

ADSORPSI TIMBAL (Pb) DALAM LIMBAH CAIR BATIK MENGUNAKAN ARANG AKTIF DARI TEMPURUNG SIWALAN

Alfay Abid¹, Indah Nurlaila Sari², Caecillia Pujiastuti³*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60294, Telp. (031) 8782179

* Penulis Korespondensi: caeciliapujiastuti@gmail.com

Abstrak

Salah satu sektor yang banyak menghasilkan limbah berbahaya adalah usaha batik. Terdapat limbah cair yang termasuk logam yang sangat beracun di antara limbah yang dihasilkan. Kurangnya pengelolaan limbah cair yang keruh dan berwarna-warni saat ini berdampak buruk pada ekosistem. Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, teknik adsorpsi ini dapat digunakan untuk menjernihkan air limbah batik. Bertujuan untuk menurunkan konsentrasi logam timbal dalam limbah industri batik dengan menggunakan teknik adsorpsi, penelitian ini berupaya mengkaji dampak adsorben arang aktif dari tempurung siwalan. Metode ini dilakukan dengan menggunakan dua kondisi operasi yang divariasikan yaitu berat arang aktif tempurung siwalan 0,5 gram ; 1 gram ; 1,5 gram ; 2 gram ; 2,5 gram Dan waktu kontak 30 menit ; 60 menit ; 90 menit ; 120 menit ; 150 menit. Kandungan logam timbal (pb) dalam limbah cair batik mula-mula 1,84 mg/l. Hasil yang terbaik dari penelitian ini mengurangi kandungan logam timbal (pb) sebesar 98,478% pada kondisi berat arang aktif 2 gram dan waktu kontak 150 menit.

Kata Kunci: adsorpsi; limbah cair batik; tempurung siwalan; timbal.

ADSORPTION OF LEAD (Pb) IN BATIK LIQUID WASTE USING ACTIVE CHARCOAL FROM SIWALAN SHELL

Abstract

One sector that produces a lot of harmful waste is the batik business. There is liquid waste, which includes very toxic metals, among the wastes that are generated. The present lack of adequate management of this turbid and colorful liquid waste is having a devastating effect on the ecosystem. To lessen the negative impact on the environment, this adsorption technique may be used to clean up batik wastewater. Aiming to reduce lead metal concentration in batik industrial effluent using the adsorption technique, this research seeks to assess the impact of activated charcoal adsorbents from siwalan shells. This method was carried out using two operating conditions which were varied, namely the weight of the siwalan shell active charcoal 0.5 gram; 1 gram ; 1.5 grams ; 2 grams ; 2.5 gram and contact time 30 minutes; 60 minutes ; 90 minutes ; 120 minutes ; 150 minutes. The content of lead metal (pb) in batik wastewater was initially 1.84 mg/l. The best results from this study reduced the content of metal lead (pb) by 98.478% in conditions of 2 grams of activated charcoal weight and 150 minutes of contact time.

Keywords: adsorption; batik wastewater; siwalan shell; lead metal.

PENDAHULUAN

Produksi batik merupakan pilar ekonomi penting bagi Indonesia, melayani konsumen domestik dan internasional. Proses manufaktur menghasilkan limbah cair. Bisnis batik, karena mengandalkan bahan sintesis, dapat menghasilkan limbah berbahaya termasuk logam berat karena praktiknya berbasis kimia. Pewarna batik yang banyak ragamnya termasuk salah satunya yang memiliki konsentrasi timbal (Pb) yang tinggi. Timbal digunakan sebagai kombinasi zat warna dalam bisnis tekstil, yaitu timbal putih dan timbal merah [Pb(OH)₂, PbCO₃] dan timbal merah dan merah (Pb₃O₄) (Latifah et al., 2014). Logam berat timbal (Pb) dalam air pada konsentrasi di atas batas kelayakan pembuangan berbahaya bagi kehidupan perairan dan lingkungan.

