan *yield* gas dan arang. Sementara itu, peningkatan suhu pirolisis meningkatkan *yield* gas, dan menurunkan *yield* bio-oil dan arang. Di sisi lain, penambahan abu menurunkan energi aktivasi pembentukan gas primer dan mendorong reaksi pirolisis sekunder pembentukan gas yang terjadi lebih signifikan pada suhu dan *heating rate* lebih tinggi.

Pada suhu pirolisis tinggi, penambahan abu cenderung meningkatkan konsentrasi gas H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, serta menurunkan konsentrasi gas CO dan CO<sub>2</sub>. Nilai kalor produk gas meningkat sampai 15% jika dibandingkan pirolisis non-katalitik, dan dengan rasio H<sub>2</sub>/CO antara 2-3 memungkinkan aplikasinya lebih luas dalam industri kimia. Penambahan abu mendorong reaksi deoksigenasi menghasilkan bio-oil dengan kandungan oksigenat dan asam yang rendah, sehingga menurunkan korosifitas bio-oil. Namun, penambahan abu cenderung meningkatkan kandungan aldehyd, keton, dan ester penyebab ketidak-stabilan bio-oil. Di sisi lain, diperoleh peningkatan senyawa fenolik ringan dan hidrokarbon aromatis monosiklis yang dapat meningkatkan densitas energi bio-oil.

## ABSTRACT

*Rice husk contains hemicellulose, cellulose, and lignin that can be converted into gas, tars (bio-oil), and char through pyrolysis. Many studies have been conducted to improve the yield and quality of gas and bio-oil by using catalysts, thereby expanding their use as energy and chemical sources. Although not as reactive as metal-based catalysts, rice husk ash, which is a cheap catalyst, has been found to be effective in increasing the yield and quality of gas and bio-oil. The ash contains amorphous silica and alkali and alkaline earth compounds that are reactive and have catalytic effects. Furthermore, in-situ catalytic pyrolysis by direct catalyst addition into biomass followed by pelletization has not been widely studied. This method provides better contact between biomass and catalyst, leading to changes in the decomposition reaction mechanism and selective formation of pyrolysis products. This research aims to study the catalytic pyrolysis kinetics of rice husk pellets using husk ash catalysts and to study the effect of pyrolysis conditions on product yield and characteristics.*

*In this study, the powder of rice husk and ash were mixed homogeneously in various weight ratios of rice husk to ash (10:0;10:1;10:2). Rice husk pellets were then produced using a hydraulic press without any adhesive. The diameter was varied at 3;5;7 mm with a length of 3-4 times the diameter. The catalytic pyrolysis was studied using a self-designed macro-TGA apparatus. Rice husk pellet samples weighing about 6 grams were heated from 303K to 873-1173K at varying heating rates (5-40 K/min) in 100 mL/min of atmospheric N<sub>2</sub>. The thermogravimetric analysis provided data on sample mass and reactor temperature during pyrolysis. Gas samples were taken at several temperature intervals and analyzed using GC-FID. Additionally, at the end of pyrolysis, bio-oil and char were analyzed using GC-MS and FTIR, respectively.*

*The results of the kinetic study indicated that the catalytic pyrolysis of rice husk pellets was well described by the single-stage multi-component kinetic (3-IPR model). The activation energy of hemicellulose, cellulose, and lignin decomposition was not always lower in catalytic pyrolysis, but the average activation energy decreased as the heating rate and ash addition ratio increased. Furthermore, the two-stage semi-global kinetic (2-Step-C model) was well described the effect of operating conditions on the yield of pyrolysis products. It found that increasing the heating rate led to an increase in bio-oil yield and decrease in gas and char. Meanwhile, increasing the temperature led to an increase in gas yield and decrease in bio-oil and char. Additionally, ash catalyst decreased the activation energy of primary gas formation and encouraged secondary pyrolysis reactions to form gas, particularly at higher temperatures and heating rates.*

*At high pyrolysis temperatures, ash increased H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>, reduced CO and CO<sub>2</sub>, and increased gas heating value up to 15% compared to non-catalytic pyrolysis, while the H<sub>2</sub>/CO ratio of 2-3 allows for wider application in the chemical industry. It encouraged the deoxygenation reaction favoring low oxygenate and acid, reducing the corrosiveness of bio-oil. However, it increased the content of aldehydes, ketones, and esters favoring bio-oil instability. Besides, an increase in light phenolics and monocyclic aromatic hydrocarbons led to an increase in energy density.*