



ADSORBSI LOGAM KROMIUM MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DAUN PANDAN LAUT (*PANDANUS TECTORIUS*)

¹Ellysa, ¹Syarifuddin, ¹Hushla Shudri

¹Baristand Industri Banda Aceh,

Jln. Cut Nyak Dhien no. 377 Lamtemen Timur Banda Aceh

¹ellysamukhtar@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang proses adsorpsi logam kromium menggunakan daun pandan laut sebagai adsorben. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik dan kinerja adsorben daun pandan laut terhadap kapasitas penyerapan dan efiseien penyisihan konsentrasi kromium. Bahan baku dalam penelitian ini menggunakan daun pandan laut yang dikalsinasi pada suhu 300 °C selama 20 menit. Ukuran adsoben yang digunakan 35 dan 50 mesh yang teraktivasi NaOH 1 %. Proses adsorpsi menggunakan larutan kromium 1 mg/l dengan waktu kontak selama 20, 40, 60 dan 80 menit. Karakteristik adsorben dilakukan uji kadar air, kadar abu, daya serap iodin, gugus fungsi (FT-IR) dan uji morfologi (SEM). Adapun hasil penelitian untuk kadar air, kadar abu dan daya serap iodin, adsorben dengan ukuran 35 mesh merupakan ukuran terbaik untuk adsorpsi logam kromium. Analisa FTIR juga dijumpai sejumlah gugus hidroksi pada permukaan adsorben, untuk uji morfologi ukuran pori terbesar dijumpai pada adsorben 35 mesh yaitu 18,4 µm. Analisa kinerja adsorben untuk efisian penyisihan dan kapasitas penyerapan logam kromium tertinggi didapat pada adsorben 35 mesh yaitu masing-masing sebesar 99,09 % dan 0,0789 mg/g.

Kata kunci: daun pandan laut, Adsorpsi, logam kromium dan NaOH

ABSTRACT

This research discusses the chromium metal adsorption process using sea pandan leaves as adsorbent. The research purposes to determine the characteristics and performance of sea pandan leaves adsorbent on absorption capacity and removal efficiency of chromium concentration. The raw material in this study was using pandan laut leaves calcined at 300 ° C for 20 minutes. The size of the adsobent used was 35 and 50 mesh which were activated by 1% NaOH, he adsorption process used 1 mg / l chromium solution with contact times of 20, 40, 60 and 80 minutes. The characteristics of the adsorbent were tested for moisture content, ash content, iodine absorption, functional groups (FT-IR) and morphological tests (SEM). esearch results for moisture content, ash content and iodine absorption, adsorbent with a size of 35 mesh is the best size for chromium metal adsorption, FTIR analysis also found a number of hydroxy groups on the adsorbent surface, The largest pore size morphological test was found in the 35 mesh adsorbent, which was 18.4 µm. The analysis of the adsorbent performance for the highest removal efficiency and absorption capacity of chromium metal was obtained at the 35 mesh adsorbent of 99.09% and 0.0789 mg / g.

Keywords: pandanus tectorius, adsorption, chromium metal, NaOH

I. PENDAHULUAN

Kromium diperlukan oleh tubuh untuk proses metabolisme gula, dan kekurangan kromium juga bisa menyebabkan penyakit (defisiensi

kromium). ion Cr^{3+} dalam air limbah yang diperbolehkan sebesar 0,5 ppm, apabila nilai ion Cr^{3+} diatas nilai ambang batas maka limbah tersebut harus direduksi terbih dahulu



sebelum dibuang ke badan air. Salah satu cara pengolahannya adalah metode penyerapan logam berat menggunakan adsorben, sehingga kadar logam berat dapat berkurang sebelum dibuang ke badan air (Handayani, 2012)

Tanaman pandan laut adalah jenis tanaman pandan yang sering dijumpai di daerah tropis khususnya pinggir pantai dengan tinggi hingga 15 meter, mempunyai daun yang selalu hijau (*ever green*) dan panjang yang memiliki duri pada kedua sisinya, tanaman ini mempunyai akar besar dan akar tunjang. Tanaman pandan laut dikenal sebagai tanaman penjaga pantai, Aceh yang merupakan daerah yang memiliki pantai terpanjang di Indonesia, pemanfaatan daun pandan laut akhir-akhir ini tidak maksimal, sehingga tanaman tersebut tumbuh liar di sepanjang pinggir pantai.

