

KAPASITAS ADSORPSI LOGAM MANGAN (Mn) MENGGUNAKAN BIOSORBEN PEKTIN DARI KULIT PISANG KEPOK**Mardhiyah Nadir^{1,*}, Sitti Sahraeni², Rifka Aulia Mawardi³, dan Marlinda⁴**^{1,2,3} Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia⁴ Program Studi Petro dan Oleo Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda, Indonesia

*) Email : mardhiyahnadir@yahoo.co.id

(Received: 03-09-22 ; Revised: 08-09-22 ; Accepted: 31-09-22)

Abstrak

Pembangunan pabrik kimia memberikan dampak buruk bagi lingkungan dengan dihasilkannya limbah yang mengandung logam berat seperti logam mangan (Mn). Salah satu pengolahan limbah yang mengandung logam berat dengan metode adsorpsi. Penggunaan pektin sebagai biosorben dalam proses adsorpsi telah banyak dilakukan karena memiliki beberapa keunggulan dan mengandung gugus aktif seperti karboksil dan hidroksil yang berperan penting dalam proses adsorpsi. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi logam mangan (Mn) menggunakan pektin dari kulit pisang kepok sebagai biosorben. Pektin diperoleh dari hasil ekstraksi kulit pisang kepok menggunakan metode *Microwave Assited Extraction* (MAE). Larutan mangan diadsorpsi menggunakan pektin massa 1 gram dengan variabel waktu adsorpsi (60, 90, 120, 150 dan 180 menit). Identifikasi gugus fungsi pektin pada serapan panjang gelombang antara 1000 cm^{-1} hingga 3500 cm^{-1} menggunakan spektrofotometer FT-IR dan didapatkan hasil analisa yaitu terdapat gugus hidroksil (3423,993 cm^{-1}), karbonil (1638,233 cm^{-1}), karboksilat (1736,585 cm^{-1}), eter (1079,942 cm^{-1}) dan karbonsiklik (1238,076 cm^{-1}). Logam Mn setelah adsorpsi dianalisa menggunakan AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu adsorpsi optimum untuk mengadsorpsi logam Mn adalah 150 menit dengan kapasitas logam teradsorpsi sebesar 0,182 mg/g (36,403%). Adsorpsi logam Mn mengikuti persamaan isoterm *Freundlich* dengan nilai $K_F = 0,0886$ mg/g.

Kata kunci : adsorpsi, isoterm adsorpsi, kapasitas adsorpsi, logam Mn, pektin

Abstract

The construction of a chemical plant has a negative impact on the environment by producing waste containing heavy metals such as manganese (Mn). One of the treatments of waste containing heavy metals by adsorption method. The use of pectin as a biosorbent in the adsorption process has been widely carried out because it has several advantages and contains active groups such as carboxyl and hydroxyl which play an important role in the adsorption process. This research aimed to determine the adsorption capacity of manganese (Mn) using pectin from kepok banana peel as a biosorbent. Pectin was obtained from the extraction of kepok banana peels using the Microwave Assisted Extraction (MAE) method. Manganese solution was adsorbed using 1 gram mass of pectin with variable adsorption time (60, 90, 120, 150, and 180 minutes). Identification of pectin functional groups at absorption wavelengths between 1000 cm^{-1} to 3500 cm^{-1} using FT-IR spectrophotometer and the analysis results obtained that there are hydroxyl groups (3423,993 cm^{-1}), carbonyl (1638,233 cm^{-1}), carboxylate (1736.585 cm^{-1}), ether (1079.942 cm^{-1}) and carbocyclic (1238.076 cm^{-1}). Mn metal after adsorption was analyzed using AAS. The results showed that the optimum adsorption time to adsorb Mn metal was 150 minutes with an adsorbed metal capacity of 0.182 mg/g (36.403%). The adsorption of Mn followed the Freundlich isotherm equation with $K_F = 0.0886$ mg/g.

