

Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Ion Logam Besi (Fe) Menggunakan Selulosa Hasil Ekstraksi Dari Kulit Durian (*Durio Zibethinus* Murr)

Resna Burma¹, Edi Nasra*², Budhi Oktavia³, Sherly Kasuma Warda Ningsih⁴

^{1,2,3,4}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Indonesia

*edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Fe(II) Metal Ions are one type of heavy metal that is toxic resulting in pollution in the environment. In waters if Fe(II) ion exceeds the limit of 0.3 mg / L will cause damage to the ecosystem and the surrounding environment, so countermeasures are needed from pollution caused by Fe(II) ions. Biosorption using cellulose biosorbents extracted from durian fruit peel was chosen as one of the efficient methods. The purpose of this study can determine the absorption capacity of durian fruit peel and determine the optimum conditions for absorption of Fe (II) metal ions carried out by batch method with variations in pH and concentration. The optimum pH of Fe (II) metal ion absorption was obtained at pH 5 and an optimum concentration of 250 ppm with an absorption capacity of 4.3 mg/g.

Keywords Biosorption, Fe(II), cellulose extraction, Durian peel, Atomic Absorption Spectroscopy

I. PENDAHULUAN

Durian (*Durio Zibethinus* Murr) adalah tumbuhan tropis yang diberi nama durian, dengan kata lain buah yang memiliki kulit berduri tajam. Tanaman durian ini tumbuh subur di Thailand, Malaysia, Sumatera dan Kalimantan, durian ini termasuk tumbuhan liar. Tanaman durian ini di Indonesia populer dengan sebutan si raja buah [1]. Dan produksinya sangat meluas mencapai 1.113.195 ton/tahun. Bagian dari durian ini hanya 20,52% yang bisa dikonsumsi dari buah utuhnya dan sekitar 79,48% merupakan bagian kulit dan biji yang tidak bisa dimakan sehingga menimbulkan banyaknya limbah dari buah durian tersebut.

Buah durian banyak digemari masyarakat karena memiliki ciri khas rasa yang manis dan juga enak, serta mempunyai kandungan gizi yang tinggi. Tingginya minat masyarakat terhadap buah durian ini mengakibatkan tingginya limbah kulit durian yang dihasilkan dan tidak termanfaatkan sehingga dapat diprediksi tingginya limbah kulit durian saat ini mencapai 556.360 ton/tahun.

Kulit durian memiliki kandungan selulosa yang cukup besar yaitu 60,45%. Selulosa merupakan polisakarida yang asalnya dari β -glukosa dan senyawa yang berasal dari alam (organik) yang memiliki penanan penting dalam penyusun utama dinding sel yang ada pada tumbuhan. Senyawa ini menjadi polimer alam paling melimpah dan ramah lingkungan karena mudah terdegradasi, dapat diperbarui, dan tidak beracun. Selulosa memiliki tegangan tarik tinggi, sifat senyawa berserat, tidak larut dalam pelarut organik dan air.

Selulosa di alam tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni, pada alam selulosa berasosiasi dengan polisakarida lainnya seperti lignin, hemiselulosa, dan pektin. Selulosa dibagi menjadi beberapa jenis jika dilihat dari kelarutannya didalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 17 % serta derajat polimerisasinya. Macam jenis selulosa yaitu ada alfa selulosa, beta selulosa, dan gamma selulosa [3]

Dalam penelitian kali ini dilakukan ekstraksi selulosa menggunakan metode sokletasi. Metode ekstraksi ini biasanya dipakai ketika mengekstrak selulosa karena metode ini paling efektif digunakan untuk mengekstrak selulosa karena dengan menggunakan metode ini terjadi proses delignifikasi bahan yang mengandung senyawa lignoselulosa. Metode ekstraksi ini bertujuan untuk mengganggu struktur lignin yang melekat pada selulosa dan berkemungkinan terjadinya pemisahan struktural antara selulosa dengan lignin [4].

