

AKTIVASI SERAT KAPUK DENGAN ASAM DAN BASA PADA SINTESIS BIOSORBEN UNTUK MENYERAP ION LOGAM NIKEL DARI LARUTAN NiSO₄

Thomi Nugraha Pratama, Sigit Hadianoro

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
thomi28.8d@gmail.com, [sigit.hadianoro@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Serat kapuk memiliki potensi sebagai biosorben dikarenakan memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis aktivator HCl dan NaOH terhadap kemampuan adsorpsi ion logam nikel dari larutan NiSO₄, untuk mengetahui pengaruh lama waktu aktivasi atau perendaman terhadap kemampuan adsorpsi ion logam nikel dari larutan NiSO₄, dan untuk mengetahui pengaruh jumlah massa biosorben terhadap kemampuan adsorpsi ion logam nikel dari larutan NiSO₄. Prosedur pembuatannya terdiri dari pencucian kapuk, pengeringan, aktivasi kapuk dengan larutan HCl dan NaOH, pembilasan, dan dikeringkan hingga kering. Variabel bebas yang digunakan yaitu jenis larutan aktivasi HCl 0,5 N dan NaOH 0,5 N, waktu perendaman 12, 18, 24 jam, massa biosorben 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 gram. Variabel kontrol yaitu, waktu adsorpsi 1 jam, volume larutan NiSO₄ 100 ml, konsentrasi logam nikel 41.725 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan aktivasi yang optimum menggunakan NaOH dengan lama perendaman 24 jam dan pada massa 2,5 gram menunjukkan efektivitas adsorpsi sebesar 88% dan mengalami penurunan konsentrasi nikel dari 41.725 menjadi 5.195 ppm.

Kata kunci: serat kapuk, selulosa, biosorben

ABSTRACT

Kapok fiber has potential as a biosorbent due to its high cellulose content. This study was conducted to determine the effect of the type of activator HCl and NaOH on the adsorption ability of nickel metal ions from NiSO₄ solution, to determine the effect of activation or immersion time on the adsorption ability of nickel metal ions from NiSO₄ solution, and to determine the effect of mass amount of biosorbent on ion adsorption ability. nickel metal from NiSO₄ solution. The manufacturing procedure consisted of washing kapok, drying, activating kapok with HCl and NaOH solutions, rinsing, and drying to dryness. The independent variables used were the type of activation solution of 0.5 N HCl and 0.5 N NaOH, immersion time 12, 18, 24 hours, biosorbent mass 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5 grams. The control variables were 1 hour adsorption time, 100 ml NiSO₄ solution volume, nickel metal concentration 41.725 ppm. The results showed that the optimum activation solution using NaOH with immersion time of 24 hours and a mass of 2.5 grams showed an adsorption effectiveness of 88% and decreased nickel concentration from 41,725 to 5,195 ppm.

Keywords: kapok fiber, cellulose, biosorbent

1. PENDAHULUAN

Air limbah Industri merupakan sumber pencemaran air yang sangat potensial. Produk samping berupa limbah yang berbahaya dan beracun. Limbah beracun yang dihasilkan industri antara lain dapat berupa logam berat. Macam-macam logam berat adalah seng,

tembaga, besi, kobalt, Mangan, dan lain sebagainya [1]. Salah satu industri yang menghasilkan limbah nikel yaitu elektroplating yang memiliki dampak berbahaya bagi lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan limbah dan dibuang begitu saja [2].

Terdapat banyak metode dalam menurunkan atau mengurangi konsentrasi ion logam berat yang terdapat dalam limbah cair yaitu adsorpsi, pengendapan (sedimentasi), *ion exchange* dengan menggunakan resin, filtrasi (penyaringan). Metode adsorpsi menjadi metode yang paling banyak digunakan diantara metode yang lain dikarenakan metode adsorpsi memiliki konsep sederhana dan ekonomis yaitu dapat dilakukan regenerasi kembali [3].

