

Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Penyerap Logam Berat Yang Ramah Lingkungan Dan Ekonomis

Mycelia Paradise¹, Edy Nursanto¹, Nurkhamim¹

¹Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta

Korespondensi : myceliaparadise@gmail.com

ABSTRAK

Tempurung kelapa merupakan salah satu limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal dan ketersediaannya melimpah di alam. Biasanya tempurung kelapa hanya dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif untuk menyerap logam berat dari air limbah melalui proses adsorpsi. Tempurung kelapa yang telah dibuat arang kemudian diaktivasi menggunakan pemanasan (aktivasi fisika) dan penambahan larutan kimia sebagai aktivator (aktivasi kimia). Larutan kimia yang biasanya digunakan sebagai aktivator yaitu larutan asam atau basa misalnya asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), zinc klorida (ZnCl₂), natrium karbonat (Na₂CO₃), natrium klorida (NaCl), asam fosfat (H₃PO₄), dan natrium hidroksida (NaOH). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa arang aktif tempurung kelapa mampu menyerap logam berat tembaga (Cu), besi (Fe), seng atau zinc (Zn), timbal (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr), dan aluminium (Al) dengan kapasitas penyerapan yang baik.

Kata kunci: adsorpsi, arang aktif tempurung kelapa

ABSTRACT

Coconut shell is one of the waste that has not been used optimally and its availability is abundant. Usually coconut shell used as handicrafts. Several studies shown that coconut shell can be used as activated carbon to adsorb heavy metals from wastewater through the adsorption process. Charcoal made from coconut shell are then activated using heating (physical activation) and using chemical solutions as activators (chemical activation). Chemical solutions usually used as activators are acidic or alkaline solutions such as hydrochloric acid (HCl), sulfuric acid (H₂SO₄), zinc chloride (ZnCl₂), sodium carbonate (Na₂CO₃), sodium chloride (NaCl), phosphoric acid (H₃PO₄), and sodium hydroxide (NaOH). Several studies shown that coconut shell activated carbon is able to adsorb heavy metals copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr), and aluminum (Al) with good adsorption capacity

Keywords: adsorption, coconut shell activated carbon

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis dengan berbagai kekayaan alam yang dimiliki, termasuk melimpahnya pohon kelapa. Buah kelapa telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat luas, namun pemanfaatan tempurung kelapa masih belum banyak dilakukan, bahkan di beberapa tempat hanya ditimbun begitu saja dan akhirnya menjadi limbah. Pemanfaatan tempurung kelapa yang dilakukan oleh masyarakat masih terbatas sebagai bahan bakar dan bahan baku kerajinan.

Komposisi kimia tempurung kelapa adalah selulosa 26,60%, lignin 29,40%, pentosan 27,70%, solvent ekstraktif 4,20%, uronat anhidrid 3,50%, abu 0,62%, nitrogen 0,11%, dan air 8,01% [10]. Tempurung kelapa dapat dibuat arang aktif untuk dimanfaatkan sebagai penyerap logam berat dalam air limbah. Arang yaitu padatan berpori dengan kandungan karbon sekitar 85-95% yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon melalui pemanasan pada suhu tinggi. Arang aktif yaitu arang yang telah mengalami aktivasi sehingga mengalami perubahan fisik [6] Arang aktif merupakan adsorben yang baik karena memiliki banyak pori. Ada beberapa material yang dapat dibuat sebagai arang aktif untuk menghilangkan logam berat dalam air limbah melalui proses adsorpsi yaitu kulit padi, tulang hewan, kayu, bambu, ampas tebu, batubara, kulit biji kopi dan kulit kacang. Adsorpsi adalah proses terikatnya gas atau cairan pada suatu permukaan padatan sehingga membentuk suatu lapisan tipis di permukaan padatan yang disebut adsorben atau penyerap. Kelebihan arang tempurung kelapa sebagai karbon aktif dibandingkan dengan material lain adalah bahwa mikropori arang tempurung kelapa lebih banyak, tingkat kelarutan dalam air lebih tinggi dan kadar abu lebih sedikit. Pemanfaatan arang tempurung kelapa sebagai adsorben logam berat diharapkan akan meningkatkan nilai ekonomis arang tempurung kelapa dan mengurangi limbah yang ada

2. METODE PENELITIAN

Proses pembuatan arang aktif dimulai dengan membersihkan tempurung kelapa dari pengotor misalnya kerikil atau tanah. Setelah tempurung kelapa bersih dari pengotor, tempurung kelapa dijemur dibawah sinar matahari sampai kering. Tempurung kelapa dibakar pada drum pembakaran pada suhu 300-500oC selama 3-5 jam [5]. Setelah tempurung kelapa menjadi arang, maka arang dihaluskan menjadi serbuk. Langkah selanjutnya yaitu membuat arang aktif dengan cara aktivasi pada arang. Aktivasi bertujuan untuk membersihkan permukaan arang dari pengotor dan membuka pori-pori arang sehingga luas permukaannya lebih besar dan daya adsorpsi nya semakin besar. Aktivasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia.

