



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- Pengutipan harus dilakukan dengan cara yang benar, dengan cara lain, tanpa mencantumkan sumber.
- Pengutipan tidak diperkenankan untuk tujuan komersial atau untuk tujuan yang melanggar hukum.

PENGOLAHAN AIR GAMBUT PASCA KOAGULASI MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG CANGKANG BIJI KARET (*Hevea brasiliensis*)

Siti Kholimah^{1*}, Amilia Linggawati²

¹Mahasiswa Program Studi S1 Kimia

²Dosen Bidang Kimia Fisika Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

*siti.kholimah@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Rubber seed coat (*Hevea brasiliensis*) has cellulose and lignin as a carbon source, which potentially used of adsorbent. This study aimed to change rubber seed coat (CBK) into charcoal by carbonization. Carbonization carried out at 300°C for 30 minutes. Characterization resulted showed that CBK charcoal adsorbent has 1.79% of moisture content and 1.12% ash content. CBK charcoal adsorbent was used peat water after coagulation treatment. The results peat water after coagulation of adsorption using CBK charcoal adsorbents were able to decrease 84% turbidity, 29.21% color and 15.63% organic content. It is demonstrated that rubber seed coat is a good source of raw material for producing high capacity of adsorbent in turbidity parameter based on PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990.

Keywords: adsorption, carbonization, rubber seed shell

ABSTRAK

Cangkang biji karet (*Hevea brasiliensis*) memiliki komposisi senyawa kimia selulosa, lignin, dan hemiselulosa sebagai sumber karbon, yang berpotensi untuk dijadikan arang adsorben. Penelitian ini bertujuan mengubah cangkang biji karet (CBK) menjadi arang melalui karbonisasi. Karbonisasi dilakukan pada suhu 300°C selama 30 menit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa adsorben arang CBK memiliki kadar air 1,79% dan kadar abu 1,12%. Adsorben arang CBK diaplikasikan untuk pengolahan air gambut pasca koagulasi. Hasil adsorpsi air gambut pasca koagulasi menggunakan adsorben arang CBK mampu menyisihkan 84% kekeruhan, 29,21% warna dan 15,63% kandungan organik. Hal ini menunjukkan bahwa cangkang biji karet merupakan sumber yang potensial untuk menghasilkan adsorben dengan kapasitas terbaik dalam parameter kekeruhan telah memenuhi PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990.

Kunci: adsorpsi, karbonisasi, cangkang biji karet

PENDAHULUAN

Air gambut merupakan air permukaan yang mempunyai intensitas keasaman yang tinggi dan kandungan organik yang tinggi (Samosir, 2009).

Berdasarkan karakteristik tersebut, maka perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar dapat digunakan sebagai air bersih. Syahputri (2017) telah melakukan penelitian pengolahan air gambut secara koagulasi menggunakan



biokoagulan dari bungkil biji karet. Hasil koagulasi menggunakan bungkil biji karet mampu memperbaiki parameter kualitas air gambut, namun belum memenuhi aturan PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990. Oleh karena itu, air gambut pasca koagulasi tersebut perlu diolah lagi untuk meningkatkan kualitas air sesuai standar yang ditetapkan tersebut. Peningkatan kualitas air ini dapat dilakukan secara adsorpsi menggunakan arang dari cangkang biji karet.

Arang yang mengandung unsur karbon tinggi dihasilkan dari karbonisasi tanpa adanya oksigen. Arang dapat dibuat dari bermacam-macam limbah biomassa yang banyak mengandung karbon seperti kayu, serbuk gergaji, sekam padi, tongkol jagung, tempurung kelapa dan lain-lain.

Pada penelitian ini, peneliti tertarik untuk memanfaatkan limbah cangkang biji karet hasil samping dari pembuatan biokoagulan bungkil biji karet menjadi arang sebagai adsorben pengolahan air gambut pasca koagulasi. Cangkang biji karet dipilih karena jumlahnya banyak dan belum dimanfaatkan. Di sisi lain, menurut Kurniawan *et al*, (2017) cangkang biji karet merupakan bahan organik yang terdiri dari beberapa komponen seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang dijadikan sumber karbon untuk pembuatan arang.