Pada proses adsorpsi penggunaan karbon aktif secara komersial untuk pengolahan air limbah menyebabkan peningkatan biaya pengolahan, dan, oleh karena itu penggunaan biosorben digunakan untuk adsorpsi logam. Bahan limbah yang mengandung selulosa merupakan biosorben yang menjanjikan untuk pengolahan air limbah, karena kelimpahan dan kemampuannya untuk diperbarui [4]. Selulosa memiliki gugus OH dan COOH yang dapat mengikat ion logam [5].

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil serat kapuk (*Ceiba Pentandra*) terbesar di dunia. Kandungan selulosa pada serat kapuk cukup tinggi yang dapat mencapai 35-64%. Kandungan selulosa yang tinggi tersebut membuat serat kapuk dapat dijadikan sumber atau potensi sebagai biosorben [6].

Penelitian sebelumnya yaitu Studi Sifat Optik dan Permukaan Serat Kapuk Untuk Aplikasi Adsorber pada Remediasi Logam Merkuri dari Lingkungan Pertambangan Emas. Bahan yang digunakan berupa kapuk dan air cucian atau deterjen [7]. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa serat kapuk yang optimal sebagai bahan adsorben yang baik yang diberi perlakuan dengan cara merendam serat kapuk ke dalam larutan deterjen yakni serat kapuk yang direndam selama 60 menit dan partikel logam pada air yang dapat diserap oleh serat kapuk yang telah diberi perlakuan adalah Fe, C, Al, Cu, Hg, Mg, dan Si.

Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian kali ini menggunakan serat kapuk untuk mengurangi kandungan logam nikel dengan menggunakan larutan aktivasi HCl dan NaOH yang pada penelitian sebelumnya serat kapuk diaktivasi menggunakan air deterjen untuk mengurangi logam merkuri dari lingkungan pertambangan emas. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jenis larutan aktivasi yaitu HCl dan NaOH terhadap adsorpsi logam nikel dengan variasi lama waktu aktivasi 12 jam, 18 jam, dan 24 jam. Serta memvariasikan massa biosorben yang digunakan untuk proses adsorpsi yaitu 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram, 2 gram, dan 2,5 gram. Fokus penelitian ini yaitu pada ion logam nikel dengan menggunakan larutan NiSO₄.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Prosedur Percobaan

Pembuatan biosorben serat kapuk dimulai dengan mencuci serat kapuk dan dikeringkan selama 24 jam hingga kering. Kemudian serat kapuk diaktivasi secara kimia dengan merendamnya di larutan NaOH dan HCl konsentrasi 0,5 N dengan perbandingan massa dan volume sebanyak 1 gram serat kapuk direndam dalam 35 ml larutan aktivasi, lalu didiamkan sesuai variabel waktu perendaman. Setelah itu serat kapuk dibilas dengan aquades lalu dikeringkan kembali hingga kering sebelum digunakan pada proses adsorpsi.

Pengujian serat kapuk sebagai biosorben dilakukan dengan proses adsorpsi selama 1 jam dengan menimbang serat kapuk yang telah diaktivasi kimia berdasarkan variabel massa yang digunakan. Kemudian dicampurkan dengan larutan NiSO₄ sebanyak 100 ml dan diaduk

selama 10 menit. Larutan sampel sebelum dan sesudah diadsorpsi selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui konsentrasi logam nikel dengan alat spektrofotometri serapan atom (SSA).

2.2. Teknik Pengumpulan dan Metode Analisis Data

Penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kuantitatif. Teknik pengumpulan data didapat dari pengamatan langsung pada objek yang diteliti atau berdasarkan eksperimen untuk mendapatkan data yang relevan. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan limbah secara sintetik yaitu larutan NiSO_4 . Kadar logam nikel dianalisis dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Analisis data dilakukan dengan menggunakan ANOVA satu arah dan dua arah dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan juga dilakukan dengan mendeskripsikan melalui grafik.