Karbon aktif merupakan hasil pembakaran dimana konfigurasi atomnya dibebaskan dari ikatan unsur lainnya dan membersihkan pori-pori dari kotoran seperti hidrokarbon, ter dan senyawa organik lainnya sehingga luas permukaannya menjadi lebih besar yaitu sekitar 300 – 2000 m²/g dan memiliki daya adsorpsi yang lebih besar (Muslim, 2016). Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan adsorben dari daun pandan laut dalam menyerap logam kromium dari limbah laboratorium.

II. METODELOGI PENELITIAN

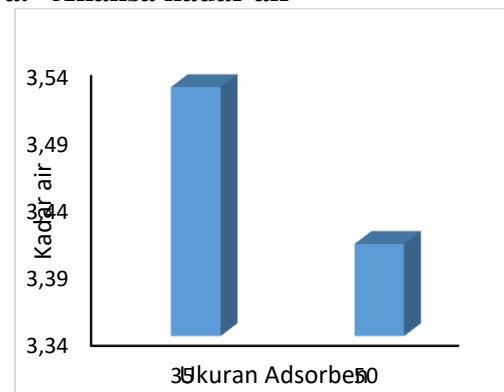
Penelitian dilakukan di laboratorium proses Baristand Industri Banda Aceh dari Maret

sampai dengan Oktober 2019. Daun pandan laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Pandanus tectorius* yang diperoleh dari daerah pinggir pantai desa Kajhu, Aceh Besar. Bahan lain yang dibutuhkan diantaranya NaOH, Cr(NO₃)₃.H₂O, kertas saring whatman 0,40 µm, aquadest. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah furnace, AAS-6300, timbangan analitik, hotplate, oven dan ayakan retsci. Daun pandan laut disortir dan dikecilkan ukuran, kemudian dikeringkan pada suhu 100 °C selama 4 jam, dan dikalsinasi pada suhu 300°C selama 20 menit, dihancurkan sampai berukuran 35 dan 50 mesh. Adsorben daun pandan laut sebagian di aktivasi dengan NaOH 1 % dan sebagian lagi tanpa mengalami aktivasi. Uji karakteristik adsorben meliputi kadar air, kadar abu, daya serap iodine, pengujian gugus fungsi dan analisa morfologi. Uji kinerja adsorben dengan perbandingan 1:100 larutan kromium 1 % dengan kec 100 rpm selama 20, 40, 60, 80, 100 menit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik adsorben daun pandan laut

a. Analisa kadar air



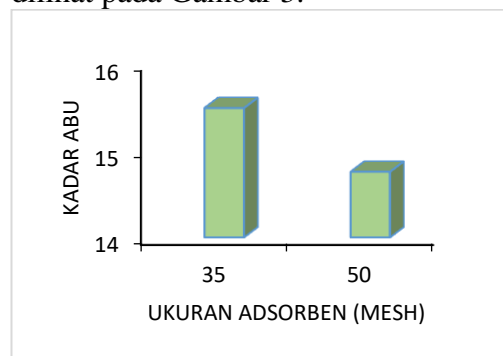
Gambar 2. Grafik kadar air adsorben daun pandan laut



Kadar air adsorben daun pandan laut untuk adsorben ukuran 35 mesh sebesar 3,52% dan untuk adsorben ukuran 50 mesh sebesar 3,41%, dimana kadar air kedua ukuran tersebut sesuai dengan SNI 06-3730-1995 dengan nilai maks. 15 %. Adsorben daun pandan laut dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam, secara kimia H₂O mengalami perubahan fase, dari fase cair menjadi fase gas setelah mencapai titik didih yaitu 100°C. H₂O bebas yang terikat pada karbon akan membentuk fase gas dan terlepas. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang terdahulu tentang pembuatan karbon aktif cangkang kulit buah karet (*Haeva brassiliensis*), yaitu semakin rendah kadar air, daya serap adsorben semakin meningkat dan begitu juga sebaliknya (Vinsiah dkk., 2013). Masitoh dkk (2013) berpendapat kadar air yang tinggi dari arang aktif akan mengurangi daya adsorpsi.

b. Analisa kadar abu

Nilai kadar abu pada adsorben daun pandan laut dapat dilihat pada Gambar 3.

