Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Biji Salak (*Salacca edulis*) pada Sistem Filtrasi Air Gambut

Dyah Ayu Pujiasih^a, Nurhasanah^a, Mega Nurhanisa^{a*}

^aProgram Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura

*Email : meganurhanisa@physics.untan.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif biji salak pada sistem filtrasi air gambut. Pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi kimia. Proses karbonisasi biji salak dilakukan pada suhu 350°C selama dua jam. Sedangkan tahap aktivasi kimia dilakukan dengan merendam biji salak ke dalam larutan KOH konsentrasi 25% selama 24 jam, dengan perbandingan antara karbon biji salak dan aktivator sebesar 2:1. Karbon aktif yang dihasilkan kemudian diaplikasikan ke dalam sistem filtrasi dengan variasi ketebalan 5 cm dan 10 cm. Hasil uji menunjukkan sistem filtrasi dengan penambahan karbon aktif biji salak ketebalan 10 cm dapat menurunkan kadar warna air gambut dari 1260 Pt.Co menjadi 49 Pt.Co, kadar kekeruhan dari 9,77 NTU menjadi 8,51 NTU, dan kandungan zat besi (Fe) dari 2,63 mg/l menjadi 0,01 mg/l. Hasil pengujian menunjukkan nilai efektivitas adsorpsi terbaik terjadi pada parameter besi yaitu sebesar 95,82%.

Kata Kunci : biji salak, karbon aktif, filtrasi, air gambut

1. Latar Belakang

Salak merupakan salah satu komoditi tanaman buah-buahan yang dibudidayakan di Kabupaten Sambas Kalimantan Barat untuk menunjang perekonomian daerah. Menurut Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat, Kabupaten Sambas memiliki 32.082 rumpun/pohon salak yang menghasilkan 7.391 kwintal buah salak di tahun 2017[1]. Hasil panen buah salak yang melimpah tersebut juga akan berpengaruh pada banyaknya limbah biji salak yang dihasilkan. Sebagian besar limbah biji salak hanya dibuang dan tidak dimanfaatkan dengan baik.

Kalimantan Barat merupakan daerah yang sebagian besar wilayahnya terdiri atas lahan gambut. Luas lahan gambut di Provinsi Kalimantan Barat diperkirakan mencapai 1,677 juta Ha atau sekitar 30% dari luas total lahan gambut di Pulau Kalimantan[2]. Hal tersebut mengakibatkan air gambut menjadi sumber air baku bagi masyarakat KalBar. Air gambut banyak mengandung zat-zat organik dan memiliki intensitas warna yang tinggi, yaitu berwarna merah kecoklatan dan memiliki pH rendah antara 2-5[3]. Air yang memiliki kualitas baik ialah air yang telah memenuhi standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Tabel standar parameter fisik dan kimia berdasarkan standar baku mutu air kesehatan lingkungan untuk keperluan higiene sanitasi ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Standar Parameter Fisik dan Kimia Air berdasarkan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No	Parameter Wajib	Satuan	Standar Baku Mutu (Kadar Maks.)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1000
4.	pH		6,5-7,5
5.	Besi (Fe)	mg/l	1

Sumber: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia[4]

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengolahan air gambut adalah metode filtrasi[5]. Metode filtrasi adalah metode penjernihan air menggunakan filter (penyaring) untuk memisahkan antara koloid (padatan) dengan cairan. Salah satu bahan yang biasa digunakan dalam sistem filtrasi ialah karbon aktif. Bahan ini berfungsi sebagai adsorben untuk menyerap zat-zat organik maupun anorganik serta desinfeksi[6].

Biji salak mengandung serat selulosa sebesar 39,67%, sehingga banyak dimanfaatkan untuk menurunkan kandungan logam dalam air atau limbah[7,8]. Telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan biji salak sebagai adsorben ion logam kadmium (Cd) dan adsorban kromium[8,9]. Sedangkan penelitian lain memanfaatkan biji salak sebagai adsorben untuk menjernihkan minyak goreng bekas[10]. Dari penelitian ini, diharapkan karbon aktif biji

salak dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada sistem filtrasi guna menurunkan kadar warna, kekeruhan, TDS, besi (Fe) dan menetralkan pH. Filtrasi ini berguna untuk meningkatkan kualitas air gambut dan volume limbah buah salak khususnya bagian biji dapat dimanfaatkan dengan baik.

2. Metodologi

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanur/*furnace*, botol ukuran 3 liter, selang air, gelas ukur, timbangan *digital*, *magnetic stirrer*, mangkok keramik, mortar, ayakan 8 mesh, saringan, loyang pembakaran, wadah plastik dan plastik *wrapping*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji salak, kerikil, pasir silika, ijuk, aquades, dan KOH (Kalium Hidroksida) 25%. Sampel berupa air gambut berasal dari daerah Kelurahan Limbung, Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya.

