

EVEKTIVITAS PENYERAPAN LOGAM Cu DENGAN ADSORBEN ARANG AKTIF AMPAS DAUN NILAM

Muslimah¹, Andi Zulfikar Syaiful,², M. Tang³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

Email : muslimahs173@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya serap dari ampas daun nilam sebagai arang aktif dalam menyerap logam ion tembaga. arang aktif dibuat dari ampas daun nilam melalui proses karbonisasi dalam tungku pembakaran, kemudian dihaluskan hingga ukuran 80 mesh. Aktivasi dilakukan dengan perendaman menggunakan larutan H_3PO_4 5% selama 24 jam. Karakterisasi dari arang aktif mencakup empat parameter, yaitu kadar air, kadar abu, zat terbang (volatile matter), dan daya serap terhadap iodium sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI No.06-3730-1995). Proses adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan waktu kontak dan massa adsorben. Konsentrasi ion tembaga diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi waktu kontak, daya serap optimum diperoleh pada menit ke-15 dengan nilai sebesar 11,6% menggunakan 0,1 gram arang aktif dalam 50 mL larutan tembaga. Sedangkan pada variasi massa, daya serap tertinggi sebesar 21,6% diperoleh dengan massa adsorben 0,5 gram dalam 50 mL larutan tembaga.

Kata kunci : ampas daun nilam, arang aktif, ion tembaga, adsorpsi, waktu kontak, variasi massa.

Abstrack

This study aims to determine the absorption capacity of patchouli leaf dregs as activated charcoal in absorbing copper ion metal. Activated charcoal is made from patchouli leaf dregs through a carbonization process in a combustion furnace, then ground to a size of 80 mesh. Activation is carried out by soaking using 5% H_3PO_4 solution for 24 hours. Characterization of activated charcoal includes four parameters, namely water content, ash content, volatile matter, and iodine absorption capacity according to the Indonesian National Standard (SNI No.06-3730-1995). The adsorption process is carried out by varying the contact time and mass of the adsorbent. The concentration of copper ions was measured using a UV-Vis spectrophotometer. The results showed that in the variation of contact time, the optimum absorption capacity was obtained at the 15th minute with a value of 11.6% using 0.1 grams of activated charcoal in 50 mL of copper solution. Meanwhile, in the mass variation, the highest absorption capacity of 21.6% was obtained with an adsorbent mass of 0.5 grams in 50 mL of copper solution.

Keywords: patchouli leaf dregs, activated charcoal, copper ions, adsorption, contact time, mass variation.

PENDAHULUAN

Nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth.) merupakan salah satu jenis tanaman minyak atsiri, yaitu menyumbang sebanyak 50% dari total minyak atsiri yang diekspor oleh Indonesia. Tanaman nilam merupakan tanaman tropis, berkembangbiak secara vegetative (melalui

setek) karena tanaman nilam tidak berbunga, tanaman nilam menghasilkan minyak atsiri yang mempunyai mutu tinggi, karena penggunaannya tidak dapat disubstitusi dengan minyak atsiri lainnya, Kebutuhan minyak nilam dipasar dunia semakin meningkat selaras dengan meningkatnya penggunaan senyawa essensial pada industri kosmetik, parfum, antibiotik dan insektisida.

sehingga minyak nilam sangat dibutuhkan, terutama industri parfum, kosmetik dan pestisida. Tanaman nilam di Indonesia dapat dibedakan menjadi beberapa jenis tanaman, yaitu tanaman dari karakter morfologi, anatomi serta kandungan dan kualitas minyak serta ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, jenis nilam tersebut adalah Nilam Aceh, karena kadar minyak dan kualitas minyak yang cukup tinggi, yaitu >2,5% selain itu tanaman Nilam Aceh merupakan tanaman paling banyak dibudidayakan di Indonesia (Nuryani, 2006).