Penelitian ekstraksi kulit buah durian saat ini tidak banyak ditemukan sehingga peneliti tertarik melakukan penelitian tentang ekstraksi selulosa dari kulit buah durian yang berasal dari Kota Padang, Sumatera barat. Ditambah tumbuhan durian

TABEL I
KARAKTERISTIK KULIT BUAH DURIAN [2]

Komposisi	Kadar (%)
Selulosa	60,45
Hemiselulosa	13,09
Lignin	15,45
Abu	4,35
Lainnya	6,66

sekarang ini sudah banyak tersebar di seluruh Indonesia sehingga ketersediaan kulit buah ini memberikan solusi ketersediaan bahan dari kulit buah durian. biosorpsi ion logam menggunakan selulosa hasil ekstraksi dari kulit durian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk aplikasi kedepannya.

II. METODA PENELITIAN

A. Alat

Penelitian ini membutuhkan beberapa alat berupa gelas kimia, erlenmeyer, pipet ukur, pipet gondok, batang pengaduk, botol semprot, spatula, pipet tetes, bola hisap, lumpang dan alu, ayakan 180 μm , oven, neraca analitik (ABS220-4), FTIR (PerkinElmer), AAS.

B. Bahan

Kulit durian (*Durio Zibethinus* Murr), etanol-toluena, aquades, NaOH, HNO₃, FeSO₄ · 7H₂O dan H₂O₂.

C. Preparasi dan Ekstraksi Selulosa Kulit Buah Durian

1. Preparasi kulit buah durian

Kulit buah Durian yang sudah didapat selanjutnya dibersihkan untuk menghilangkan kotorannya, setelah kulit durian bersih selanjutnya dilakukan penjemuran dengan cahaya matahari selama 1-2 hari. Saat kulit buah durian kering, lalu potong dengan ukuran kecil setelah itu dikeringkan dengan oven pada 100°C sampai kadar air berkurang dan berat konstan. Kulit buah durian yang sudah dikeringkan selanjutnya dihaluskan terlebih dahulu menggunakan *grinder* hingga terbentuk serbuk kulit buah durian. Hasil dari proses penghalusan tersebut, kemudian dilakukan pengayakan dengan ayakan 180 μm [5].

2. Ekstraksi Selulosa Kulit Buah Durian [6].

Tahap Dewaxing

Menimbang 15 gram sampel yang diekstraksi menggunakan 180 mL etanol-toluena dengan perbandingan (1:2) pada suhu 85°C selama 6 jam dengan metode soxhlet. Setelah didapat residu bebas senyawa ekstraktif, setelah itu residu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 4 jam. Setelah itu sampel ditimbang dan dihitung rendemennya.

Tahap Delignifikasi

Kedalam larutan NaOH 4% residu bebas ekstraktif dilarutkan menggunakan perbandingan antara NaOH 4% dengan serbuk kulit buah Durian bebas senyawa ekstraktif (1:10), setelah itu larutan dipanaskan dengan menggunakan tingkat panas 85°C selama 2 jam, residu hasil pemanasan dibiarkan selama 24 jam lalu disaring. Selanjutnya residu dicuci dengan aquades hingga pH mencapai netral. Hasil residu yang sudah bebas hemiselulosa akan dikeringkan pada oven dengan tingkat panas 60°C selama 4 jam. Hasil akhir dari residu tersebut diukur dan dihitung rendemennya.

Tahap bleaching

Serbuk kulit buah durian yang telah hilang hemiselulosa serta lignin dicampur dengan larutan H₂O₂ 10% pada perbandingan 1:10. Memanaskan larutan memakai hotplate pada tingkat panas 60°C sambil terus diaduk dengan magnetic stirrer. Setelah itu residu disaring dengan kertas saring lalu membersihkan dengan aquades hingga pH mencapai netral. Mengeringkan residu dengan oven pada tingkat panas 40°C selama 2 jam.

D. Karakterisasi Ekstrak Selulosa

Uji FTIR dilakukan untuk karakterisasi selulosa yang berguna dalam melihat gugus fungsi selulosa dari kulit buah Durian.

E. Pengaruh variasi

1. Pengaruh pH larutan

Sebanyak 0,1 gram selulosa dari kulit buah durian ditempatkan dalam 25 mL larutan Fe dengan konsentrasi 200 ppm, setelah itu masing-masing larutan diatur pH nya sebesar 2: 3: 4: 5: 6. Mengaduk larutan lebih kurang 60 menit dengan shaker, lalu larutan disaring menggunakan kertas saring, pengukuran konsentrasi Fe dalam larutan dengan metode AAS dilakukan pada filtrat yang diperoleh.