2.2 Pembuatan Karbon Aktif Biji Salak Teraktivasi

Biji salak sebagai bahan dasar karbon aktif dicuci hingga bersih dan dipotong menjadi beberapa bagian agar proses pengeringan menjadi lebih maksimal. Biji salak dikeringkan di bawah terik matahari selama 7 hari untuk menghilangkan kadar air dalam biji salak. Biji salak yang telah kering dikarbonisasi dengan menggunakan tanur/*furnace* pada suhu 350°C selama 2 jam. Biji salak yang telah dikarbonisasi dihancurkan dan diayak menggunakan ayakan berukuran 8 mesh.

Tahap aktivasi kimia dilakukan dengan merendam karbon biji salak dalam larutan KOH yang bertindak sebagai aktivator. Konsentrasi KOH yang digunakan adalah 25% atau 100 gram KOH dilarutkan dengan 400 ml aquades dengan

waktu kontak selama 24 jam. Rasio perbandingan antara karbon biji salak dan aktivator adalah 2:1 atau 200 g karbon biji salak diaktivasi dengan 100 g KOH[11]. Karbon yang telah diaktivasi, dicuci menggunakan aquades hingga pH karbon aktif netral. Karbon aktif dikeringkan kembali menggunakan *furnace* pada suhu 105°C selama 10 jam.

2.3 Pembuatan Sistem Filtrasi

Sistem filtrasi dibuat 3 (tiga) variasi. Susunan media untuk masing-masing sistem filtrasi yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut (urutan dari atas ke bawah)[12].

- Sistem filtrasi pertama : kerikil (5 cm), pasir silika (5 cm), kerikil (5 cm), ijuk (5 cm), kerikil (5 cm)
- Sistem filtrasi kedua : kerikil (5 cm), pasir silika (5 cm), kerikil (5 cm), karbon aktif (5 cm), ijuk (5 cm), kerikil (5 cm)
- Sistem filtrasi ketiga : kerikil (5 cm), pasir silika (5 cm), kerikil (5 cm), karbon aktif (10 cm), ijuk (5 cm), kerikil (5 cm)

Dari ketiga sistem filtrasi tersebut, sistem filtrasi pertama tidak menggunakan karbon aktif biji salak. Sistem filtrasi kedua dan ketiga menggunakan karbon aktif dengan variasi ketebalan masing-masing 5 cm (190 g) dan 10 cm (360 g). Desain sistem filtrasi I, II dan III dapat dilihat pada Gambar 1.

2.4 Pengujian Sistem Filtrasi

Proses pengujian sistem filtrasi dilakukan dengan mengalirkan air ke dalam sistem filtrasi lalu melakukan pengujian karakteristik air. Parameter pengujian meliputi uji pH, warna, kekeruhan, TDS, dan zat besi (Fe). Pengujian parameter dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing sistem filtrasi. Pengujian sampel air gambut sebagai pengujian pertama.

Gambar 1. (a) Rancangan sistem filtrasi tanpa penambahan karbon aktif, (b) Rancangan filter dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm, (c) Rancangan filter dengan penambahan karbon aktif ketebalan 10 cm

Pengujian kedua setelah air melewati sistem filtrasi, dan pengujian ketiga setelah air tersebut difilter lagi. Tujuan pengujian tersebut untuk melihat perubahan parameter atau kualitas air.

2.5 Analisa Hasil

Pengaruh penambahan karbon aktif biji salak terhadap peningkatan kualitas air gambut, dilakukan dengan menentukan efektivitas adsorpsinya. Penentuan efektivitas adsorpsi dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\eta = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (1)$$

dengan η adalah efektivitas adsorpsi, A adalah parameter uji dari sampel air yang belum difiltrasi dan B adalah parameter uji dari sampel air yang telah difiltrasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karbon Aktif Biji Salak

Karbon aktif dibuat melalui 2 proses yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembakaran atau penguraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C[13]. Pada proses tersebut, biji salak yang sebelumnya bermassa 4,9 kg menjadi 1,5 kg atau terjadi penyusutan massa sebesar 3,4 kg atau sebesar 69,4%. Penyusutan massa terjadi karena pada proses karbonisasi terjadi penguraian selulosa menjadi unsur karbon dan pengeluaran unsur-unsur non-karbon, seperti hidrogen dan oksigen yang diubah dalam bentuk gas[14]. Secara visual, biji salak yang telah dikarbonisasi memiliki warna hitam pekat seperti arang. Biji salak yang telah dikarbonisasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Biji salak setelah dikarbonisasi

Aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk meningkatkan ukuran dan jumlah pori serta gugus aktif pada karbon dengan cara memecah ikatan hidrokarbon[15]. Aktivasi yang dilakukan yaitu aktivasi kimia menggunakan KOH (Kalium Hidroksida). KOH digunakan sebagai aktivator karena lebih dapat bereaksi dengan karbon sehingga bisa menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon dan membuat karbon lebih berpori[11]. Massa karbon aktif biji

salak setelah proses aktivasi kimia yaitu 0,77 kg atau mengalami penyusutan massa sebesar 0,73 kg atau sebesar 48,7%. Penyusutan massa disebabkan karena pada proses aktivasi kimia terjadi penghilangan *volatil matter* seperti H_2 , CH_4 , CO , CO_2 , dan tar[16]. Biji salak yang telah diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3. Karbon aktif biji salak

3.2 Sampel Air

Air gambut yang digunakan pada penelitian ini memiliki karakteristik warna kecoklatan seperti ditunjukkan pada gambar 4.

Gambar 4. Sampel air gambut

Hasil analisis sampel air gambut ditunjukkan pada tabel 2 dengan berdasarkan parameter Fisika, Kimia dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017.

Tabel 2. Hasil analisis sampel air gambut

Parameter	Nilai	Standar Baku Mutu Maksimum	Kelayakan
pH	6,32	6,5-8,5	Tidak layak
Warna	1260 (Pt.Co)	50 (TCU)	Tidak layak
Kekeruhan	9,77 (NTU)	25 (NTU)	Layak
TDS	32,0 (mg/L)	1000 (mg/l)	Layak
Besi (Fe)	2,63 (mg/L)	1 (mg/l)	Tidak layak

Dapat dilihat pada tabel 2, bahwa hasil analisis sampel air gambut cenderung belum layak digunakan atau belum memenuhi standar baku mutu air bersih. Parameter yang

memenuhi standar baku mutu air bersih hanya parameter kekeruhan dan TDS saja, sedangkan parameter lain seperti pH, warna, dan kandungan zat besi (Fe) belum memenuhi standar baku mutu.

3.3 Analisa Kualitas Air Filtrasi Berdasarkan Parameter

3.3.1 Parameter pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk mengukur tingkat asam-basa suatu larutan. Nilai pH juga digunakan untuk mengetahui konsentrasi ion hidrogen pada larutan seperti contohnya air gambut[17]. Hasil pengujian pH ditunjukkan pada gambar 5.

Gambar 5. Grafik hubungan antara penambahan karbon aktif biji salak terhadap parameter pH

Keterangan:

- A = Air gambut awal
- TK(1) = Hasil filtrasi tanpa penambahan karbon aktif pertama
- TK(2) = Hasil filtrasi tanpa penambahan karbon aktif iterasi kedua
- K5(1) = Hasil filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm pertama
- K5(2) = Hasil filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm iterasi kedua
- K10(1) = Hasil filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 10 cm pertama
- K10(2) = Hasil filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 10 cm iterasi kedua

Berdasarkan grafik pada gambar 5, terlihat bahwa penambahan variasi karbon aktif tidak memperlihatkan pengaruh terhadap pH. Hal demikian juga terjadi pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Fadhillah dan Wahyuni (2016)[12].

Hasil uji sistem filtrasi yang memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 tentang

persyaratan air bersih untuk keperluan *higiene* sanitasi, yaitu hasil filtrasi pertama dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm (pH 6,67). Nilai pH sesuai standar yaitu 6,5-8,5. Tetapi perlakuan yang lain belum memenuhi standar.

3.3.2 Parameter Besi

Zat besi merupakan salah satu parameter penting yang harus diuji dalam pemeriksaan air. Konsentrasi unsur besi yang melebihi 1 mg/l dapat menimbulkan masalah kesehatan salah satunya dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit. Dalam dosis besar unsur besi dapat merusak dinding usus manusia[23]. Hasil pengujian kadar zat besi (Fe) ditunjukkan pada gambar 6.

Gambar 6. Grafik hubungan antara penambahan karbon aktif biji salak terhadap parameter zat besi (Fe)

Berdasarkan grafik pada gambar 6, terlihat bahwa terjadi penurunan kadar Fe setelah dilakukan proses filtrasi, baik dengan sistem filtrasi tanpa penambahan karbon aktif dan dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm dan 10 cm. Penurunan kadar Fe terbaik terjadi pada hasil filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 10 cm dengan efektivitas adsorpsi hingga 95,82%. Karbon aktif biji salak berhasil mengadsorpsi zat besi (Fe) karena adanya kandungan selulosa yang dapat menurunkan kandungan logam pada air gambut[24].

Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 tentang persyaratan air bersih untuk keperluan *higiene* sanitasi, menyatakan bahwa kadar maksimum untuk parameter besi adalah 1 mg/l. Hasil pengujian besi yang sesuai standar adalah hasil dari pengujian sistem filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm dan 10 cm, dengan kadar besi berada di bawah 1 mg/l.