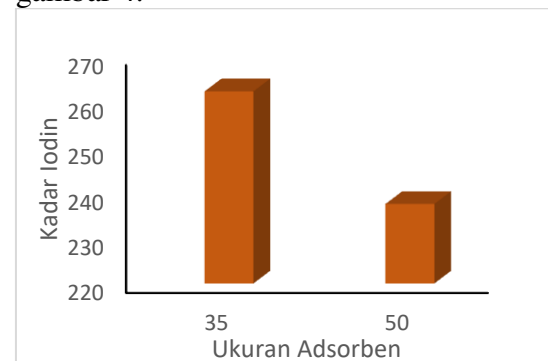


Gambar 3. Grafik kadar abu adsorben daun pandan laut

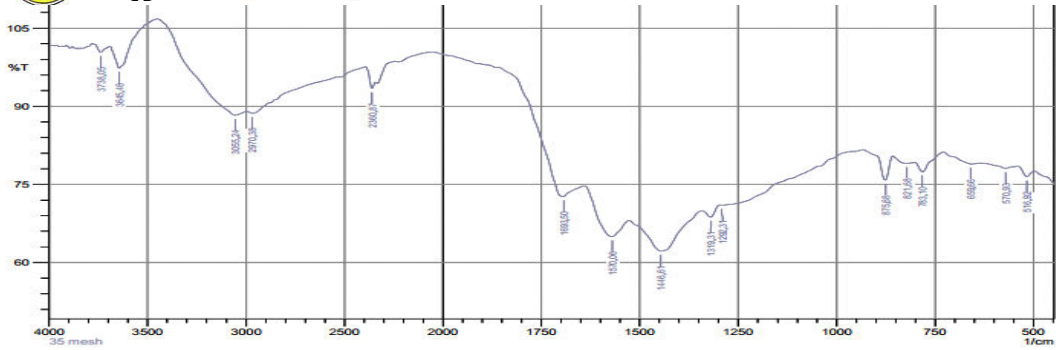
Kadar abu dapat mengganggu proses adsorpsi karena kandungan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori arang aktif sehingga menurunkan kemampuan adsorpsi arang aktif (Masitoh dkk, 2013). Pambayung dkk. (2013) dalam penelitiannya juga menjelaskan tentang pembentukan pori yaitu selama proses pemanasan terjadi proses pembakaran bidang permukaan dari karbon aktif yang menghasilkan abu, sehingga semakin banyak pori yang dihasilkan maka kadar abu yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan pada arang daun pandan laut mengandung tar dan mineral organik yang tinggi, sehingga pada proses pengabuan menghasilkan kadar abu yang tinggi. Tar dan mineral organik yang menutupi pori - pori arang ini, kemudian terlarutkan saat proses perendaman dengan aktivator NaOH 1 % sehingga menurunkan kadar abu dari arang.

c. Analisa daya serap iodin

Analisa daya serap iodin yang dilakukan terhadap adsorben daun pandan laut dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik daya serap iodin adsorben daun pandan laut