Aktivasi fisika dilakukan dengan cara membakar arang pada suhu 100-500oC selama 3 jam, sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan cara merendam arang kedalam larutan asam atau basa. Beberapa larutan kimia yang biasanya digunakan sebagai aktivator arang tempurung kelapa yaitu NaOH [1], ZnCl₂ [3], HCl [12], H₂SO₄ [5] dan KOH [11]. Setelah arang tempurung kelapa direndam dalam larutan kimia, arang disaring dan dicuci dengan akuades agar pH nya netral. Selanjutnya arang aktif diaktivasi secara fisika dengan cara mengeringkan dalam oven pada temperatur 110oC selama 3 jam, kemudian didinginkan pada desikator.

Karakterisasi arang aktif meliputi analisis struktur kristalinitas, luas permukaan, dan morfologi arang aktif tempurung kelapa menggunakan XRD (X Ray Diffraction), SAA (Surface Area Analyzer), dan SEM (Scanning Electron Microscope). XRD (X Ray Diffraction) atau difraksi sinar X merupakan metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar X dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Prinsip kerjanya yaitu sinar X yang dihasilkan suatu logam memiliki panjang gelombang tertentu, sehingga dengan melakukan variasi besar sudut pantulan, maka akan terjadi pantulan yang dapat dideteksi. SAA menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya gas yang digunakan adalah nitrogen, argon, dan helium.

Prinsip kerja alat ini hanya mengukur jumlah gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Jika volume gas spesifik yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu diketahui, dan luas permukaan satu molekul gas secara teoritis diketahui, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung. SEM merupakan salah satu mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan material yang dianalisis. Prinsip kerjanya dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi.

Menurut Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88) yang dikeluarkan oleh Departemen Perindustrian, persyaratan karbon aktif yaitu memiliki kadar air maksimal 15% dan kadar abu 10%. Penentuan kadar air arang aktif tempurung kelapa dilakukan dengan cara memasukkan 1 gram arang aktif tempurung kelapa yang telah dikeringkan kedalam oven dan dipanaskan pada suhu 110oC selama 2 jam. Kemudian arang aktif dikeluarkan dari oven, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang. Arang aktif dihitung kadar airnya menggunakan persamaan (1)

Kadar air =

$$\frac{\text{berat awal} - \text{berat setelah pemanasan}}{\text{berat awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Penentuan kadar abu arang aktif tempurung kelapa dilakukan dengan cara memasukkan 1 gram arang aktif tempurung kelapa yang telah dikeringkan kedalam oven dan dipanaskan pada suhu 110 oC selama 2 jam. Arang diabukan pada furnace dengan suhu 700 oC selama 2 jam. Selanjutnya arang didinginkan dalam desikator, dan ditimbang. Arang aktif dihitung kadar abunya menggunakan persamaan (2)

Kadar abu =

$$\frac{\text{berat awal} - \text{berat setelah pengabuan}}{\text{berat awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

3. HASIL DAN PENGUJIAN

3.1. Uji Kinerja Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Penyerap Logam Berat

Arang aktif dapat menyerap logam berat dalam air limbah melalui proses adsorpsi. Proses uji adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu sistem batch (perendaman arang aktif dalam larutan yang mengandung logam berat) dan sistem kontinyu (melewatkan larutan yang mengandung logam berat kedalam kolom berisi adsorben dengan laju aliran tertentu). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa arang aktif tempurung kelapa mampu menyerap berbagai logam berat dari air limbah, diantaranya:

1. Arang aktif tempurung kelapa mampu menyerap ion logam Cu²⁺, Fe²⁺, Zn²⁺, dan Pb²⁺ dari air limbah. Arang tempurung kelapa diaktivasi menggunakan 1M Zinc Klorida (ZnCl₂) dan dikarbonisasi pada suhu 400oC selama 15 menit. Dosis adsorben yang optimal yaitu 1 gram, dengan laju

