



PRE-TREATMENT CANGKANG KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) DAN TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera*) DENGAN PROSES LEACHING DALAM PEMBUATAN BIOPELET

Arinda Ramadani¹, Sirajuddin², Naswa Amalia Ananda³

Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia,
Politeknik Negeri Samarinda, Kota Samarinda, Indonesia

e-mail: arindacampus@gmail.com¹, sirajuddin@polnes.ac.id²,
naswaamaliaananda@gmail.com³

Accepted: 8/12/2025 Published: 9/12/2025

ABSTRAK

Pemanfaatan biomassa berupa cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa sebagai biopelet bertujuan menurunkan kadar abu melalui pre-treatment sesuai SNI 8675:2018 untuk meningkatkan mutu. Biopelet dibuat dari campuran cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa dengan rasio 2:1. Metode yang digunakan meliputi proses leaching menggunakan air, larutan HCl 0,5%, HNO₃ 0,5%, CH₃COOH 0,5%, dan H₃PO₄ 0,5%, dilanjutkan dengan peletisasi menggunakan perekat tepung tapioka sebanyak 10%. Parameter uji mencakup kadar air, kadar abu, zat menguap, karbon tetap, dan nilai kalor berdasarkan standar SNI. Hasil menunjukkan perlakuan terbaik diperoleh pada leaching HNO₃ 0,5% dengan kadar abu terendah 1,307%, kadar air 10,24%, zat menguap 66,915%, karbon tetap 21,542%, dan nilai kalor 18,131 MJ/kg. Seluruh variasi memenuhi standar mutu biopelet SNI 8675:2018.

Kata Kunci: Biopelet, Cangkang Kelapa Sawit, Tempurung Kelapa, Leaching

ABSTRACT

The use of biomass in the form of oil palm shells and coconut shells as biopellets aims to reduce ash content through pretreatment in accordance with SNI 8675:2018 to improve quality. The biopellets were made from a mixture of oil palm shells and coconut shells in a 2:1 ratio. The methods used include leaching processes using water, 0.5% HCl solution, 0.5% HNO₃, 0.5% CH₃COOH, and 0.5% H₃PO₄, followed by pelletization using 10% tapioca flour as a binder. Test parameters included moisture content, ash content, volatile matter, fixed carbon, and calorific value based on SNI standards. The results showed that the best treatment was obtained with 0.5% HNO₃ leaching, yielding the lowest ash content of 1.307%, moisture content of 10.24%, volatile matter of 66.915%, fixed carbon of 21.542%, and calorific value of 18.131 MJ/kg. All variants met the SNI 8675:2018 biopellets quality standards.

Keywords: Biopellets, Palm Kernel Shells, Coconut Shells, Leaching

PENDAHULUAN

Cangkang biji kelapa sawit atau Palm Kernel Shell (PKS) merupakan bagian keras yang melindungi inti dan menyumbang sekitar 6,5% dari bobot buah. Di Kalimantan Timur, produksi kelapa sawit tahun 2021 mencapai 16.717.254 ton, dengan potensi cangkang sekitar 1.086.621,51 ton per tahun. Sementara itu, kelapa (*Cocos nucifera*) dikenal sebagai “pohon

kehidupan” karena seluruh bagiannya bermanfaat. Pada tahun 2024, produksi kelapa di Kalimantan Timur diperkirakan 11.000 ton per tahun, dengan potensi tempurung sekitar 1.980 ton per tahun (Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, 2025). Cangkang sawit sering dianggap sebagai hasil samping karena tidak dapat diolah menjadi minyak, padahal berpotensi sebagai sumber energi, misalnya menjadi briket arang yang praktis dan efisien (Arbi & Irsad, 2018). Cangkang kelapa sawit mengandung lignin 29,4%, hemiselulosa 27,7%, selulosa 26,6%, air 8,0%, ekstraktif 4,2%, dan abu 0,60%, sehingga berpotensi memberi nilai tambah ekonomi dan lingkungan (Santoso, 2016). Tempurung kelapa (*Cocos nucifera*) juga merupakan sumber energi alternatif, namun masih terbatas digunakan sebagai kerajinan atau limbah. Padahal, nilai kalornya tinggi, yaitu sekitar 18.200–19.388,05 kJ/kg, sehingga perlu dimanfaatkan lebih optimal untuk meningkatkan nilai tambah (Wulandari & Dimas, 2025). Biopellet merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan karena berbasis limbah biomassa. Selain hemat biaya, penggunaannya juga lebih bersih dibanding bahan bakar fosil, karena tidak menimbulkan asap tebal. Oleh sebab itu, penelitian mengenai pemanfaatan cangkang sawit dan tempurung kelapa sebagai bahan baku Biopellet sangat diperlukan guna mendukung pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Istiani dkk., 2021)