Keywords: adsorption, adsorption isotherm, adsorption capacity, Mn metal, pectin

PENDAHULUAN

Salah satu metode pengolahan limbah untuk menghilangkan logam berat adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana, tidak menimbulkan efek samping yang beracun, dapat diregenerasi, serta ekonomis (Fatmi & Putra, 2018). Proses adsorpsi untuk menghilangkan logam berat menggunakan adsorben. Adsorben yang digunakan dapat diperoleh dari bahan alami atau biasa disebut biosorben. Penggunaan biosorben memiliki beberapa keunggulan, diantaranya biaya yang relatif murah, efisiensi yang tinggi pada larutan encer serta kemudahan proses regenerasinya (Puspita dkk, 2018). Bahan alami yang digunakan sebagai biosorben merupakan bahan-bahan alami yang mengandung komponen tertentu salah satunya adalah pektin. Pektin merupakan salah satu komponen tumbuhan yang banyak mengandung gugus aktif, yaitu komponen yang berperan penting dalam proses adsorpsi (Puspita dkk., 2018). Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik. Pektin diperoleh dari dinding sel tumbuhan daratan (Tuhuloula dkk, 2013). Struktur komponen pektin juga banyak terdapat gugus aktif, sehingga pektin dapat digunakan sebagai biosorben (Rahayu dkk, 2021). Gugus karboksilat dari pektin dapat bereaksi dengan ion logam berat untuk membentuk senyawa kompleks yang tidak larut dalam air dan dapat diekskresi melalui feses. Reaktivitas pektin terhadap ion logam berat sangat tergantung pada derajat esterifikasinya (Syah, 2010)

Pektin dapat ditemukan pada berbagai bagian tumbuhan, seperti daging buah, biji buah, kulit buah yang pada umumnya kulit buah tersebut hanya menjadi limbah organik sehingga dapat mencemari lingkungan. Beberapa limbah kulit buah yang mengandung pektin seperti, kulit pisang, kulit jeruk, kulit mangga, kulit buah naga dan lainnya . Pektin yang terkandung dalam kulit pisang kepok mencapai hingga 21% dari total kulit pisang kepok (Fitria, 2013). Biosorben disini digunakan sebagai alternatif yang ramah lingkungan dalam menangani pencemaran lingkungan oleh limbah buangan industri dan salah satunya adalah limbah kulit pisang kepok.

Bachmid, (2015) menggunakan ampas sagu sebagai biosorben ion mangan (Mn) dimana proses adsorpsi pada variasi waktu adsorpsi dan konsentrasi Mn yang digunakan. Hasil dari penelitian ini kondisi optimum proses adsorpsi yaitu pada waktu 80 menit, konsentrasi Mn 50 mg/L dengan persentase adsorpsi sebesar 82,43% dan kapasitas adsorpsi sebesar 2,051 mg/g yang mengikuti persamaan isoterm langmuir. Rahayu dkk, (2021) menggunakan pektin dari kulit pisang kepok sebagai biosorben logam besi (Fe), hasil penelitian yaitu pada waktu adsorpsi 150 menit dan masa biosorben 50 mg dengan persentase adsorpsi sebesar 99,428%. Ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok dengan metode MAE (*Microwave Assisted Extraction*) didapatkan rendemen sebesar 21,64% dengan kadar metoksil 2,96% (Nadir, 2018).

METODOLOGI

Peralatan yang digunakan : Seperangkat Alat AAS, *Microwave*, erlenmeyer 250 mL dan 500 mL, gelas beaker 100 mL dan 1000 mL, ayakan (-100+120 mesh), pipet volume 50 mL, labu ukur (1000 mL) , gelas ukur (500 mL) ,pipet ukur 25 ml, cawan petridish, pompa vakum, statif dan klem, neraca digital, buret (25 ml), corong kaca, kaca arloji ,pipet tetes, blender, spatula, loyang , *shaker*, *oven*, *bulp* dan pisau

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : kulit pisang kepok, HCl 32 %, Logam Mn padat , HNO₃ 65 %, etanol 96 %, NaOH 0,1 N, aguades, kertas universal dan kertas saring.

