

Adsorpsi Limbah *Methylene Blue* terhadap Limbah Biomassa Nanas

Monik Kasman^{1*}, Asih Suzana², dan Allukman Nur Hakim³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Jalan Slamet Riyadi, Kota Jambi

e-mail: Allukmann0512@gmail.com

ABSTRACT

Dyes such as batik dyes and the textile industry can pollute the environment, especially receiving water bodies. The use of pineapple biomass waste as an adsorbent for removal of waste dyes (methylene blue). Adsorption experiment using pineapple biomass were varied in the adsorbent dose, contact time and stirring speed. In this study, the pineapple biomass adsorbent used consisted of pure and activated pineapple biomass. The experimental result showed that the adsorbent masses were varied into 0,5,1,2,5,3, dan 3,5 gr 250 mg/L glass, that the adsorbent mass does not affect color removal. Where the highest removal efficiency was 68%. The activated pineapple biomass adsorbent (AA) adsorbed more methylene blue waste than the unactivated pineapple biomass adsorbent (AM). While the contact time at the time of the trial consisted of 5 variations with a time span of 30,60,90,120 and 150 rpm, it was found that the higher the stirring speed the higher the increase in efficiency of the experiment, the highest stirring was 72% at the stirring speed of 90 rpm. The isotherm suitable for the adsorption of methylene blue waste is the langmuir isotherm which allows the adsorbent to occur physically or chemically and is limited to the monolayer layer. The high ability of pineapple biomass as an adsorbent after being activated can reduce methylene blue waste by an average of 70% in terms of the adsorbent period, contact time and stirring speed.

Keywords : Pineapple Biomass , Adsorbent, Methylene blue.

1. Pendahuluan

Industri batik merupakan salah satu industri yang sangat berkembang di Indonesia. Jumlah industri batik pada tahun 2012 yaitu sebanyak 48.300 unit usaha kecil dan menengah dan sebanyak 17 unit untuk skala besar (Kementerian Perindustrian, 2014). Peningkatan industri batik ini tidak diikuti dengan proses pengolahan limbah pada kenyataannya setiap industri merupakan sumber penyumbang polutan ke badan air dalam jumlah besar. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah organik maupun anorganik yang dapat mempengaruhi karakteristik badan air penerima (Gomez et al, 2008).

Menurut Muljadi dan Asryanto (2011) pada proses pembuatan batik terdiri beberapa kegiatan yang menghasilkan limbah, seperti proses persiapan kain putih; pengkajian dan penghilang kanji pewarna (*deying*); pencetakan (*printing*); pencelupan; pengeringan; pencucian dan pewarnaan. Proses tersebut merupakan penyumbang zat padat tersuspensi di perairan seperti BOD dan COD, serta zat pewarna. Zat pewarna tersebut juga dapat mencemari lingkungan terutama badan air penerima.

Pewarna termasuk salah satu zat berbahaya yang ditemukan dalam limbah industri dan perlu untuk ditangani. Pewarna juga dapat menyebabkan alergi, dermatitis, iritasi kulit, memprovokasi kanker dan mutasi pada manusia (De Lima et al., 2007). Pewarna merupakan senyawa organik dengan kompleks aromatik struktur molekul yang dapat membawa warna cerah dan tegas untuk bahan lainnya. Namun, struktur molekul aromatik kompleks dalam pewarna dapat membuat zat warna lebih stabil dan lebih sulit terurai (Kayan et al., 2010). Salah satu metode yang paling umum untuk menguraikan pewarna sitensis dari limbah cair adalah adsorpsi. Hal ini disebabkan karena proses adsorpsi dapat memindahkan spesies pewarna dari limbah air ke fase padat sehingga menjaga volume limbah seminimal mungkin.

Adsorpsi adalah peristiwa menempelnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain karena kesetimbangan gaya dalam permukaan tersebut (Giyatmi, 2008). Pengolahan limbah zat warna dengan metode adsorpsi

menggunakan adsorben dari bahan tumbuhan seperti limbah nanas telah banyak dilakukan. Penggunaan limbah nanas sebagai adsorben mampu mengurangi jumlah limbah nanas. Penggunaan adsorben dari bahan tumbuhan disebabkan karena adanya selulosa yang merupakan komponen utama yang menyelubungi sel-sel tumbuhan. Selulosa merupakan senyawa yang mempunyai karakter hidrolik serta mempunyai gugus alkohol primer dan sekunder yang keduanya mampu mengadakan reaksi dengan zat warna reaktif (Hidayat, 2008).