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, tepung tapioka, CH_3COOH 0,5%, HCl 0,5%, HNO_3 0,5%, H_3PO_4 0,5% dan Aquadest. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium foil, ayakan 60 mesh, batang pengaduk, blender, bomb calorimeter (Parr 6200 calorimeter), cawan petri, cetakan biopellet, crucible porcelain, desikator, furnace, gelas beaker 100 ml, 250 ml, 500 ml, dan 1000 ml, gelas ukur 100 ml, hot plate, kertas indikator pH, lumpang dan alu, neraca digital, oven, pH meter, pipet volume 10 ml, saringan, spatula, tempat penyimpanan sampel, tray aluminium dan wadah kedap udara.

Preparasi Bahan Baku

Sampel cangkang kelapa sawit diambil di PT. Niagamas Gemilang dan tempurung kelapa di Jalan Kahoi, kemudian dijemur selama tiga hari di bawah sinar matahari. Selanjutnya, cangkang sawit dan tempurung kelapa diperkecil ukurannya menggunakan alat crusher hingga menjadi serbuk, lalu diayak dengan ukuran saringan 60 mesh tertahan 70 mesh. Serbuk yang lolos ayakan kemudian dimasukkan ke dalam wadah tertutup untuk menghindari kelembapan udara.

Proses Leaching Bahan Baku

Serbuk cangkang kelapa sawit sebanyak 200 gram dan tempurung kelapa sebanyak 100 gram ditimbang ke dalam wadah kedap udara, kemudian ditambahkan 4500 ml air dan larutan asam nitrat (HNO_3) 0,5%. Campuran diaduk menggunakan batang pengaduk hingga seluruh serbuk terendam, lalu didiamkan selama 15 menit dalam keadaan tertutup untuk mencegah kontaminasi udara. Setelah itu, serbuk disaring menggunakan saringan kain dan ditempatkan pada tray aluminium, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 ± 2 °C selama 3 jam. Serbuk yang telah kering selanjutnya disimpan dalam wadah tertutup. Prosedur yang sama diulangi menggunakan pelarut asam klorida 0,5%, asam nitrat 0,5%, asam asetat 0,5%, dan asam fosfat 0,5%.

Proses Peletisasi Di Alat Cetakan

Serbuk cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa yang telah ditreatment dengan asam nitrat (HNO_3) 0,5% disiapkan, kemudian dicampurkan dengan rasio 2:1 serta ditambahkan tepung tapioka sebanyak 10% dari berat bahan baku. Campuran diaduk hingga merata menggunakan batang pengaduk, lalu dimasukkan ke dalam alat cetak penggilingan dan diputar hingga menghasilkan biopellet. Biopellet yang terbentuk kemudian dikeringkan

dalam oven pada suhu 105 ± 2 °C selama 1 jam, selanjutnya disimpan dalam wadah tertutup dan diberi nama sampel. Prosedur ini diulangi untuk serbuk yang telah ditreatment dengan pelarut air, asam nitrat, asam asetat, dan asam fosfat.