Pengolahan adsorpsi air limbah dari industri batik diperlukan karena tingginya konsentrasi logam berat timbal dalam limbah ini (Jannah dan Muhimmatin, 2019). Adsorpsi mengacu pada proses pemisahan komponen dari fluida dengan membuat fluida mengalir di atas hamparan padat tetap sampai adsorben benar-benar jenuh dan pemisahan tidak dapat lagi terjadi. Penelitian tentang adsorpsi logam berat menggunakan limbah dan bahan alami yang mengandung karbon telah dilakukan beberapa kali. Komponen lingkungan yang mengandung polisakarida terdiri dari hal-hal seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, karbohidrat, air, dan abu. Pohon siwalan (*Borassus flabellifer Linn*) merupakan tumbuhan umum di sepanjang pantai negara-negara dengan cuaca gersang. Tumbuhan ini menyukai iklim dengan curah hujan tahunan 1.000 hingga 2.000 milimeter, cuaca kering empat hingga delapan bulan, dan tingkat kelembapan 60 hingga 80 persen. Karena cangkang buah siwalan jarang dimanfaatkan dengan baik, banyak limbah yang dihasilkan dan diperlukan pengolahan yang unik untuk mengubahnya menjadi sesuatu yang bernilai komersial. Selama ini baru buah dan batang tanaman siwalan yang dimanfaatkan dengan baik. Sisa tanaman, termasuk cangkang atau kulitnya, telah dibuang. Buangan cangkang siwalan akan berlipat ganda jika tidak digunakan. Cangkang siwalan jika dikeringkan memiliki kandungan kimia selulosa 11,9 persen, air 13,8 persen, abu 4,4 persen, karbon 44,8 persen, dan zat terbang 23,8 persen (Dewati, 2020).

Ada tiga langkah yang terlibat dalam memproduksi arang aktif: dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Dehidrasi adalah teknik yang digunakan untuk menyempurnakan prosedur karbonisasi, yang biasanya memerlukan pemaparan bahan mentah ke panas atau sinar matahari untuk menghilangkan kelembapan sebelum diproses lebih

lanjut (Kurnia Dewi T, Nurrahman A. and Permana, 2009). Karbon diproduksi dengan membakar molekul organik, yang dikenal sebagai proses karbonisasi. Prosedur ini akan menyebabkan kandungan organik dalam bahan mentah terurai, sehingga menghilangkan kontaminan apapun. Proses pembakaran menghilangkan hampir semua komponen non-karbon. Proses menghilangkan komponen volatil ini menghasilkan pengembangan pori-pori atau pembesaran pori-pori yang sudah ada sebelumnya. Struktur pori juga akan berkembang sebagai hasil dari prosedur ini (Shofa, 2012). Untuk meningkatkan daya serap dan luas permukaan karbon aktif, para ilmuwan menggunakan metode aktivasi. Hidrokarbon, tar, dan molekul organik lainnya yang terikat pada karbon dilepaskan selama proses ini. Luas permukaan arang meningkat dan karbon dengan daya serap tinggi diciptakan oleh proses yang disebut aktivasi, yang melibatkan perubahan karbon dengan memutus ikatan hidrogen atau mengoksidasi molekul permukaan (Ferdinand Polii Fahri, 2017). Zat pengaktif, suhu, dan metode yang digunakan untuk menghasilkan arang aktif semuanya berkontribusi pada kualitas produk akhir.

Menurut Radika dan Astuti (2020), konsentrasi logam pada sampel air yang diambil dari Sungai Batang Ombilin dapat dikurangi dengan memodifikasi jumlah natrium klorida (NaCl) yang merupakan aktivator karbon aktif yang dihasilkan dari kulit singkong. Karbon aktif yang memiliki variasi aktivator rata-rata 83,13% dan maksimal 35% menunjukkan daya serap yang paling besar. Aktivasi kimia memiliki keuntungan menggunakan bahan mineral seperti NaCl sebagai aktivator, khususnya pada saat aktivasi, berbeda dengan aktivasi mekanik, jika menggunakan unsur mineral sebagai aktivator, maka akan kesulitan menghilangkannya saat mencuci. Ini menjadi masalah karena unsur mineral sulit dihilangkan. Periode waktu yang singkat menghasilkan peningkatan jumlah karbon aktif yang dihasilkan, serta peningkatan kapasitas adsorbat dalam menyerap zat.