Minyak nilam diproduksi menggunakan metode penyulingan dan setiap memproduksi minyak nilam tentunya menghasilkan limbah berupa ampas padat yaitu batang; daun dan ranting. Salah satu upaya peningkatan nilai ekonomis pohon nilam terutama daunnya yaitu dapat dilakukan dengan mengubahnya menjadi arang aktif. Dalam dunia industri, arang aktif sangat diperlukan karena dapat mengabsorpsi bau, warna, gas, dan logam. Pada umumnya, arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih. Dengan memproses ampas daun nilam menjadi karbon aktif maka dapat meningkatkan produksi arang aktif di Indonesia. Selanjutnya arang aktif dapat diaplikasikan sebagai adsorben dalam menghilangkan zat pencemar dari air limbah yang berupa logam ion tembaga karena jika dibiarkan maka limbah cair tersebut akan mencemari sungai maupun meresap ke tanah sehingga mempengaruhi kualitas air. Tembaga adalah logam berat yang tidak dapat terurai secara alami, maka akan sangat berbahaya bagi manusia. Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena metode ini aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, mudah pengerjaannya dan adsorben dapat didaur ulang. Beberapa penelitian pembuatan arang aktif sebagai adsorben antara lain oleh Barlian HS

(2017) tentang Aktivasi Adsorben dari Rumput Laut *Sargassum sp* menggunakan Asam Klorida.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan arang aktif dari ampas daun nilam yang dibagi menjadi 2 tahap, yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur non karbon seperti hidrogen dan oksigen akan mudah menguap dan terlepas membentuk struktur pori-pori dimana proses pembentukan pori-pori itu akan ditingkatkan pada proses aktivasi. Terdapat beberapa metode aktivasi seperti metode perendaman basa, metode perendaman asam, dan lain-lain. Setelah proses aktivasi selesai, arang aktif tersebut perlu diuji karakteristiknya yang terdiri dari kadar air, kadar abu, volatile matter, dan daya serap terhadap iodium yang sesuai dengan SNI No 06-3730-1995.

Aplikasi arang aktif sebagai adsorben dapat dilakukan untuk berbagai tujuan seperti penyerapan zat warna, asap, zat organik, ion logam, dan sebagainya. Sedangkan efektifitas penyerapan dapat diketahui dengan bantuan berbagai alat uji seperti spektrofotometer UV-Vis, AAS, dan sebagainya. Dalam penelitian ini aktivasi karbon dilakukan dengan perendaman dalam larutan asam fosfat 5% untuk digunakan sebagai adsorben ion tembaga yang diuji menggunakan alat UV/Vis.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanaman Nilam

Tanaman nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth) merupakan tanaman penghasil minyak atsiri utama di Indonesia. Proses penyulingan daun nilam untuk mendapatkan minyak menghasilkan limbah berupa ampas yang masih mengandung lignoselulosa tinggi, sehingga berpotensi dijadikan bahan baku arang aktif. Selain nilai ekonomis, pemanfaatan limbah daun nilam juga dapat mengurangi dampak lingkungan dari sisa hasil produksi minyak atsiri.

Arang Aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah material karbon dengan struktur berpori dan luas permukaan tinggi, yang mampu menyerap zat dalam fase gas maupun cair. Proses pembuatan arang aktif melibatkan dua tahap utama, yaitu:

1. Karbonisasi, yaitu pembakaran bahan organik tanpa oksigen untuk menghasilkan karbon murni.
2. Aktivasi, yaitu pembentukan pori-pori dengan pemanasan lebih lanjut atau dengan bahan kimia seperti H_3PO_4 .

Aktivasi menggunakan H_3PO_4 dikenal efektif dalam meningkatkan mikropori tanpa merusak struktur dasar karbon. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI No. 06-3730-1995), arang aktif yang baik harus memenuhi karakteristik tertentu: kadar air <10%, kadar abu <15%, zat terbang <25%, dan daya serap iodin >750 mg/g.

Logam Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang banyak digunakan dalam industri elektronik, pertanian, dan pelapisan logam. Dalam konsentrasi tinggi, Cu bersifat toksik dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti kerusakan hati dan ginjal serta gangguan sistem saraf. Cu juga dapat mencemari sumber air dan sulit terurai secara alami. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi penjernihan air yang efektif untuk menghilangkan logam ini dari lingkungan.

Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses terjerapnya molekul atau ion dari suatu zat ke permukaan bahan padat (adsorben). Proses ini dapat bersifat fisika (gaya van der Waals) atau kimia (ikatan kovalen atau ionik). Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi adsorpsi antara lain:

- Luas permukaan adsorben.
- Ukuran dan distribusi pori.
- Konsentrasi zat terlarut.
- Waktu kontak dan massa adsorben.

Dalam pengolahan limbah cair, adsorpsi menjadi metode populer karena murah, efisien, dan mudah diterapkan.

Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah metode analisis kuantitatif yang digunakan untuk mengukur konsentrasi zat berdasarkan serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu. Dalam penelitian ini, metode ini digunakan untuk menentukan konsentrasi ion Cu dalam larutan setelah proses adsorpsi, dengan bantuan kurva kalibrasi dan hukum Lambert-Beer.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan 30 September hingga 01 November 2024 bertempat pelaksanaannya di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Kimia Analisis PT. Manakara Sakti Abadi.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Spektrofotometer UV-Vis, alat pembakaran, chruser, pengayakan, erlenmeyer, gelas kimia, labu takar, pipet ukur, corong kaca, cawan porselin, timbangan analitik, oven, furnace, buret, labu ukur, kertas PH.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu : ampas daun nilam, asam fosfat (H_3PO_4), iodium, indikator amilum, natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$), tembaga sulfat ($CuSO_4$), aquadest, asam sulfat (H_2SO_4), amonia (NH_3).

Prosedur Penelitian

Preparasi Sampel dan Aktivasi Kimia Dengan Asam Fosfat

Ampas daun nilam dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam, kemudian dilakukan proses karbonisasi menggunakan tungku pembakaran tertutup (furnace) pada suhu 400–500°C selama 2 jam. Hasil karbonisasi kemudian dihaluskan dan diayak hingga lolos saringan ukuran 80 mesh.

Selanjutnya, arang yang telah diayak direndam dalam larutan H_3PO_4 5% selama 24 jam pada suhu ruang untuk proses aktivasi kimia. Setelah itu, arang dicuci dengan air suling hingga pH netral dan dikeringkan kembali pada suhu 105°C dalam oven selama 3 jam.

Uji Karakteristik Arang Aktif

Karakteristik arang aktif dilakukan berdasarkan empat parameter sesuai SNI 06-3730-1995, yaitu:

1. Kadar Air : ditentukan dengan pengeringan dalam oven dan penimbangan massa hilang.
2. Kadar Abu : dilakukan dengan pembakaran total pada suhu tinggi.
3. Volatile Matter : dihitung berdasarkan massa zat terbang yang hilang setelah pemanasan.
4. Daya Serap Iodium : ditentukan dengan metode titrasi larutan iodium.

Uji Adsorpsi Ion Cu

Adsorpsi ion Cu dilakukan dengan memvariasikan :

1. **Waktu kontak** : 15, 30, 45, 60, dan 75 menit (menggunakan 0,1 gram arang aktif).
2. **Massa Adsorben** : 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; gram (dalam 50 mL larutan Cu 1000 ppm, waktu kontak optimum 15 menit).

Setelah proses adsorpsi, larutan disaring dan diukur konsentrasi ion Cu sisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang yang sesuai. Nilai efisiensi adsorpsi dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100\%$$

dengan C_0 adalah konsentrasi awal dan C_t adalah konsentrasi setelah adsorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan arang aktif menggunakan ampas daun nilam karena ampas daun nilam merupakan sampel yang lumayan mudah ditemukan karena terdapat di pasar tradisional di Pasangkayu yang seringkali menjual berbagai macam tumbuhan dan bahan-bahan alami, termasuk daun nilam. Sampel yang diperoleh dijemur di bawah panas

matahari yang bertujuan agar kandungan air yang terkandung dalam ampas daun nilam berkurang. Sampel ampas daun nilam yang kering selanjutnya dibakar dengan menggunakan alat pembakaran yang tertutup rapat selama ± 20 menit yang bertujuan untuk proses karbonisasi. Pembentukan arang proses karbonisasi ini adalah pembakaran tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna adalah proses pembakaran dengan persediaan oksigen terbatas yang akan menghasilkan CO atau karbon dalam bentuk arang.