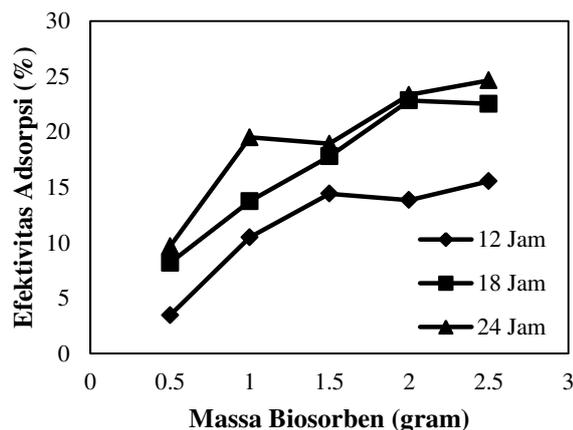
2.3. Variabel Percobaan

Variabel bebas yang digunakan yaitu jenis larutan aktivasi HCl dan NaOH, lama waktu aktivasi, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam, serta jumlah massa biosorben 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram, 2 gram, dan 2,5 gram. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kemampuan biosorben mengadsorpsi ion logam Nikel dari larutan NiSO_4 . Variabel kontrol yang digunakan yaitu waktu proses adsorpsi 1 jam dengan pengadukan 10 menit, volume larutan NiSO_4 100 ml, konsentrasi larutan HCl dan NaOH 0,5 N, konsentrasi logam nikel dalam larutan NiSO_4 sebesar 41.725 ppm.

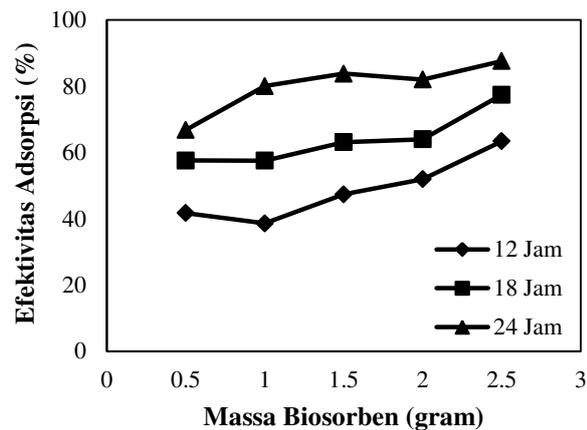
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Jenis Larutan Aktivasi HCl dan NaOH

Jenis larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah HCl 0,5 N dan NaOH 0,5 untuk mengaktivasi serat kapuk. Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS) didapatkan hasil grafik sebagai berikut.



Gambar 1. Pengaruh massa biosorben dan waktu aktivasi terhadap efektivitas adsorpsi menggunakan larutan HCl sebagai aktivator



Gambar 2. Pengaruh massa biosorben dan waktu aktivasi terhadap efektivitas adsorpsi menggunakan larutan NaOH sebagai aktivator

Berdasarkan hasil Gambar 1 dan Gambar 2 tersebut terdapat perbedaan efektivitas adsorpsi yang dihasilkan antara serat kapuk yang diaktivasi dengan larutan HCl dan larutan NaOH. Pada serat kapuk teraktivasi oleh larutan HCl didapatkan hasil paling baik dengan penurunan konsentrasi dari 41.725 ppm menjadi 31.445 ppm dengan efektivitas adsorpsi sebesar 25%. Pada serat kapuk teraktivasi larutan NaOH didapatkan hasil terbaik dengan penurunan konsentrasi menjadi 5.195 ppm dengan efektivitas adsorpsi 88%.

