

POTENSI DAUN RAMBUTAN BINJAI (*Nephelium lappaceum*) SEBAGAI BIOSORBEN LOGAM Pb DALAM LIMBAH CAIR

Herawati*, Inda Mapiliandari

Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor
Jl. Pangeran Sogiri No.283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

*Email: herawati@aka.ac.id

(Received : 1 Juni 2020; Accepted: 30 Juni 2020; Published: 1 Juli 2020)

Abstrak

Daun rambutan memiliki kandungan selulosa dan zat aktif yang diduga dapat dimanfaatkan sebagai biosorben untuk penjerapan logam berat timbal. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan daun rambutan Binjai memiliki potensi sebagai biosorben logam Pb dalam limbah cair. Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pembuatan biosorben dan karakterisasi, optimasi penjerapan logam Pb dalam air limbah oleh biosorben terhadap waktu pengadukan, kecepatan pengadukan, variasi konsentrasi logam Pb pada *isotherm* adsorpsi. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa daun rambutan dapat dijadikan sebagai biosorben. Pada penelitian ini diperoleh nilai efektivitas adsorpsi logam Pb sebesar 98,83 % pada konsentrasi 25 mg/L, dengan waktu kontak 45 menit dan kecepatan pengadukan optimal 80 rpm. Model kesetimbangan adsorpsi logam timbal (Pb) mengikuti model *isotherm Langmuir* dengan nilai r sebesar 0,9990.

Kata kunci : Selulosa; Biosorben; Daun Rambutan; Pb; Langmuir

Abstract

Rambutan leaves contain cellulose and active substances that are predicted to be used as a biosorbent for lead adsorption inside liquid waste. The reseach aims to confirm that rambutan leaves have a potential as biosorbent of Pb. The research was conducted in several steps, initiated with biosorbent formulation and characterization, optimizing lead adsorption in liquid waste by the biosorbent to pH variation, stirring time, stirring velocity, and lead concentration variation in adsorption isotherm. The biosorbent was then applied to adsorb lead in liquid waste along with the optimization. The conducted research showed the ability of rambutan leaves as a biosorbent. In this study the effectiveness of Pb metal adsorption was 98.83% at a concentration of 25 mg / L, with a contact time of 45 minutes and an optimal stirring speed of 80 rpm. The lead metal adsorption (Pb) equilibrium model follows the Langmuir isotherm model with an r value of 0.9990.

Keywords: Cellulose; Biosorbent; Rambutan Leaves; Pb; Langmuir

PENDAHULUAN

Biomaterial dapat dimanfaatkan sebagai bahan zat aktif penjerap (biosorben). Biosorben berpotensi dalam pengolahan limbah cair. Biosorben mudah diperoleh dan ramah lingkungan. Penggunaan biosorben telah diaplikasikan oleh beberapa peneliti dalam penjerapan logam berat diantaranya yaitu biosorpsi timbal (Pb) oleh biomassa daun ketapang (Mulyawan *et al.*, 2015), adsorpsi logam timbal (Pb) pada air limbah dengan menggunakan adsorben dari tongkol jagung (Ningsih *et al.*, 2016) dan pembuatan biosorben dari biji papaya untuk penyerapan zat warna (Siswarni *et al.*, 2017). Pada penelitian kali ini bahan yang akan digunakan sebagai biosorben yaitu daun rambutan.

Menurut Hasfita (2012), biosorben merupakan bahan yang berasal dari makhluk hidup (hewan, tumbuhan dan mikroba) yang dapat mengikat logam

berat melalui pertukaran ion. Pada daun yang memiliki kandungan polifenol alam seperti zat saponin, selulosa dan tanin dapat mengikat logam berat karena memiliki gugus -OH. Gugus fungsional seperti gugus karboksil, amina, hidroksil, dan karbonil dapat berkoordinasi dengan atom pusat melalui pasangan elektron bebas (Mawardi *et al.*, 2014).