Kemudian sampel ampas daun nilam yang telah dikarbonisasi selanjutnya dihaluskan menggunakan crusher, sehingga diperoleh serbuk arang dengan ukuran 80 mesh. Penghalusan dengan ukuran 80 mesh dipilih karena semakin kecil ukuran partikel dari ampas daun nilam maka semakin bagus penyerapannya, tetapi jika dihaluskan lebih dari 80 mesh maka saat pencucian menggunakan larutan asam H_3PO_4 akan sulit dikarenakan akan banyak sampel yang terbuang. Setelah itu arang tersebut diaktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 dimana hal ini bertujuan untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga arang sehingga terbentuk pori-pori pada permukaan arang, dapat meningkatkan daya serapnya, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi, dan melindungi permukaan arang sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi. Setelah perendaman selama 24 jam arang yang telah diaktivasi tersebut disaring kemudian dicuci menggunakan aquadest hingga mencapai pH netral yang bertujuan menghilangkan sisa-sisa ion PO_4^{3-} . Arang aktif yang didapatkan kemudian dikeringkan menggunakan bantuan sinar matahari hingga benar-benar kering.

Hasil Pengujian Kualitas Arang Aktif dari Ampas Daun Nilam

Pengujian arang aktif dari ampas daun nilam dilakukan agar diperoleh arang aktif yang memenuhi persyaratan arang aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI No. 06-3730-1995). Pengujian ini meliputi penentuan kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan daya serap terhadap iod.

Tabel 4.1 Hasil uji karakteristik karbon aktif

Parameter	Arang aktif	SNI 06-3730-1995
Kadar air	9,87%	Maks. 10%
Kadar abu	4,48%	Maks. 15%
Volatile matter	13,57%	Maks. 25%
Daya serap iod	1261,5271 mg/g	Min 750 mg/g

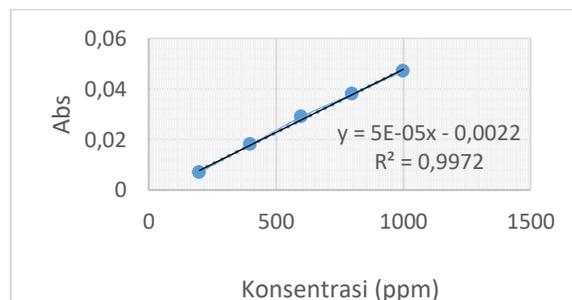
Berdasarkan tabel 4.1 maka dapat diketahui hasil dari uji karakteristik yang meliputi uji kadar air, kadar abu, *volatile matter*, dan daya serap iod telah sesuai dengan aturan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-3730-1995 mengenai arang aktif.

Kurva Kalibrasi Tembaga (Cu)

Dalam metode ini dibuat suatu larutan standar dengan berbagai konsentrasi dari larutan tersebut diukur dengan menggunakan alat Spektrofotometri UV-Vis. Langkah selanjutnya adalah membuat grafik antara konsentrasi dengan absorbansi yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol. Konsentrasi larutan sampel dapat dicari setelah absorbansi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva kalibrasi atau dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus yang diperoleh dengan menggunakan program regresi linear pada kurva kalibrasi. Hasil pengukuran dapat ditelusuri sampai ke standar yang lebih teliti atau lebih tinggi sehingga tingkat ketidakpastian (error) makin kecil.

Kurva kalibrasi merupakan kurva yang dibuat sebagai acuan dalam menentukan konsentrasi sampel. Pembuatan larutan standar

tembaga (Cu) diambil dari memipet sebanyak 20 ml, 40 ml, 60 ml, 80 ml, dan 100 ml dari larutan induk yang digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

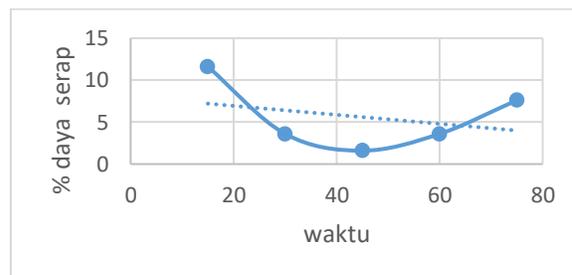


Gambar 4.1 Kurva Kalibrasi Cu

Berdasarkan gambar 4.1 diperoleh persamaan garis lurus (persamaan regresi) yang menunjukkan hubungan antara nilai adsorbansi (y) dengan konsentrasi tembaga (x) dengan persamaan regresi $y = 5 \times 10^{-5}x - 0,002$ dan nilai R^2 sebesar 0,997. Konsentrasi logam Cu dalam sampel diperoleh dengan membusbtitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 5 \times 10^{-5}x - 0,002$.