Hal ini dikarenakan pada serat kapuk memiliki kandungan lignoselulosa yang terdiri dari hemiselulosa, lignin, dan selulosa [8]. Keberadaan lignin dapat menghambat proses adsorpsi [9]. Pada penelitian ini didapatkan hasil yang sama seperti penelitian sebelumnya yaitu serat kapuk yang telah diberikan perlakuan kimia karakteristiknya mengalami perubahan dari serat kapuk yang semula *hydrophobic* atau mengandung lignin menjadi *hydrophilic* atau berkurangnya kandungan lignin [7]. Pada umumnya lignin tidak larut dengan air, lignin akan larut dalam larutan NaOH, alkali encer, larutan garam dan buffer [10].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan larutan NaOH dapat mengurangi kandungan lignin dalam serat kapuk, hal ini terlihat setelah proses aktivasi berat serat kapuk mengalami penurunan yang menandakan bahwa kandungan lignin juga berkurang sehingga berdasarkan hasil penelitian, serat kapuk mampu menurunkan konsentrasi nikel hingga tersisa 5.195 ppm. Sebenarnya pada larutan HCl, lignin juga cenderung melakukan kondensasi dan akan mengendap [11]. Dengan mengendapnya lignin maka akan menyebabkan bobot dari kapuk yang direndam atau diaktivasi dengan HCl akan berkurang. Akan tetapi pada waktu penimbangan serat kapuk yang sudah diaktivasi dengan larutan HCl tidak menunjukkan penurunan massa serat kapuk yang signifikan sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa kandungan lignin pada serat kapuk belum berkurang sepenuhnya, hal ini juga dapat dilihat dari penurunan konsentrasi nikel dari semula 41.175 ppm menjadi 31.445 ppm. Menurut [12] apabila konsentrasi HCl yang digunakan semakin tinggi, maka penurunan massa juga akan semakin besar (berkurangnya lignin). Hasil ini juga sesuai dengan hasil uji ANOVA yang telah dilakukan, pada hasil uji ANOVA didapatkan nilai F sebesar 124.744 dan nilai F *critical* sebesar 4.19597 dapat ditarik hipotesis bahwa $F > F_{critical}$ menandakan terdapat perbedaan pengaruh jenis aktivasi terhadap penurunan konsentrasi nikel.

3.2 Pengaruh Massa Biosorben dan Waktu Aktivasi

Pada penelitian ini, dilakukan uji variasi massa biosorben dengan variasi massa biosorben 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 gram dalam 100 ml larutan Nikel dengan konsentrasi 41.175 ppm. Variabel waktu aktivasi yang digunakan yaitu 12 jam, 18 jam, dan 24 jam. Pengaruh perbedaan massa pada serat kapuk yang diaktivasi dengan HCl dan NaOH berdasarkan grafik pada Gambar 1 dan 2 juga terlihat kenaikan efektivitas adsorpsi dalam menyerap logam nikel. Pada kondisi optimum waktu aktivasi 24 jam dengan aktivasi HCl menggunakan massa terkecil 0,5 gram dan terbesar 2,5 gram didapat kenaikan efektivitas adsorpsi dari 10% hingga 25%. Sedangkan dengan aktivasi NaOH pada 24 jam menggunakan massa 0,5 gram didapat efektivitas adsorpsi sebesar 67% dan pada massa 2,5 gram sebesar 88%. Dari hasil tersebut sesuai dengan referensi bahwa semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin bertambah banyak juga luas permukaan dari serat kapuk yang menyentuh larutan, sehingga kemampuan adsorpsi dari serat kapuk juga akan bertambah dikarenakan jumlah tempat untuk mengikat ion logam juga bertambah [14]. Hal ini dapat mengakibatkan makin banyaknya ion logam yang teradsorpsi dan konsentrasi dari larutan nikel akan berkurang. Hal ini juga sesuai dengan hipotesis yang didapatkan pada uji ANOVA terhadap pengaruh perbedaan massa adsorben yang menunjukkan terdapat pengaruh perbedaan massa adsorben terhadap kemampuan adsorpsi adsorben tersebut dikarenakan didapatkan nilai F sebesar 22.6639 untuk serat kapuk teraktivasi HCl dan 11.6977 untuk serat kapuk teraktivasi NaOH, sedangkan $F_{critical}$ didapatkan 3.8379 sehingga nilai $F > F_{critical}$. Pada grafik juga terdapat nilai efektivitas adsorpsi yang tidak mengalami perubahan ketika massa adsorben ditambahkan pada setiap perlakuan variasi lama perendaman atau aktivasi. Hal ini terjadi bisa diakibatkan tidak homogenya pengadukan ketika proses adsorpsi sehingga terdapat permukaan yang tidak menyerap atau tidak menyentuh larutan.

