

Limbah biomassa industri penyulingan kayu putih sangat melimpah dan dapat dikonversi menjadi beberapa produk yang bermanfaat seperti bahan kimia ataupun untuk kebutuhan energi. Salah satunya dengan metode pirolisis, yang merupakan salah satu teknik paling ramah lingkungan dan menjanjikan untuk mengkonversi biomassa menjadi beberapa jenis produk turunan seperti asap cair yang merupakan salah satu produk dari proses kondensasi pada pirolisis biomassa. Pirolisis terintegrasi adsorpsi fase gas merupakan salah satu metode yang efektif dan efisien untuk memurnikan asap cair, yang banyak digunakan sebagai penyedap dan pengawet makanan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biomassa (KYP) proses produksi minyak kayu putih dari pabrik Sendang Mole yang berlokasi di Gading, Kec. Playen, Kabupaten Gunungkidul, DI Yogyakarta. Bahan baku adsorben zeolit, diperoleh dari daerah Ponorogo, Jawa Timur, sedangkan bahan baku arang diperoleh dari hasil proses pirolisis biomassa limbah minyak kayu putih, kedua jenis adsorben diaktivasi untuk meningkatkan sifat fisikokimianya. Proses pirolisis dilakukan pada suhu maksimal 500 °C dengan menggunakan adsorben pada cyclone scrubber sejumlah 20:1. Karakterisasi komprehensif pada penelitian ini dilakukan antara lain dengan TG-IR, Flash smart, analisis komponen lignoselulosa proksimat dan ultimate, analisis BET, FT-IR, XRD, XRF, SEM, GC-MS, Chromameter, dan pengukuran pH. Aktivitas antibakteri dievaluasi terhadap *E. coli* dan *S. aureus* menggunakan metode MIC, sedangkan potensi antioksidan ditentukan melalui uji ABTS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan adsorben zeolit dan arang terhadap karakteristik sifat fisiko kimia asap cair, kemampuan mereduksi senyawa berbahaya (tar dan polycyclic aromatic hydrocarbon), serta mengetahui kualitas dan kemampuan asap cair sebagai bahan antibakteri dan antioksidan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi lignoselulosa biomassa kayu putih adalah hemiselulosa (19.36 ± 0.167), selulosa (32.71 ± 0.265) dan lignin (28.51 ± 0.472). Aktivasi HCl pada zeolit dan arang dapat meningkatkan sifat fisikokimianya, dimana zeolit luas permukaannya meningkat dari $21.937 \text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $99.265 \text{ m}^2/\text{g}$, kapasitas volume pori meningkat pada zeolit ($0.1298 \text{ cm}^3/\text{g}$) dan rasio Si/Al meningkat dari 5.99 % menjadi 8.50 %, sedangkan pada arang luas permukaannya meningkat dari $12.954 \text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $45.385 \text{ m}^2/\text{g}$, kapasitas volume pori meningkat pada arang ($45.385 \text{ m}^2/\text{g}$), dan kandungan karbon meningkat dari 43.999 % menjadi 68.567 %. Adsorben natural dan teraktivasi mampu meningkatkan % area Acetic acid, dengan persentase terbesar pada adsorben natural AC-NZ 1 (46.55 %), dan seluruhnya menghilangkan senyawa ammonium acetate. Komposisi fenol pada kode 2 lebih tinggi daripada kode 1, dan 3-Furaldehyde meningkat jumlahnya dengan adsorben teraktivasi AC-ZA 2 (22.59 %) dan AC-AA 1 (21.54 %). Konsentrasi penurunan tar tertinggi dengan adsorben AC-AA 2 sebesar (37.70 %) dan penurunan jumlah senyawa polycyclic aromatic hydrocarbon tertinggi dengan adsorben AC-AA 2, yang turun menjadi (2.0144 ppm). jenis bakteri *Escherichia coli* ATCC 8739 yang memiliki konsentrasi hambat minimal terendah ada pada AC, AC-NZ 2, AC-ZA 2, dan AC-AA 2 dengan nilai 3.125 %, sedangkan pada jenis bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 adalah AC-AA 2 dengan nilai 1.56 %. Aktivitas antioksidan ditunjukkan dengan nilai IC50 terendah pada AC-ZA 2 (2074.43).