Daun Nanas merupakan salah satu bagian tanaman yang memiliki kandungan serat yang (2008), disebutkan terdapat 66-71%. Kandungan selulosa dalam serat daun nanas yang tinggi ini diharapkan dapat dijadikan sumber selulosa sebagai alternatif baru untuk adsorben dalam mengadsorb zat warna.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas ukur, neraca analitik, oven, desikator, ayakan no 40 mesh, jartes, AAS, SEM (Scanning Electron Microscopy) model S-3400N, XRF dan kertas saring Whatman 42.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa nanas, limbah pewarna buatan *methylene blue* dan $ZnCl_2$ 10%

Preparasi Adsorben

biomassa nanas dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari. Setelah kering di potong kecil-kecil.

Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan menggunakan furnace dengan suhu 550° selama 30 menit. Kemudian arang didinginkan dalam desikator, setelah dingin arang diayak dengan ukuran 40 mesh. tinggi. Menurut Handayani (2010) kandungan selulosa dalam daun nanas sebesar 66-71%, sedangkan dalam Hidayat

Proses Aktivasi

Arang yang telah diayak kemudian diaktivasi dengan cara direndam dengan ZnCl_2 10% dan dioven selama 30 menit pada suhu 110°C . Setelah itu dicuci dengan aquades dan disaring dengan kertas saring lalu dipanaskan dengan oven di suhu 110°C selama 1 jam kemudian didinginkan di dalam desikator dan disimpan dalam box.

Karakterisasi Adsorben Biomassa Nanas

1. Kadar air

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya.

2. Kadar abu

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya

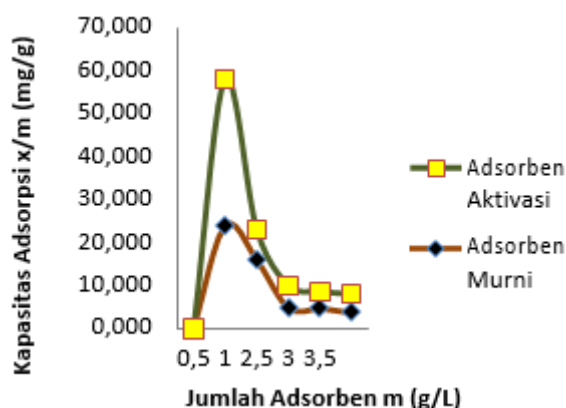
3. Kadar volatil

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Setelah itu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya.

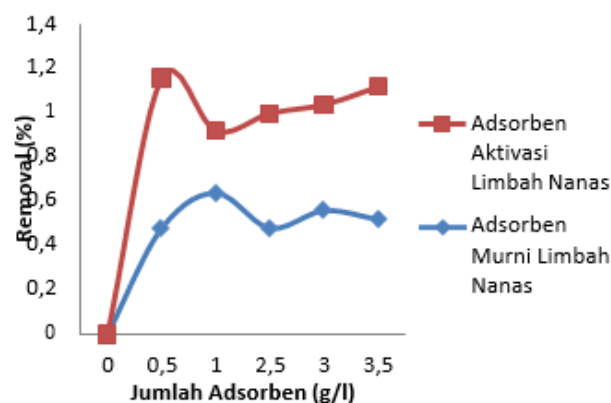
3 Hasil Dan Pembahasan

Pengaruh Dosis

Pengaruh massa adsorben antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan melakukan variasi massa adsorben yaitu 0,5,1,2,5,3, dan 3,5 gr/ 250 ml pada waktu kontak 60 menit dengan kecepatan pengadukan 30 rpm untuk adsorben murni dan adsorben aktivasi. Fenomena terlihat pada kurva di kapasitas adsorpsi dibawah ini. Kedua adsorben menunjukan kecenderungan yang sama dimana kapasitas adsorpsi turun setelah adsorben 1 gr/l. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa massa adsorben tidak mempengaruhi penyisihan warna.