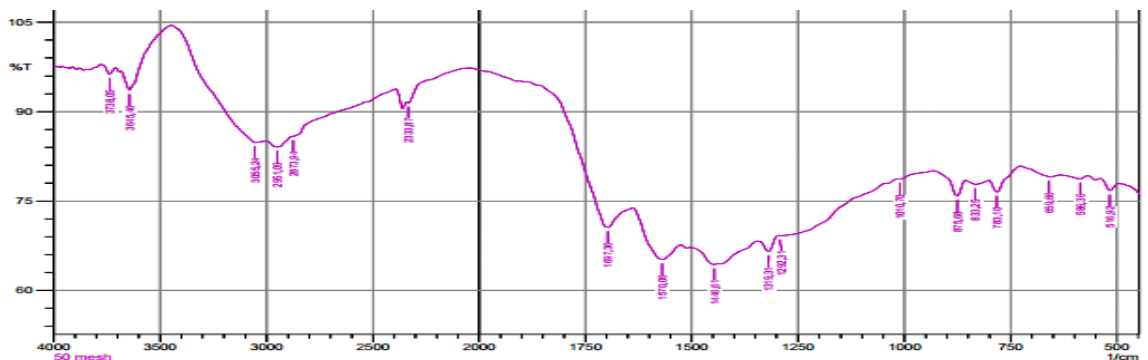


Daya serap iodin pada adsorben daun pandan laut untuk masing-masing ukuran adalah sebesar 262,2 mg/g dan 237,5 mg/g. Sementara persyaratan SNI karbon aktif 06-3730-1995 adalah min. 750 mg/g. Untuk ukuran 50 mesh daya serap iodine terjadi penurunan dari adsorben 35 mesh, hal tersebut bisa saja terjadi karena luas permukaannya sudah sangat besar akibat pengecilan ukuran yang mengakibatkan pori-pori dari adsorben jadi rusak atau terkikis sehingga pori-porinya jadi dangkal menyebabkan daya serap iodinnya menjadi menurun (Muslim, 2016)

d. Analisa gugus fungsi adsorben daun pandan laut menggunakan analisis FT-IR (Fourier Transmittan Infrared Spectroscopy)

Kadar karbon SNI 06-3730-1995 yaitu minimal 65 %. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan karakterisasi adsorben daun pandan laut dengan analisa FTIR. Karakter adsorben daun pandan laut yang dipelajari adalah adsorben setelah aktivasi dengan larutan NaOH 1% untuk adsorben yang berukuran 35 mesh dan 50 mesh seperti ditunjukkan dalam Gambar 5 dan 6

Gambar 5. Analisa gugus fungsi adsorben cangkang telur ayam pada ukuran 35 mesh



Gambar 6. Analisa gugus fungsi adsorben cangkang telur ayam pada ukuran 50 mesh.

Analisa gugus fungsi dari adsorben cdaun pandan laut menggunakan alat FT-IR (Fourier

Transmittan infrared spectroscopy) pada range 500 cm⁻¹ sampai 4000 cm⁻¹. Karakter IR biosorben daun