Daun rambutan ini memiliki gugus fungsi yang beragam dan dapat dimanfaatkan sebagai biosorben ramah lingkungan. Hasil riset yang dilakukan oleh Andriyani (2010) menggunakan alat *spektrofotometer UV-Vis* secara kuantitatif bahwa pada daun rambutan muda didapatkan kadar tannin sebesar 6,25%. Adapun menurut Pangaribuan (2016), daun rambutan memiliki kandungan senyawa alkaloid, steroid, triterpenoid, saponin, fenolik pada ekstrak total dan

senyawa flavonoid pada ekstrak n-heksana/ ekstrak etilasetat dengan cara pengujian kualitatif metoda fitokimia. Kandungan-kandungan senyawa yang terdapat pada daun rambutan dapat dimanfaatkan sebagai metode penjerapan logam-logam berat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan daun rambutan binjai sebagai biosorben dalam biosorpsi logam Pb total dalam limbah cair laboratorium. Diketahui bahwa limbah cair yang berasal dari limbah laboratorium mengandung logam timbal. Logam tersebut dihasilkan dari praktikum yang dilaksanakan sehari-hari oleh mahasiswa ataupun dosen.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi dua aspek yaitu bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji terdiri atas: daun rambutan dan limbah cair. Bahan kimia yang digunakan yaitu larutan standar induk logam Pb 100 mg/L, NaOH, HCl, dan HNO₃ 0,05 M.

Alat yang digunakan meliputi: erlenmeyer asah, cawan porselen 25 ml, Oven, buret, pipet mohr, pipet volum, pipet tetes, bulb, labu semprot, kaca arloji, piala gelas, gelas ukur, penyangga corong, corong, ayakan 60 mesh, neraca, hotplate, shaker, dan desikator. Instrumentasi yang digunakan yaitu *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS), pH meter, dan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

Pembuatan Biosorben

Daun rambutan binjai dibersihkan, dan dikeringkan pada suhu 105 °C. Kemudian kebutuhan daun tersebut dihaluskan dengan alu dan lumpang hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Serbuk daun rambutan yang sudah halus dikarakterisasi menggunakan FT-IR untuk mengidentifikasi gugus fungsinya.

Pembuatan larutan

Larutan induk Pb 10 mg/L diturunkan menggunakan buret ke labu takar 50 mL dengan konsentrasi masing-masing labu takar (0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; dan 1,25) mg/L. Kemudian deret standar tersebut dilarutkan dengan asam nitrat konsentrasi 0,05 M hingga tanda tera dan dihomogenkan.

Aplikasi Biosorben Daun Rambutan Pada Limbah Cair

Analisa kadar logam Pb

Sampel dipipet 50 mL ke piala gelas 100 mL. Ditambahkan 5 mL asam nitrat pekat dan ditutup menggunakan kaca arloji. Kemudian dipanaskan di *hotplate* sampai sisa volume sampel 15 mL sampai 20 mL. Larutan uji yang telah didestruksi dapat

dilarutkan ke labu takar 50 mL. Jika terdapat endapan pada larutan, maka larutan tersebut disaring terlebih dahulu sebelum diujikan pada alat. Larutan uji siap diukur absorban menggunakan AAS.

Preparasi Proses Penyerapan Logam Pb

Ditimbang biosorben daun rambutan sebanyak 0,5 g ke piala gelas 100 mL, kemudian ditambahkan 25 mL larutan limbah cair ke piala gelas yang berisikan biosorben. Kondisi adsorpsi dilakukan berdasarkan kondisi optimum. Kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring dan diukur logam menggunakan AAS.

Kemudian konsentrasi ion logam timbal yang diadsorpsi dapat diketahui dengan rumus: Konsentrasi yang teradsorpsi (mg/L) = Konsentrasi awal – konsentrasi akhir

Nilai efektifitas adsorpsi logam Pb dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \times v}{m}$$

Keterangan :

Q_e = Jumlah ion logam teradsorpsi (mg/g)

C_o = Konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi

C_e = Konsentrasi ion logam sesudah teradsorpsi

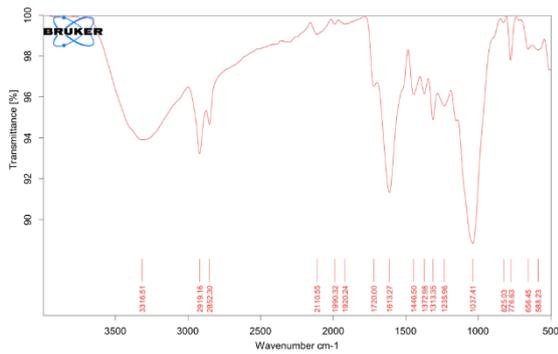
V = Volume larutan ion logam yang ditambahkan (L)