Hasil Pengujian Efektivitas Daya Serap Arang Aktif Terhadap Logam Cu dengan Variasi Waktu

Untuk tahap pengujian efektivitas daya serap arang aktif terhadap Cu pada variasi waktu disediakan larutan Cu dengan konsentrasi 1000 ppm yang kemudian ditambahkan arang aktif dari ampas daun nilam sebanyak 0,1 gram dengan variasi waktu yaitu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit.

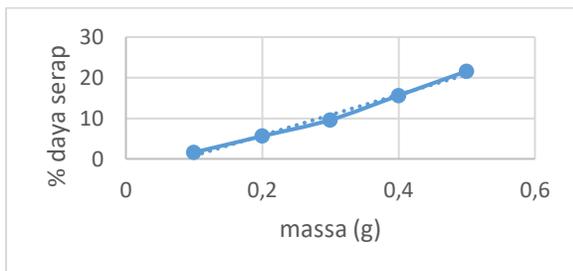


Gambar 4.2 Daya serap karbon aktif terhadap ion Cu Vs waktu kontak.

Berdasarkan gambar 4.1 dan gambar 4.2 maka diperoleh waktu optimum yaitu pada menit ke 15, dimana daya serap tertinggi karbon aktif ampas daun nilam terhadap larutan Cu didapatkan sebesar 11,6% dengan konsentrasi sisa yang dihasilkan sebanyak 884 ppm. Perendaman yang dilakukan dengan perbedaan waktu ini dapat mempengaruhi kemampuan arang aktif dalam menyerap logam pada larutan Cu.

Hasil Pengujian Efektivitas Daya Serap Arang Aktif Terhadap Logam Cu dengan Variasi Massa

Berdasarkan hasil dari variasi waktu yang telah diperoleh waktu optimum yaitu pada waktu ke 15 menit, maka waktu optimum tersebut digunakan pada variasi massa. Dimana pada variasi massa ini, sampel arang aktif divariasikan yaitu sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 g dengan waktu optimum perendaman selama 60 menit.



Gambar 4.3 Daya serap karbon aktif terhadap ion Cu vs massa.

Berdasarkan gambar 4.1 dan gambar 4.3 maka diperoleh hasil dari penambahan karbon aktif yang telah ditambahkan ke dalam larutan Cu maka daya serap yang paling baik didapatkan pada saat penambahan karbon aktif sebanyak 0,5 gram hal ini dibuktikan dari hasil yang didapatkan yaitu sebesar 21,6%. Hal ini tersebut terjadi karena apabila semakin banyak massa karbon aktif yang ditambahkan maka daya serap yang dihasilkan akan semakin besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik arang aktif ampas daun nilam yang dihasilkan adalah kadar air 9,78%, kadar abu 4,84% *volatile matter* 13,57%, dan daya serap terhadap iodium 1261,5271 mg/g memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI No. 06-3730-1995).
2. Ekektivitas penyerapan ion logam Cu oleh arang aktif ampas daun nilam dengan memvariasikan waktu kontak yaitu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit maka waktu optimum yang didapatkan yaitu pada menit ke 15 dengan daya serap yang didapatkan yaitu sebesar 11,6%, sedangkan perendaman arang aktif dengan memvariasikan massa arang yaitu sebesar 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 gram maka kemampuan untuk menyerap didapatkan pada penambahan massa arang aktif sebanyak 0,5 gram ke dalam larutan Cu dengan daya serap yang didapatkan yaitu sebesar 21,6%.