Pengaruh waktu aktivasi terhadap efisiensi adsorpsi dengan menggunakan larutan aktivasi HCl dan NaOH berdasarkan hasil grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2 didapatkan hasil bahwa semakin lama waktu aktivasi dengan menggunakan massa yang sama, maka semakin tinggi juga efektivitas adsorpsi. Hal ini terlihat dengan menggunakan massa yang sama yaitu terkecil 0,5 gram dengan waktu aktivasi 12 jam efektivitas adsorpsi mengalami kenaikan dari 3% menjadi 10% ketika diaktivasi 24 jam. Begitupun juga dengan menggunakan massa terbanyak yaitu 2,5 gram juga mengalami kenaikan efektivitas adsorpsi dari 16% pada waktu aktivasi 12 jam, 23% pada waktu aktivasi 18 jam, dan pada waktu 24 jam didapatkan efektivitas adsorpsi sebesar 25% dengan menggunakan larutan aktivasi HCl. Sedangkan dengan menggunakan larutan NaOH sebagai larutan aktivasi didapatkan hasil dengan waktu aktivasi 12 jam pada massa 0,5 gram efektivitas adsorpsi sebesar 42% dan mengalami kenaikan pada waktu aktivasi 18 jam dan 24 jam menjadi 58% dan 67%. Waktu aktivasi paling optimum ditunjukkan pada 24 jam.

Dari hasil tersebut diketahui bahwa semakin lama waktu aktivasi menyebabkan daya serap biosorben terhadap logam nikel akan meningkat. Dan juga semakin lama waktu aktivasi maka semakin banyak juga pori-pori yang terbentuk, dikarenakan bertambahnya pori-pori tersebut maka luas permukaan akan lebih besar dan daya serapnya akan semakin besar juga [13]. Namun hasil akhir yang didapat antara waktu aktivasi 18 jam dan 24 jam memiliki perbedaan yang tidak jauh, hal ini diakibatkan kemampuan biosorben dalam menyerap logam sudah mencapai maksimal dan akan konstan seiring bertambahnya waktu aktivasi karena pori-pori yang terbentuk oleh larutan HCl 0,5 sudah maksimal dan sudah jenuhnya larutan HCl dalam proses aktivasi serat kapuk [13]. Hal ini juga sesuai dengan hipotesis uji ANOVA yang mendapatkan nilai F sebesar 18.4084 dengan menggunakan

larutan aktivasi HCl dan nilai F sebesar 80.2872 dengan menggunakan larutan NaOH, sedangkan nilai F *critical* sebesar 4.4590. Dari hasil tersebut didapatkan hipotesis bahwa terdapat pengaruh waktu aktivasi terhadap efektivitas adsorpsi dikarenakan nilai $F > F_{critical}$.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan serat kapuk kapuk sebagai biosorben dalam menyerap ion logam nikel, maka dapat diambil kesimpulan yang pertama terdapat pengaruh aktivator HCl dan NaOH terhadap kemampuan adsorpsi ion logam nikel, pada serat kapuk yang diaktivasi dengan larutan HCl didapat efektivitas adsorpsi terbesar adalah 25%, sedangkan serat kapuk yang diaktivasi larutan NaOH memiliki efektivitas adsorpsi terbesar 88%. Kedua semakin lama waktu aktivasi, maka efektivitas adsorpsi yang didapatkan juga akan meningkat dikarenakan bertambahnya luas permukaan dan pori-pori yang terbentuk pada serat kapuk. Ketiga semakin banyak massa biosorben yang digunakan, maka semakin besar juga efektivitas adsorpsi yang didapatkan. Hal ini dikarenakan semakin banyak permukaan dari serat kapuk yang menyentuh larutan sehingga akan menyerap ion logam nikel lebih banyak. Kondisi optimum yang didapatkan pada penelitian ini yaitu pada massa biosorben 2,5 gram dan diaktivasi dengan larutan NaOH selama 24 jam memiliki efektivitas adsorpsi hingga 88%.