Tahapan Penelitian

Ekstraksi Pektin dari Kulit Pisang Kepok

Kulit pisang kepok yang sudah kering dan diayak ditimbang sebanyak 30 gram ditambahkan HCl 0,25% sebanyak 60 mL. Campuran kulit pisang kepok dengan larutan HCl diekstraksi dalam *microwave* dengan daya 600 Watt dan waktu 30 menit. Hasil ekstraksi disaring sehingga diperoleh filtrat dan ampas, kemudian ampas dan filtrat dipisahkan menggunakan kertas saring dengan bantuan penyaring vakum. Filtrat ditambahkan etanol 96% dengan perbandingan 1:1. Campuran filtrat dan etanol diendapkan selama 12 jam. Campuran dipisahkan menggunakan kertas saring dengan bantuan penyaring vakum. Endapan dicuci

menggunakan etanol 96% hingga endapan yang dihasilkan tidak lagi bersifat asam (pH 7). Hasil endapan yang berupa pektin dikeringkan dalam oven pada temperatur 40 °C selama 8 jam.

Adsorpsi Logam Mn dengan Pektin

Larutan standar Mn 100 mg/L dibuat dengan menimbang logam Mn 0,1 gram, kemudian logam Mn dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan larutan HNO₃ pekat hingga larut dan ditambahkan aquades hingga tanda tera, lalu dihomogenkan. Larutan logam mangan (Mn) 10 mg/mL dibuat dari larutan Mn 100 mg/L dipipet 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda tera, lalu dihomogenkan. Selanjutnya proses adsorpsi logam Mn yaitu pektin sebanyak 1 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml kemudian larutan Mn dengan konsentrasi 10 mg/L ditambahkan sebanyak 50 ml . Larutan diaduk menggunakan *shaker* kecepatan 230 rpm dengan variasi waktu adsorpsi 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit dan 180 menit. Filtrat dan residu dipisahkan menggunakan corong kaca dengan kertas saring. Filtrat diuji absorbansinya dengan alat AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis *Fourier Transformasi Infra Red* (FTIR) merupakan suatu *instrument* yang dapat mengidentifikasi ikatan kimia dengan menggunakan *spektrum infrared* yang diserap oleh material secara fungsional pada frekuensi tertentu. Analisa pektin menggunakan FT-IR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi utama pektin berdasarkan serapan bilangan gelombang yang diperoleh lalu dibandingkan dengan serapan gelombang pektin standar (Muslim *et al.* 2017). Pektin yang telah didapat dari proses *Microwave Assited Extraction* (MAE) kemudian dianalisa kualitatif dengan cara analisa FTIR seperti pada Tabel 1 dan analisa kuantitatif pada Tabel 2 , berikut:

Tabel 1 . Data Spektrum FTIR Pektin Kulit Pisang Kepok

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Interpretasi Gugus Fungsi
Pektin Kulit Pisang Kepok	Pektin Standar	
3423,993	3300-3500	Hidroksil
1638,233	1630-1650	Karbonil
1736,585	1740-1760	Karboksilat
1079,942	1050-1300	Eter
1238,076	1200	Karbonsiklik

Spektrum dengan masing-masing serapan pada tiap rentang panjang gelombang dapat dilihat pada Tabel 1. Gugus karbonil terdapat pada panjang gelombang 1638,233 cm⁻¹ yang menunjukkan bahwa sampel tersebut tergolong sebagai pektin karena dengan adanya gugus ini menunjukkan bahwa terdapat ester di dalam pektin tersebut. Gugus karbonil yang teresterifikasi terdapat pada panjang gelombang 1752,012 cm⁻¹. Serapan pada panjang gelombang pada 1238,076 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus karbon siklik berasal dari eter dalam struktur cincin molekul pektin (Ismail *et al.*, 2012). Nilai dari serapan pada panjang gelombang tersebut menunjukkan bahwa pektin yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki gugus fungsi penyusun pektin sesuai dengan standar. Hal ini ditandai dengan terdapatnya gugus karbonil, karboksilat, gugus eter dan karbon siklik dalam sampel pektin kulit pisang kepok, sehingga dapat disimpulkan bahwa pektin yang dihasilkan dari penelitian merupakan senyawa pektin.