Penentuan Kadar Air (*Inheret Moisture*)

Aliran listrik dipastikan dalam posisi “ON”, kemudian suhu oven dinaikkan hingga $105\text{--}110^\circ\text{C}$. Petridish kosong beserta tutupnya ditimbang dan dicatat sebagai M1, lalu sampel sebanyak $1,0000 \pm 0,0010$ g dimasukkan ke dalam petridish dan ditimbang sebagai M2 dengan permukaan diratakan. Petridish beserta penutupnya dalam keadaan terbuka diletakkan di atas tray platina dan dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C dengan aliran udara kering selama 3 jam. Setelah itu, petridish diambil, ditutup, dan didinginkan dalam desikator selama 10–15 menit, kemudian ditimbang kembali sebagai M3. Analisis dilakukan secara duplo dengan waktu yang sama untuk setiap langkah. Pengerjaan kadar air menggunakan Persamaan 1 berikut ini :

$$\% \text{ Kadar Air} : \frac{\{(M_2 - M_3)\}}{\{(M_2 - M_1)\}} \times 100\% \quad (1)$$

Penentuan Kandungan Abu (*Ash Content*)

Porselen dish kosong ditimbang dan massanya dicatat sebagai M1, kemudian sampel sebanyak $1,0000 \pm 0,0010$ g dimasukkan dan ditimbang bersama cawan sebagai M2. Permukaan sampel diratakan dengan mengetuk perlahan porselen dish, lalu dimasukkan ke dalam furnace pada suhu ruang menggunakan gegep. Suhu furnace dinaikkan hingga 500°C dan ditahan selama 1,5 jam, kemudian dinaikkan lagi hingga 750°C selama 2 jam. Setelah itu, suhu furnace diturunkan dengan membuka sedikit pintu hingga mencapai sekitar 300°C . Porselen dish kemudian dikeluarkan, diletakkan di atas tray, dan didinginkan selama 10–15 menit sebelum ditimbang kembali sebagai M3. Analisis dilakukan secara duplo dengan waktu yang sama untuk setiap Langkah Pengerjaan kadar abu menggunakan Persamaan 2 berikut ini :

$$\% \text{ Kadar abu} = \frac{\{(M_3 - M_1)\}}{\{(M_2 - M_1)\}} \times 100\% \quad (2)$$

Penentuan Kandungan Zat Menguap (*Volatile Matter*)

Suhu furnace untuk kadar zat menguap dipastikan berada pada 950°C , kemudian crucible beserta tutupnya ditimbang dan dicatat sebagai M1. Sampel sebanyak $1,0000 \pm 0,0010$ gram dimasukkan ke dalam crucible, lalu massa crucible, tutup, dan sampel dicatat sebagai M2. Crucible ditutup dan diketuk perlahan agar sampel merata, kemudian dimasukkan ke dalam furnace pada suhu 950°C selama 7 menit. Setelah itu, crucible dikeluarkan dan didinginkan selama 7 menit, kemudian ditimbang kembali bersama tutup dan sisa pembakaran sebagai M3. Analisis dilakukan secara duplo dengan waktu yang sama untuk setiap langkah Pengerjaan kadar zat menguap menggunakan Persamaan 3 berikut ini

$$\% \text{ Loss} : \frac{\{(M_2 - M_3)\}}{\{(M_2 - M_1)\}} \times 100\% \text{ dan } \% \text{ VM} : \% \text{ Loss} - \% \text{ M ad} \quad (3)$$

Penentuan Karbon Tetap (*Fixed Carbon*)

Menyiapkan 3 data pengujian sebelumnya (kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang), menghitung nilai karbon terikat menggunakan persamaan. Pengerjaan kadar zat menguap menggunakan Persamaan 4 berikut ini :

$$\text{Karbon tetap (\%)} = 100\% - (\text{Moisture} + \text{Ash} + \text{Volatile matter}) \quad (4)$$

Penentuan Nilai Kalor (*Caloric Value*)

Ambil sampel yang akan diuji, kemudian haluskan hingga menjadi partikel kecil. Gunakan asam benzoat sebagai bahan standar untuk mengkalibrasi kalorimeter, lalu timbang sekitar 1 gram asam benzoat dan letakkan di dalam crucible. Lakukan pembakaran asam benzoat dalam kalorimeter bom sesuai petunjuk alat, kemudian hitung faktor kalibrasi (K) berdasarkan panas yang dihasilkan dan kenaikan suhu yang terukur. Selanjutnya, timbang sekitar 0,5–1 gram sampel yang telah dikeringkan dan letakkan di dalam crucible. Pasang

benang penyalat atau kawat penyalat pada elektroda kalorimeter bom, lalu isi bom kalorimeter dengan oksigen murni hingga tekanan mencapai 25–30 atm. Masukkan crucible yang berisi sampel ke dalam kalorimeter bom, kemudian tutup dan kencangkan dengan rapat. Nyalakan kalorimeter bom dan biarkan sampel terbakar sempurna, sambil mencatat kenaikan suhu air di sekitar bom menggunakan termometer atau sensor suhu. Setelah pembakaran selesai, matikan kalorimeter dan keluarkan crucible. Persamaan 5 berikut ini :