2. Pengaruh konsentrasi larutan

Pada pH optimal ditambahkan 25 mL larutan dari logam Fe ditambahkan pada masing-masing beaker glass, lalu 0,1 gram selulosa dari kulit buah durian dimasukkan pada variasi konsentrasi 50; 100; 150; 200; 250; 300 dan 350 ppm. Menyaring campuran yang diperoleh dengan kertas saring kemudian mengukur konsentrasi Fe pada filtrat yang diperoleh menggunakan metode AAS

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi selulosa dari kulit buah durian

Preparasi kulit durian dilakukan dengan cara dehidrasi. Kulit durian yang sudah dipisahkan dari buahnya dibersihkan dari kotoran yang melekat. Kulit durian juga di dehidrasi dengan cara dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari kemudian dioven agar mengurangi dan menguapkan air yang masih terkandung didalam kulit durian. Tujuan pengeringan kulit durian ini agar kadar air yang terkandung dalam kulit durian berkurang dan kulit durian ini bisa dihaluskan menjadi serbuk yang digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu ekstraksi selulosa.

Proses ekstraksi selulosa dilakukan secara bertahap yang pertama yaitu tahap *dewaxing*. Pada tahap ini dilakukan untuk melarutkan senyawa ekstraktif selain selulosa, hemiselulosa dan lignin. Senyawa yang dilarutkan yaitu zat lilin, senyawa metabolit sekunder serta zat pewarna alami[7]. Pelarut yang digunakan yaitu etanol-toluena dengan perbandingan (1:2).

Metode yang digunakan pada tahapan ini yaitu metode sokletasi. Hasil yang diperoleh dengan proses sokletasi lebih baik dari pada menggunakan metode maserasi. Pada metode sokletasi hasil rendemennya lebih besar karena penggunaan panas sehingga meningkatkan kemampuan pelarut dalam mengekstrak senyawa yang tidak larut pada suhu kamar, serta

pelarut dapat melarutkan senyawa-senyawa dengan baik karena pelarut selalu bersirkulasi[8]. Pada metode sokletasi, yang menandakan senyawa ekstraktif berhasil di ekstrak yaitu terjadi perubahan warna pada pelarut dimana pelarut akan berubah menjadi kuning kecoklatan. Serbuk kulit buah durian yang diperoleh setelah proses dewaxing yaitu sebesar 83,48 gram.

Bubuk kulit buah durian bebas pengotor selanjutnya masuk ke tahap delignifikasi. Tahap ini berfungsi untuk pemutusan ikatan antara selulosa dan hemiselulosa. Hal ini perlu dilakukan karena dapat mengganggu ikatan logam dengan selulosa[9]. Pada lignin terdapat gugus -OH yang berperan untuk proses biosorpsi, namun lignin mempunyai struktur yang kaku dan pori-pori yang sedikit pada permukaan sehingga kurang efektif untuk dijadikan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi.

Pelarut yang digunakan pada tahap delignifikasi yaitu NaOH dengan konsentrasi 4%. Penggunaan NaOH ini dilakukan karena bisa bereaksi dengan tingkat panas yang tidak terlalu tinggi dan NaOH adalah basa kuat dengan kelarutan yang cukup tinggi terhadap air sehingga dapat melarutkan lignin dan hemiselulosa[10]. Serbuk kulit buah durian yang diperoleh setelah melewati tahap delignifikasi yaitu sebesar 30,3 gram. Reaksi yang terjadi pada tahap ini dapat dilihat pada gambar dibawah.

Pada tahap ini bertujuan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa yang masih tersisa setelah proses sebelumnya sekaligus memutihkan sampel kulit durian. Larutan yang digunakan pada tahap ini yaitu larutan hydrogen peroksidasi (H₂O₂). Larutan ini digunakan karena mampu untuk melepaskan oksigen cukup kuat, tidak menimbulkan endapan, dan hasil yang diperoleh akan menjadi lebih putih stabil. Warna yang berubah pada larutan terjadi akibat H₂O₂ terurai menjadi ion HOO⁻ hal ini bisa mengoksidasi zat warna alami senyawa organik dan dapat merubah ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal sehingga didapat warna putih yang stabil [11]. Dengan larutan H₂O₂ memiliki efek yang dapat merusak selulosa sangat kecil, selain itu H₂O₂ adalah bahan alam ramah lingkungan serta mudah terurai menjadi H⁺ dan HOO⁻. Pada penelitian ini konsentrasi H₂O₂ yaitu 10%. Pada tahap bleaching selulosa kulit buah durian yang diperoleh sebanyak 28,525 gram.

