

THE EFFECT OF LONG CARBONIZATION TIME ON QUALITY OF CHINESE WATER CHESTNUT ACTIVATED CHARCOAL AS A PEAT WATER BIOFILTER

Noor Khamidah, Muhammad Imam Nugraha, Norinayati*

Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru
Jl. Ahmad Yani Km.36 Kotak Pos 1028 Banjarbaru 70714 Telp/Fax. (0511) 4772254

* E-mail corresponding author: norinayati02@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received: 06-09-2021 Received in revised form: 24-01-2022 Accepted: 25-03-2022 Published: 03-04-2022	The purpose of this study was to determine whether Chinese water chestnut (<i>Eleocharis dulcis</i>) could be used as activated charcoal as a peat water biofilter and to determine the effect of carbonization time on the quality of activated charcoal from Chinese water chestnut (<i>Eleocharis dulcis</i>). The experimental method used in this study was a single factor Completely Randomized Design (CRD) with 6 treatments, namely differences in carbonization time (30 minutes, 1 hour, 1.5 hours, 2 hours), factory charcoal (positive control) and no treatment (negative control). The results showed that activated charcoal of Chinese water chestnut (<i>Eleocharis dulcis</i>) can be used as a biofilter of peat water and carbonization of 2 hours (A5) is thought to be the most optimal time for the quality of activated charcoal of Chinese water chestnut (<i>Eleocharis dulcis</i>) which is indicated by the parameters of ash content of 0.367% and iodine absorption 1910.126 mg/g.
Keywords: Chinese water chestnut Activated charcoal Peat water	

PENGARUH LAMA WAKTU KARBONISASI TERHADAP KUALITAS ARANG AKTIF PURUN TIKUS SEBAGAI BIOFILTER AIR GAMBUT

Abstrak- Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat dimanfaatkan menjadi arang aktif sebagai biofilter air gambut dan untuk mengetahui pengaruh lama waktu karbonisasi terhadap kualitas arang aktif dari purun tikus (*Eleocharis dulcis*). Adapun metode percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial tunggal yang terdapat 6 perlakuan yaitu perbedaan waktu karbonisasi (30 menit, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam), arang pabrik (kontrol positif) dan tanpa perlakuan (kontrol negatif). Hasil penelitian menunjukkan arang aktif purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat dimanfaatkan sebagai biofilter air gambut dan karbonisasi 2 jam (A₅) diduga waktu paling optimal terhadap kualitas arang aktif purun tikus (*Eleocharis dulcis*) yang ditunjukkan oleh parameter kadar abu 0,367% dan daya serap yodium 1.910,126 mg/g.

Kata kunci : Purun tikus, arang aktif, air gambut

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan. Di masyarakat kebutuhan akan air bersih menjadi permasalahan umum terutama di daerah pedesaan maupun terpencil. Kalimantan selatan merupakan salah satu dari 5 provinsi yang ada di Indonesia dengan sumber air minum layak terendah yaitu sebesar 60,62% (Badan Pusat Statistik, 2017). Ketersediaan air secara alami dalam memenuhi kebutuhan tersedia dalam jumlah yang cukup besar, namun tidak semua dapat digunakan secara langsung. Salah satu air yang

tidak dapat digunakan secara langsung adalah air gambut.

Air gambut merupakan air permukaan atau air tanah yang memiliki kandungan organik yang tinggi, rasa asam yang tinggi dan berwarna merah kecoklatan yang terdapat di daerah dataran rendah, pasang surut dan berawa (Eri & Hadi, 2009). Air gambut tidak termasuk ke dalam kualitas air bersih yang distandarkan, sehingga memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan untuk mendapatkan air yang bersih dengan

menggunakan filter alami berupa arang aktif dari tumbuhan.

Arang aktif merupakan material berpori yang biasanya digunakan sebagai penyerap dan terdiri dari unsur karbon sekitar 87% - 97%. Idrus (2013) mengatakan arang aktif biasanya digunakan sebagai penyerap baik pada proses penjernihan air, penghilang bau, penghilang rasa, penghilang warna maupun penyerap unsur beracun. Salah satu bahan baku yang dapat dijadikan dalam pembuatan arang aktif adalah tumbuhan purun tikus (*Eleocharis dulcis*).

Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan tumbuhan lahan rawa yang banyak terdapat di daerah Kalimantan Selatan dan belum dimanfaatkan secara optimal. Purun tikus yang dijadikan sebagai bahan baku dalam penelitian ini berbeda dengan purun tikus yang biasanya digunakan sebagai bahan baku kerajinan. Maftu'ah (2015) mengatakan kandungan karbon yang ada pada tumbuhan purun tikus sebesar 50,68%, serta mengandung selulosa 24,61% dan lignin 17,61% (Khamidah, *et al.*, 2020). Adanya kandungan dari purun tikus tersebut maka dapat dijadikan sumber karbon yang dimanfaatkan sebagai penyerap pada proses biofilter air gambut.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat dimanfaatkan menjadi arang aktif sebagai biofilter air gambut dan untuk mengetahui pengaruh lama waktu karbonisasi terhadap kualitas arang aktif dari purun tikus (*Eleocharis dulcis*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2021. Bertempat di Laboratorium Produksi Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Laboratorium Farmakognisi Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, serta Laboratorium Kualitas Air dan Hidro-Bioekologi Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

Alat

Alat yang digunakan berupa blender, oven, *magnetic stirrer*, mesin pencacah, cawan *krusible*, gelas ukur, gelas beker, TDS meter, tanur, neraca analitik, erlenmeyer, pisau, pipet, corong gelas, spatula, pH meter, amplop coklat, nampan, pengaduk, cawan petri, mortar dan stamper, kuvet, spektrofotometer, buret, ayakan, plastik klip, kamera, alat tulis dan kertas label.

Bahan

Purun tikus (*Eleocharis dulcis*), air gambut, ZnCl_2 20 %, aquades, arang pabrik, kertas saring,

iodine pro analis, kalium iodida, natrium thiosulfat dan iron.

Prosedur Penelitian

Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal sebagai metode dalam penelitian ini yang terdiri dari 6 perlakuan yaitu perbedaan waktu karbonisasi (30 menit, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam), arang pabrik (kontrol positif) dan tanpa perlakuan (kontrol negatif).

Persiapan penelitian terdiri dari pengambilan purun tikus sebanyak 3 kg yang berasal dari lokasi Cindai Alus, Kecamatan Martapura, kemudian dipotong ± 2 cm dan dihaluskan dengan mesin pencacah serta pengambilan air gambut sebanyak 5 L yang berasal dari Tambak Sirang Baru, Kecamatan Gambut.

Dehidrasi Purun Tikus

Purun tikus dijemur selama 5 hari dibawah sinar matahari secara langsung dan ditimbang sebanyak 100 g, kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu 60°C (Akhmad *et al.*, 2012 dan Tangio, 2013). Selanjutnya dihaluskan kembali menggunakan blender dan diayak ukuran 100 mesh agar seragam.

Karbonisasi Purun Tikus

Purun tikus yang sudah seragam disiapkan sebanyak 15 g percawan dari setiap perlakuan, kemudian dimasukkan ke dalam tanur untuk diarang pada suhu 300°C dengan perbedaan waktu 30 menit, 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam (Safitri, 2019).

Aktivasi Arang Purun Tikus

Arang purun tikus kemudian diaktifkan dengan bahan kimia ZnCl_2 20%. Arang dicampur dengan ZnCl_2 20% dalam bentuk cair dengan perbandingan 1:10 (arang purun tikus : ZnCl_2 20%). Kemudian dimasukkan kembali ke dalam tanur pada suhu 300°C selama 1 jam (Prabowo, 2009). Arang aktif yang telah dingin dilakukan pencucian menggunakan aquades sampai pH mendekati netral. Selanjutnya arang aktif hasil pencucian dimasukkan ke dalam amplop dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Arang aktif purun tikus kemudian dilakukan pengamatan berupa kadar air, kadar abu dan daya serap terhadap yodium.

Penjernihan Air Gambut

Air gambut 100 ml dicampur dengan arang aktif purun tikus sebanyak 1 g dari tiap perlakuan. Kemudian diaduk menggunakan *stirrer magnetik* dengan kecepatan 500 rpm selama 30 menit (Khamidah *et al.*, 2020). Selanjutnya air gambut hasil biofilter dilakukan pengamatan berupa pH, warna, bau, TDS dan besi (Fe).