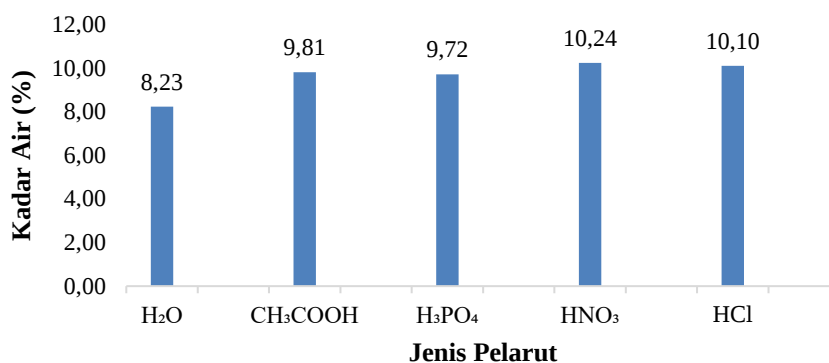
$$\text{Nilai kalor (cal/gr)} = \frac{\Delta t \times W}{Mb} - B \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

penelitian ini untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis pelarut dengan proses *Leaching* dalam penurunan kadar abu, yaitu air (H_2O), asam klorida (HCl) 0,5%, asam nitrat (HNO_3) 0,5%, asam asetat (CH_3COOH) 0,5%, dan asam fosfat (H_3PO_4) 0,5%, terhadap kualitas Biopelet yang dibuat dari campuran cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa. Penelitian ini juga fokus pada evaluasi beberapa parameter kualitas Biopelet seperti kadar air, kadar abu, kadar zat yang mudah menguap, karbon terikat, serta nilai kalor, agar dapat diperoleh Biopelet dengan karakteristik terbaik yang memenuhi standar kualitas sesuai dengan Standar Nasional Indonesia SNI 8675:2018 sebagai bahan bakar biomassa yang ramah lingkungan dan memiliki nilai guna yang tinggi.

Pengaruh Kadar Air Terhadap Jenis Pelarut

Parameter kadar air menjadi indikator awal keberhasilan proses leaching karena dipengaruhi jenis pelarut dan sifat kimianya (Bárzaga-martell dkk., 2025). Tujuan utama leaching bukan untuk menurunkan kadar air, melainkan melarutkan mineral anorganik penyusun abu, meskipun pelarut berbasis air dan asam encer secara tidak langsung memengaruhi daya serap air bahan (Sharma, 2023).



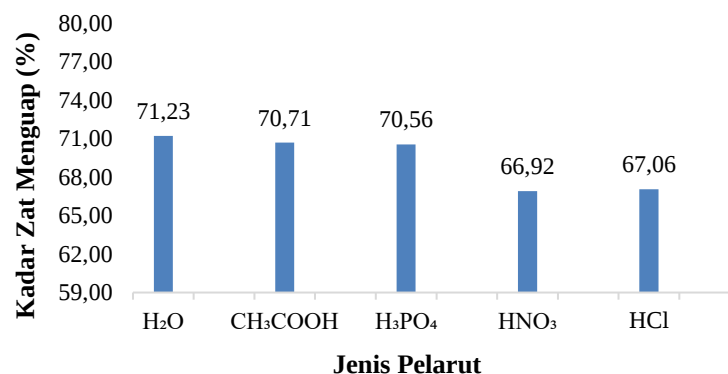
Gambar 1. Diagram Perbandingan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Air