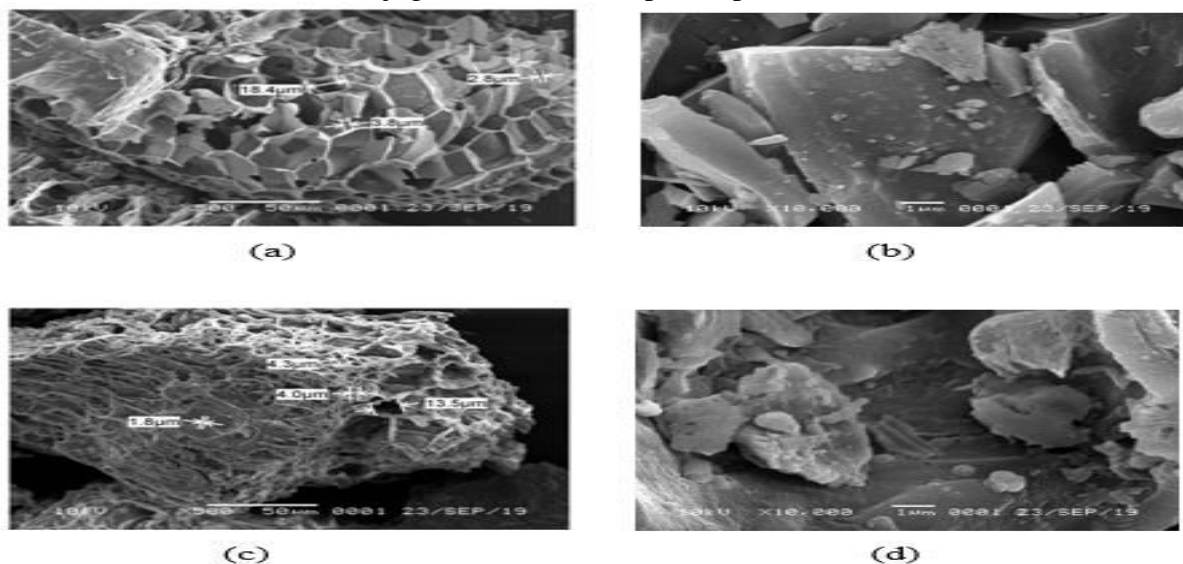


pandan laut teraktivasi NaOH 1 % ukuran 35 mesh dan 50 mesh, sama-sama menunjukkan serapan tajam untuk gugus alkana dengan ikatan C – H dengan pada frekuensi 1340 – 1470 cm^{-1} tepatnya pada 1446,61 cm^{-1} . Adapun gugus alkana untuk adsorben 35 mesh teridentifikasi pada panjang gelombang 2970,38 dan 1446,61 sedangkan untuk adsorben 50 mesh gugus alkana teridentifikasi pada panjang gelombang 2951,09; 2873,94 dan 1446,61 cm^{-1} . Untuk gugus cincin aromatik dengan intensitas sedang kedua ukuran adsorben teridentifikasi pada panjang gelombang yang sama yaitu 3055,24 cm^{-1} . Untuk cincin aromatik dengan intensitas kuat teridentifikasi pada dua panjang gelombang yang sama untuk kedua ukuran adsorben yaitu 875,68 dan 783,10 cm^{-1} dan juga di

jumpai pada panjang gelombang yang berbeda yaitu pada adsorben 35 mesh pada cincin aromatik intensitas kuat berapa pada 821,68 dan adsorben 50 mesh pada 833,25 cm^{-1} . Gugus fenol monomer alkohol (O – H) juga dijumpai pada panjang gelombang yang sama 3545,46 cm^{-1} . Gugus alkana (C=) kedua adsorben di jumpai pada 1570,06 cm^{-1} . Gugus aldehid, keton untuk adsorben 35 dan 50 mesh dijumpai masing-masing pada angka 1693,50 dan 1697,36 cm^{-1}

e. Analisa morfologi adsorben daun pandan laut menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui permukaan atau tekstur, bentuk dan ukuran dari adsorben. Hasil pengujian SEM ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. (a) ukuran 35 mesh pembesaran 500x, (b) ukuran 35 mesh pembesaran 10.000x, (c) ukuran 50 mesh pembesaran 500x, (d) ukuran 50 mesh pembesaran 10.000x

Pada bagian (a) dan (b) Gambar 7 dapat dilihat pada adsorben daun pandan laut yang yang

berukuran 35 mesh masing-masing dengan pembesaran 500x dan 10.000x belum mengalami proses



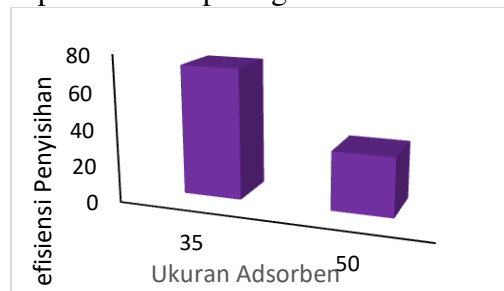
adsorpsi masih memiliki pori-pori yang sangat besar-besar. Untuk bagian (c) dan (d) adalah adsorben daun pandan laut dengan ukuran 50 mesh masing-masing dengan pembesaran 500x dan 10.000x. Berdasarkan hasil uji SEM tersebut untuk adsorben 35 mesh memiliki pori yang lebih besar yaitu mencapai 18,4 μm sedangkan untuk adsorben ukuran 50 mesh memiliki pori terbesar 13,5 μm . Hal tersebut bisa saja terjadi karena luas permukaannya sudah sangat besar akibat pengecilan ukuran yang mengakibatkan pori-pori dari adsorben jadi rusak atau terkikis sehingga pori-porinya jadi dangkal. Meneghel dkk (2013), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa dari hasil SEM dapat disimpulkan bahwa permukaan adsorben memiliki aspek berserat, berpori, tidak teratur, mempunyai struktur berbeda-beda dan karakteristik ini dapat menyimpulkan bahwa bentuk yang demikian dapat menjadi kondisi optimal terhadap penyerapan logam berat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Praunchner dkk.(2012), pada uji morfologi menggunakan melalui SEM memperlihatkan gambar pori-pori atau ruang kosong yang jelas menyerupai saluran berongga sehingga menjadi jalur transportasi untuk proses penyerapan.

