

Perbandingan Metode Pencucian Air dan Asam untuk Mengurangi Kandungan Abu dan Mineral Anorganik pada Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Jati

Comparison of Water and Acid Leaching Methods to Reduce Ash and Inorganic Mineral Content in Teak Sawdust Biomass

**Muhammad Arief Saputro^{1*}, Mochamad Syamsiro¹, Bayu Megaprastio¹, Noesanto Dewantoro¹
Bagas Herlambang¹**

^{1*} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Janabadra

*Email Korespondensi : ariefsaputro@janabadra.ac.id

Email : syamsiro@janabadra.ac.id

Email : bayumegaprastio@janabadra.ac.id

Email : noesanto@janabadra.ac.id

Email : bagus.akg@gmail.com

ABSTRAK

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan terbesar keempat di dunia dan menyumbang sekitar 10% dari total pasokan energi primer secara global. Setiap tahun, jumlah serbuk gergaji kayu jati yang sangat besar dihasilkan dari pembuatan furnitur, tempat tidur, dekorasi kayu, dan berbagai produk lainnya. Limbah sisa ini tidak memiliki nilai ekonomi dan memerlukan ruang yang besar, sehingga menimbulkan masalah dalam penanganan dan pembuangannya. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kehutanan ini untuk produksi biofuel merupakan langkah yang berkelanjutan sekaligus menguntungkan secara ekonomi.

Namun, tantangan utama dalam penggunaannya adalah kandungan abu dan mineral anorganik yang tinggi, yang dapat menurunkan efisiensi konversi energi dan nilai kalor produk. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode pencucian menggunakan air dan larutan asam dalam menurunkan kandungan abu serta meningkatkan nilai kalor serbuk gergaji kayu jati. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tahap meliputi: persiapan bahan, perlakuan pencucian (air dan asam), pengeringan, analisis kandungan abu dan nilai kalor, serta evaluasi hasil. Perlakuan dilakukan dengan perbandingan massa 1:25, 1:50, 1:75, pencucian selama 2 jam menggunakan *magnetic stirrer*, penyaringan, pembilasan hingga pH netral, dan pengeringan pada suhu 105 °C selama 6 jam.

Hasil menunjukkan bahwa pencucian dengan HCl 1 M secara konsisten menghasilkan pengurangan massa serbuk gergaji kayu jati yang lebih besar dibanding air deionisasi pada semua rasio, sehingga metode asam lebih optimal untuk mengurangi kandungan anorganik biomassa.

Kata kunci: Air deionisasi; Biomassa; Kadar Abu; Larutan Asam; Leaching.

ABSTRACT

Biomass is the fourth largest renewable energy source in the world, accounting for approximately 10% of the total global primary energy supply. Every year, a large amount of teak wood sawdust is produced from the manufacturing of furniture, beds, wooden decorations, and various other products. This waste has no economic value and requires considerable storage space, causing problems in handling and disposal. Therefore, utilizing this forestry residue for biofuel production is a sustainable and economically beneficial approach.

However, the main challenge in its utilization lies in its high ash and inorganic mineral content, which can reduce energy conversion efficiency and the calorific value of the product. This study aims to compare the effectiveness of washing methods using water and acid solutions in reducing ash content and increasing the calorific value of teak wood sawdust. The research was conducted experimentally in a laboratory, involving several stages: material preparation, washing treatment (water and acid), drying, ash content and calorific value analysis, and result evaluation. The treatments were carried out at mass ratios of 1:25, 1:50, and 1:75, washed for 2 hours using a magnetic stirrer, followed by filtration, rinsing to neutral pH, and drying at 105 °C for 6 hours.

The results showed that washing with 1 M HCl consistently produced a greater mass reduction of teak wood sawdust compared to deionized water at all ratios, indicating that the acid method is more effective in reducing the inorganic content of biomass.