Luas permukaan adsorben, kecepatan pengadukan, dan durasi kontak merupakan variabel yang mempengaruhi proses adsorpsi. Isnara Syauqiah, Mayang Amalia and Hetty A. Kartini, (2011) menarik perhatian pada relevansi luas permukaan dan ukuran pori suatu adsorben. Mikropori yang berukuran lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga memungkinkannya menyerap lebih banyak bahan kimia. Investigasi pengaruh kecepatan pengadukan mencapai persentase tertinggi pada kecepatan 250 rpm, seperti dilansir Sirajuddin, Muhammad Syahrir and Irmawati Syahrir, (2017). Pada kecepatan putar 300 rpm, karbon aktif sudah jenuh, artinya partikel surfaktan tidak mampu lagi

mengikat pori-pori karbon aktif karena dampak kecepatan putar yang terlalu tinggi. Tersedia beberapa kecepatan pengadukan (100, 150, 200, 250, dan 300 rpm). Agar arang aktif dapat bekerja pada puncaknya saat menyerap logam, Rahmawati et al., (2013) mengatakan bahwa diperlukan waktu kontak yang memadai. Lebih banyak logam yang diserap ketika partikel arang aktif memiliki lebih banyak waktu untuk bersentuhan dengan logam selama interaksi. Periode optimal adsorpsi arang aktif dari sabut siwalan terhadap ion Pb ditentukan selama 150 menit setelah memvariasikan waktu kontak pengadukan selama 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit, dan 210 menit.

Dari sini menjadi jelas bahwa cangkang siwalan bisa dipakai sebagai adsorben arang aktif guna menghilangkan logam Pb dari limbah batik cair, dan inilah awal dari proyek tersebut. Untuk mengetahui seberapa baik arang aktif yang terbuat dari cangkang siwalan dapat menghilangkan logam timbal (Pb) dari limbah cair industri batik maka dilakukan penelitian ini. Penelitian ini diawali dengan pembuatan adsorben arang aktif berbahan dasar cangkang siwalan, dilanjutkan ke tahap aktivasi, dan terakhir mengkaji adsorpsi logam timbal (Pb) dengan memvariasikan massa adsorben dan lama kontak.

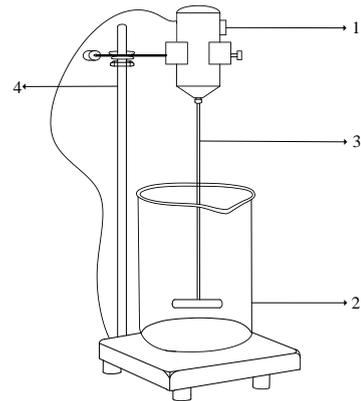
METODE PENELITIAN

Bahan

Berbagai bahan yang dipergunakan untuk riset ini ialah tempurung buah siwalan dari daerah Desa Boto Tuban Jawa Timur dan limbah batik cair yang mengandung timbal (Pb) dari industri batik lokal Desa Boto Tuban Jawa Timur. Bahan lain yang dipakai pada riset berikut mencakup NaCl (Natrium klorida), dan Aquadest yang dibeli di toko bahan kimia di Surabaya, Jawa Timur.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Oven, Furnace, Mortar dan Alu, Ayakan 60 mesh, Neraca analitik, Kaca arloji, Beaker glass, Spatula, labu ukur, Corong kaca, Pipet, Kertas Saring, Oven, Statif, Magnetik stirer, dan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*).