Pengolahan air gambut pasca koagulasi menggunakan adsorben arang cangkang biji karet diharapkan mampu meningkatkan kualitas air agar dapat memenuhi aturan PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang persyaratan dan Pengawasan Kualitas

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah blender listrik (miyako), lumpang, ayakan 30 mesh, ayakan 100 dan 200 mesh, desikator, krusibel, Neraca analitis (*KERN ABJ 320-4NM*), Furnace (*Naberthem*), Oven (*Hereaeus Instrument D-63450*), Spektrofotometer UV-Vis (*Spectroquant Pharo 300*), Turbidimeter (*HANNA instrument HI 93703*), Magnetic stirrer, Hotplate stirrer (*REXIM RSH-1DR LI20*), Jar-floc Test (*Velp Scientific-JLT U*) dan peralatan gelas lainnya.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji karet alam (Desa Danau Bingkuang, Kampar, Riau), air gambut (Desa Rimbo Panjang, Kampar, Riau), larutan H_2SO_4 8 N, larutan $H_2C_2O_4$ 0,1 N, larutan Kalium Permanganat ($KMnO_4$) 0,098 N, kertas saring *Whatman* No.42, larutan HCl 1M dan akua DM.

b. Pembuatan biokoagulan bungkil biji karet

Biji karet dipecahkan dan dipisahkan antara bungkil dan cangkangnya. Bungkil biji karet dikupas kulit arinya dan direndam dengan akua DM selama 24 jam sebanyak 12 kali pergantian. Setelah itu, bungkil biji karet dikeringkan di bawah sinar matahari dan diblender kasar. Butiran kasar biji karet sebanyak 100 g diekstraksi dengan 1000 mL akua DM selama 5 menit dan didiamkan selama 30 menit. Endapan yang dihasilkan diperas dengan kain. Sampel dikeringkan di bawah sinar matahari dan diblender halus. Serbuk biokoagulan yang telah halus diayak menggunakan ayakan 30 mesh. Sampel dimasukkan ke dalam plastik kedap udara dan disimpan di dalam desikator.



Pembuatan arang CBK

CBK diperkecil ukurannya, kemudian dicuci bersih dengan air mengalir dan dibilas dengan akua DM. CBK dikeringkan selama 3-4 hari di bawah sinar matahari, kemudian di karbonisasi dalam furnace pada suhu 300°C selama 30 menit. Arang yang dihasilkan setelah karbonisasi dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan bertingkat 100 mesh dan 200 mesh. Arang yang tertahan di 200 mesh diambil, kemudian dimasukkan ke dalam plastik kedap udara dan disimpan di dalam desikator.

Karakterisasi arang CBK (SNI No. 06-3730-1995)

Adsorben arang CBK karakterisasi berdasarkan kadar air dan kadar abu.

1. Kadar air

Arang sebanyak 1 g dimasukkan dalam cawan yang telah dikontankan, kemudian dipanaskan dalam oven selama 1 jam, selanjutnya dimasukkan dalam desikator dan dilakukan penimbangan. Selanjutnya sampel dipanaskan kembali selama 1 jam, dimasukkan ke dalam desikator dan dilakukan penimbangan lagi hingga tercapai berat konstan, yaitu tidak lebih 0,005 g. Kadar air arang CBK dihitung dengan persamaan (3.1):

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

W_1 = berat awal sampel (arang) g
 W_2 = berat akhir sampel (arang) g

Kadar abu

Arang CBK sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam krusibel yang dikontankan, kemudian dimasukkan ke dalam furnace pada suhu

600°C selama 3 jam, setelah itu dimasukkan ke dalam desikator dan dilakukan penimbangan. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam desikator lagi dan penimbangan hingga mencapai berat konstan, yaitu tidak melebihi 0,005 g. Kadar abu arang CBK dapat dihitung dengan persamaan (3.2):

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

W_1 = berat awal sampel (arang) g

W_2 = berat akhir sampel (abu) g

e. Analisis air gambut

1. kekeruhan

Kekeruhan sampel air gambut pasca koagulasi dianalisis menggunakan alat turbidimeter. Alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan baku standar kekeruhan. Sampel dimasukkan ke dalam tabung Nephelometer, kemudian dimasukkan ke dalam alat Turbidimeter. Nilai kekeruhan pada alat tersebut kemudian dicatat.