Keywords: *Acid Solution; Ash Content; Biomass; Deionized Water; Leaching.*

PENDAHULUAN

Biomassa merupakan sumber energi terbesar keempat yang tersedia bagi umat manusia dan menyumbang sekitar 10% dari total pasokan energi primer secara global [1]. Sebagai salah satu bentuk energi terbarukan, Biomassa dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti sumber panas, pembangkit listrik, produksi biofuel dan biogas untuk transportasi, serta beragam aplikasi lainnya yang layak untuk dipertimbangkan. Biomassa berasal dari bahan-bahan organik seperti limbah pertanian, limbah kehutanan, dan limbah industri pengolahan kayu yang jumlahnya melimpah namun sering kali belum dimanfaatkan secara optimal [2]. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi alternatif juga mendukung prinsip keberlanjutan karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus meminimalkan pencemaran lingkungan [3].

Salah satu limbah biomassa yang potensial namun kurang mendapat perhatian adalah serbuk gergaji kayu jati, yang merupakan hasil sampingan dari proses industri pengolahan kayu. Setiap tahun, jumlah serbuk gergaji kayu jati yang sangat besar dihasilkan dari pembuatan furnitur, tempat tidur, dekorasi kayu, dan berbagai produk lainnya [4]. Limbah sisa ini tidak memiliki nilai ekonomi dan memerlukan ruang yang besar, sehingga menimbulkan masalah dalam penanganan dan pembuangannya. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kehutanan ini untuk produksi biofuel merupakan langkah yang berkelanjutan sekaligus menguntungkan secara ekonomi [5], [6]. Di antara berbagai metode konversi energi, pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal biomassa dalam kondisi tanpa oksigen, menjadi salah satu pilihan menjanjikan karena dapat menghasilkan produk bernilai seperti biochar, bio-oil, dan gas pirolisis [7], [8], [9].

Namun demikian, penerapan pirolisis pada biomassa seperti serbuk gergaji kayu menghadapi tantangan teknis, salah satunya adalah tingginya kandungan abu dan mineral anorganik dalam bahan baku. Kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan efisiensi proses pirolisis, menyebabkan korosi pada reaktor, serta menurunkan kualitas produk biochar dan nilai kalor biomassa [10]. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas produk pirolisis dan mengurangi efek negatif dari kandungan anorganik maka perlu dilakukan pra-perlakuan (pretreatment) terhadap biomassa [11], [12]. Salah satu pendekatan yang banyak diteliti adalah metode pencucian (leaching), yaitu dengan menggunakan pelarut seperti air atau larutan asam untuk mengurangi kandungan abu dan mineral anorganik dalam biomassa [10], [13], [14].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pencucian menggunakan larutan asam, seperti asam asetat atau asam klorida, mampu menghilangkan mineral-mineral anorganik lebih efektif dibandingkan pencucian dengan air [1], [3], [10], [11]. Namun, penggunaan larutan asam juga menimbulkan tantangan tersendiri, seperti biaya operasional tambahan, potensi pencemaran limbah cair, serta kemungkinan degradasi sebagian komponen biomassa. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi komprehensif terhadap perbandingan efektivitas antara metode pencucian air dan asam, baik dari segi pengurangan kadar abu maupun dampaknya terhadap nilai kalor biomassa.

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan sejalan dengan Renewable Energy Mix yang dicanangkan oleh pemerintah Indonesia. Pemerintah menargetkan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% pada tahun 2030 dan mencapai netral karbon (100% penurunan emisi) pada tahun 2070. Salah satu strategi untuk mencapai target tersebut adalah melalui pemanfaatan energi terbarukan, termasuk biomassa, secara masif dan berkelanjutan [15], [16].