Hasil menunjukkan kadar air biopelet setelah leaching berkisar 8,23–10,24%. Air (H_2O) sebagai pelarut anorganik polar menghasilkan kadar air terendah (8,23%) karena membuka pori biomassa dan meningkatkan luas permukaan. Asam asetat (CH_3COOH) dan asam fosfat (H_3PO_4) yang bersifat asam lemah meningkatkan pelarutan dan keterbukaan struktur, sehingga kadar air naik menjadi sekitar 9,72–9,81% (Sapei dkk., 2015). Sementara itu, asam kuat seperti HNO_3 dan HCl terionisasi sempurna dan menyebabkan pelarutan lebih intensif, sehingga struktur biopelet semakin terbuka dan lebih mampu menyerap air, menghasilkan kadar air tertinggi, yaitu 10,24% (HNO_3) dan 10,10% (HCl) (Boulegghimat dkk., 2013).

Pengaruh Kadar Zat Menguap Terhadap Jenis Pelarut

Parameter kadar zat menguap menunjukkan jumlah komponen volatil yang keluar saat awal pemanasan dan berperan penting dalam proses penyalatan serta reaksi bahan bakar. Tujuan utama leaching pada parameter ini bukan menghilangkan zat menguap, melainkan mengurangi mineral anorganik penyusun abu yang dapat menghambat pelepasan volatil (Jenkins et al.,

1998). Namun, leaching tetap memengaruhi kadar zat menguap secara tidak langsung melalui perubahan struktur fisik dan kimia biomassa (Mosier dkk., 2005).

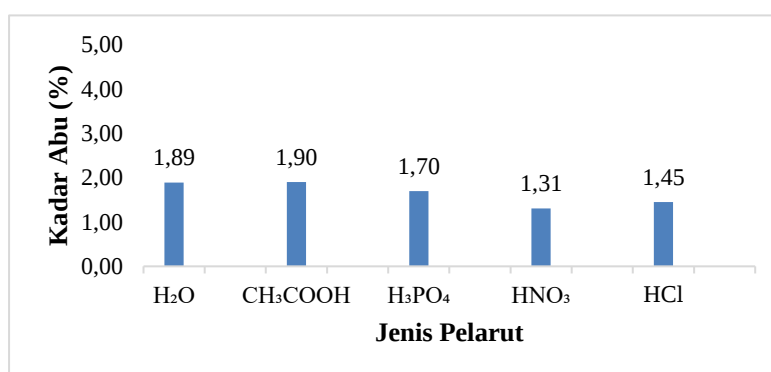


Gambar 2. Diagram Perbandingan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Zat Menguap

Hasil menunjukkan bahwa penggunaan air, asam asetat, dan asam fosfat menghasilkan kadar zat menguap lebih tinggi. Air (H₂O) memberikan nilai tertinggi (71,23%) karena derajat keasamannya sangat rendah sehingga tidak merusak stabilitas hidrokarbon volatil. Asam asetat (70,71%) dan asam fosfat (70,56%) sebagai asam lemah juga menghasilkan nilai tinggi karena interaksinya dengan hidrokarbon sesuai prinsip *like dissolves like*, sehingga pelarutan terjadi tanpa degradasi berlebih (Mosier dkk., 2005). Sebaliknya, asam kuat seperti HNO₃ (66,92%) dan HCl (67,06%) menghasilkan kadar zat menguap lebih rendah akibat sifatnya yang sangat reaktif sehingga menurunkan fraksi hidrokarbon volatil (Tabish dkk., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi derajat keasaman pelarut, semakin besar penurunan kadar zat menguap (Yang dkk., 2007).

Pengaruh Kadar Abu Terhadap Jenis Pelarut

Kadar abu merupakan parameter utama kualitas bahan bakar padat karena berasal dari mineral anorganik yang tidak terbakar dan memengaruhi efisiensi pembakaran. Leaching bertujuan menurunkan mineral penyusun abu agar sisa pembakaran minimal (Puri dkk., 2024). Abu umumnya didominasi silika (SiO₂) serta mineral alkali dan alkali tanah (K, Ca, Mg, Na) yang berperan dalam pembentukan abu dan slagging (Vassilev dkk., 2017).