2. Warna

Analisis warna sampel air gambut dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis (*Spectroquant pharo 300*) pada panjang gelombang 510 nm. Alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan akuades. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam kuvet dan intensitas warna yang terukur dicatat.

3. Zat Organik

Kandungan zat organik pada air gambut ditentukan menggunakan metode titrimetri. Air gambut sebanyak 10 mL dipipet dan diencerkan dengan 100 mL akua DM. Air gambut yang telah diencerkan dititrasi menggunakan larutan KMnO_4 hingga berwarna merah muda, kemudian ditambahkan 5 mL H_2SO_4 8 N dan dipanaskan hingga bau



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

a. Pengutipan harus dilakukan dengan cara yang benar, tidak boleh diubah isi dari karya tulis tersebut, dan必须注明 sumber (sumber) karya tulis tersebut.

b. Pengutipan tidak merugikan hak-hak ekonomi dan intelektual dari pencipta karya tulis, dan dilakukan dengan cara yang wajar.

2. Dilarang menjiplak, menyalin, atau menggunakan karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk tujuan lain tanpa mendapat izin dari pencipta karya tulis.

H_2S nya hilang. Larutan tersebut ditambahkan 10 mL KMnO_4 , lalu dipanaskan 10 menit pada suhu 70°C dan ditambahkan 10 mL larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ sebanyak 10 mL, kemudian dititrasi kembali dengan larutan KMnO_4 hingga berwarna merah muda. Volume yang terpakai dicatat. Konsentrasi zat organik (KMnO_4) dapat ditentukan menggunakan persamaan (3.3):

$$\text{KMnO}_4 = \frac{(10+A) \times B - (10 \times C)}{D} \times 31,6 \times 1000 \dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

- A : volume KMnO_4 yang dibutuhkan untuk titrasi (mL)
- B : normalitas KMnO_4 (0,0098 N)
- C : normalitas $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,01 N
- D : volume sampel air gambut (100 mL)

Pada proses ini, volume air gambut diambil dari 10 mL jadi 100 mL.

Jadi, konsentrasi zat organik sebenarnya adalah :

... mg/L x 10

: ... mg/L

Uji koagulasi biokoagulan bungkil biji karet

Pada penelitian ini biokoagulan digunakan sebanyak 1 g dengan pH 5.0. Sebanyak 500 mL air gambut. Koagulasi dilakukan dengan pengadukan cepat (160 rpm) selama 5 menit, kemudian pengadukan diperlambat menjadi 100 rpm selama 20 menit dan 40 rpm selama 5 menit. Setelah selesai pengadukan, sampel dibiarkan mengendap selama 24 jam. Setelah terjadi sedimentasi, air yang berada di atas dianalisis perubahan kekeruhan, warna dan zat organik.

Adsorpsi arang CBK

Sebanyak 1,5 g arang CBK dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan 100 mL air gambut pasca koagulasi. Campuran tersebut diaduk menggunakan magnetik dengan kecepatan 150 rpm pada

suhu 30°C selama 90 menit, selanjutnya didiamkan selama 60 menit. Campuran tersebut disaring menggunakan kertas saring *Whatman* No.42. Filtrat yang dihasilkan setelah adsorpsi selanjutnya dianalisis berdasarkan parameter pH, kekeruhan dan warna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakterisasi arang CBK

Pada penelitian ini kadar air arang CBK sebesar 1,47%. Karbonisasi pada bahan baku CBK menyebabkan hilangnya molekul air yang menutupi pori-pori pada permukaan adsorben. Kandungan air di dalam arang akan mempengaruhi daya jerap dari arang yang dihasilkan. Semakin rendah kandungan air di dalam arang maka daya jerapnya akan semakin baik. Kadar air arang CBK telah memenuhi standar SNI yaitu kurang dari 15%.