Skema penggunaan energi biomassa tidak hanya mendukung pencapaian target nasional dalam pengurangan emisi, tetapi juga sejalan dengan arah kebijakan Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) 2017–2045 yang ditetapkan oleh Kemenristekdikti, di mana pengembangan energi baru dan terbarukan menjadi salah satu prioritas utama. Selain itu, penelitian ini juga selaras dengan Rencana Strategis (Renstra) Universitas Janabadra dan Fakultas Teknik UJB yang turut menekankan pentingnya pengembangan riset di bidang energi terbarukan sebagai bagian dari kontribusi akademik terhadap pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium untuk membandingkan efektivitas metode pencucian menggunakan air dan larutan asam terhadap kandungan abu dan mineral anorganik pada biomassa serbuk gergaji kayu jati. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mengetahui metode mana yang lebih efektif dalam menurunkan kadar abu serta meningkatkan nilai kalor biomassa, sehingga hasil produk menjadi lebih optimal sebagai bahan bakar padat.

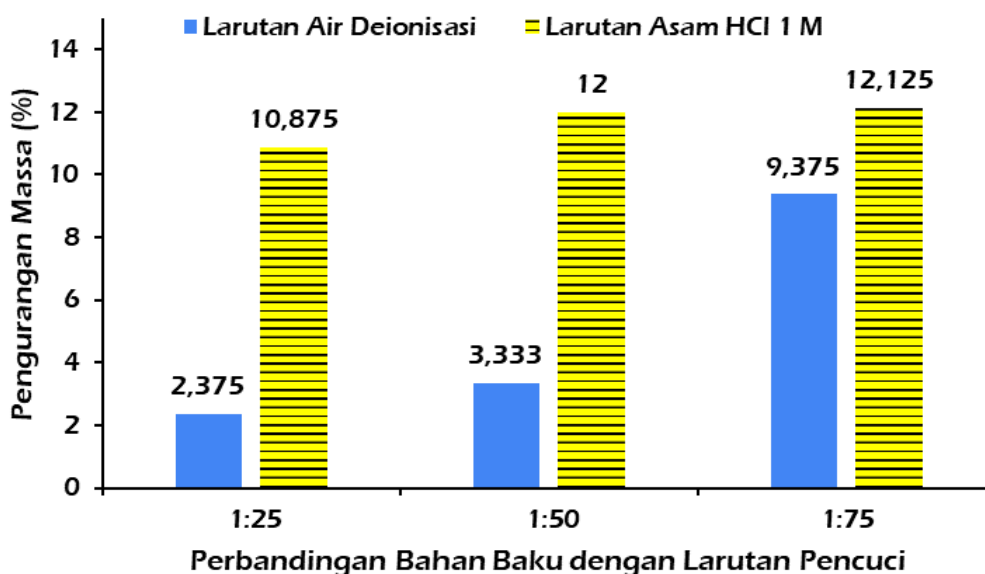
Penelitian ini menggunakan beberapa bahan dan alat yang mendukung proses percobaan secara optimal. Bahan yang digunakan meliputi serbuk gergaji kayu jati yang telah dikeringkan sebagai bahan utama, air deionisasi sebagai pelarut murni, serta larutan asam HCl dengan konsentrasi 1 molar untuk proses perlakuan kimia. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital untuk mengukur massa

bahan dengan ketelitian tinggi, oven pengering untuk menghilangkan kandungan air pada sampel, serta *magnetic stirrer* yang berfungsi mencampurkan larutan secara homogen.

Adapun perlakuan pencucian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sampel serbuk gergaji dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu tanpa pencucian, pencucian dengan air deionisasi, dan pencucian dengan larutan asam. Perbandingan campuran antara massa serbuk gergaji dengan larutan pencuci dijaga pada 1:25, 1:50, 1:75. Kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam gelas pencampur dan di aduk selama 2 jam pada 250 rpm untuk memaksimalkan proses pencuciannya. Setelah pencucian selesai, larutan disaring dan residu padat dibilas dengan air destilasi hingga mencapai pH netral. Setelah itu padatan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai massa nya konstan atau sekitar 6 jam.