Pengujian kinerja adsorben daun pandan laut.

a. Pengaruh ukuran adsorben

Ukuran adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah 35 mesh dan 50 mesh. Adsorben dari kedua ukuran tersebut diaktifasi dengan NaOH 1 %, selanjutnya

dilakukan proses adsorpsi terhadap larutan kromium dengan konsentrasi 1 mg/l selama 40 menit, kemudian dilakukan pengujian menggunakan AAS sehingga diketahui efisiensi penyerapan terbaik terdapat pada adsorben dengan ukuran 35 mesh seperti terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 8. Pengaruh ukuran adsorben terhadap efisiensi penyisihan logam kromium

Hasni (2015), dalam penelitiannya yang menggunakan zeolit alam sebagai adsorben untuk penurunan kadar logam besi menjelaskan bahwa semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar kemampuan penyerapan (kapasitas adsorpsi) yang dimiliki oleh bahan penyerap tersebut. Pada penelitian tentang kajian penyerapan logam berat air raksa (Hg) dengan menggunakan karbon aktif batubara sub-bituminus yang dikarbonisasi (*coalite*) menjelaskan untuk fraksi ukuran partikel yang lebih halus memberikan kecenderungan penurunan konsentrasi Hg yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh penyebaran jumlah pori dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih kasar (Solihin dkk., 2009).

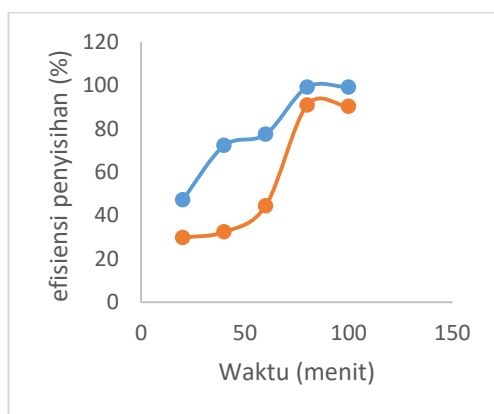
Tetapi teori tersebut tidak berlaku untuk adsorben daun pandan laut, dimana adsorben dengan ukuran



50 mesh memiliki kemampuan penyerapan yang lebih rendah dibandingkan dengan yang ukuran 35 mesh. Hal tersebut disebabkan pada saat kalsinasi dengan suhu tinggi akan terjadi pengikisan adsorben sehingga akan mempengaruhi struktur dan menyebabkan adsorben menjadi rapuh. Permukaan rongga pori menjadi dangkal sehingga menyebabkan daya serap logam Kromium menjadi menurun (Vinsiah, 2013)

b. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan logam kromium.

Untuk mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan logam kromium, maka dilakukan pengujian dengan memvariasikan waktu kontak yaitu selama 20, 40, 60, 80 dan 100 menit. Lamanya waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben akan mempengaruhi efisiensi penyisihan, seperti ditampilkan pada Gambar 9.