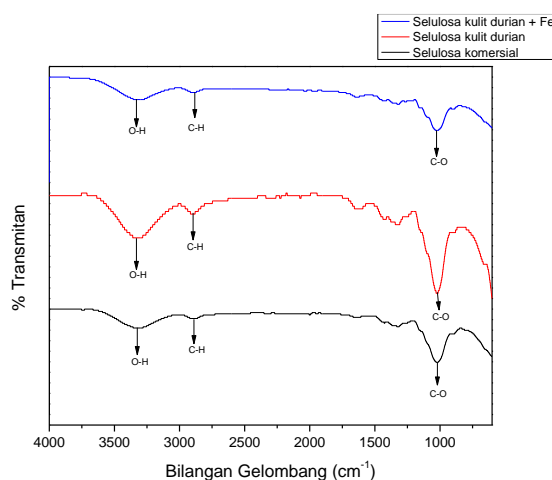
B. Karakterisasi menggunakan FTIR

Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600 cm⁻¹. FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan selulosa yang nantinya akan dibuktikan dengan teridentifikasinya gugus hidroksil dan karbonil pada sampel sampel yang diujikan. Ada 3 sampel yang diuji FTIR yaitu sampel selulosa komersil, sampel hasil ekstraksi selulosa kulit durian, dan selulosa kulit durian yang sudah dikontakkan dengan logam besi. Didapatkanlah data seperti berikut :

TABEL II.

DATA HASIL UJI FTIR

Daerah serapan (cm ⁻¹)			Ikatan dan Gugus Fungsi
Selulosa komersil	Selulosa kulit durian	Selulosa setelah dikontakkan logam Fe	
3331,23	3332,77	3330,64	O-H stretching
2891,32	2899,68	2896,65	C-H stretching
1638,15	1634,18	1639,21	O-H bending
1320,96	1322,38	1320,00	CH bending
1021,88	1021,85	1024,30	C-O stretching



Gambar 1. Spektrum FTIR selulosa

Selulosa standar (garis warna hitam) dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk menjadi pembanding antara selulosa standar dengan selulosa kulit buah durian hasil ekstraksi. Hasil identifikasi terdapat O-H stretching pada bilangan gelombang 3331,23 cm⁻¹ dan pada bilangan gelombang 1638,15 cm-1 menandakan adanya O-H bending. Pada bilangan gelombang 2891,32 cm⁻¹ menandakan adanya gugus fungsi C-H stretching dan pada bilangan gelombang 1320,96 cm⁻¹ menandakan adanya ikatan C-H bending. Selanjutnya gugus C-O yang muncul pada bilangan gelombang 1021,88 cm⁻¹. Gugus fungsi yang muncul seperti -OH, -CH, dan C-O merupakan gugus utama untuk selulosa[12].

Berdasarkan hasil analisis dapat diidentifikasi pada ekstraksi selulosa kulit durian (garis warna merah) adanya gugus fungsi O-H stretching dari selulosa yang muncul pada bilangan gelombang 3332,77 cm⁻¹. Serapan pada bilangan gelombang 2899,68 cm⁻¹ adanya gugus fungsi C-H stretching. Bilangan gelombang 1634,18 cm⁻¹ adanya gugus OH bending.

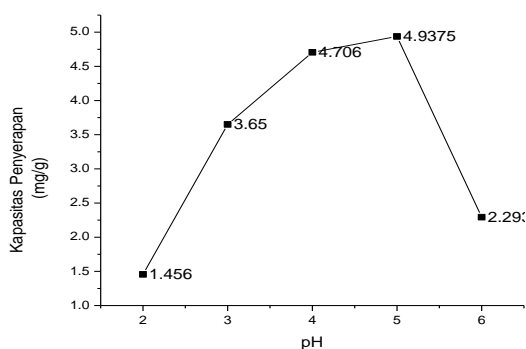
Pada spektrum selulosa standar dan selulosa hasil ekstraksi tidak terlihat adanya puncak C=O stretching kisaran panjang gelombang 1200-1300 cm⁻¹[13]. Ini menandakan bahwa selulosa kulit durian hasil ekstraksi ini bisa direpresentasikan bahwa lignin sudah tidak ada. Pada bilangan gelombang 1322,38 cm⁻¹ muncul gugus fungsi C-H bending. Serta getaran