Gambar 1. Grafik Kapasitas Adsorpsi Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Warna

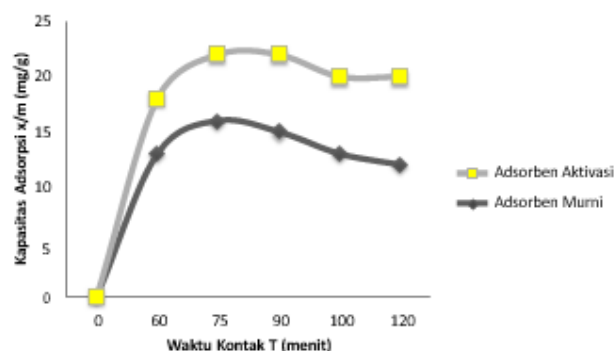


Gambar 2. Grafik Removal Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Warna

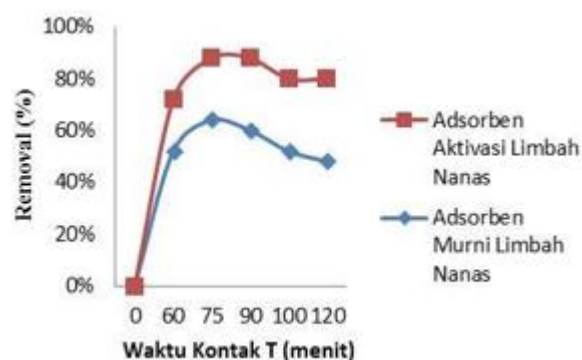
Dapat dilihat pada grafik di atas penelitian Budi (2020) menyatakan hal yang sama bahwa massa adsorben tidak berpengaruh. Massa adsorben optimum untuk adsorben murni dengan pewarna *methylene blue* yaitu pada variasi massa adsorben 1 gr dengan serapan sebesar 16 mg/l dan efisiensi penyisihan 64%. Sedangkan massa adsorben optimum untuk adsorben aktivasi dengan pewarna *methylene blue* yaitu massa adsorben 0,5 gr dengan serapan sebesar 17 mg/l dengan efisiensi penyisihan 68%.

Pengaruh Waktu Kontak

Pengaruh waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan melakukan variasi massa adsorben 0,5 gr/l pada waktu kontak 60,75,90,100 dan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 30 rpm untuk adsorpsi murni (AM) dan adsorpsi aktivasi (AA). Dari penelitian ini terjadi peningkatan serapan dari 60 menit ke 120 menit dan terjadi penurunan serapan sejalan dengan peningkatan waktu.



Gambar 3. Grafik Kapasitas Adsorpsi Waktu kontak Terhadap Penyisihan Warna

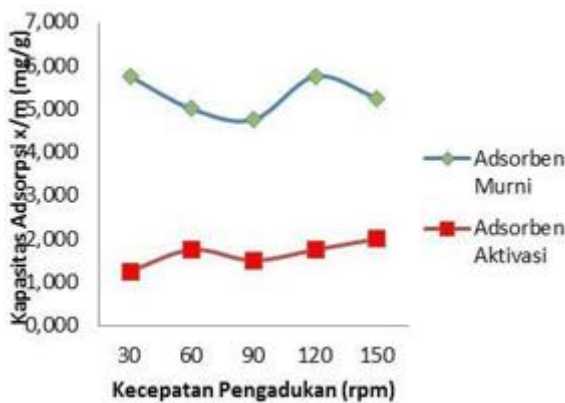


Gambar 4. Grafik Removal Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Warna

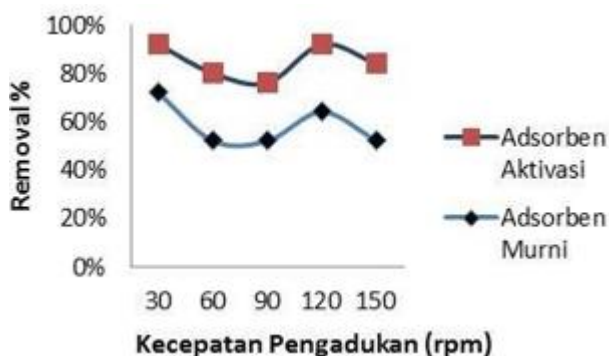
Pada adsorben murni waktu kontak 75 menit adalah waktu optimum untuk proses penyisihan limbah warna sedangkan pada adsorben aktivasi waktu kontak 120 menit masih belum optimum untuk penyisihan warna karena kecenderungan warna pada grafik terus meningkat, sehingga perlu dilakukan observasi selanjutnya. Semakin lama waktu kontak juga dapat mengakibatkan desorpsi, yaitu terlepasnya zat warna yang sudah terikat oleh adsorben. Benard dan Jimoh (2013) menunjukkan bahwa setelah adsorpsi mencapai keadaan setimbang pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyerapan zat warna.

Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Pengaruh kecepatan pengadukan antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan melakukan variasi massa adsorben 0,5 mg/l pada waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 30,60,90,120 dan 150 rpm untuk adsorben murni (AM) dan adsorben aktivasi (AA). Dari penelitian ini terjadi peningkatan serapan dari 30 rpm ke 150 rpm dan terjadi penurunan serapan sejalan dengan peningkatan kecepatan pengadukan.



Gambar 5. Grafik Kapasitas Adsorpsi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Warna

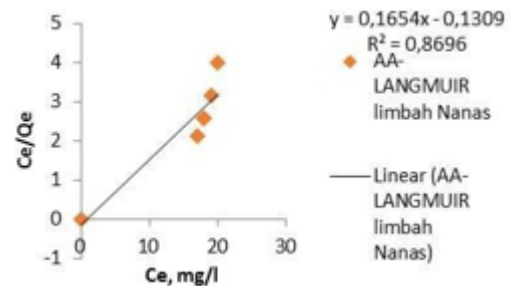
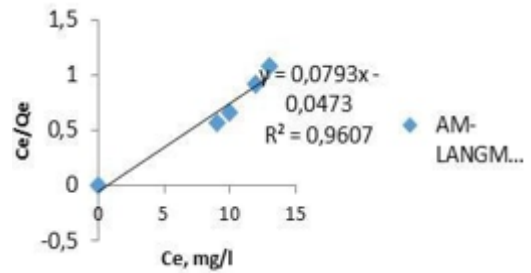


Gambar 6. Grafik Removal Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Warna

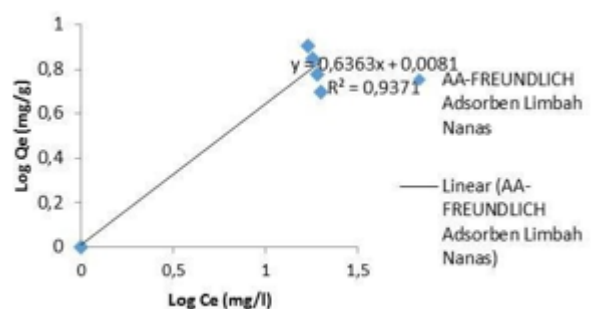
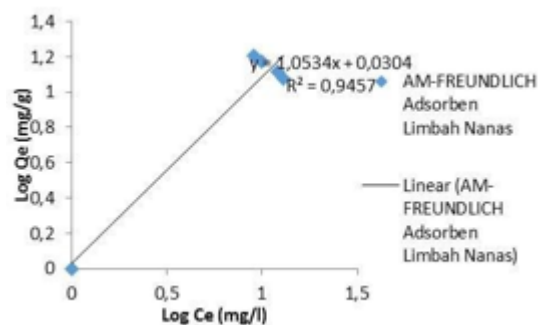
Dari hasil grafik diatas bahwa pengaruh kecepatan pengadukan terendah yaitu 60 rpm dengan efisiensi penyisihan adsorben murni (AM) 52% dengan serapan sebesar 13 mg/l dan mencapai kondisi optimum pada 30 rpm dengan serapan 18 mg/l dan efisiensi penyisihan 72%. Sedangkan untuk adsorben aktivasi (AA) pada kecepatan pengadukan terendah yaitu pada 30 rpm dengan serapan 5 mg/l dan efisiensi penyisihan 20% dan mencapai kondisi optimum pada 150 rpm

dengan serapan 8 mg/l dan efisiensi penyisihan 32%

Model Kesetimbangan Adsorpsi



Gambar 7. Isotherm Langmuir pada Adsorben Biomassa Nanas (AM) dan (AA) Terhadap Penyisihan Warna



Gambar 8. Isotherm Freundlich pada Adsorben Biomassa Nanas (AM) dan (AA) terhadap Penyisihan Warna

Model kesetimbangan yang sering digunakan dalam proses adsorpsi adalah model isotherm Langmuir dan Freundlich. Model isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa monolayer adsorpsi adsorbat pada permukaan adsorben memiliki spesifik area (situs) yang terbatas, dimana sekali situs adsorpsi ditempati, maka adsorpsi lebih lanjut tidak dapat terjadi pada area tersebut. Secara teoritis, apabila kejenuhan tercapai maka penerapan lebih lanjut tidak dapat terjadi lagi. Sedangkan model isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa rasio jumlah zat yang teradsorpsi ke massa adsorben tertentu dengan konsentrasi zat terlarut dalam larutan adalah tidak

konstan pada konsentrasi yang berbeda. Secara matematis diperkirakan bahwa terjadi adsorpsi secara multilayer di permukaan (Saeeda A. Et al 2009).