Gambar 1. Rangkaian alat pengontakan

Keterangan:

1. Motor Pengaduk
2. Beaker Glass
3. Pengaduk
4. Statif

Prosedur

Preparasi Bahan Baku

Pada tahap pertama proses pretreatment, serat atau daging buah yang mungkin masih menempel pada cangkang siwalan dihilangkan. Untuk menyelesaikan proses pengeringan, barang dimasukkan ke dalam oven yang telah dipanaskan hingga 100 derajat Celcius selama dua jam setelah dijemur selama tiga hari.

Proses Karbonisasi

Sebelum proses karbonisasi dimulai, cangkang siwalan yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam tungku pembakaran dan dipanaskan hingga suhu 450 derajat Celcius selama satu jam. Dengan menggunakan alu dan lesung, haluskan arang yang terbuat dari cangkang siwalan, lalu masukkan campuran tersebut ke dalam saringan berukuran enam puluh mesh.

Proses Aktivasi

Arang cangkang siwalan yang telah dikarbonisasi dimasukkan melalui proses penggilingan dengan terlebih dahulu menggunakan lesung dan alu. Setelah itu, saring campuran tersebut menggunakan saringan dengan butiran enam puluh. Untuk mengaktifkan arang cangkang Siwalan secara kimia digunakan larutan natrium klorida 35% dengan volume 400 mililiter. Setelah itu, campuran diaduk selama enam puluh menit dengan kecepatan dua ratus putaran per menit. Setelah proses aktivasi, arang aktif disaring. Dengan membuang filtratnya, peneliti dapat membersihkan endapan arang aktif dengan air yang telah disuling. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan dalam oven uap dengan suhu diatur 110 derajat Celcius selama tiga jam. Selanjutnya arang aktif

dimasukkan melalui filter dengan ukuran mesh enam puluh persen.

Proses Adsorpsi

Arang hasil aktivasi dengan NaCl dimasukkan kedalam beaker gelas sesuai variabel massa arang aktif sebesar 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram, 2 gram, dan 2,5 gram. Kemudian arang aktif ditambah dengan sampel limbah batik 100 ml. Pengadukan dengan kecepatan 250 rpm dengan variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Setelah dilakukan pengadukan dilakukan penyaringan hasil pengadukan, residu dibuang dan filtrat dari proses adsorpsi dianalisa dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk diketahui jumlah konsentrasi logam timbal yang terserap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah batik yang dianalisa berasal dari industri batik lokal Daerah Desa Boto, Tuban. Dari hasil analisa awal limbah batik mengandung logam timbal (Pb) sebesar 1,84 mg/L. Kemudian hasil penelitian dilakukan uji terhadap kandungan timbal (Pb) pada limbah batik menggunakan metode AAS di Laboratorium Gizi Universitas Airlangga.

Tabel 1. Pengaruh waktu kontak dan berat arang aktif terhadap kadar akhir dari logam timbal (Pb) (Konsentrasi awal logam Pb 1,84 mg/L)

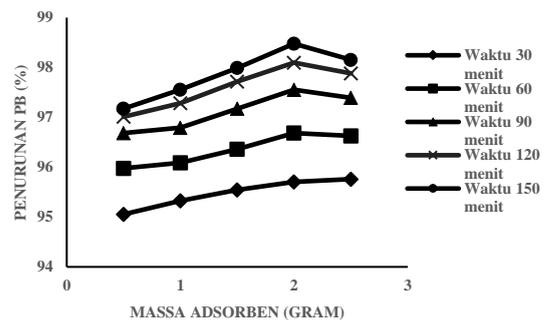
Waktu (menit)	Berat Arang Aktif (gram)	Konsentrasi Akhir Logam Pb (mg/L)
30	0,5	0,091
	1	0,086
	1,5	0,082
	2	0,079
	2,5	0,078
60	0,5	0,074
	1	0,072
	1,5	0,067
	2	0,061
	2,5	0,062
90	0,5	0,061
	1	0,059
	1,5	0,052