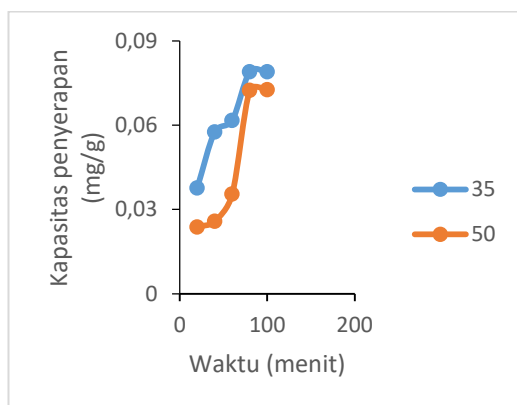
Gambar 9. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan (%)

Berdasarkan Gambar 9 proses adsorpsi menggunakan adsorben daun pandan laut, efisiensi penyisihan tertinggi sebesar 99,09%

menggunakan adsorben daun pandan laut dengan ukuran 35 mesh dengan konsentrasi larutan logam kromium 1,0 mg/l. Makin lama waktu kontak maka logam kromium yang terserap akan semakin meningkat sampai mencapai kesetimbangan, sesuai dengan Subandriyo dkk (2011), penurunan efisiensi penyisihan disebabkan jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah pertikel adsorben yang tersedia sehingga permukaan adsorben akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyisihan pun menjadi menurun dan karena adanya perbedaan konsentrasi ion pada fase cair-padat, sehingga terjadi transfer dari fase cairan ke fase padat (adsorben).

4.2.3 Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan logam kromium

Untuk mengetahui pengaruh waktu adsorpsi terhadap kapasitas penyerapan logam kromium oleh adsorben daun pandan laut, percobaan dilakukan dengan memvariasikan waktu pengontakan selama 20, 40, 60, 80 dan 100 menit, menggunakan adsorben 35 mesh dengan konsentrasi larutan kromium sebesar 1,0 mg/l. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan logam kromium dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan (mg/g)

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa pada awal proses adsorpsi, laju penyerapan adsorbat sangat tinggi pada menit ke-80 adsorben ukuran 35 mesh dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,07895 mg/g. Dan cenderung stabil pada menit berikutnya hingga mencapai menit ke-100 menit. Kapasitas penyerapan meningkat seiring dengan pertambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, sehingga akan mempengaruhi kapasitas penyerapan. Semakin lama waktu kontak maka laju penyerapan akan semakin besar sampai mencapai waktu kesetimbangan. Semakin lama waktu kontak maka konsentrasi logam yang terserap akan semakin meningkat sampai terjadinya kesetimbangan. Subandriyo dkk (2011)

Hal tersebut sesuai dengan pendapat Halim dkk., (2010), yang menyebutkan bahwa lamanya waktu kontak menyebabkan ruang adsorben yang terisi lebih banyak, sehingga semakin sulit adsorbat untuk menemukan ruang kosong yang tersedia. Hal ini menyebabkan

kuantitas adsorbat yang diserap oleh adsorben pada waktu tertentu akan mulai memasuki keadaan statis atau dengan peningkatan yang relatif rendah. Seperti terlihat pada Gambar 4.8, waktu kesetimbangan (t_e) diperoleh pada menit ke-80, dimana pada waktu tersebut persentase penyerapan logam kromium oleh adsorben daun pandan laut mencapai kondisi setimbang. Pendapat yang lain juga menyatakan bahwa kesetimbangan tidak tergantung pada konsentrasi awal ion logam dari waktu ke waktu, biasanya meningkat sampai mencapai kesetimbangan yang mengarah pada kemungkinan adsorpsi monolayer (Muslim, 2016).

IV. KESIMPULAN

Analisa karakteristik dari adsorben daun pandan laut, Sifat fisika dari adsorben daun pandan laut untuk analisa kadar air, kadar abu dan daya serap iodine dapat disimpulkan adsorben dengan ukuran 35 mesh merupakan ukuran terbaik untuk penyerapan logam kromium. Analisa gugus fungsi (FT-IR) dilakukan untuk melihat sejumlah gugus hidroksil dan karboksilat pada permukaan adsorben daun pandan laut. Analisa morfologi adsorben daun pandan laut ukuran 35 mesh memiliki pori yang lebih besar yaitu 18,4 μm .