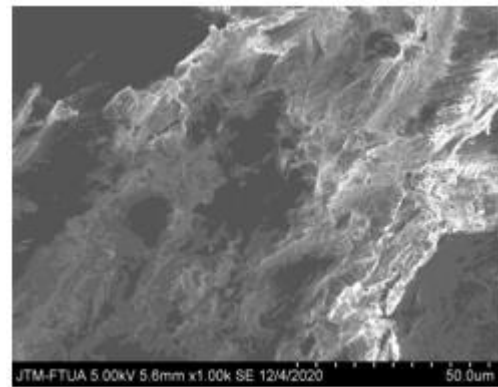
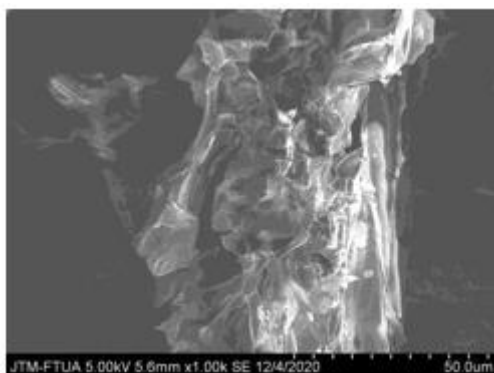
Data dasar yang diperlukan untuk pemodelan isotherm adsorpsi adalah konsentrasi kesetimbangan ion logam (C_e) dan berbagai konsentrasi awal (C_o) dalam larutan dan jumlah logam yang diserap perunit (q_e) massa adsorben pada setiap nilai C_e . Dari data yang di dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi pada kesetimbangan (C_e) versus C_e/q_e (Saeeda A. Et al2009).

Dari gambar 7 dan 8 terlihat bahwa grafik yang diperoleh adalah grafik linear dengan persamaan $Y=A+BX$ dengan koefisien korelasi (R^2) AM 0,9607 dan AA 0,8696 untuk model isotherm Langmuir dan AM 0,9457 dan AA 0,9371 untuk model isotherm Freundlich.

Dari gambar 7 dan 8 juga dapat dilihat perbandingan nilai koefisiensi korelasi (R^2) dari persamaan kesetimbangan adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Dari nilai R^2 tersebut dapat diketahui model persamaan kesetimbangan mana yang dapat mewakili reaksi pada penelitian ini. Nilai R^2 dari model Langmuir 0,9607 dibandingkan dengan model Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa data- data yang diperoleh lebih mengikuti model persamaan kesetimbangan adsorpsi Langmuir dari pada Freundlich (Shafey, 2007) atau dapat dikatakan bahwa model persamaan kesetimbangan adsorpsi Langmuir dapat mewakili reaksi yang terjadi pada proses adsorpsi limbah *methylene blue* terhadap limbah biomassa nanas dimana proses penyerapan terjadi hanya pada permukaan dan membentuk satu lapisan (monolayer).

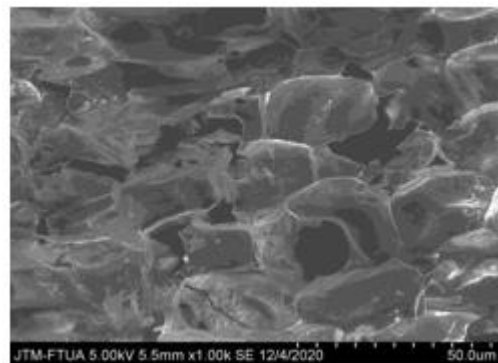
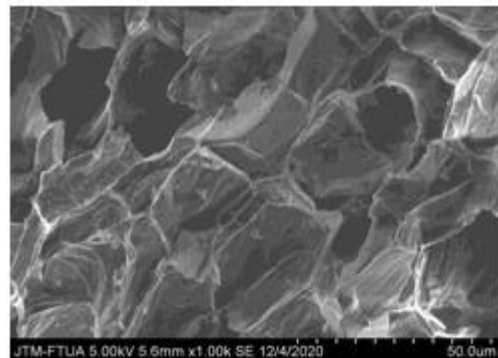
Karakterisasi SEM (Scanning ElectronMicroscope)