M = Jumlah adsorben/biosorben

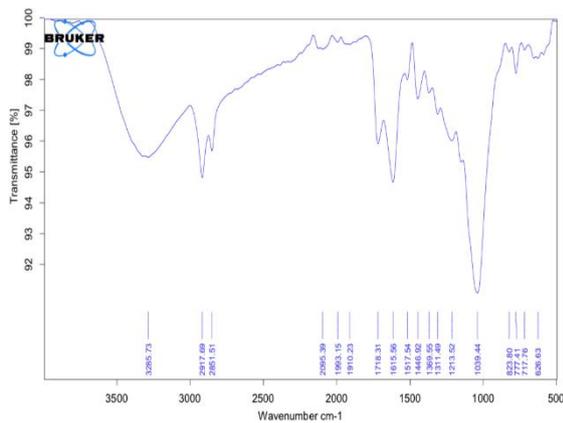
Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Biosorben Daun Rambutan Binjai

Pembuatan biosorben daun rambutan dilakukan beberapa tahap, yaitu pembersihan, pengeringan, dan penghalusan. Pembersihan dilakukan untuk memastikan semua pengotor yang menempel hilang. Tahap pengeringan bertujuan untuk menghilangkan air. Penghalusan dilakukan untuk memperbesar luas permukaan bidang sentuh biosorben, sehingga meningkatkan sisi aktif untuk proses penyerapan logam Pb. Daun rambutan memiliki kandungan senyawa-senyawa sekunder yang dapat dibuktikan dengan cara identifikasi gugus fungsi. Dalam penentuan identifikasi yang bersifat kualitatif ini digunakan alat instrument *Fourier Transfer InfraRed* atau spektrofotometer inframerah. Identifikasi gugus fungsi dilakukan sebanyak dua pembacaan menggunakan FTIR yaitu biosorben sebelum menjerap logam dalam limbah (awal) dan biosorben sesudah menjerap logam dalam limbah laboratorium (akhir). Hasil karakterisasi biosorben daun rambutan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 berikut ini.



Gambar 1. Spektrum biosorben daun rambutan sebelum biosorpsi dengan FTIR



Gambar 2. Spektrum biosorben daun rambutan setelah biosorpsi dengan FTIR

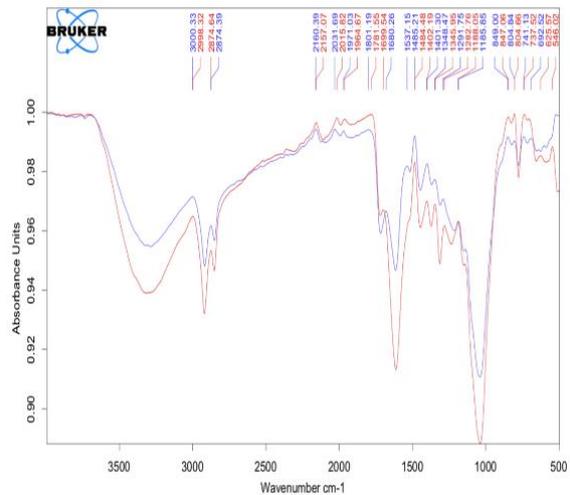
Berdasarkan Gambar 1 dan 2, spektrum yang diperoleh terdapat pita serapan pada daerah 3316,51 cm⁻¹ memperlihatkan adanya gugus O-H (alkohol atau fenol), pada daerah 1720,00cm⁻¹ memperlihatkan adanya gugus C=O, pada daerah 1613,27 cm⁻¹ memperlihatkan adanya gugus C=C, pada daerah 1313,8 cm⁻¹ memperlihatkan adanya gugus C-N, dan pada daerah 1037,41 cm⁻¹ memperlihatkan adanya gugus C-O.