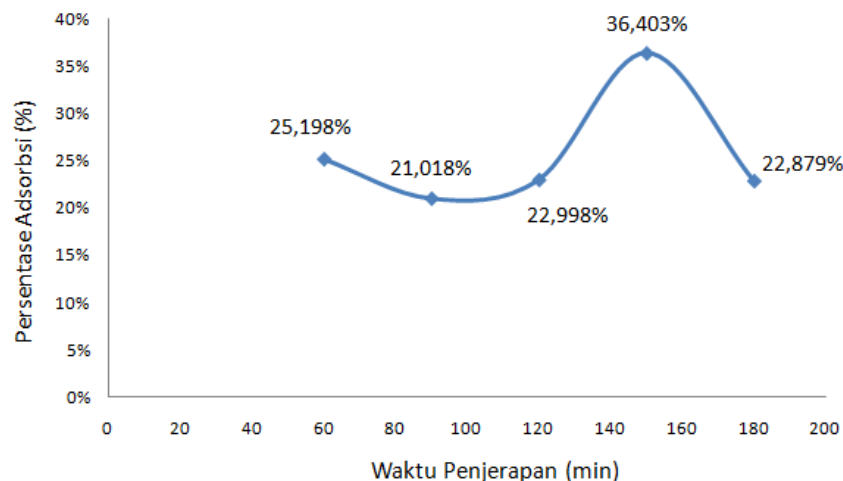
Tabel 2 . Data Karakteristik Pektin Kulit Pisang Kepok

Analisis	Hasil (%)	Standar IPPA (%)
Rendemen	6,2597	-
Kadar Metoksil	5,419	HM => 7,12 LM = 2,5 – 7,12

Karakteristik pektin yaitu kadar metoksil seperti tercantum pada Tabel 2 sebesar 5,419%, sudah standar IPPA. Pektin yang diperoleh bermetoksil rendah, semakin rendah kadar metoksil pektin sifat pembentukan jelinya akan semakin berkurang, sehingga dapat dijadikan adsorben logam berat.

Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Presentase Adsorpsi Logam Mn

Menurut Schiewer (2007) setiap bahan mempunyai daya serap maksimum pada waktu optimumnya seiring dengan berjalannya waktu dan menurun ketika telah mencapai titik jenuh. Waktu optimum adsorpsi logam Mn pada waktu adsorpsi 150 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 36,403% yang selanjutnya mengalami penurunan kembali pada waktu adsorpsi 180 dengan persentase sebesar 22,879% seperti ditunjukkan Gambar 1. Penurunan persentase adsorpsi terjadi karena permukaan adsorben yang telah jenuh sehingga tidak dapat berikatan dengan logam Mn yang menyebabkan terjadinya proses desorpsi (Jubilate et al., 2016). Penurunan persentase adsorpsi terjadi karena adanya proses desorpsi yang disebabkan terdapat larutan asam nitrat pada isolasi logam Mn yang mana larutan asam tersebut membuat gugus karboksil, karbonil, atau hidroksil pada adsorben menjadi terprotonasi dan tidak menarik ion logam yang bermuatan positif seiring bertambahnya waktu adsorpsi. Desorpsi dapat terjadi apabila proses adsorpsi yang terjadi sudah maksimal, permukaan adsorben jenuh atau tidak mampu lagi menyerap adsorbat dan terjadi kesetimbangan (Sinaga R,S dkk., 2015). Hasil penelitian dengan menggunakan biosorben pektin dari kulit pisang kepok selama 150 menit dapat mengadsorpsi logam Mn sebesar 36,403% setara dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,182 mg/g. Hal ini membuktikan bahwa ekstrak pektin kulit pisang kepok mampu menyerap logam Mn karena adanya gugus aktif karboksilat dan hidroksil pada pektin yang mampu mengikat logam Mn.