kerangka cincin piranosa C-O dalam selulosa berada pada bilangan gelombang $1021,85\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan hasil spektrum yang muncul dapat diidentifikasi pada ekstraksi selulosa kulit durian yang sudah dikontakan dengan ion logam Besi (garis warna biru) adanya pergeseran bilangan gelombang gugus fungsi O-H *stretching* dari selulosa yang muncul pada bilangan gelombang $3330,64\text{ cm}^{-1}$. Serapan pada bilangan gelombang $2896,65\text{ cm}^{-1}$ adanya gugus fungsi C-H *stretching*. Gugus O-H *bending* terjadi pergeseran ke arah yang lebih tinggi pada bilangan gelombang $1639,21\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan gelombang $1320,00\text{ cm}^{-1}$ muncul gugus fungsi C-H *bending*. Serta getaran kerangka cincin piranosa C-O-C dalam selulosa berada pada bilangan gelombang $1024,30\text{ cm}^{-1}$. Spektrum -OH terjadi pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih tinggi, ini bisa diidentifikasi bahwa pada gugus fungsi inilah terjadinya pengikatan ion logam besi. Jika pergeseran puncak menuju sisi bilangan gelombang yang lebih tinggi, massa molekul itu berkurang karena frekuensi getaran berbanding terbalik dengan massa molekul bergetar. Jadi lebih ringan molekulnya, lebih banyak frekuensi getarannya dan lebih tinggi bilangan gelombangnya. Ini juga didukung dengan nilai %T dari hasil pengukuran didapatkan meningkat yang berarti absorbansi turun, ini menandakan bahwa gugus aktif pada selulosa kulit durian berperan dalam proses penyerapan dan sudah berinteraksi dengan analit.

Pergeseran atau perubahan puncak ini akan menunjukkan interaksi antara logam dengan gugus fungsi pada permukaan adsorben hasil dari biosorpsi. Akibatnya penurunan intensitas puncak-puncak tersebut mengindikasikan terjadinya oksidasi selulosa pada reaksi ion-ion logam. Juga dapat dilihat bahwa seluruh wilayah pita gugus fungsi yang berbeda pada permukaan selulosa terlibat dalam biosorpsi ion-ion logam [14].

C. Pengaruh pH larutan

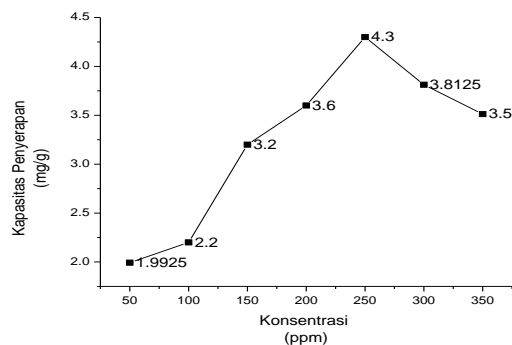


Gambar 2. Pengaruh pH terhadap penyerapan ion Fe^{2+} terhadap selulosa kulit durian

Berdasarkan gambar grafik diatas pH sangat mempengaruhi nilai dari kapasitas penyerapan antara biomassa dengan logam Fe(II), karena pH dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada sifat permukaan adsorben, sifat molekul adsorbat, perubahan komposisi larutan, dan spesies

logam yang terdapat pada adsorben[15]. Kondisi optimum penyerapan ion logam Fe(II) terdapat pada pH 5 dengan kapasitas serapan ion logam Fe(II) yang berasal dari selulosa kulit buah durian sebesar $4,9372\text{ mg/g}$.