Kata kunci : Adsorpsi, Biomass, Kualitas asap cair, Pirolisis, Reduksi PAH

ABSTRACT

Eucalyptus distillation industry Biomass waste is very abundant and can be converted into several useful products such as chemicals or for energy needs. One of them is the pyrolysis method, which is one of the most environmentally friendly and promising techniques to convert biomass into several types of derivative products such as liquid smoke, which is one of the products of the condensation process in biomass pyrolysis. Gas phase adsorption integrated pyrolysis is one of the effective and efficient methods to purify liquid smoke, which is widely used as a food flavoring and preserving agent.

The materials used in this study are biomass (KYP) of eucalyptus oil production process from Sendang Mole factory located in Gading, Playen sub-district, Gunungkidul Regency, Yogyakarta. The raw material of zeolite adsorbent was obtained from Ponorogo, East Java, while the raw material of charcoal was obtained from the pyrolysis process of eucalyptus oil waste biomass. Both types of adsorbents were activated to improve their physicochemical properties. The pyrolysis process was carried out at a maximum temperature of 500 °C using adsorbents in a cyclone scrubber at a ratio of 20:1. A comprehensive characterization was performed in this study, including TG-IR, flash smart, proximate and ultimate lignocellulose component analysis, BET analysis, FT-IR, XRD, XRF, SEM, GC-MS, chromameter, and pH measurement. The antibacterial activity against *E. coli* and *S. aureus* was evaluated by the MIC method, while the antioxidant potential was determined by the ABTS test. The aim of this study was to determine the effect of using zeolite and charcoal adsorbents on the physicochemical properties of liquid smoke, the ability to reduce harmful compounds (tar and polycyclic aromatic hydrocarbons), and to determine the quality and ability of liquid smoke as an antibacterial and antioxidant material.

The analysis revealed that the eucalyptus biomass had a lignocellulose composition of hemicellulose (19.36 ± 0.167), cellulose (32.71 ± 0.265), and lignin (28.51 ± 0.472). The physicochemical properties of zeolite and charcoal were improved by HCl activation. Specifically, the surface area of zeolite increased from 21.937 m²/g to 99.265 m²/g, the pore volume capacity increased in zeolite (0.1298 cm³/g), and the Si/Al ratio increased from 5. The surface area of the material increased from 99% to 8.50% in one case and from 12.954 m²/g to 45.385 m²/g in another. Additionally, the pore volume capacity increased in the latter case, and the carbon content increased from 43.999% to 68.567 %. The use of natural and activated adsorbents resulted in an increase in the % area of acetic acid, with the highest percentage observed in the natural adsorbent AC-NZ 1 (46.55%). Additionally, all ammonium acetate compounds were completely removed. Code 2 had a higher phenol composition compared to code 1, while the amount of 3-Furaldehyde increased with the use of activated adsorbents AC-ZA 2 (22.59%) and AC-AA 1 (21.54%). The AC-AA 2 adsorbent resulted in the highest decrease in tar concentration (37.70%) and polycyclic aromatic hydrocarbon compounds (2.0144 ppm). Among the tested bacterial species, AC, AC-NZ 2, AC-ZA 2, and AC-AA 2 had the lowest minimal inhibitory concentration (3.125%) against *Escherichia coli* ATCC 8739, while AC-AA 2 had the lowest minimal inhibitory concentration (1.56%) against *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. The AC-ZA 2 adsorbent showed the lowest IC50 value (2074.43) indicating the highest antioxidant activity.

Keywords : Adsorption, Biomass, Liquid smoke quality, PAH removal, Pyrolysis