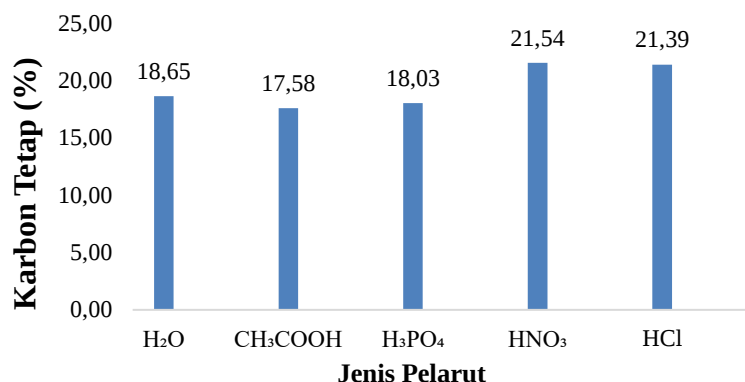
Gambar 3. Diagram Perbandingan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Abu

Setelah leaching, kadar abu berada pada rentang sempit 1,31–1,90%, menunjukkan semua pelarut cukup efektif. Nilai tertinggi terdapat pada asam asetat (1,90%) dan air (1,89%), diikuti asam fosfat (1,70%), HCl (1,45%), dan terendah HNO₃ (1,31%). Asam asetat yang bersifat asam lemah kurang efektif melarutkan mineral anorganik, sedangkan asam anorganik lebih mampu melarutkan oksida, karbonat, dan fosfat logam semua pelarut menurunkan kadar abu,

tetapi asam anorganik lebih efektif dibanding asam organik, meskipun perbedaannya tidak signifikan.

Pengaruh Kadar Karbon Tetap Terhadap Jenis Pelarut

Kadar karbon tetap menunjukkan sisa karbon padat setelah zat volatil dan abu dikurangi, sehingga penting untuk menentukan kualitas dan lama pembakaran. Leaching tidak menambah karbon, tetapi mengurangi komponen non-karbon seperti mineral abu dan sebagian volatil (Jenkins dkk., 1998).

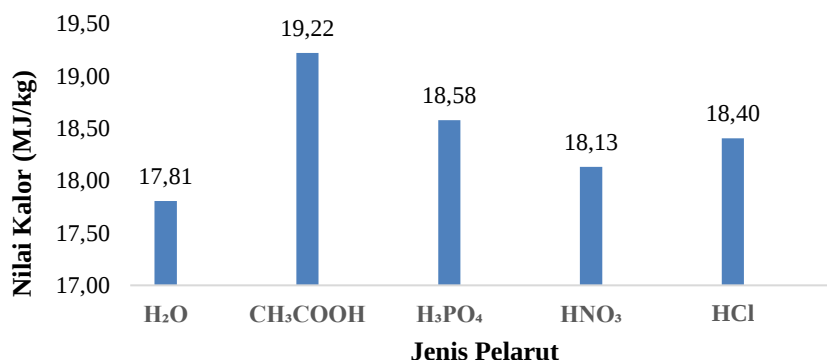


Gambar 4. Diagram Perbandingan Jenis Pelarut Terhadap Kadar Karbon Tetap

Secara teoritis, kadar karbon tetap = 100% – (kadar air + kadar abu + kadar volatil), sehingga nilainya meningkat jika komponen non-karbon menurun. Asam anorganik lebih efektif meningkatkan karbon tetap karena mampu melarutkan mineral dan menurunkan kestabilan volatil, terlihat pada HNO₃ (21,54%) dan HCl (21,39%). Sebaliknya, asam asetat kurang efektif sehingga menghasilkan nilai terendah (17,58%), sedangkan air (18,65%) dan H₃PO₄ (18,03%) berada pada tingkat menengah variasi kadar karbon tetap ditentukan oleh efektivitas pelarut dalam mengurangi komponen non-karbon, bukan hanya jenis pelarutnya.

Pengaruh Nilai Kalor Terhadap Jenis Pelarut

Nilai kalor dipengaruhi langsung oleh kandungan senyawa organik penghasil energi, terutama karbon dan hidrogen, serta tidak langsung oleh kadar abu yang bersifat tidak aktif (Basu, 2010). Leaching bertujuan mengurangi mineral anorganik (SiO₂, K, Ca, Mg, Na) agar fraksi organik meningkat dan nilai kalor naik (Oberberger dkk., 2006).