HASIL DAN ANALISIS

Gambar 1 menunjukkan bahwa pelindian serbuk gergaji kayu jati menunjukkan perbedaan kinerja yang tegas antara dua pelarut: HCl 1 M dan air deionisasi, pada tiga rasio padat:cair (1:25, 1:50, 1:75) yang diuji. Secara kuantitatif, HCl 1 M memberikan pengurangan massa yang konsisten tinggi pada rentang $\pm 10,875$ – $12,125\%$ di seluruh rasio, sedangkan air deionisasi meningkat lebih bertahap dari $\pm 2,375\%$ ke $\pm 9,375\%$, menandakan bahwa mekanisme demineralisasi asam secara efektif melepas kation alkali-alkali tanah yang tidak seluruhnya larut air. Pola ini sejalan dengan temuan bahwa pelindian asam melibatkan pertukaran ion dan pelarutan garam/kation terikat pada matriks lignoselulosa, sehingga menghasilkan penurunan massa yang lebih besar dibanding sekadar pencucian air.



Gambar 1. Pengurangan Massa Biomassa Setelah Proses Pencucian

Di sisi lain, tren kenaikan pada air deionisasi mencerminkan dominasi pelepasan spesies anorganik yang sangat larut seperti KCl/NaCl, yang menjadi lebih efektif ketika volume pelarut meningkat, sedangkan manfaat marjinal HCl mulai mendatar setelah rasio 1:50, mengindikasikan kedekatan pada kondisi jenuh terhadap fraksi yang mudah terlepas oleh asam. Konsistensi hasil dengan literatur demineralisasi memperlihatkan bahwa konsentrasi asam dan waktu kontak adalah pengendali utama, sedangkan rasio padat:cair memberikan manfaat yang menurun setelah melewati ambang efisiensi tertentu, sehingga rentang 1:50–1:75 dengan HCl 1 M kerap menjadi kompromi teknis-ekonomis.