Berdasarkan hasil serapan diatas bahwa biosorben daun rambutan memiliki gugus aktif yang dapat dimanfaatkan dalam penjerapan logam berat. Gugus aktif tersebut mempunyai pasangan elektron bebas yang dapat berinteraksi dengan ion logam dan membentuk ikatan kovalen koordinasi (Lusiana, 2018). Kemudian dilakukan kembali pengujian biosorben daun rambutan setelah dilakukan proses biosorpsi terhadap limbah laboratorium menggunakan FTIR. Pengujian kedua ini berfungsi untuk melihat gugus aktif yang terdapat pada biosorben telah berinteraksi oleh logam timbal dan kromium. Gambar 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi serapan yang diberikan biosorben sebelum biosorpsi (garis serapan berwarna merah), sedangkan serapan biosorben setelah biosorpsi (garis serapan berwarna biru). Setelah digabungkan dalam grafik terdapat pengurangan puncak serapan. Pada Grafik 3 bahwa pada sampel biosorben setelah biosorpsi mengalami pengurangan serapan jika dibandingkan dengan sampel biosorben sebelum biosorpsi. Hal ini

menandakan adanya keterlibatan gugus-gugus ini dalam pembentukan ikatan dengan ion logam Pb²⁺, Cr³⁺, dan Cr⁶⁺ (Chaidir *et al.*, 2015).

Proses Adsorpsi Logam Pb Variasi pH Larutan

Pada penelitian ini dilakukan variasi pH untuk mengetahui kondisi pH optimum dalam penyerapan ion Pb²⁺ pada konsentrasi 25 mg/L, dengan melakukan pengaturan pH menggunakan asam klorida encer dan natrium hidroksida hingga didapatkan pH sesuai variasi yang telah ditentukan. Adapun variasi pH yang dilakukan yaitu 2,3,4,5, dan 6. Hasil dari pengukuran ini dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 3. Spektrum biosorben sebelum biosorpsi dan setelah biosorpsi

Tabel 1. Hasil penentuan pH larutan optimal menggunakan biosorben daun rambutan

pH	% Efisiensi Biosorpsi	
	Pb ²⁺	
2	96,83	
3	96,43	
4	95,09	
5	94,41	
6	73,44	

Pada Tabel 1 terlihat bahwa penyerapan paling maksimum yaitu pada pH 2 untuk logam Pb²⁺ dengan efisiensi penyerapan sebesar 96,23%. Semakin naik pH larutan, maka interaksi antara biosorben dan adsorbat akan menurun. Akibat dari penurunan konsentrasi ini yaitu logam tersebut membentuk reaksi pengendapan.

Variasi Waktu Kontak

Waktu kontak adalah waktu yang dibutuhkan biosorben dalam berinteraksi dengan adsorbat yang akan diadsorpsi. Jumlah adsorbat yang teradsorpsi menunjukkan kemampuan adsorpsi suatu biosorben. Penentuan ini dilakukan dengan berbagai variasi waktu kontak yaitu (10, 20, 45, 60, dan 90)

menit, dengan penambahan bobot biosorben 0,5 g dalam konsentrasi ion logam Pb 25 mg/L. Penentuan ini dilakukan untuk mengetahui waktu kontak secara optimal dalam penjerapan logam berat Pb. Berikut ini hasil dari penentuan optimal waktu kontak logam Pb dengan menggunakan biosorben daun rambutan, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil penentuan waktu kontak optimal menggunakan biosorben daun rambutan

Waktu (menit)	% Efisiensi Biosorpsi Pb ²⁺
10	47,98
20	23,07
45	52,16
60	50,59
90	51,64

Berdasarkan hasil pada Tabel 2 diketahui adsorpsi ion logam Pb²⁺ dipengaruhi oleh waktu kontak. Awal kontak yaitu 10 menit menunjukkan kenaikan hingga pada satu titik didapatkan waktu optimum, tetapi setelah didapatkan waktu optimum kemudian dilakukan penambahan waktu interaksi menunjukkan penurunan efisiensi penyerapan logam Pb²⁺. Hal ini disebabkan biosorben daun rambutan menyerap ion logam Pb sampai titik jenuh. Titik jenuh tersebut adalah kondisi optimum dalam penjerapan logam-logam berat tersebut oleh biosorben (Lusiana, 2018).