- pengadukan 350 rpm dan pH 6. Efisiensi penyerapan logam berat yaitu 95% untuk Pb^{2+} , 88% untuk Fe^{2+} , 84% untuk Cu^{2+} , dan 52% untuk Zn^{2+} [3].
- Arang tempurung kelapa teraktivasi NaCl mampu menyerap logam Cu, Fe, Pb, dan Cd dari air lindi di TPA pakusari jember dengan efektifitas 37,5% untuk logam Cu, 56,3% untuk logam Pb, 61,1% untuk logam Fe dan 72,5% untuk logam Cd[4].
 - Arang tempurung kelapa teraktivasi Na_2CO_3 mampu menyerap logam Pb, Cd, dan Cu dengan efektivitas penyerapan yang berbeda untuk berbagai konsentrasi larutan campuran.
 - Efektivitas penyerapan arang aktif terhadap logam Pb dan Cu mencapai 100% pada waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit pada konsentrasi larutan campuran 5 ppm, sedangkan efektifitas penyerapan optimum logam Cd sebesar 52,59% pada waktu kontak 60 menit.
 - Pada larutan campuran 10 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Cd menjadi 0%, namun untuk logam Pb dan Cu mengalami peningkatan efektifitas penyerapan seiring dengan bertambahnya waktu kontak, nilai efektifitas penyerapan tertinggi logam Pb sebesar 53,33% dan penyerapan tertinggi logam Cu 36,08% pada waktu kontak 60 menit.
 - Pada konsentrasi larutan campuran 20 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Cd menjadi 0% pada waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit, sedangkan pada logam Pb dan Cu mengalami peningkatan efektifitas penyerapan seiring dengan bertambahnya waktu kontak, nilai efektifitas penyerapan tertinggi logam Pb sebesar 36,48% dan penyerapan tertinggi logam Cu didapatkan 15,73% pada waktu kontak 60 menit.
 - Pada konsentrasi larutan campuran 40 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Cd menjadi 0% pada waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit, sedangkan pada logam Pb dan Cu mengalami peningkatan efektifitas penyerapan seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Nilai efektifitas penyerapan tertinggi logam Pb sebesar 19,35% dan penyerapan tertinggi logam Cu didapatkan 5,38% pada waktu kontak 60 menit. Berdasarkan hasil pengaruh waktu kontak terhadap efektifitas penyerapan logam berat Pb, Cd dan Cu dapat diketahui bahwa efektifitas penyerapan arang aktif berbanding lurus terhadap waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam $Cd < Pb < Cu$. [9]
 - Arang tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) mampu menyerap logam krom (Cr). daya adsorpsi optimum arang aktif kelapa terhadap Krom(VI) terjadi pada pH 3 dan waktu kontak 2,5 jam (150 menit) dengan jumlah Krom(VI) yang terserap pada pH tersebut sebesar 9,8440 mg/g. [15]
 - Arang tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan NaOH mampu menyerap ion logam Cu^{2+} dalam limbah cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif tempurung kelapa yang diaktivasi dengan berbagai konsentrasi larutan NaOH sebagai aktifator memiliki efektivitas penyerapan logam berat yang berbeda. Pada konsentrasi 1% NaOH adsorpsi karbon aktif mencapai 80,87%, sedangkan pada konsentrasi 2% NaOH=78,73%, 4%=78,31%, dan 7%=77,97%. Semakin tinggi konsentrasi NaOH sebagai aktifator, maka semakin rendah logam Cu yang terjerap dalam limbah cair. Konsentrasi optimum NaOH sebagai aktifator yaitu pada konsentrasi 1% dengan efektivitas penyerapan 80,87% [14]
 - Arang tempurung kelapa yang diaktivasi dengan $ZnCl_2$ mampu menyerap ion logam Cu^{2+} dalam larutan limbah buatan. Penentuan adsorpsi optimum ion Cu^{2+} dilakukan dengan menggunakan variasi pH dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi tercapai pada pH 5 dan waktu kontak 90 menit dengan kapasitas adsorpsi $1,064 \times 10^{-4}$ mol/g dan efektivitas adsorpsi sebesar 53,57% [2]
 - Arang tempurung kelapa yang diaktivasi dengan HCl dan H_2SO_4 memiliki kemampuan menyerap logam Aluminium (Al) dan Besi (Fe). Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang teraktivasi HCl memiliki efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu 88,43% untuk Al dan 41,6% untuk Fe, sedangkan arang teraktivasi H_2SO_4 memiliki efisiensi 57,09 % untuk Al dan 35 % untuk Fe [13]

4. KESIMPULAN

Berikan pernyataan bahwa apa yang diharapkan, sebagaimana dinyatakan dalam bab "Pendahuluan" pada akhirnya dapat menghasilkan bab "Hasil dan Diskusi", jadi ada kompatibilitas. Selain itu, dapat juga ditambahkan prospek pengembangan hasil penelitian dan prospek aplikasi penelitian selanjutnya ke depan (berdasarkan hasil dan pembahasan) (10 pt).

Arang tempurung kelapa memiliki kemampuan menyerap logam berat karena memiliki pori dan luas permukaan yang tinggi bahkan bisa mencapai 300 m²/g [6]. Aktivasi arang menyebabkan arang bersih dari pengotor sehingga semakin banyak terbentuk pori. Larutan kimia sebagai aktifator juga akan mengikat molekul air yang ada dalam arang asehingga pori-pori arang aktif semakin besar dan berimplikasi pada semakin luasnya

permukaan arang. [13]. Aktivasi fisika melalui pemanasan bertujuan agar pori-pori arang semakin terbukasehingga dapat dilalui oleh adsorbat.