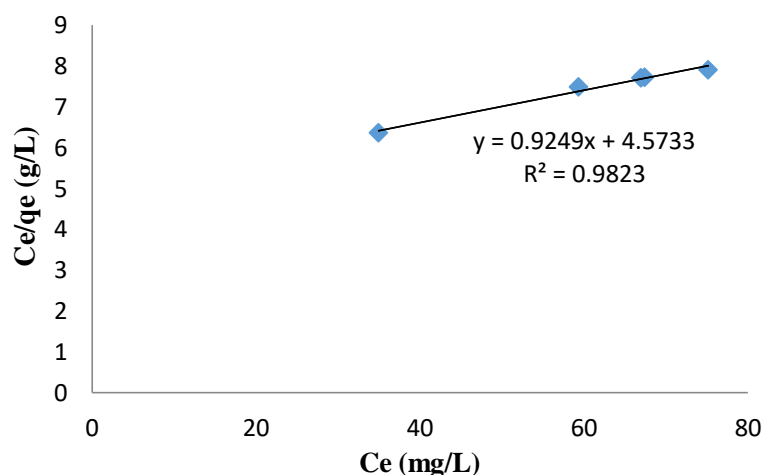
Gambar 1. Pengaruh Waktu Adsorpsi Terhadap Persentase Adsorpsi Logam Mn

Isoterm adsorpsi merupakan hasil percobaan adsorpsi statis dimana adsorben dan adsorbat dikontakkan selama waktu tertentu sehingga mencapai kesetimbangan (Poursaeidesfahani et al., 2019). Kesetimbangan adsorpsi logam Mn oleh pektin kulit pisang kepok dikaji menggunakan model adsorpsi isoterm *Langmuir* dan *Freundlich*. Teori isoterm *Langmuir* mengasumsikan terjadinya lapisan monolayer adsorbat pada permukaan adsorben yang homogen dan adsorpsi terjadi hanya pada sisi aktif yang homogen tersebut. Pada isoterm adsorpsi *freundlich* mengasumsikan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen (Zulfikar dkk, 2018). Untuk menentukan kapasitas adsorpsi logam Mn dapat ditentukan dengan nilai K_f yang menunjukkan kapasitas serapan adsorben, semakin besar nilai K_f maka semakin besar pula kapasitas adsorben menyerap adsorbatnya. Pada proses fisorpsi gaya yang mengikat antara adsorbat dan adsorben adalah gaya *van der waals*. Molekul yang terikat cenderung lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah. Sedangkan pada kemisorpsi partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (umumnya ikatan kovalen). Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika (Atkins, 1999).

Tabel 2. Data Adsorpsi Logam Mn dengan Pektin Kulit Pisang Kepok Variasi Waktu Adsorpsi