120	2	0,045
	2,5	0,048
	0,5	0,055
	1	0,05
	1,5	0,042
150	2	0,035
	2,5	0,039
	0,5	0,052
	1	0,045
	1,5	0,037
2	0,028	
2,5	0,034	

Hasil penurunan kadar logam berat Pb pada limbah batik telah sesuai dengan baku mutu, hal ini menunjukkan bahwa penurunan kadar logam berat Pb telah memenuhi syarat SNI 2014, No. 1815 yaitu kurang dari 0,1 mg/L.

Pengaruh Penambahan Massa Arang Aktif Tempurung Siwalan Terhadap Persentase Penurunan Pb

Sebelum menambahkan adsorben arang aktif dari cangkang siwalan, hasil analisis (AAS) menunjukkan bahwa kadar Pb semula dalam limbah batik cair adalah 1,84 mg/l. Gambar 1 menunjukkan hasil pemeriksaan kadar Pb setelah penambahan arang aktif berbahan dasar cangkang siwalan.

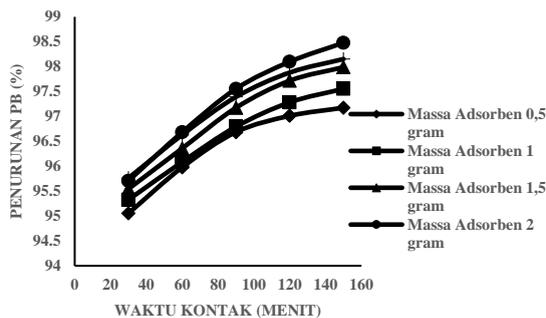


Gambar 2. Pengaruh massa adsorben terhadap persentase penurunan Pb

Gambar 2. Hasil analisa menunjukkan bahwa persen penurunan Pb mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya massa adsorben tempurung siwalan, akan tetapi setelah melewati berat 2 gram persen penurunan Pb mengalami penurunan. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin berat massa adsorben tempurung siwalan

maka akan meningkatkan persentase penurunan kadar Pb, namun apabila berat adsorben telah mencapai titik efisiensi adsorpsi hingga nilai maksimum dan bila berlebih maka akan terjadi proses desorpsi atau pelepasan adsorbat kembali selama pengadukan. Hal tersebut telah dikemukakan oleh Barros Júnior dkk. (2003) bahwa setelah efektivitas adsorpsi mencapai optimum, dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan proses desorpsi atau dengan melepaskan kembali adsorbat sambil diaduk. Desorpsi dapat terjadi ketika permukaan adsorben menjadi jenuh. Suatu adsorben dikatakan telah mencapai kejenuhan apabila adsorbat yang teradsorpsi seluruhnya menempati seluruh luas permukaan. Hal ini mengakibatkan penurunan laju adsorpsi dan membuat adsorben tidak mampu menyerap kembali ion logam. Menurut Rahmawati et al., (2013), adsorpsi Pb^{2+} oleh arang sabut siwalan dengan aktivator $ZnCl_2$ menggunakan variabel berupa konsentrasi larutan Pb^{2+} dan waktu pengadukan, hasil adsorpsi didapat nilai yang mendekati sempurna dalam penurunan kadar Pb^{2+} . Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan variabel bahan yang berbeda berupa tempurung siwalan sebagai adsorben dengan aktivator berupa $NaCl$ dan limbah batik cair yang mengandung kandungan logam berat Pb. Persen penurunan Pb terbesar yang dihasilkan pada waktu kontak 150 menit dengan massa adsorben sebanyak 2 gram, dan persentase penurunan kadar timbal sebesar 98,478%

Pengaruh Waktu Pengontakkan Arang Aktif Tempurung Siwalan Terhadap Persentase Penurunan Pb