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan serat kapuk sebagai biosorben dapat digunakan dalam menyerap ion logam nikel. Disarankan beberapa hal untuk penelitian yang akan datang yaitu diharapkan pada penelitian selanjutnya, diharapkan ada penelitian menggunakan sistem kontinyu sebagai pembanding dengan metode *batch*. Penelitian selanjutnya juga diharapkan menggunakan oven agar serat kapuk benar-benar kering dan perlu adanya penelitian lain yang melakukan variasi terhadap pH larutan dalam pemanfaatan serat kapuk sebagai biosorben untuk menyerap ion logam nikel.

REFERENSI

- [1] Said, N. I., 2010, *Metoda Penghilangan Logam Berat (AS, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di dalam Air Limbah Industri*, Jurnal Air Indonesia, Vol. 06, No. 2.
- [2] Prahesta, N., dan Hadianoro, S., 2019, *Analisis Daya Serap Lumpur Lapindo Terhadap Logam Krom dengan Menggunakan AAS*, Distilat Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 05, No. 2, 228–232.
- [3] Wahyuni, S., Ningsih, P., dan Ratman, R., 2016, *Pemanfaatan Arang Aktif Biji Kapuk (Ceiba Pentandra L.) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*, Jurnal Akademika Kimia, Vol. 05, No. 4, 191–196.
- [4] Malik, D., Jain, C., dan Yadav, A., 2016, *Removal of heavy metals from emerging cellulosic low-cost adsorbents: a review*, Applied Water Science, 07, 2113–2136.
- [5] Harni, M. R., Iryani, A., & Affandi, H., 2015, *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis L. F.) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*, April, 1-9.
- [6] Mardiyati, M., Rizkiansyah, R. R., Steven, S., Basuki, A., dan Suratman, R., 2018, *Serat Kapuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Mikrokristalin Selulosa*, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol 17, No 4, 172–177.
- [7] Jahja, M., & Arifin, Y. I., 2013, *Studi Sifat Optik dan Permukaan Serat Kapok (Ceiba Pentandra Gaertn Lat.) untuk Aplikasi Adsorber pada Remediasi Logam Merkuri dari Lingkungan Pertambangan Emas*, Universitas Negeri Gorontalo.
- [8] Anindyawati, T., 2010, *Potensi Selulase Dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah*

- Pertanian Untuk Pupuk Organik*, Berita Selulosa, 45(2), 70–77.
- [9] Handayani, A. W., 2010, *Penggunaan Selulosa Daun Nanas sebagai Adsorben Logam Berat Cd(II)*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [10] Yoricya, G., Aisyah, S., Dalimunthe, P., Manurung, R., & Bangun, N., 2016, *Kelapa Sawit dalam Sistem Cairan Ionik*, Jurnal Teknik Kimia, 5(1), 1–7.
- [11] Oktaveni, D., 2009, *Lignin Terlarut Asam dan Delignifikasi pada Tahap Awal Proses Pulping Alkali*. Institut Pertanian Bogor.
- [12] Sari, I. N., Izzati, M., & Haryanti, S., 2013, *Penurunan Biomassa , Perubahan Struktur Anatomi dan Kondisi Fisik Serabut Kelapa (Cocos nucifera L .) Setelah Perendaman Asam Klorida pada Konsentrasi yang Berbeda*, Buletin Anatomi Dan Fisiologi, 21(1), 45–54.
- [13] Hartanto, S., & Ratnawati., 2010, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia*, Jurnal Sains Materi Indonesia, 12(1), 12–16.
- [14] Reyra, A. S., Daud, S., & Yenti, S. R., 2017, *Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut*, Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau, 4(2), 1–9.