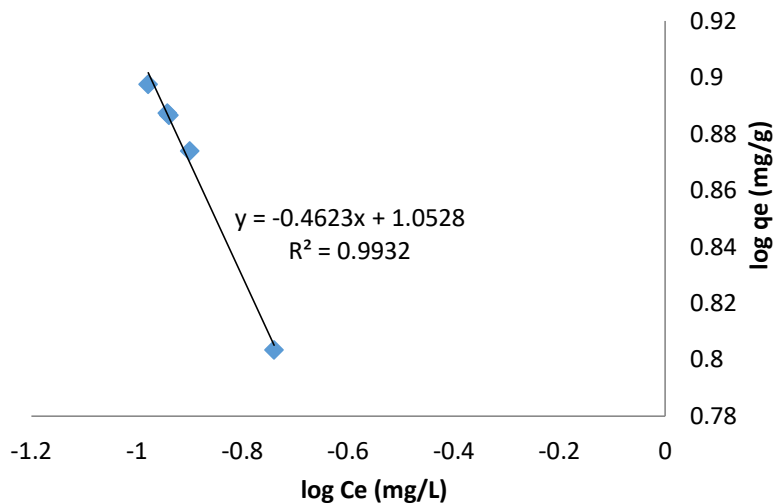
t (min)	C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)	C teradsorps (mg/L)	Persentase Adsorpsi (%)	q _e (mg/g)	C _e /q _e (g/L)	Log q _e (mg/g)	Log C _e (mg/L)
60	10	7,4802	2,5198	25,198	0,1260	59,3667	-0,8996	0,87391
90	10	7,8982	2,1018	21,018	0,1051	75,1494	-0,9784	0,8975
120	10	7,7002	2,2998	22,998	0,1150	66,9583	-0,9393	0,8865
150	10	6,3597	3,6403	36,403	0,1820	34,9434	-0,7399	0,8034
180	10	7,7121	2,2879	22,879	0,1144	67,4135	-0,9416	0,8872

Pengujian pola isoterm adsorpsi yang sesuai untuk proses penjerapan logam Mn oleh pektin dari kulit pisang kepok dilakukan dengan perhitungan persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* dimana sebelum membuat grafik terlebih dahulu menentukan nilai dari q_e, C_e/q_e, log q_e dan log C_e seperti yang terlihat pada Tabel 3. Pemetaan grafik dilakukan dengan memplotkan nilai C_e/q_e versus C_e untuk mendapatkan persamaan *Langmuir* dan memplotkan log q_e versus log C_e untuk mendapatkan persamaan *Freundlich*. Gambar 2 menunjukkan grafik linierisasi isoterm *Langmuir* dan Gambar 3 menunjukkan grafik linierisasi isoterm *Freundlich*. Teori *Langmuir* didasarkan pada prinsip kinetika dimana laju adsorpsi sama dengan laju desorpsinya jika kesetimbangan telah tercapai (Astusi W, 2018).



Gambar 2. Grafik Linearisasi Isoterm *Langmuir*

Untuk logam Mn menunjukkan bahwa adsorpsi yang lebih sesuai dengan adsorpsi menggunakan pektin kulit pisang kepok adalah isotermal *Freundlich* dibandingkan dengan isotermal *Langmuir*. Pada Gambar 3 menunjukkan grafik isoterm *Freundlich* untuk logam Mn mempunyai nilai linearitas yang lebih tinggi yaitu 99,32% ($R^2 = 0,9932$), sedangkan pada Gambar 2 yang merupakan grafik isoterm *Langmuir* logam Mn dengan nilai linearitas 98,23% ($R^2 = 0,9823$). Hal ini menyatakan bahwa biosorben pektin dalam adsorpsi logam Mn mengikuti persamaan isoterm *Freundlich* dengan nilai K_f 0,0886 mg/g. Jika adsorpsi mengikuti tipe isotherm *Freundlich* maka adsorpsi berlangsung secara fisisorpsi multilayer memungkinkan terjadinya ikatan antar ion logam yang terdapat dalam larutan, selain ikatannya dengan adsorben. Kedua ikatan tersebut hanya terikat oleh gaya *van der Waals* sehingga ikatan antara adsorbat dengan adsorben bersifat lemah (Anggriani dkk, 2021)