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap persentase penurunan Pb

Gambar 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak adsorben cangkang siwalan, semakin besar pula penurunan % Pb. Lebih banyak logam menjadi terikat di pori-pori adsorben sebagai hasilnya. Semakin banyak logam berat yang terserap dan semakin tinggi potensi untuk mengikatnya, semakin lama waktu kontak pengadukan. Durasi interaksi, bagaimanapun, tidak

berarti ketika adsorben jenuh. Lebih banyak ikatan antara partikel adsorben dan logam berat berkembang dengan peningkatan waktu kontak adsorben-adsorbat. (Isna Syauqiah, Mayang Amalia and Hetty A. Kartini, 2011). Hasil terbaik pada penelitian ini didapat pada berat adsorben sebesar 2 gram, waktu kontak 150 menit, dan dengan persentase penurunan Pb sebesar 98,478%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, arang aktif yang terbuat dari cangkang siwalan berpotensi mengurangi kandungan timbal, yaitu logam berat, yang terdapat pada limbah cair batik. Hal ini ditunjukkan dari penurunan kadar timbal maksimal yaitu pada kondisi massa adsorben sebanyak 2 gram dan waktu pengontakkan selama 150 menit, didapat konsentrasi akhir logam berat Pb sebesar 0,028 mg/L dengan persentase penurunan kadar timbal (Pb) sebesar 98,5%. Hasil penurunan kandungan logam berat Pb sudah memenuhi syarat baku mutu air limbah yaitu dibawah 0,1 mg/L.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya bisa melanjutkan dengan menggunakan variabel lain seperti menggunakan aktivator lain, kecepatan pengadukan dengan lama waktu kontak, dan ukuran partikel. Lebih di optimalkan ketika pencucian setelah aktivasi, untuk meminimalitis impuritis (zat pengotor).

DAFTAR PUSTAKA

Barros Junior, L. M. G. D. M. S. E. & Lobato, A., 2003. Biosorption Of Cadmium Using The Fungus *Aspergillus Niger*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 20(3), pp. 229-239.

Dewati, R., 2010. Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H_2O_2 . *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 10(1), pp. 29-37.

Fahri, F. P., 2017. Pengaruh Suhu dan Lama Aktivas Terhadap Mutu Arang Aktif Dari Kayu Kelapa. *Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado*, pp. 21-28.

Isna syauqiah, M. A. & Kartini, H. A., 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), pp. 11-20.

Alfay Abid, Indah Nurlaila Sari, Caecilia Pujiastuti: Adsorpsi timbal (Pb) dalam limbah cair batik menggunakan arang aktif dari tempurung siwalan

- Jannah, I. N. & Muhimmatin, I., 2019. Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. *Warta Pengabdian*, 13(3), pp. 106-115.
- Radika, R. & Astuti, 2020. Pengaruh Variasi Konsentrasi NaCl sebagai Aktivator Karbon Aktif Kulit Singkong untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat Air Sungai Batang Ombilin. *Jurnal Fisika Unand*, Volume 9, pp. 163-168.
- Rahmawati, E. & Yuanita, L., 2013. Adsorpsi Pb²⁺ dengan Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borrassus Flabellifer*). *UNESA Journal Of Chemistry*, 2(3), pp. 82-87.
- Rais Nurlatifah, R. E. E. R. Y. & Pramono, E., 2014. Pemanfaatan Keratin Bulu Ayam Sebagai Adsorpsi Ion Pb Dalam Limbah Tekstil. *Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Sebelas Maret*, pp. 1-7.
- Shofa, 2021. Pembuatan Karbon AKtif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. *Fakultas Teknik*, pp. 1-84.
- Sirajuddin, M. S. & Syahrir, I., 2017. Optimasi Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Laundry Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, pp. 1-8.
- Tri Kurnia Dewi, A. N. & Permana, E., 2009. Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Ubi Kayu (*Mannihot Esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia*, 16(1), pp. 24-30.