

INTISARI

Kemasan aseptik merupakan wadah minuman, seperti jus, susu, teh, *yoghurt*, dan sebagainya. Penggunaan kemasan ini terus meningkat setiap harinya, sehingga menyebabkan jumlah limbahnya juga terus meningkat. Kemasan aseptik terdiri dari beberapa lapisan, yaitu kertas karton, LDPE, dan *aluminium foil*. Hal tersebut menyebabkan limbah ini sulit untuk diproses. Pirolisis merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengolah limbah, terutama limbah kemasan aseptik.

Microwave pyrolysis merupakan proses termal dengan memanfaatkan pemanasan gelombang mikro yang dilakukan pada kondisi *inert*. *Microwave pyrolysis* menggunakan *double reactor* disarankan digunakan sebagai alat untuk mengolah limbah tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinetika *microwave pyrolysis*, distribusi produk pirolisis, dan karakteristik produk gas pirolisis pada limbah kemasan aseptik dengan menggunakan *absorber* berupa karbon aktif dari cangkang kelapa dan silikon karbida (SiC). Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi daya *output* dari *microwave oven*, yaitu 300 W, 450 W, 600 W, dan 800 W. Proses pirolisis dilakukan dengan menambahkan katalis berupa zeolit alam yang diletakkan pada reaktor katalitik, temperatur katalitik yang digunakan, yaitu 350°C, 400°C, 450°C, dan 500°C. Pada proses *microwave pyrolysis* limbah kemasan aseptik terdapat parameter tetap yang digunakan, yaitu: temperatur pirolisis 450°C, laju alir nitrogen 100 ml/menit, dan *retention time* 30 menit. Selanjutnya, produk berupa gas dari proses *microwave pyrolysis* diuji menggunakan GC-MS untuk mengetahui unsur senyawa penyusunnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk *microwave pyrolysis* limbah kemasan aseptik terdiri dari 5 jenis, yaitu: *aqueous phase*, *wax*, *char*, *aluminium foil*, dan gas. *Aqueous phase* terbentuk dari degradasi selulosa dan lignoselulosa. *Wax* (hidrokarbon C₂₁₋₄₀) diproduksi dari pirolisis poliolefin. Daya *output* dan temperatur katalitik memiliki pengaruh yang signifikan pada proses pirolisis ini. Pada proses pirolisis tanpa katalis dengan karbon aktif sebagai *absorber*, seiring meningkatnya daya *output* dari 300 W menjadi 800 W produk *char* menurun dari 70% menjadi 24%, produk *wax* menurun dari 11% menjadi 6%, sedangkan produk gas meningkat dari 14% menjadi 65%. Untuk proses pirolisis tanpa katalis dengan SiC sebagai *absorber*, seiring meningkatnya daya *output* dari 300 W menjadi 800 W produk *char* menurun dari 65% menjadi 21%, produk *wax* menurun dari 7% menjadi 1%, sedangkan produk gas meningkat dari 23% menjadi 73%. Efek yang sama terjadi ketika zeolit alam ditambahkan sebagai katalis, produk *char* menurun dari 70% (tanpa katalis) menjadi 60% (500°C), *wax* menurun dari 11% (tanpa katalis) menjadi 2% (500°C), sedangkan gas meningkat dari 14% (tanpa katalis) menjadi 23% (500°C). Komponen utama dari produk gas terdiri dari hidrogen (H₂), metana (CH₄), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan gas hidrokarbon lainnya. Pembentukan kandungan gas berupa H₂ dan CO meningkat seiring dengan penggunaan zeolit alam sebagai katalis dalam proses, peningkatan temperatur katalitik, dan peningkatan daya *output*. Ketika karbon aktif digunakan sebagai *absorber*, produk gas memiliki LHV sekitar 20,82-23,57 MJ/m³ dan total energi sebesar 34,85-176,80 kJ. Namun, ketika SiC digunakan sebagai *absorber*, produk gas memiliki LHV sekitar 21,97-23,46 MJ/m³ dan total energi sebesar 56,82-184,49 kJ. SiC dapat meningkatkan pembentukan produk gas dan menurunkan pembentukan produk *wax*.

Kata kunci: karbon aktif, limbah kemasan aseptik, *microwave absorber*, *microwave pyrolysis*, silikon karbida, zeolit alam.

ABSTRACT

Aseptic packaging is a package/box of drinks such as: juice, milk, tea, yoghurt, *etc.* The usage of this packaging is increasing every day, resulting in a rise in trash. Aseptic packaging consists of several layers, namely paperboard, LDPE, and aluminium foil. It makes this waste difficult to process. Pyrolysis is an alternative that can be used to treat waste, especially aseptic packaging waste.

Microwave pyrolysis is a thermal process by utilizing microwave heating carried out under inert conditions. Microwave pyrolysis using a double reactor is recommended as a tool to treat the waste.

This research was conducted to determine the kinetics of microwave pyrolysis, distribution of pyrolysis products, and product characteristics of pyrolysis gas in aseptic packaging waste using activated carbon from coconut shells and silicon carbide (SiC) as absorber. The study was carried out under different output power of the microwave oven (300 W, 450 W, 600 W, and 800 W). The pyrolysis process was carried out by adding a natural zeolite as catalyst which was placed in a catalytic reactor, the catalytic temperatures used were 350°C, 400°C, 450°C, and 500°C. In the microwave pyrolysis process of aseptic packaging waste there are fixed parameters used, namely: pyrolysis temperature of 450°C, nitrogen flow rate of 100 ml/minute, and retention time of 30 minutes. Furthermore, the gas product from the microwave pyrolysis process was characterized using GC-MS to determine the constituent compounds.

The results showed that the microwave pyrolysis product of aseptic packaging waste consisted of 5 types, namely: aqueous phase, wax, char, aluminum foil, and gas. The aqueous phase is formed from the degradation of cellulose and lignocellulose. Waxes (hydrocarbons C_{21-40}) are produced from the pyrolysis of polyolefins. The output power and catalytic temperature have a significant influence on this pyrolysis process. In the uncatalyzed pyrolysis process with activated carbon as absorber, as the output power increases from 300 W to 800 W, the char product decreases from 70% to 24%, the wax product decreases from 11% to 6%, while the gas product increases from 14% to 65%. For the uncatalyzed pyrolysis process with SiC as absorber, as the output power increases from 300 W to 800 W, the char product decreases from 65% to 21%, the wax product decreases from 7% to 1%, while the gas product increases from 23% to 73%. The same effect occurred when natural zeolite was added as catalyst, the char product decreased from 70% (without catalyst) to 60% (500°C), wax decreased from 11% (without catalyst) to 2% (500°C), while gas increased from 14% (without catalyst) to 23% (500°C). The main components of gaseous products consist of hydrogen (H_2), methane (CH_4), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), and other light hydrocarbon gases. The formation of gas content (H_2 and CO) increased along with the use of natural zeolite as catalyst in the process, an increase in catalytic temperature, and an increase in output power. When activated carbon is used as absorber, the product gas has an LHV of about 20.82-23.57 MJ/m³ and a total energy of 34.85-176.80 kJ. However, when SiC is used as absorber, the product gas has an LHV of around 21.97-23.46 MJ/m³ and a total energy of 56.82-184.49 kJ. SiC can increase the formation of gaseous products and reduce the formation of wax products.

Keywords: activated carbon, aseptic packaging waste, microwave absorber, microwave pyrolysis, natural zeolite, silicon carbide.