D. Pengaruh konsentrasi larutan

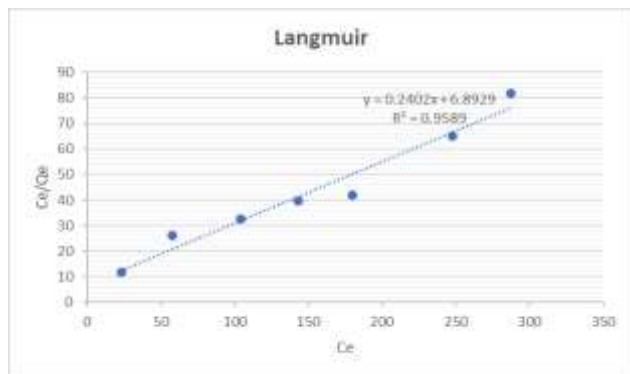


Gambar 3. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap penyerapan ion Fe^{2+} terhadap selulosa kulit durian

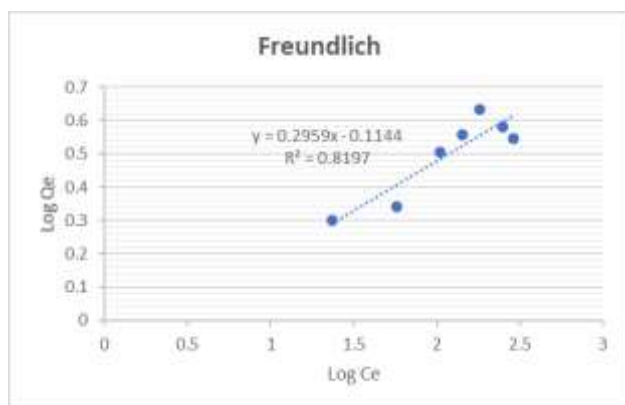
Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa konsentrasi sangat mempengaruhi nilai dari kapasitas penyerapan antara biomassa dengan logam Fe(II). Dari kurva menunjukkan bahwa jumlah ion Fe(II) yang diserap meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan. Jumlah ion logam yang teradsorpsi oleh biosorben akan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi suatu larutan selama sisi ikatan tidak putus. Konsentrasi awal logam memberikan kekuatan pendorong untuk mengatasi perlawanan perpindahan massa ion logam antara fasa cair dan padat sehingga peningkatan konsentrasi larutan logam akan meningkatkan kapasitas penyerapan[16]. Kondisi penyerapan optimum pada ion Fe(II) terjadi pada konsentrasi 250 ppm dengan kapasitas penyerapan sebesar $4,3\text{ mg/g}$. Saat gugus aktif pada biomassa telah jenuh dengan ion logam dan telah mencapai kesetimbangan dalam sistem, maka peningkatan konsentrasi atau makin tinggi konsentrasi tidak lagi mempengaruhi tingkat penyerapan sehingga terjadi penurunan penyerapan pada konsentrasi 300-350 ppm.

E. Isotherm adsorpsi

Isotherm adsorpsi adalah persamaan yang menjelaskan hubungan antara jumlah zat terlarut (Fe) yang teradsorpsi dengan konsentrasi zat terlarut yang di adsorpsi oleh kulit durian. Isotherm adsorpsi bertujuan untuk menggambarkan interaksi antara adsorbat dengan adsorben yang mencapai kesetimbangan dengan isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Ada dua isotherm adsorpsi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu isotherm Freundlich dan Langmuir. Model isotherm ini dilakukan untuk menganalisis data kesetimbangan adsorpsi fase cair oleh selulosa kulit durian. Persamaan adsorpsi Freundlich dan Langmuir dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Persamaan Langmuir



Gambar 5. Persamaan Freundlich

Model isotherm yang sesuai dengan data hasil penelitian diuji dengan analisis regresi linear sederhana yaitu melihat data nilai koefisien korelasinya (R^2). Jika nilai R^2 semakin mendekati 1 maka dapat dikatakan bahwa pengaruh yang semakin besar dan terkaitan antara variabel semakin kuat. Pada penelitian ini kurva isotherm adsorpsi cenderung mengikuti persamaan Langmuir dengan nilai koefisien determinan R sebesar 0,9589. Pada isotherm Langmuir didapat nilai adsorpsi $q_m = 4,16$ mg/g, diketahui semakin besar nilai q_m maka semakin besar afinitas adsorben terhadap logam berat. Dari gambar diatas menunjukkan bahwa ion besi yang teradsorpsi mengikuti persamaan Langmuir karena nilai R^2 mendekati 1. Dimana penyerapan terjadi secara kimia dengan membentuk lapisan monolayer. Adsorben dengan tingkat energi yang homogen dan juga memiliki afinitas molekuler yang teradsorpsi sama untuk setiap tempat dan molekul dipermukaan adsorben yang teradsorpsi sama untuk setiap tempat dan molekul dipermukaan adsorben yang teradsorpsi tidak berubah-ubah tempat atau berpindah.

IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa kulit matoa yang telah diisolasi diidentifikasi mengandung gugus aktif yang terdapat pada selulosa standar yaitu -OH, -CH, dan C-O. kapasitas serapan dengan pH dan konsentrasi optimum yaitu sebesar 4,3 mg/g.

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas lancarnya pelaksanaan penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Edi Nasra S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan serta telah memberikan kesempatan untuk melakukan riset ini. terimakasih juga saya sampaikan kepada Bapak/Ibu tenaga akademik maupun non akademik Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Yuniastuti, E. Nandariyah, Bukka, S, R. 2018. Karakterisasi Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Ngrambe di Jawa Timur Indonesi. *Journal Of Suistanable Agriculture*. 33(2). 136-137
- [2] Jana L., H. Oktavia, Wulandari D. 2010. *The using of durian peels trashes as a potential source of fiber to fiber to prevent colorectal cancer*. Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [3] K. Sumada, P. Erka Tamara, and F. Alqani, "Kajian Proses Isolasi A - Selulosa Dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz Yang Efisien," *J. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 2, pp. 434-438, 2011.
- [4] I. Mulyadi, "Isolasi Dan Karakteristik Selulosa," *J. Sainatika Unpam*, vol. 1, no. 2, pp. 177-182, 2019.
- [5] Sapitri, R. A. (2021). Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Aren (*Arenga pinnata*) untuk Penyerapam Ion Logam Cr(VI). Skripsi, Universitas Jambi
- [6] Kunusa, W. R. (2017). Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokrystalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung. *Entropi*, 12(1), 105-108.
- [7] Ngatin, A. dan E. W. S. Mulyono. 2013. "Ekstraksi Zat Warna dari Kulit Manggis dan Pemanfaatannya untuk Pewarna Logam Aluminium Hasil Anodisasi". *Industrial Research Workshop and National Seminar, Bandung: 2013.268- 272.*
- [8] Kadji, M. H., M. R. J. Runtuwene dan G. Citraningtyyas. 2013. "Uji Fitokimia dan Aktivitas Dari Ekstrak Etanol Daun Soyogik (*Saurauia bracteosa* DC)". *Pharmacon*. 2(2): 13-18.
- [9] Kusumawardani, R., Zaharah, T.A dan Destiarti, L, 2018. *Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, Vol. 7, 3:75-83
- [10] Trisanti, P. N., dan S. Setiawan H.P., E. Nura'ini dan Sumarno. 2018. "Gergaji Kayu Sengon Melalui Proses Delignifikasi Alkali Ultrasonik". *Sains Materi Indonesia*. Vol. 19(3): 113-119.
- [11] Lestari, R. S. D. dan D. K. Sari. 2016. "Pengaruh Konsentrasi H2O2 Terhadap Tingkat Kecerahan Pulp dengan Bahan Baku Eceng Gondok Melalui Proses Organosolv". *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 6(1): 45-49
- [12] Setyaningsih, L. W. N., Mutiara, T., Hapsari, C. Y., Kusumaningtyas, N., Munandar, H., & Pranata, R. J. (2020). Karakteristik dan Aplikasi Selulosa Kulit Jagung Pada Pengembangan Hidrogel. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4(2), 61. <https://doi.org/10.35472/jsat.v4i2.252>
- [13] Liu, Y., Liu, A., Ibrahim, S. A., Yang, H., & Huang, W. (2018). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from pomelo peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 717-721. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.098>
- [14] Albadarin, A. B., Al-Muhtaseb, A. H., Al-laqtah, N. A., Walker, G. M., Allen, S. J., & Ahmad, M. N. M. (2011). Biosorption of toxic chromium from aqueous phase by lignin: Mechanism, effect of other metal ions and salts. *Chemical Engineering Journal*, 169(1-3), 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.02.044>
- [15] Laksono, Devi Puriyandari dan Pandu J. 2019. *Pengaruh Ion Cr(VI) Pada Variasi pH Terhadap Serapan Ion Cu(II) Oleh AdsorbenKulit Kacang Tanah Dengan Spektrofotometri Serapan Atom*. *Orbital* 3(6): 15-29