HASIL DAN PEMBAHASAN**Sifat fisika dan kimia arang aktif**

Hasil uji kadar air, kadar abu dan daya serap yodium arang aktif purun tikus dengan perbedaan

waktu karbonisasi (30 menit, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia arang aktif purun tikus

Parameter	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Standar (SNI) (1995)
Kadar Air (%)	0,111	0,116	0,094	0,122	15
Kadar Abu (%)	0,454	0,391	0,586	0,367	10
Daya Serap Yodium (mg/g)	1.808,582	1.753,81	1.783,196	1.910,126	750

Berdasarkan hasil pengamatan uji kualitas arang aktif purun tikus dari pemberian waktu karbonisasi yang berbeda-beda menunjukkan hasil yang berfluktuasi dari setiap perlakuan, namun masih sesuai dengan yang distandarkan, dapat dilihat pada tabel 1. Kadar air yang terdapat pada arang aktif purun tikus menunjukkan dari setiap perlakuan mengalami fluktuasi, namun masih sesuai standar yaitu maksimum 15%. Penurunan kadar air berurutan dari terendah sampai tertinggi terdapat pada perlakuan A₄ sebesar 0,094%, A₂ sebesar 0,111%, A₃ sebesar 0,116% dan A₅ sebesar 0,122%. Penurunan kadar air dari setiap perlakuan ini diduga karena pemberian waktu karbonisasi yang berbeda-beda yang memungkinkan terjadinya penguapan air dan terbentuknya pori-pori pada arang aktif sehingga akan menyisakan air yang sedikit. Adapun tinggi rendahnya kadar air dari setiap perlakuan diduga akibat terjadinya jeda disaat memasukkan sampel ke dalam oven dan penimbangan sampel serta akibat dari proses pencucian yang memungkinkan arang aktif banyak menyerap air melalui pori-pori yang dimilikinya.

Hartanto *et al.*, (2010) mengatakan arang aktif bersifat higroskopis dengan udara sehingga banyak menyerap uap air yang disebabkan adanya pori-pori yang terbentuk hasil dari pemanasan. Dimungkinkan juga masih terdapatnya kandungan lignin pada bahan baku yang menghambat proses penguapan air, sehingga perlunya treatment terlebih dahulu dari bahan baku untuk menghilangkan kandungan serat dari purun tikus.

Perbedaan waktu karbonisasi juga memberikan hasil yang berfluktuasi terhadap kadar abu, namun masih sesuai dengan yang distandarkan yaitu maksimum 10%. Penurunan kadar abu berurutan dari terendah sampai tertinggi terdapat pada perlakuan A₅ sebesar 0,367%, A₃ sebesar 0,391%, A₂ sebesar 0,454% dan A₄ sebesar 0,586%.

Tinggi rendahnya kadar abu sangat mempengaruhi kualitas arang aktif, hal ini diduga karena pemberian waktu yang berbeda-beda menyebabkan masih terdapatnya senyawa organik yang berasal dari bahan baku dan ketika waktu pembakaran senyawa tersebut akan menjadi abu yang dimungkinkan tidak dapat menguap secara optimal. Aryani *et al.*, (2019) mengatakan pada saat pembakaran dengan suhu tinggi dan waktu yang lama menyebabkan mineral yang terkandung pada arang aktif tidak dapat menguap, sehingga memiliki kadar abu yang tinggi.

Pengujian daya serap arang aktif terhadap yodium menunjukkan telah sesuai dengan yang distandarkan yaitu minimum 750 mg/g, walaupun terjadinya fluktuasi disetiap perlakuan. Adapun daya serap yodium tertinggi terdapat pada perlakuan A₅ sebesar 1.910,126 mg/g. Pemberian waktu karbonisasi yang berbeda-beda akan menentukan banyaknya pori yang terbentuk, hal ini diduga semakin lamanya waktu yang diberikan menyebabkan pembentukan pori-pori yang banyak pada arang aktif yang kemudian daya serapnya akan semakin besar. Sesuai pendapat Rohmah & Redjeki (2014), lama waktu pembakaran terhadap daya serap arang aktif berhubungan erat dengan terbentuknya pori-pori, sehingga semakin tinggi waktu yang digunakan maka dapat meningkatkan daya serap.

Kualitas Air Gambut

Hasil uji kualitas air gambut terhadap pH, warna, bau, TDS dan besi (Fe) air gambut tanpa perlakuan (kontrol negatif), arang pabrik (kontrol positif) dan perbedaan waktu karbonisasi (30 menit, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam) dapat dilihat pada Tabel 2. Pemberian arang aktif pada proses biofilter menunjukkan perubahan terhadap kualitas air gambut dari setiap perlakuan.