Arang hasil dari karbonisasi CBK memiliki kadar abu 1,12%. Abu adalah jumlah sisa bahan organik setelah pembakaran yang mengandung beberapa komponen utama berupa mineral seperti K, Na, Ca dan Mg. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas arang. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menutupi pori-pori, selain itu kandungan karbon yang terikat juga semakin rendah sehingga daya jerap arang menjadi berkurang (Yoseva, 2015). Kadar abu arang CBK telah memenuhi standar SNI yaitu kurang dari 10%.

b. Analisis air gambut sebelum pengolahan

Analisis kekeruhan dilakukan dengan alat turbidimeter, nilai kekeruhan air gambut yang diperoleh yaitu 9,27 NTU. Kekeruhan pada air gambut disebabkan adanya partikel koloid tersuspensi (TSS). Senyawa koloid yang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
- a. Untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, atau penyusunan buku, dan lain-lain, dengan menyebutkan sumber yang mengutip.
 - b. Untuk keperluan lain, dengan izin tertulis dari Universitas Riau.
2. Dilarang memperjualbelikan atau menyewakan karya tulis ini dalam bentuk apapun kepada pihak lain.



persuspensi dapat menghamburkan cahaya sehingga intensitas cahaya yang diteruskan menjadi lebih kecil dan air terlihat keruh (Spellman, 2008). Koagulasi dan adsorpsi air gambut menggunakan biokoagulan bungkil biji karet dan adsorben arang CBK diharapkan dapat mengendapkan koloid sehingga kekeruhan akan berkurang.

Analisis warna air gambut sebelum pengolahan diukur menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis (*Spectroquant pharo 300*) pada panjang gelombang 510 nm dan menunjukkan intensitas warna sebesar 332 TCU. Warna pada air gambut disebabkan oleh kandungan zat organik, yaitu asam humat, asam fulvat dan humin yang berasal dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang membusuk. Selain itu, warna pada air gambut juga dapat disebabkan oleh oksida-oksida logam yang terlarut didalam air, seperti logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Keberadaan logam Fe dalam air gambut dapat menyebabkan warna kemerahan, sedangkan oksida Mn dapat menyebabkan warna coklat kehijauan (Effendi, 2003).

Analisis zat organik dilakukan dengan metode titrasi permanganometri dengan mendapatkan nilai zat organik pada air gambut sebesar 328,64 mg/L. Tingginya zat organik pada air gambut disebabkan oleh kandungan zat organik di dalam air gambut yaitu *Natural Organic Matter* (NOM) yang merupakan pereputan hasil degradasi senyawa organik dari tanah gambut (Kusnaedi, 2010). Selain itu, keberadaan limbah rumah tangga dan industri yang ada di perairan juga dapat menambah tingginya kandungan zat organik tersebut. Tingginya kandungan zat organik akan mempengaruhi bau dan rasa air gambut. Hasil analisis air gambut sebelum pengolahan dapat

dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter awal air gambut

Parameter	Karakter awal air gambut	PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990.
Kekeruhan (NTU)	9,27	5
Warna (TCU)	1332	15
Zat organik (mg/L)	328,64	10

Hasil analisis air gambut sebelum pengolahan menunjukkan bahwa karakter air gambut memenuhi persyaratan PERMENKES RI No.416/MENKES/PER/IX/1990.

c. Analisis air gambut pasca koagulasi dan pasca koagulasi-adsorpsi

Analisis air gambut pasca koagulasi (AGPK) dan pasca koagulasi-adsorpsi (AGPKA) menggunakan adsorben arang CBK terhadap parameter kekeruhan, warna dan zat organik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakter AGPK dan AGPKA