Pada logam Pb²⁺ kondisi optimum waktu pengadukan yaitu pada menit ke-45 dengan efisiensi penyerapan sebesar 52,16%. Ketika waktu dilanjutkan pada waktu 60 menit dan 90 menit, penyerapan logam Pb²⁺ menunjukkan penurunan. Hal tersebut dikarenakan pada waktu 60 dan 90 menit terjadi pelepasan atau desorpsi pada adsorbat-nya.

Variasi Kecepatan Pengadukan Larutan

Adsorpsi ion logam Pb konsentrasi 25 mg/L dengan biosorben daun rambutan dilakukan dengan bantuan *shaker* dengan kecepatan pengadukan bervariasi. Proses penyerapan dengan biosorben daun rambutan menentukan kecepatan pengadukan dengan cara memvariasikan kecepatan pengadukan yaitu (40, 60, 80, 100, dan 150) rpm. Proses pengadukan ini bertujuan untuk mempercepat difusi ion logam timbal ke permukaan biosorben daun rambutan, sehingga adsorpsi berlangsung cepat. Umumnya kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi proses biosorpsi, dimana semakin tinggi kecepatan pengadukan maka akan semakin luas bidang kontak antara biosorben dan adsorbatnya, sehingga proses penyerapan akan berlangsung secara optimal (Sirajuddin *et al.*, 2017). Berikut hasil penentuan kecepatan pengadukan optimum dalam penyerapan logam ion Pb²⁺ dengan menggunakan biosorben daun rambutan.

Tabel 3. Hasil penentuan kecepatan pengadukan optimal menggunakan biosorben daun rambutan

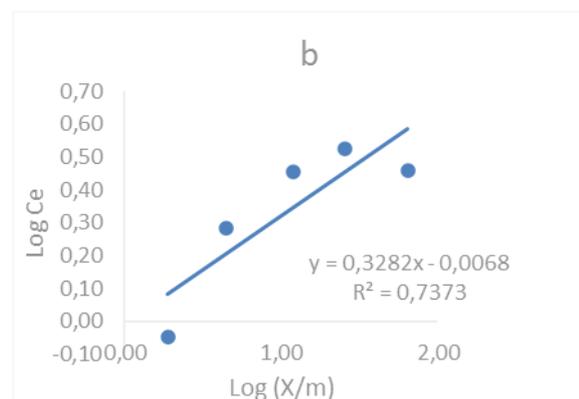
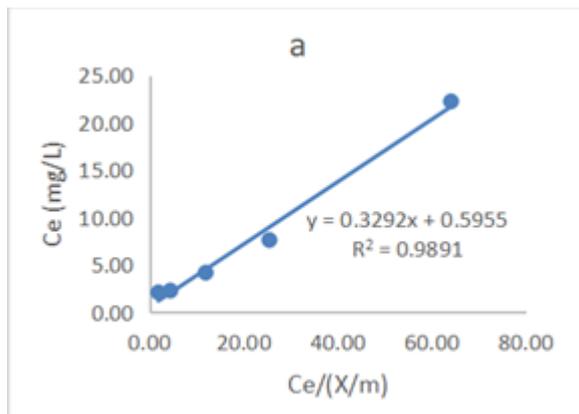
Pengadukan (rpm)	% Efisiensi Biosorpsi Pb ²⁺
40	55,53
60	34,24
80	59,11
100	57,77
150	58,66

Pada Tabel 3 dapat dilihat kecepatan pengadukan adsorpsi logam ion Pb²⁺ oleh biosorben diperoleh nilai optimum pada kecepatan 80 rpm dengan efisiensi penyerapan sebesar 59,11% dan mengalami penurunan pada kecepatan 100 dan 150 rpm. Hal ini disebabkan semakin cepatnya pengadukan menyebabkan biosorben tidak sempat untuk berikatan dengan partikel adsorbatnya (Lusiana, 2018). Proses adsorpsi selalu diikuti desorpsi, dengan laju adsorpsi yang dominan. Hal ini disebabkan awal proses masih tersedia banyak sisi aktif pada permukaan biosorben yang belum terisi oleh ion logam Pb.