Sem merupakan salah satu tipe microscope electron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel. Karakterisasi dengan menggunakan SEM memungkinkan untuk mengetahui bentuk dan bagaimana keadaan pori dari adsorben biomassa nanas. Hasil uji SEM dilakukan dengan pembesaran 1000 kali dengan perbandingan adsorben biomassa nanas sebelum adsorpsi (AM) dan sesudah adsorpsi (AA)



Gambar 9. Uji SEM Adsorben Biomassa NanasMurni (AM) dengan pembesaran 1000 x Sebelum Adsorpsi dan Sesudah Adsorpsi

Dapat dilihat bahwa adanya perbedaan bentuk permukaan adsorben biomassa nanas sebelum adsorpsi yaitu terlihat pada adsorben murni memiliki pori sedikit lebih sedikit dibandingkan dengan adsorben aktivasi yang diperbesar 1000x.



Gambar 10. Uji SEM Adsorben Biomassa Nanas Aktivasi (AA) dengan Pembesaran 1000x Sebelum Adsorpsi dan Sesudah Adsorpsi.

Dapat dilihat jika dengan pembesaran 1000x bentuk permukaan adsorben biomassa nanas adsorpsi dan sebelum adsorpsi terlihat perbedaan

X- Ray Fluorescence (XRF)

Hasil Uji Komposisi Unsur Tanpa Aktivasi Menggunakan XRF

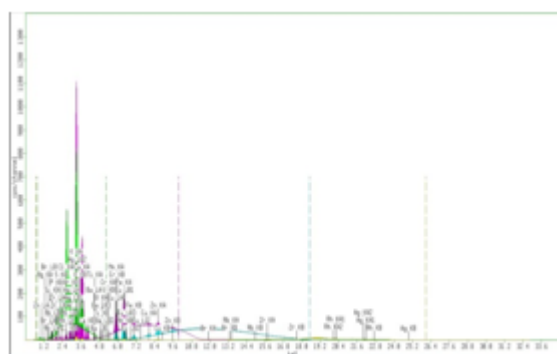
Pengujian komposisi unsur dilakukan menggunakan alat uji *X-Ray Fluorescence*. Berikut data hasil pengujian komposisi unsur tanpa aktivasi menggunakan XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Uji Komposisi Unsur Tanpa Aktivasi Menggunakan XRF

Elemen		Geology		Oxides	
Compound	Conc	Compound	Conc	Compound	Conc
Mg	7,463	MgO	10,116	MgO	10,1
Si	6,825	SiO ₂	11,301	SiO ₂	11,279
P	6,254	P ₂ O ₅	10,659	P ₂ O ₅	10,635
S	6,499	SO ₃	11,634	SO ₃	11,605
Cl	1,839	Cl	1,26	K ₂ O	34,231
K	44,625	K ₂ O	34,344	CaO	18,149
Ca	22,738	CaO	18,224	TiO ₂	0,123
Ti	0,135	Ti	0,074	V ₂ O ₅	0,001
V	0,001	V	0,001	Cr ₂ O ₃	0,011
Cr	0,014	Cr	0,008	MnO	0,594
Mn	0,844	Mn	0,462	Fe ₂ O ₃	0,953
Fe	1,225	Fe ₂ O ₃	0,958	CuO	0,033
Cu	0,048	Cu	0,026	ZnO	0,178
Zn	0,265	Zn	0,144	Rb ₂ O	0,009
Br	0,009	Br	0,005	ZrO ₂	0,016
Rb	0,016	Rb	0,009	Ag ₂ O	0,819
Zr	0,022	Zr	0,012	BaO	0
Ag	1,176	Ag	0,765	Eu ₂ O ₃	0
Ba	0	Ba	0	Cl	1,256
Eu	0	Eu	0	Br	0,005

Berdasarkan hasil pada tabel 1 dijelaskan bahwa pada data uji komposisi terdapat 20 unsur dengan nilai kandungan yang berbeda-beda, keadaan alami sampel terdapat 20 unsur dengan nilai kandungan yang berbeda-beda dan oksida terdapat 20 unsur dengan nilai kandungan yang berbeda-beda setiap unsurnya.