Parameter	AGPK	AGPKA
Kekeruhan (NTU)	5,16	0,84
Warna (TCU)	493	349
Zat organik (mg/L)	170,64	143,96

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dihamburkan oleh bahan-bahan yang terdapat didalam air (Effendi, 2003). Setelah dilakukan koagulasi, kekeruhan air gambut menjadi 5,16 NTU. Menurut Metcalf *et al*, (2004), berkurangnya kekeruhan karena penggunaan biokoagulan akibat terjadinya *sweep floc coagulation* yaitu partikel koloid terjerap oleh makroflok. Selain itu, kekeruhan berkurang seiring dengan penyisihan zat organik yaitu asam humat yang diikat

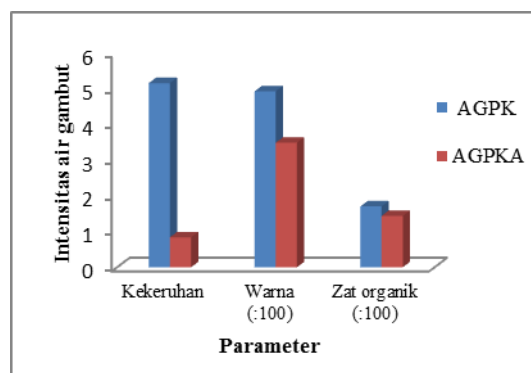


koagulan menjadi flok.

Air gambut pasca koagulasi mengalami penurunan intensitas warna. Penurunan intensitas warna pada air gambut disebabkan adanya interaksi biokoagulan yang bermuatan positif dengan partikel koloid yang bermuatan negatif. Hal ini akan menyebabkan netralisasi muatan sehingga terjadi destabilisasi koloid membentuk mikroflok (Wang *et al.*, 2005). Pada saat pengadukan cepat (160 rpm), terjadi proses destabilisasi partikel koloid, sehingga terjadi tumbukan yang menyebabkan terjadinya interaksi antara biokoagulan yang bermuatan positif dan partikel koloid yang bermuatan negatif. Setelah pengadukan cepat selesai, pengadukan sedang (100 rpm) dilakukan untuk membentuk mikroflok, dan pada saat pengadukan lambat (40 rpm) mikroflok perlahan membentuk makroflok. Setelah makroflok terbentuk, terjadi pengendapan akibat adanya gaya gravitasi. Melalui koagulasi, intensitas warna air gambut mampu diturunkan menjadi 493 TCU.

Kandungan zat organik pada air gambut pasca koagulasi mampu diturunkan menjadi 170,64 mg/L. Penurunan nilai zat organik ini menunjukkan penambahan biokoagulan (bungkil biji karet) ke dalam air gambut, sehingga menyebabkan terbentuknya makroflok yang dapat mengikat partikel koloid dan lebih mudah untuk pengendapan (Benefield *et al.*, 1982).

Hasil analisis pasca koagulasi menunjukkan bahwa koagulasi menggunakan biokoagulan bungkil biji karet belum mampu memenuhi persyaratan PERMENKES RI No. 126/MENKES/PER/IX/1990.



Gambar 1. Karakter AGPK dan AGPKA

Air gambut pasca koagulasi-adsorpsi mengalami penyisihan intensitas kekeruhan, warna dan zat organik (Gambar 1). Menurut Kusnaedi (2010), air yang keruh disebabkan oleh adanya butiran-butiran koloid dari bahan tanah. Semakin banyak kandungan koloid, maka air semakin keruh. Kekeruhan di dalam air juga dapat disebabkan oleh adanya zat tersuspensi seperti lumpur, zat organik, plankton dan zat-zat halus.

Air gambut pasca koagulasi-adsorpsi menggunakan adsorben arang CBK mampu menurunkan nilai kekeruhan. Partikel koloid yang terdispersi pada air gambut pasca koagulasi telah sepenuhnya di adsorpsi oleh pori-pori adsorben arang CBK. Hal ini dapat dilihat bahwa penggunaan adsorben arang CBK menurunkan nilai kekeruhan menjadi 0,83 NTU.