Saran

1. Hendaknya penelitian lebih lanjut bisa menggunakan activator selain H_3PO_4 , baik yang bersifat asam maupun basa dalam proses aktivasi arang aktif.
2. Diperlukan adanya penelitian lanjutan mengenai uji daya serap arang aktif daun nilam terhadap larutan Cu hingga mencapai hasil konstan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashish, B., Neeti, K. and Himanshu, K. (2013), "Copper Toxicity: A Comprehensive Study", *Research Journal of Recent Sciences ISSN*, Vol. 2277, p. 2502.
- Astuti, S. (2019), *Produktivitas Tanaman Nilam (Pogestemon Cablin Benth) Pada Hutan Rakyat Di Desa Leling Utara Kecamatan Tommo Kabupaten Mamuju*, Universitas

Muhammadiyah Makassar.

Badan Standardisasi Nasional. (1995), *Arang Aktif Teknis (SNI No. 06-3730-1995)*, BSN, Jakarta.

Basri, E., Prayitno, T.A. and Pari, G. (2012), "Pengaruh Umur Pohon terhadap Sifat Dasar dan Kualitas Pengeringan Kayu Waru Gunung (*Hibiscus Macrophyllus* Roxb.)", *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Forestry Research, Development and Innovation Agency, Vol. 30 No. 4, pp. 243–253.

Cheremisinoff, P.N. and Morresi, A.C. (1978), *Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbor Science Publishers, Michigan.

Darmawan, S., Pari, G. and Sofyan, K. (2009), "Optimasi Suhu dan Lama Aktivasi dengan Asam Fosfat dalam Produksi Arang Aktif Tempurung Kemiri", *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, Vol. 2 No. 2, pp. 51–56.

Darmono. (2005), *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit Universitas Indonesia, Depok.

Das, A.M., Ali, A.A. and Hazarika, M.P. (2014), "Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate from Rice Husk: Eco-Friendly Condition", *Carbohydrate Polymers*, Elsevier, Vol. 112, pp. 342–349.

Das, P., Mukherjee, S. and Sen, R. (2008), "Improved Bioavailability and Biodegradation of a Model Polyaromatic Hydrocarbon by a Biosurfactant Producing Bacterium of Marine Origin", *Chemosphere*, Elsevier, Vol. 72 No. 9, pp. 1229–1234.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2007), *Budidaya Nilam Di Indonesia*, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Esterlita, M.O. and Herlina, N. (2015), "Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*)",

Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4 No. 1, pp. 47–52.

Foo, P.Y.L. and Lee, L.Y. (2010), "Preparation of Activated Carbon from *Parkia Speciosa* Pod by Chemical Activation", *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, Vol. 2, Citeseer, pp. 20–22.

Ashish, B., Neeti, K. and Himanshu, K. (2013), "Copper Toxicity: A Comprehensive Study", *Research Journal of Recent Sciences ISSN*, Vol. 2277, p. 2502.

Astuti, S. (2019), *Produktivitas Tanaman Nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) Pada Hutan Rakyat Di Desa Leling Utara Kecamatan Tommo Kabupaten Mamuju*, Universitas Muhammadiyah Makassar.

Badan Standardisasi Nasional. (1995), *Arang Aktif Teknis (SNI No. 06-3730-1995)*, BSN, Jakarta.

Basri, E., Prayitno, T.A. and Pari, G. (2012), "Pengaruh Umur Pohon terhadap Sifat Dasar dan Kualitas Pengeringan Kayu Waru Gunung (*Hibiscus Macrophyllus* Roxb.)", *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, Forestry Research, Development and Innovation Agency, Vol. 30 No. 4, pp. 243–253.

Cheremisinoff, P.N. and Morresi, A.C. (1978), *Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbor Science Publishers, Michigan.

Darmawan, S., Pari, G. and Sofyan, K. (2009), "Optimasi Suhu dan Lama Aktivasi dengan Asam Fosfat dalam Produksi Arang Aktif Tempurung Kemiri", *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, Vol. 2 No. 2, pp. 51–56.

Darmono. (2005), *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit Universitas Indonesia, Depok.