Data uji komposisi unsur tanpa aktivasi menggunakan XRF kemudian disimpulkan dalam bentuk grafik dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hasil Uji Komposisi Tanpa Aktivasi Menggunakan XRF

Hasil Uji Komposisi Unsur Aktivasi ZnCl₂ Menggunakan XRF

Pengujian komposisi unsur dilakukan menggunakan alat uji X-Ray Fluorescence (XRF). Berikut data hasil pengujian komposisi unsur aktivasi ZnCl₂ menggunakan XRF dapat dilihat tabel 2.

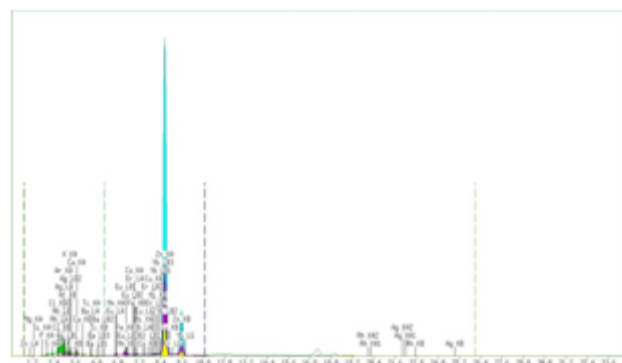
Tabel 2. Data Uji Komposisi Unsur Aktivasi ZnCl₂ menggunakan XRF

Elemen		Geology		Oxides	
Compound	Conc	Compound	Conc	Compound	Conc
Mg	6,271	MgO	8,541	MgO	7,888
Si	4,13	SiO ₂	7,191	SiO ₂	6,614
P	7,265	P ₂ O ₅	13,47	P ₂ O ₅	12,357
S	3,37	SO ₃	6,752	SO ₃	6,17
Cl	4,1	Cl	3,272	K ₂ O	7,614
K	8,832	K ₂ O	8,394	CaO	6,242
Ca	6,328	CaO	6,914	TiO ₂	0,084
Ti	0,072	Ti	0,056	MnO	0,229
Mn	0,255	Mn	0,198	Fe ₂ O ₃	0,66
Fe	0,665	Fe ₂ O ₃	0,734	Co ₃ O ₄	0,012
Co	0,013	Co	0,01	NiO	0
Ni	0	Ni	0	CuO	0,228
Cu	0,267	Cu	0,204	ZnO	48,028
Zn	57,276	Zn	43,358	Ag ₂ O	0,709
Ag	0,922	Ag	0,728	BaO	0,059
Ba	0,075	Ba	0,058	Eu ₂ O ₃	0
Eu	0	Eu	0	Er ₂ O ₃	0
Er	0	Er	0	Yb ₂ O ₃	0,121
Yb	0,157	Yb	0,12	Cl	2,984

Berdasarkan hasil pada tabel 2 diatas dijelaskan bahwa pada data uji komposisi aktivasi ZnCl₂ terdapat 19 unsur dengan nilai kandungan yang berbeda-beda, keadaan alami sampel terdapat

19 unsur dengan nilai kandungan yang berbeda-beda dan oksida terdapat 19 unsur dengan nilai kandungan yang berbeda-beda setiap unsurnya.

Data uji komposisi unsur aktivasi ZnCl₂ menggunakan XRF kemudian disimpulkan dalam bentuk grafik dilihat pada gambar 12.


Gambar 12. Grafik Hasil Uji Komposisi Aktivasi ZnCl₂ dengan menggunakan XRF

4. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Biomassa nanas dapat dijadikan adsorben zat pewarna *methylene blue*. Sebelum dilakukan proses adsorpsi biomassa nanas diaktivasi terlebih dahulu dengan ZnCl₂. Hasil yang didapatkan dari analisa adalah biomassa nanas mampu mengadsorpsi *methylene blue* pada massa adsorben optimum untuk adsorben murni pada variasi massa adsorben 1 gr dengan serapan 16 mg/ dan efesiensi penyisihan 64%. Sedangkan massa adsorben optimum yang teraktivasi yaitu massa adsorben 0,5 gr dengan serapan 17 mg/l dan efesiensi penyisihan 68%. Waktu kontak optimum adsorben murni pada waktu kontak 75 menit dengan serapan 16 mg/l dan efesiensi penyisihan 64% sedangkan waktu kontak yang teraktivasi yaitu pada waktu kontak 120 menit dengan serapan 8 mg/l dan efesiensi penyisihan 32%. Kecepatan pengadukan optimum

adsorben murni pada 30 rpm dengan serapan 18 mg/l dan efisiensi penyisihan 72% sedangkan kecepatan pengadukan optimum untuk adsorben aktivasi yaitu 150 rpm dengan serapan 8 mg/l dan efisiensi penyisihan 32%. Untuk model isotherm yang sesuai untuk adsorpsi biomassa nanas yaitu isotherm Freundlich, pada proses adsorpsi adsorben murni terjadi proses penyerapan secara monolayer dan multilayer.