Intensitas warna air gambut pasca koagulasi setelah dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben arang CBK mengalami penurunan, hal ini dikarenakan pori-pori adsorben mampu menyerap senyawa organik yang terdapat pada air gambut pasca koagulasi. Asam fulvat dan asam humat (komponen terbesar air gambut) merupakan koloid hidrofilik yang mempunyai muatan negatif (Yoseva, 2015).



Menurut Zhang *et al*, (2011), interaksi elektrostatis antara muatan positif dari adsorben dengan muatan negatif dari air gambut pasca koagulasi (COOH , $-\text{OH}$ dan C=O), dapat meningkatkan penyerapan warna. Penurunan intensitas warna air gambut pasca koagulasi-adsorpsi menggunakan adsorben arang CBK yaitu 349 TCU.

Ketika adsorpsi terjadi, nilai kandungan zat organik menurun. Penurunan kandungan zat organik terjadi seiring dengan penurunan intensitas warna. Hal ini menyatakan bahwa senyawa organik di dalam air gambut telah terikat dan terjerap pada pori-pori adsorben. Selain itu, disebabkan oleh interaksi elektrostatis antara muatan positif adsorben dengan muatan negatif dari air gambut pasca koagulasi, sehingga intensitas zat organik pasca koagulasi-adsorpsi menurun menjadi 143,9 mg/L.

Berdasarkan hasil analisis air gambut pasca koagulasi-adsorpsi (kekeruhan, warna dan zat organik) menunjukkan bahwa penggunaan adsorben arang CBK mampu memperbaiki kualitas air gambut pasca koagulasi, namun hanya parameter kekeruhan yang telah memenuhi persyaratan PERMENKES RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990.

KESIMPULAN

Adsorben arang CBK memiliki kadar air 7,70% dan kadar abu 1,12%. Hasil analisis air gambut pasca koagulasi-adsorpsi menunjukkan bahwa adsorben arang CBK mampu memperbaiki kualitas air gambut pasca koagulasi dengan persentase penyisihan 84% kekeruhan, 29,21% warna dan 15,63% zat organik. Akan tetapi, hanya parameter kekeruhan yang sesuai PERMENKES RI

No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat Pengawasan Kualitas Air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini berlangsung atas dukungan dana hibah skema penelitian unggulan Universitas Riau tahun anggaran 2018 No. 635/UN.19.5.1.3/PP.2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Benefield, D.L., F.J. Indkins, & L. B. W. 1982. *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. New Jarsey: Prentice-Hall Inc.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Metcalf, E, I., George, T., & Franklin, B. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: Mc Graw Hill.
- Permenkes RI. 1990. Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Jakarta: Menkes.
- Ramayana, D., Royani, I., & Arsyad, F.S. 2017. Pembuatan carbon black berbasis nanoserbuk tempurung biji karet menggunakan high energy milling. *Jurnal MIPA*. 40(1): 28–32.
- Samosir, A. 2009. Pengaruh tawas dan diatomea (*Diatomaceous earth*) dalam proses pengolahan air gambut dengan metode elektrokoagulasi. *Skripsi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Spellman, F. R. 2008. *The Science of Water*. Edisi ke-2. Boca Raton: CRC Press.
- Syahputri, A. 2017. Potensi biji karet



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

(*Hevea brasiliensis*) sebagai biokoagulan untuk pengolahan air gambut. *Skripsi*. Pekanbaru: Universitas Riau.

Yang, L. K., Hung, Y. T., & Shamas, N. K. 2005. Physicochemical treatment processes. *Handbook of Environmental Engineering*. Totova: Humana Press.

Yoseva, P.L. 2015. Pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai adsorben untuk peningkatan kualitas air gambut. *Skripsi*. Pekanbaru: Universitas Riau.

Zhang, Z., Moghaddam, L., O'Hara, M.I., & Doherty S.O.W. 2011. congo red adsorption by ball-milled sugarcane bagasse. *Chemical Engineering Journal*. 178(13): 122-128.