Kenaikan rasio pelarut memperbaiki perpindahan massa untuk kedua pelarut, tetapi efek tambahan untuk HCl 1 M lebih kecil dari 1:50 ke 1:75 dibandingkan dari 1:25 ke 1:50, sedangkan air deionisasi tetap menunjukkan respons kuat pada 1:75. Implikasi praktisnya, tahap pencucian air pada rasio tinggi dapat menurunkan ion sangat larut, namun untuk mencapai demineralisasi menyeluruh terhadap kation terikat tetap diperlukan langkah asidifikasi; strategi bertahap ini selaras dengan laporan bahwa kombinasi pencucian air dan pelindian asam menurunkan risiko fouling/slagging pada proses termokimia biomassa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen, dapat disimpulkan bahwa metode pencucian menggunakan larutan asam HCl 1 M jauh lebih efektif dalam mengurangi kandungan abu dan mineral anorganik pada serbuk gergaji kayu jati dibandingkan dengan air deionisasi, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai pengurangan massa yang signifikan lebih tinggi pada seluruh rasio padat:cair yang diuji. Setiap kenaikan rasio pelarut menghasilkan peningkatan pengurangan massa untuk kedua metode, namun efeknya jauh lebih dominan pada perlakuan asam, dengan rentang pengurangan massa yang konsisten tinggi ($\pm 10,875$ – $12,125\%$) dibanding air deionisasi ($\pm 2,375$ – $9,375\%$). Dengan demikian, metode pencucian menggunakan HCl 1 M terbukti lebih optimal dan konsisten dalam menurunkan kandungan material anorganik dibandingkan pencucian dengan air deionisasi, sehingga lebih disarankan untuk proses demineralisasi serbuk gergaji kayu jati ketika optimasi pengurangan massa anorganik menjadi prioritas utama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Tabish *et al.*, “Biomass Waste Valorization by Acidic and Basic Leaching Process for Thermochemical Applications,” *Waste Biomass Valorization*, vol. 12, no. 11, pp. 6219–6229, Nov. 2021, doi: 10.1007/s12649-021-01420-2.
- [2] K. B. Kota, S. Shenbagaraj, P. K. Sharma, A. K. Sharma, P. K. Ghodke, and W. H. Chen, “Biomass torrefaction: An overview of process and technology assessment based on global readiness level,” *Fuel*, vol. 324, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.fuel.2022.124663.
- [3] W. Xu *et al.*, “Comparative study of water-leaching and acid-leaching pretreatment on the thermal stability and reactivity of biomass silica for viability as a pozzolanic additive in cement,” *Materials*, vol. 11, no. 9, Sep. 2018, doi: 10.3390/ma11091697.
- [4] D. Kurniasih, K. Eka Sari, and W. Permata Wijayanti Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, “KAJIAN PELUANG ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH SERBUK GERGAJI DI SENTRA INDUSTRI MEBEL KELURAHAN BUKIR.”
- [5] G. K. Gupta, P. K. Gupta, and M. K. Mondal, “Experimental process parameters optimization and in-depth product characterizations for teak sawdust pyrolysis,” *Waste Management*, vol. 87, pp. 499–511, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2019.02.035.
- [6] N. Kirti, S. P. Tekade, A. Tagade, and A. N. Sawarkar, “Pyrolysis of pigeon pea (*Cajanus cajan*) stalk: Kinetics and thermodynamic analysis of degradation stages via isoconversional and master plot methods,” *Bioresour Technol*, vol. 347, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.biortech.2021.126440.
- [7] Y. Yang *et al.*, “A review on the modified red mud for biomass catalytic pyrolysis: Preparation, mechanisms and perspectives,” Mar. 01, 2024, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.jaap.2024.106430.
- [8] W. H. Chen, J. Peng, and X. T. Bi, “A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications,” 2015, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2014.12.039.
- [9] F. X. Collard and J. Blin, “A review on pyrolysis of biomass constituents: Mechanisms and composition of the products obtained from the conversion of cellulose, hemicelluloses and lignin,” 2014, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2014.06.013.
- [10] M. Amir Javed, U. Aslam, Z. Aslam, N. Ramzan, and T. Hussain, “Valorization of Agricultural Waste: Comparative Study with Focus on Improving the Heating Value of Biomass,” *Journal of Energy Engineering*, vol. 146, no. 4, Aug. 2020, doi: 10.1061/(asce)ey.1943-7897.0000672.
- [11] D. O. Usino, T. Sar, P. Ylitervo, and T. Richards, “Effect of Acid Pretreatment on the Primary Products of Biomass Fast Pyrolysis,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 5, Mar. 2023, doi: 10.3390/en16052377.
- [12] H. C. Ong, W. H. Chen, A. Farooq, Y. Y. Gan, K. T. Lee, and V. Ashokkumar, “Catalytic thermochemical conversion of biomass for biofuel production: A comprehensive review,” Oct. 01, 2019, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2019.109266.
- [13] S. G. C. de Almeida, L. A. C. Tarelho, T. Hauschild, M. A. M. Costa, and K. J. Dussán, “Biochar production from sugarcane biomass using slow pyrolysis: Characterization of the solid fraction,” *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, vol. 179, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.cep.2022.109054.
- [14] C. Nzediegwu, M. Arshad, A. Ulah, M. A. Naeth, and S. X. Chang, “Fuel, thermal and surface properties of microwave-pyrolyzed biochars depend on feedstock type and pyrolysis temperature,” *Bioresour Technol*, vol. 320, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.biortech.2020.124282.
- [15] L. K. Mangalla, R. R. Sisworo, and L. Pagiling, “Perbaikan Kualitas Energi Biomassa Kayu Jati Menggunakan Torefaksi Microwave Untuk Produksi Bioarang,” *TEKNIK*, vol. 44, no. 1, pp. 15–22, May 2023, doi: 10.14710/teknik.v44i1.48278.
- [16] E. Delgado-Plaza *et al.*, “Key Processes for the Energy Use of Biomass in Rural Sectors of Latin America,” Jan. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/su15010169.