Tabel 2. Parameter fisik dan kimia air gambut setelah proses biofilter

No.	Parameter	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	Standar Permenkes (2017)
1.	pH	5,72	7,25	6,13	6,20	6,14	6,00	6,5 – 8,5
2.	Warna (Pt.Co)	252	3	56	36	16	34	50
3.	Bau	Sedikit Berbau	Sedikit Berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Sedikit berbau	Sedikit berbau	Tidak berbau
4.	(TDS) (mg/L)	16	53	387	232	231	252	1000
5	Besi (mg/L)	1,54	1,07	0,42	0,01	0,03	0,64	1

Hasil pengamatan pH pada air gambut setelah dibiofilter dengan arang aktif purun tikus belum sesuai dengan standar Permenkes 2017, kecuali pada perlakuan A₁ pH 7,25 sebagai kontrol positif. Namun dari semua perlakuan mengalami peningkatan pH. Peningkatan pH berurutan dari terendah sampai tertinggi pada perlakuan A₀ pH 5,72, perlakuan A₅ pH 6,00, perlakuan A₂ pH 6,13, perlakuan A₄ pH 6,14 dan perlakuan A₃ pH 6,20. Terjadinya peningkatan pH pada air gambut diduga arang aktif dari purun tikus dapat menyerap senyawa organik yang terdapat pada air gambut melalui pori yang terbentuk disaat pembakaran serta juga disebabkan pengaruh dari zat aktivator ZnCl₂ sehingga sangat menentukan air bersifat asam maupun basa. Sesuai pendapat Sari & Mashuri (2020) mengatakan arang aktif juga dapat meningkatkan pH pada air selain fungsinya yang biasanya digunakan sebagai penyerap.

Pada parameter warna air gambut setelah ditambahkan arang aktif purun tikus disaat proses biofilter menunjukkan telah sesuai dengan standar Permenkes 2017, kecuali pada perlakuan A₂ sebesar 56 Pt.Co. Warna awal air gambut A₀ sebesar 252 Pt.Co kemudian setelah dibiofilter dengan arang aktif purun tikus terjadi penurunan warna dari setiap perlakuan. Adapun warna terendah terdapat pada perlakuan A₄ sebesar 16 Pt.Co walaupun perlakuan A₁ sebagai kontrol positif sebesar 3 Pt.Co. Terjadinya penurunan warna pada air gambut dari setiap perlakuan diduga arang aktif purun tikus memiliki kemampuan menyerap senyawa organik hasil dekomposisi bahan organik pembentuk gambut itu sendiri dan kandungan besi yang terdapat pada air gambut, sehingga menyebabkan air gambut berwarna kuning kecoklatan. Fadhillah & Wahyuni (2016) mengatakan bahwasanya arang aktif dapat menjernihkan air dengan cara menyaring dan menyerap partikel-partikel penyebab air menjadi keruh.

Hasil responden 4 orang terhadap uji bau air gambut secara organoleptik setelah dibiofilter dengan arang aktif purun tikus menunjukkan pada perlakuan A₂ dan A₃ air gambut tidak berbau, maka telah sesuai dengan standar Permenkes 2017, berbeda halnya dengan perlakuan A₁ yang ditambahkan arang pabrik dan air gambut tanpa penambahan arang aktif masih terdapat sedikit bau

yang berasal dari bahan organik pembentuk gambut. Sedangkan pada perlakuan A₄ dan A₅ air gambut masih terdapat sedikit bau, namun bau tersebut bukan berasal dari air gambut itu sendiri melainkan bau dari arang aktif. Hal ini diduga bahan organik yang menyebabkan bau pada air gambut dapat diserap oleh arang aktif purun tikus melalui pori-pori yang terbentuk. Idrus (2013) mengatakan bahwasanya arang aktif dapat digunakan sebagai penyerap untuk menghilangkan bau, penghilang rasa, pemurni dalam industri dan proses penjernihan air baik dalam penanganan limbah maupun produksi air minum.

Pada parameter TDS awal air gambut A₀ sebesar 16 mg/l, kemudian setelah dilakukan biofilter menunjukkan terjadinya peningkatan dari setiap perlakuan, namun masih sesuai dengan standar Permenkes 2017. Adapun TDS terendah pada perlakuan A₄ sebesar 231 mg/l, walaupun perlakuan A₁ sebagai kontrol positif 53 mg/l. Terjadinya peningkatan TDS diduga disaat melakukan biofilter arang aktif ikut terlarut dan masih terdapatnya kandungan organik berupa garam atau mineral baik yang berasal dari kadar abu maupun dari bahan baku arang aktif itu sendiri yang masih tertinggal disaat pembakaran atau proses pencucian. Sesuai pendapat Rahmawati *et al.*, (2018) partikel arang aktif yang tidak dapat mengendap dan ikut terlarut pada air hasil filtrasi yang menyebabkan kandungan TDS air gambut mengalami peningkatan.