Penentuan Isoterm Adsorpsi Biosorben

Proses penentuan karakteristik penyerapan dilakukan dengan membandingkan persamaan isotherm adsorpsi. Pada penelitian ini digunakan dua bentuk persamaan, yaitu persamaan *isoterm adsorpsi Freundlich* dan *Langmuir* dengan melakukan beberapa variasi pada konsentrasi larutan. Variasi konsentrasi yang dilakukan yaitu (25, 50, 75, 100, dan 125) mg/L. Penentuan model kesetimbangan tergantung pada nilai koefisien korelasi (R) dengan harga mendekati nilai Koefisien korelasi yaitu satu (1). Berikut hasil yang menunjukkan bentuk linear dan plot untuk masing - masing model isotherm adsorpsi ion logam Pb menggunakan biosorben daun rambutan.

Pada penentuan model isotherm adsorpsi ini dilakukan pada kondisi optimum yang telah ditentukan untuk ion logam Pb. Adsorpsi ion logam Pb menggunakan biosorben daun rambutan cenderung mengikuti model isotherm Langmuir dengan nilai koefisien korelasi lebih tinggi dibandingkan model isotherm Freundlich. Berdasarkan pada Gambar 4, nilai koefisien korelasi model *isoterm Langmuir* sebesar (R = 0,9990), dan model *isoterm Freundlich* (R = 0,8600). Pada adsorpsi logam Pb²⁺ dinyatakan bahwa penyerapan logam tersebut mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir yaitu adsorbat dengan biosorben terikat secara ikatan kimia, membentuk satu lapis atau *monolayer* dan permukaannya bersifat homogen karena masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi satu molekul (Lusiana, 2018).



KESIMPULAN

Daun rambutan binjai memiliki potensi sebagai biosorben yang ramah lingkungan untuk menyerap logam berat Pb dalam limbah cair Laboratorium. Pada penelitian ini diperoleh nilai efektivitas adsorpsi logam Pb sebesar 98,83 % pada konsentrasi 25 mg/L, dengan waktu kontak 45 menit dan kecepatan pengadukan optimal 80 rpm. Berdasarkan data pengamatan, adsorpsi logam timbal (Pb) mengikuti model isoterm Langmuir dengan nilai r sebesar 0,9990.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, D., Pri Iswati U. Dan Binar A. D. (2010). *Penetapan Kadar Tanin Daun Rambutan (Nephelium lappaceum L.) Secara Spektrofotometri Ultraviolet Visibel*. Pharmacy. 07(02):01-11.
- Chaidir, Z., Qomariah H., Dan Rahmiana Z. (2015). *Penyerapan Ion Logam Cr(III) dan Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan Kulit Buah Jengkol (Pithecellobium jiringa)*. Jurnal Riset Kimia. 08(02):189-199.
- Hasfita, F. (2012). *Studi Pembuatan Biosorben Dari Limbah Daun Akasia Mangium (Acacia Mangium Wild) Untuk Aplikasi Penyisihan Logam*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal 01(01):36-48.
- Lusiana, Y. (2018). *Potensi Biji Pepaya (Carica papaya L.) Sebagai Adsorben Logam Pb dan*

Cu Pada Limbah Cair. Skripsi. Bogor: FMIPA, Universitas Pakuan.

- Mawardi, Nazulis Z. Dan Kumiawati D.(2014). *Kajian Proses Biosorpsi Timbal (II) Oleh Biomass Alga Spirogyra Subsalsa Melalui Modifikasi Gugus Karboksil dan Karbonil*. Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik. 16(02):114-118.
- Mulyawan, R., Asep S., Foliatini. (2015). *Biosorpsi Timbal Oleh Biomassa Daun Ketapang*. Tesis. Depok: FMIPA, Universitas Indonesia.
- Ningsih, D.A., Irwan S. Dan Purnama N. (2016). *Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung*. Jurnal Akademika Kimia. 05(02)55-60.
- Pangaribuan, F.X.R., Saibun S., Chairul S. (2016). *Uji Fitokimia Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Rambutan (Nephelium lappaceum) Dengan Metoda DPPH (1,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl)*. Jurnal Atomik. 01(02): 81-85.
- Sirajuddin, Muhammad S., Irmawati S. (2017). *Optimasi Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Laundry untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Samarinda: TKim, Politeknik Negeri Samrinda.
- Siswarni, M.Z., Lara I.R., Dandri S. (2017). *Pembuatan Biosorben dari Biji Pepaya untuk Penyerapan Zat Warna*. Jurnal Teknik Kimia USU. 06(02):07-13.