Saran

Penambahan variabel bebas seperti Ph dan konsentrasi awal dan penambahan referensi adsorben biomassa nanas meliputi mahkota, daun dan kulit.

Daftar Pustaka

- Andreozzi, R., dkk. 2000. Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Mineral Oil- Contaminated Wastewater. *Water Resource*, Vol. 32(2), 620-628
- Apriliani, Ade., 2010. *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Arief, Latar Muhammad., 2016. *Pengolahan Limbah Industri Dasar Pengetahuam dan Aplikasi ditempat Kerja*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Aryunani, N. 2003. Adsorpsi Remazol Yellow FG oleh Enceng Gondok Aktif. *Skripsi*. Surakarta : Jurusan Kimia FMIPA UNS.
- Cundari, dkk. 2020. Karbon Aktif Berbahan Baku Biji Pinang Hias (*Cyrtostachys Lakka*). (*Sripsi*).
- Dalimartha, Setiawan. 2000. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 2*. Jakarta: Trubus Agriwidya.
- Dewi, S.R. & Dwiputranto, U. 2012. Penggunaan Limbah Medium Tanam Jamur Tiram (*Pleuroturus ostreatus*) dalam Penyerapan Warna Limbah Cair Batik. *Jurnal*, 2: 172- 185.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit : Kanisius. Yogyakarta.
- Giyatmi, dkk. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean*. Yogyakarta.
- Gratha, Benny. 2012. *Panduan Mudah Belajar Membuatik*. Jakarta: Demedia Pustaka.
- Han, J.S. 1999. Stormwater filtration of Toxic Heavy Metal ions using lignocellulosic Material Selection Process, Fiberization, Chemical Modification, and Mat Formation. 2nd Inter-Regional Conference on Enviroment-water.
- Handayani, A.W., 2010, *Penggunaan Selulosa Daun Nanas Sebagai Adsorben Logam Berat Cd(II)* Universitas Sebelas Maret, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Surakarta, (*Skripsi*).
- Hastuti, S., S.H. Mawahib dan Setyoningsih. 2012. Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b. *Jurnal EKOSAINS* IV(1): 41-47.
- Hidayat, P. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknoin* 13: 31-35.
- Igwe, J.C., Abia, A.A. 2007. Adsorption Kinetics and Intraparticulate Diffusivities for Bioremediation of Co(II), Fe(II), and Cu(II) ions from Waste Water Using Modifed and Unmodified Maize Cob. *International Journal of Physical Science*. 2(5): 199-127.
- Khairunisa, R. 2008. *Kombinasi Teknik Elektrolis dan Teknik Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Fenol dalam Air*: Skripsi FMIPA Universitas Indonesia, Depok.
- Kurniadi, E. 1996. *Seni Kerajin Batik*. Surakarta: Sebelas Maret University Press.
- Pracaya, 2011. *Kiat Sukses Budi Daya Nanas. Singkawang*: PT Maraga Borneo Tarigas.
- Rochanah, T. 2004. *Adsorpsi Zat Warna Procion Red MX 8B Pada Limbah Tekstil Oleh Batang Jagung*, Surakarta: UNS.
- Santoso, H.B. 2010. *Teknologi Tepat Guna Manisan Nanas*. Cetakan ke Delapan. Yogyakarta : Kanisius.
- Suasana. 2011. *Ekstraksi Selulosa Limbah Mahkota Nenas*. Jurnal Politeknik Negeri Pontianak: Pontianak.
- Sudirjo, E. 2005. *Penentuan Distribusi Benzen Toluene pada Kolom Adsorpsi Fixed Bed Carbon Aktive*. Jakarta: Jurusan Teknik. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Syafrida. 2017. *Limbah Biosolid Land Application Industri Minyak Kelapa Sawit*. (*Skripsi*).