Gambar 3. Grafik Linearisasi Isoterm *Freundlich*

KESIMPULAN

Adsorpsi logam mangan (Mn) dengan adsorben pektin dari kulit pisang kepok optimum terjadi pada waktu adsorpsi 150 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,182 mg/g (36,403 %). Pola adsorpsi logam Mn menggunakan adsorben pektin kulit pisang kepok cenderung mengikuti persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich* dengan konstanta *Freundlich* Kf 0,0886 mg/gr.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bapak Budi Nugroho S.T., M.Eng selaku Pelaksana Tugas Direktur Politeknik Negeri Samarinda, Bapak Muh. Irwan S.T., M.T, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, tempat penulis melaksanakan penelitian atas sarana dan prasana yang disediakan dan Ibu Amiril Nur Azizah, S.E., M.M., Ph.D sebagai Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Samarinda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriani, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb). *Kinetika*, 12(2), 29-37.
- Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Semarang: UNNES PRESS.
- Atkins, P. W. (1999). Kimia Fisika "ed ke-2 Kartahadiprojo Irma I, penerjemah Indarto Purnomo Wahyu, editor. Jakarta Erlangga. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*.
- Bachmid, I. (2015). Efektifitas Penggunaan Ampas Sagu Sebagai Biosorben untuk Mengadsorpsi Ion Mangan (Mn).
- Fatmi, D., & Putra, B. H. (2018). Studi efektifitas limbah kulit pisang (*Musa acuminata*) sebagai biosorben logam berat seng (Zn). *Menara ilmu*, 12(9).
- Fitria, V. (2013). *Karakterisasi Pektin Hasil Ekstraksi dari Limbah Kulit Pisang Kepok*. Skripsi Program Studi Farmasi Universitas Islam Negeri Jakarta.
- Ismail, N. S. M. et al. (2012). *Extraction and Characterization of Pectin from Dragon Fruit (Hylocereus polyrhizus) using Various Extraction Conditions*, *Sains Malaysiana*, 41(1), pp. 41-45.
- Jubilate, F., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi (II) Pada Air Tanah. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(4).
- Nadir, M., & Risfani, E. I. (2018, December). Pengaruh waktu terhadap ekstraksi pektin dari kulit pisang kepok dengan metode microwave assisted extraction (MAE). In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*.

- Poursaeidesfahani, A., Andres-Garcia, E., de Lange, M., Torres-Knoop, A., Rigutto, M., Nair, N., Vlugt, T. J. (2019). Prediction of adsorption isotherms from breakthrough curves. *Microporous and Mesoporous Materials*, 277, 237-244
- Rahayu, W. P., Harisma, I. W., Syamsuddin, Y., Sofyana, S., & Mulyati, S. (2021). Ekstraksi Pektin dari Kulit Jeruk dan Kulit Pisang sebagai Biosorben pada Proses Adsorpsi Logam Berat Fe. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2).
- Schiewer, S., & Patil, S. B. (2008). Pectin-rich fruit wastes as biosorbents for heavy metal removal: Equilibrium and kinetics. *Bioresource Technology*, 99(6), 1896-1903.
- Sinaga, R. S., Purwonugroho, D., & Darjito, D. (2015). *Adsorpsi Seng (ii) Oleh Biomassa Azolla Microphylla Diesterifikasi Dengan Asam Sitrat: Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan Hcl* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Syah, M. (2010). *Daya Serap Pektin Dari Kulit Buah Durian (Durio zibethinus) Terhadap Logam Tembaga dan Seng*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Tuhuloula, A., Budiyarti, L., & Fitriana, E. N. (2013). Karakterisasi pektin dengan memanfaatkan limbah kulit pisang menggunakan metode ekstraksi. *Konversi*, 2(1), 21-27.
- Yusuf, A. N., Putra, N. K., & Suter, I. K. (2020). Pengaruh Ph Larutan Pengekstrak Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Pektin Albedo Kulit Buah Durian. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 9(1), 65-70.
- Zulfikar, M. A., Bahri, A., & Nasir, M. (2018). Studi Kesetimbangan Adsorpsi Asam Humik Pada Dual Nanofiber Pmma/Pvdf. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 3(1), 13-18.