Gambar 5. Diagram Perbandingan Jenis Pelarut Terhadap Nilai Karbon

Hasil menunjukkan CH₃COOH memiliki nilai kalor tertinggi (19,22 MJ/kg) karena mengandung C dan H yang menghasilkan energi saat oksidasi. Sebaliknya, H₂O terendah (17,81 MJ/kg) karena tidak mengandung karbon. Pelarut anorganik seperti H₃PO₄ (18,58 MJ/kg), HNO₃ (18,13 MJ/kg), dan HCl (18,40 MJ/kg) juga bernilai lebih rendah karena tidak mengandung karbon (Tabish dkk., 2021).

KESIMPULAN

jenis pelarut tidak berpengaruh signifikan karena pelarut yang digunakan terdiri dari 1 organik dan 3 anorganik, sementara pelarutan mineral abu lebih efektif dengan pelarut anorganik. Pelarut anorganik, khususnya HNO_3 , paling efektif dengan hasil kadar abu 1,307%, kadar air 10,24%, zat menguap 66,915%, karbon tetap 21,542%, dan nilai kalor 18,131 MJ/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. (2025). Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman di Provinsi Kalimantan Timur (ribu ton).
- Bárcaga-Martell, L., Diaz-quezada, S., & Estay, H. (2025). Estimation of Copper Grade, Acid Consumption, and Moisture Content in Heap Leaching Using Extended and Unscented Kalman Filters. *MDPI*, 15(251), 1–26.
- Bouleghlimat, E., Davies, P. R., Davies, R. J., Howarth, R., Morgan, D. J., Bouleghlimat, E., Davies, P. R., & Davies, R. J. (2013). The effect of acid treatment on the surface chemistry and topography of graphite. *Carbon*, 15(5), 1–7.
- Istiani, W., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2021). Biopellet Dari Limbah Cangkang Kemiri (*Aleurites moluccana*) Dengan Campuran Biomassa Limbah Batang Sagu (*Metroxylon sagu*) Dan Serbuk Gergaji Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Wahana Forestra*, 16(2), 170–180. <https://doi.org/10.31849/forestra.v16i2.7056>
- Jenkins, B. M., Baxter, L. L., Jr, T. R. M., & Miles, T. R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel Processing Technology*, 54, 17–46.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y. Y., Holtzapple, M., & Ladisch, M. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96, 673–686.
- Obernberger, I., Brunner, T., & Ba, G. (2006). Chemical properties of solid biofuels significance and impact. *Biomass & Bioenergy*, 30, 973–982.
- Puri, L., Hu, Y., & Naterer, G. (2024). Critical review of the role of ash content and composition in biomass pyrolysis. *Frontiers In Fuels*, 2, 1–19.
- Sapei, L., Padmawijaya, K. S., Sutejo, A., & Theresia, L. (2015). Karakterisasi Silika Sekam Padi Dengan Variasi Temperatur Leaching Menggunakan Asam Asetat. *Jurnal Teknik Kimia*, 9(2), 38–43.
- Sharma, K. (2023). Leaching: Types, Methods, Advantages, Disadvantages.
- Tabish, A. N., Kazmi, M., Asif, M., Farhat, I., & Irfan, M. (2021). Biomass Waste Valorization by Acidic and Basic Leaching Process for Thermochemical Applications. *Waste and Biomass Valorization*, 12.
- Vassilev, S. V, Vassileva, C. G., Song, Y., Li, W., & Feng, J. (2017). Ash contents and ash-forming elements of biomass and their significance for solid biofuel combustion. *Fuel*, 208(5), 377–409.
- Wulandari, F. T., & Dimas. (2025). Pemanfaatan Limbah Biomassa Cangkang Kemiri Dan Tempurung Kelapa Sebagai Biobriket Ramah Lingkungan. *Jurnal Kehutanan Indonesia*, 6(1), 1–12.
- Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D. H., & Zheng, C. (2007). Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, 86, 1781–1788.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)