Berdasar penelitian sebelumnya menyatakan bahwa semakin banyak jumlah pori yang terbentuk maka menghasilkan arang aktif dengan kualitas semakin baik sehingga memiliki daya jerap terhadap logam berat yang lebih baik. Karakterisasi arang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar arang. Hasil karakterisasi menggunakan difraksi sinar X akan memberikan informasi kandungan mineral dalam arang, baik sebelum maupun setelah aktivasi yang ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak difraksi pada sudut tertentu. Biasanya setelah aktivasi, menyebabkan bertambahnya kandungan mineral dalam arang karena pori-pori arang terbuka akibat larutnya pengotor. Beberapa mineral yang biasanya terkandung dalam arang tempurung kelapa yaitu cristobalite, fayalite, dan manganooan [8].

Karakterisasi Surface Area Analyzer bertujuan untuk mengetahui luas permukaan arang sebelum dan setelah aktivasi. Hasil penelitian Pranoto dkk, 2020 menunjukkan bahwa aktivasi arang mampu meningkatkan luas permukaan arang hampir 2x lipat dari sebelum aktivasi (luas permukaan sebelum aktivasi = 27,59 m²/g dan menjadi 51,42 m²/g setelah aktivasi). Karakterisasi arang menggunakan Scanning Electron Microscope bertujuan untuk melihat morfologi permukaan arang. Hasil penelitian Pranoto dkk, 2020 menunjukkan bahwa pori-pori arang setelah aktivasi semakin besar dibandingka pori-pori sebelum aktivasi. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa dapat dijadikan alternatif penyerap logam berat dengan biaya yang rendah. Beberapa logam berat yang dapat dijerap oleh arang aktif tempurung kelapa yaitu tembaga (Cu), besi (Fe), seng atau zinc (Zn), timbal (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr), dan alumuniumm (Al).

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] Aryani, F. 2019. Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 5.
- [2] Basir, I. F., Mahatmanti, F. W., & Haryani, S. 2017. Sintesis Komposit Beads Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Ion Cu (II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 181-188.
- [3] Bernard, E., Jimoh, A., & Odigure, J. 2013. *Heavy metals removal from industrial wastewater by activated carbon prepared from coconut shell. Res J Chem Sci*, 2231, 606X
- [4] Herlandien, Y. L. (2013). Pemanfaatan arang aktif sebagai absorban logam berat dalam air lindi di tpa pakusari jember.
- [5] Jamilatun, S., Isparulita, I. D., & Putri, E. N. 2014. Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktivasi H₂SO₄ Variasi Suhu dan Waktu. *Chemica:jurnal teknik kimia*. Vol 2.No.1. ISSN 2355-875X
- [6] Jamilatun, S., & Setyawan, M. 2014. Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan aplikasinya untuk penjernihan asap cair. *Spektrum Industri*, 12(1).
- [7] Nurdin, A., & Nurdiana, J. 2017. Evaluasi Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa.. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2).
- [8] Pranoto, P., Martini, T., & Maharditya, W. 2020. Uji Efektivitas dan Karakterisasi Komposit Tanah Andisol/Arang Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Besi (Fe). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 50-65.
- [9] Silaban, D. P. (2018). Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu dan Pb. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(2), 119-127.
- [10] Suhartana, S. 2006. Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan. *Berkala Fisika*, 9(3), 151-156.
- [11] Taer, E., Oktaviani, T., Taslim, R., & Farma, R. 2015. Karakterisasi Sifat Fisika Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Variasi Konsentrasi Aktifator Sebagai Kontrol Kelembaban. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 4, pp. SNF2015-VII).
- [12] Tan, I. A. W., Abdullah, M. O., Lim, L. L. P., & Yeo, T. H. C. 2017. *Surface modification and characterization of coconut shell-based activated carbon subjected to acidic and alkaline treatments*. *Journal of Applied Science & Process Engineering*, 4(2), 186-194.
- [13] Wulandari, F., Erlina, E., Bintoro, R. A., Budi, E., Umiatin, U., & Nasbey, H. 2014. Pengaruh Temperatur Pengeringan Pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida dan Asam Fosfat Untuk Penyaringan Air Keruh.. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)* (Vol. 3, pp. 289-293).
- [14] Wulandari, F., Umiatin, U., & Budi, E. 2015. Pengaruh konsentrasi larutan naoh pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu²⁺. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16(2), 60-64.
- [15] Zuhroh, N., Prasetya, A. T., & Haryani, S. 2016. Adsorpsi Krom (VI) oleh Arang Aktif Serabut Kelapa Serta Imobilisasinya pada Batako. *Jurnal Mipa*, 39(1), 57-62.