Das, A.M., Ali, A.A. and Hazarika, M.P. (2014), "Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate from Rice Husk: Eco-

- Friendly Condition”, *Carbohydrate Polymers*, Elsevier, Vol. 112, pp. 342–349.
- Das, P., Mukherjee, S. and Sen, R. (2008), “Improved Bioavailability and Biodegradation of a Model Polyaromatic Hydrocarbon by a Biosurfactant Producing Bacterium of Marine Origin”, *Chemosphere*, Elsevier, Vol. 72 No. 9, pp. 1229–1234.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2007), *Budidaya Nilam Di Indonesia*, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Esterlita, M.O. and Herlina, N. (2015), “Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*)”, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4 No. 1, pp. 47–52.
- Foo, P.Y.L. and Lee, L.Y. (2010), “Preparation of Activated Carbon from *Parkia Speciosa* Pod by Chemical Activation”, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, Vol. 2, Citeseer, pp. 20–22.
- Funatik, A. (2008), *Optimasi Hasil Deteksi Sinyal Fotoakustik Melalui Rancang Bangun Sel Fotoakustik*, Universitas Airlangga.
- Ghotz. (1953), “Karbon Aktif dan Aplikasinya dalam Industri”, *Jurnal Teknologi Karbon*, Vol. 2 No. 1, pp. 15–20.
- Hasan, B. and Lasire, L. (2017), “Aktivasi Adsorben dari Rumput Laut *Sargassum* sp Menggunakan Asam Klorida”, *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, Vol. 2.
- Hessler, G. (1951), “Chemical Activation of Carbon for Adsorption”, *Journal of Industrial Chemistry*, Vol. 6 No. 4, pp. 88–95.
- Itodo, A.U., Abdulrahman, F.W., Hassan, L.G., Maigandi, S.A. and Itodo, H.U. (2010), “Intraparticle Diffusion and Intraparticulate Diffusivities of Herbicide on Derived Activated Carbon”, *Researcher*, Vol. 2 No. 2, pp. 74–86.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. (1964), *Encyclopedia of Chemical Technology: B to Calcium*, Interscience Publishers, New Jersey.
- Marzuki, A. (2012), *Kimia Analisis Farmasi*, Dua Satu Press, Makassar.
- Nuryani, Y. (2006), *Karakteristik Empat Akses Nilam*, Indonesian Ministry of Agriculture.
- Othmer, H.G. (1979), “A Graph-Theoretic Analysis of Chemical Reaction Networks”, *Lecture Notes, Rutgers University*, Vol. 1, p. 36.
- Patel, H. (2012), “Fixed Bed Column Adsorption of Acid Yellow 17 Dye onto Tamarind Seed Powder”, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, Wiley Online Library, Vol. 90 No. 1, pp. 180–185.
- Rukmana, I.H.R. (2004), *Nilam: Prospek Agribisnis Dan Teknik Budi Daya*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sembiring, M.T. and Sinaga, T.S. (2003), *Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya)*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sherwood, T.K., Pigford, R.L. and Wilke, C.R. (1975), *Mass Transfer*, McGraw-Hill, New York.
- Swastha, J.T. (2010), *Kemampuan Arang Aktif Dari Kulit Singkong Dan Dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD Dan BOD Limbah Pabrik Tahu*, Universitas Negeri Semarang.
- Treybal, R.E. (1980), *Mass-Transfer Operations*, McGraw-Hill, New York.
- Vijayakumar, G., Tamilarasan, R. and Dharmendirakumar, M. (2012), “Adsorption, Kinetic, Equilibrium and

Thermodynamic studies on the removal of basic dye Rhodamine-B from aqueous solution by the use of natural adsorbent perlite”, *J. Mater. Environ. Sci*, Vol. 3 No. 1, pp. 157–170.

Wunas, Y. (2011), *Analisa Kimia Farmasi Kuantitatif*, 2nd ed., Kanisius, Yogyakarta.

Yahya, S. (2013), *Spektrofotometri UV-Vis*, Erlangga, Jakarta.

Yorgun, S. and Yıldız, D. (2015), “Preparation and Characterization of Activated Carbons from Paulownia Wood by Chemical Activation with H₃PO₄”, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, Elsevier, Vol. 53, pp. 122–131.

Yulianti, A., Taslimah, T. and Sriatun, S. (2009), “Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit untuk Pemucatan Minyak Goreng Sisa Pakai”, *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Vol. 13 No. 2, pp. 36–40.