Kandungan besi (Fe) pada air gambut yang telah dibiofilter dengan arang aktif purun tikus mengalami penurunan dan telah sesuai dengan standar Permenkes 2017, berbeda dengan penambahan arang aktif dari pabrik pada perlakuan A₁ sebesar 1,07 mg/l yang belum sesuai dengan standar yang disyaratkan. Adapun kandungan besi (Fe) terendah terdapat pada perlakuan A₃ sebesar 0,01 mg/l. Hal ini diduga arang aktif dari purun tikus dapat menyerap kandungan besi pada air gambut melalui pori hasil dari pembakaran. Afrizal (2008) mengatakan penurunan kandungan logam pada air gambut seperti besi disebabkan karena adanya kandungan selulosa yang memiliki rongga sehingga dapat menyerap. Diketahui bahwasanya bahan baku dalam pembuatan arang aktif purun tikus ini memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

Arang aktif purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat dimanfaatkan sebagai biofilter air gambut dan karbonisasi 2 jam (A₅) diduga waktu paling optimal terhadap kualitas arang aktif purun tikus (*Eleocharis dulcis*) yang ditunjukkan oleh parameter kadar abu 0,367% dan daya serap yodium 1.910,126 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, (2008). Selulosa Bakterial *Nata De Coco* sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III). *Jurnal Gradien*. No. 1(1), Hal: 308-313.
- Akhmad, Susanti, & Purwaningsih. (2012). Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Konsentrasi Zink Klorida (ZnCl₂) terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Eceng Gondok. *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*. Vol. 10, No. 3. Hal: 1-10.
- Aryani, F., Mardiana, F & Wartomo. (2019). Aplikasi Metode Aktivasi Fisika dan Aktivasi Kimia pada Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera* L.). *Jurnal Laboratorium Indonesia*. Vol 1 (2), Hal: 16-20.
- Badan Pusat Statistik. (2017). Persentase Rumah Tangga menurut Provinsi dan Sumber Air Minum Layak. Jakarta.
- Eri, I. R & W. Hadi. (2009). Kajian Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih dengan Kombinasi Proses *Upflow Anaerobic Filter* dan *Slow Sand Filter*. *Jurnal FTEKNIK*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP- ITS. Surabaya.
- Fadhillah, M & D. Wahyuni. (2016). Efektivitas Penambahan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) dalam Proses Filtrasi Air Sumur. *Jurnal Kesehatan Komunitas*. Vol. 3, No. 2.
- Hartanto., Singgih & Ratnawati. (2010). Pembuatan Karbon aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 12, No. 1.
- Idrus, R., B. P. Lapanporo & Y. S. Putra. (2013). Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Jurnal Prisma Fisika*. Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Tanjungpura. Pontianak. Vol. I, No. 1.
- Khamidah, N., A. R. Budi & N. Annisa. (2020). Pengolahan Air Gambut Menggunakan Teknologi Biofilter dari Arang Aktif Gulma Air di Pondok Pesantren Al Mursyidul Amin Kec. Gambut Kab. Banjar. Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Banjarbaru.
- Maftu'ah, E. & D. Nursyamsi. (2015). Potensi Berbagai Bahan Organik Rawa sebagai Sumber Biochar. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Banjarbaru. Hal: 776-781.
- Prabowo, A. L. (2009). Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung serta Aplikasinya untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Rahmawati., A. Wilaksono., N. Amri., K. N. Davidson., B. Rimawan & Heriyanti. (2018). Adsorpsi Air Gambut Menggunakan Karbon Aktif dari Buah Bintaro. *Chempublish Journal*. Vol. 2, No. 2.
- Rohmah, P. M & A. S. Redjeki. (2014). Pengaruh Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi dengan Aktivator KOH. *Jurnal KONVERSI*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Vol. 3 No. 1.
- Safitri, M. (2019). Karbon Aktif dari Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) untuk Adsorpsi Logam Besi (Fe). Skripsi. Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru. Banjarbaru.
- Sari, N. P & Mashuri. (2020). Efektivitas Penambahan Karbon Aktif Arang Kayu Bakau dalam Proses Filtrasi Air Gambut. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 4, No.2.
- Tangio, S. J. (2013). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*. Vol. 8, No. 8, Hal: 501-506.