Analisa kinerja adsorben daun pandan laut, hasil adsorpsi logam kromium selama 40 menit, kemampuan penyerapan terbaik adalah adsorben ukuran 35 mesh. Efisien penyisihan logam kromium tertinggi menggunakan adsorben daun pandan laut dengan ukuran 35 mesh adalah 99,09 %. Kapasitas penyerapan logam kromium tertinggi



menggunakan adsorben daun pandan laut dengan ukuran 35 mesh adalah 0,0789 mg/g

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga kepada teman yang telah membantu dan Baristand Industri Banda Aceh yang telah menyediakan sarana dan prasarana dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen. M. L., Cui-Bo G., Ting Y., Yan S., Jian-Hua W., 2013, A Green Sorbent Of Esterified Egg-Shell Membrane For Highly Selective Uptake Of Arsenate And Speciation Of Onorganic Arsenic, *International journal of Talanta*. 116: 688-694.
- Halim. A. A., 2010, Comparison study of ammonia and COD adsorption on zeolite activated carbon and composite materials in landfill leachate treatment, *Desalination*, 262. 31-35
- Handayani, D.S.dkk., (2012) *Adsorpsi Ion Logam Pb (II), Cd (II) Dan Cr (II) Oleh Poli 5 Allil-Kaliks (4) Arena Tetra Ester*, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Sains, Universitas Sebelas Maret.
- Hasni, 2015, *Penurunan Kadar Logam Besi Air Tanah Melalui Kombinasi Adsorpsi Zeolit Alam Banda Aceh Dan Penyaringan Dengan Membran Ultrafiltrasi*, Thesis Teknik Kimia Unsyiah. Banda Aceh.
- Kusmiyati, P. A. L., Kunthi P., 2012, *Pemanfaatan Karbon Aktif Arang Batubara (Kaab) Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Berat Cu⁺ Dan Ag⁺ Pada Limbah Cair Industri*, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 14 No.1, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Liem. V., Aditya P., Arenst A., 2015, Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia, "Kejuangan" Yogyakarta ISSN 1693-4393*.
- Masitoh. F. Y, Maria. M. S. B (2013), *Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (Theobroma cacao L.) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II) Dalam Pelarut Air*, *Unesa Journal Of Chemistry Vol. 2 No. 2, Universitas Negeri Surabaya*
- Meneghel. AP., Affonso C. G. Jr., Fernanda R., Douglas C. D., Cleber A. L., Leonardo S., 2013, *Biosorpsi Of Cadmium From Water Using Moringa (Moringa oleifera lam.) Seeds*, *Water air soil pollut*, 224:1383.
- Moreno-Virgen. M., Tovar-Gomez. R., Mendoza-Castillo. D. I., Bonilla-Petriciolet. A., (2012), *Applications Of Activated Carbons Obtained From Lignocellulosic*



*Materials For The
Wastewater Treatment.*

Muslim, A. dkk., (2016) *Adsorbtion Of Cu (II) From The Aqueous Solution By Chemical Activated Adsorbent Of Area Catechu Shell*, *Journal Engineering Science Adn Teknologi*.

Prauchner. M. J., Rodríguez-Reinoso F., 2012, *Chemical Versus Physical Activation Of Coconut Shell: A Comparative Study, Microporous and Mesoporous Materials*, 152. 163–171.

Rahayu, Sri Endang, dkk. 2010. *Keragaman Genetic Pandan Asal Jawa Barat Berdasarkan Penanda Inter Simple Sequence*, *Makara Sains*, Vol.14 No.2

Solihin, C. C., Garlan S., 2009, *Kajian Logam Berat Air Raksa (Hg) Dengan Menggunakan Karbon Aktif Batubara Sub-Bituminus Yang Dikarbonisasi (Coalite)*, *Jurnal Teknik Kimia, Universitas Islam Bandung*.

Sudibandriyo. M., Lydia, 2011, *Karakteristik Luas Permukaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kimia*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, Vol.10, No.3, 149-156.

Vinsiah. R., Andi S., Desi., 2013, *Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (Haeva brassiliensis)*, *Jurnal Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya. Palembang*.