3.3.3 Parameter *Total Dissolved Solid (TDS)*, *Warna*, dan *Kekeruhan*

Total dissolved solid atau TDS merupakan zat padat terlarut dalam air yang terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik seperti mineral dan garam[18]. Hasil pengujian TDS ditunjukkan pada gambar 7.

Gambar 7. Grafik hubungan antara penambahan karbon aktif biji salak terhadap parameter TDS

Berdasarkan grafik pada gambar 7, menunjukkan bahwa nilai TDS mengalami kenaikan ketika melewati sistem filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm dan 10 cm, baik pada filtrasi pertama maupun iterasi kedua. Peningkatan TDS di dalam air gambut setelah penambahan karbon aktif disebabkan oleh partikel karbon aktif yang ikut terlarut dan tidak mengendap sehingga nilai TDS pada hasil filtrasi juga ikut meningkat[17].

Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 tentang persyaratan air bersih untuk keperluan *higiene* sanitasi, menyatakan bahwa kadar maksimum untuk parameter TDS adalah 1000 mg/l. Hasil TDS pada pengujian ini telah memenuhi standar baku mutu dan tidak ada yang melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan.

Warna pada air gambut disebabkan oleh kandungan zat besi yang terikat oleh asam-asam organik maupun anorganik yang terlarut dalam air[19]. Hasil pengujian warna ditunjukkan pada gambar 8.

Berdasarkan grafik pada gambar 8, menunjukkan bahwa nilai warna mengalami banyak penurunan ketika melewati sistem filtrasi dengan penambahan karbon aktif 5 cm dan 10 cm, baik pada hasil filtrasi pertama maupun iterasi kedua. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan zat besi telah diadsorpsi oleh pori-pori karbon aktif, sehingga kadar warna air menurun. Ketebalan atau massa karbon aktif berpengaruh terhadap penurunan warna, semakin tebal adsorben semakin besar

pula efektivitas penyerapan zat besi yang akan berpengaruh terhadap penurunan warna[10].

Gambar 8. Grafik hubungan antara penambahan karbon aktif biji salak terhadap parameter warna

Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 tentang persyaratan air bersih untuk keperluan *higiene* sanitasi, telah menetapkan kadar maksimum untuk nilai warna adalah 50 TCU. Hasil pengujian warna yang memenuhi standar adalah hasil iterasi kedua dengan penambahan karbon aktif ketebalan 10 cm dengan nilai warna 49 Pt.Co, dan untuk perlakuan yang lain belum memenuhi standar.

Kekeruhan pada air gambut disebabkan oleh partikel-partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar secara baik dan partikel-partikel yang tersuspensi lainnya[20]. Hasil pengujian kekeruhan ditunjukkan pada gambar 9.

Gambar 9. Grafik hubungan antara penambahan karbon aktif biji salak terhadap parameter kekeruhan

Berdasarkan grafik pada gambar 9, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar kekeruhan pada hasil filtrasi tanpa penambahan

karbon aktif, baik pada filtrasi pertama maupun iterasi kedua. Hal tersebut dikarenakan tidak adanya bahan penyusun sistem filtrasi yang berperan sebagai adsorben yang dapat menyerap bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dalam air. Untuk hasil sistem filtrasi dengan penambahan karbon aktif ketebalan 5 cm dan 10 cm, terjadi penurunan tingkat kekeruhan baik pada filtrasi pertama maupun iterasi kedua. Terjadinya penurunan tingkat kekeruhan tersebut disebabkan karena proses adsorpsi oleh karbon aktif terhadap kekeruhan air gambut. Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik (*Van der waals*) antar partikel[21].

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No.32 Tahun 2017 tentang persyaratan air bersih untuk keperluan *higiene* sanitasi, kadar maksimum untuk kekeruhan adalah 25 NTU. Hasil kekeruhan pada pengujian ini telah memenuhi standar dan tidak ada yang melebihi batas maksimum yang telah ditetapkan.

Hubungan antara TDS, warna dan kekeruhan pada penelitian ini tidak linier. Perubahan atau naik turunnya nilai partikel tersuspensi atau total zat terlarut tidak selalu diikuti oleh naik turunnya nilai kekeruhan dan warna secara linier. Hal ini dapat dijelaskan karena bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan dan warna dalam air dapat terdiri atas berbagai bahan yang sifat dan beratnya berbeda. Hal ini juga berhubungan dengan prinsip pengukuran yang berbeda antara kekeruhan, warna, dengan partikel tersuspensi atau total zat terlarut[22].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa air hasil filtrasi yang belum ditambahkan karbon aktif biji salak tidak layak digunakan. Tetapi setelah sistem filtrasi ditambahkan karbon aktif biji salak ketebalan 10 cm, berhasil menurunkan kadar kekeruhan air gambut dari 9,77 NTU menjadi 8,51 NTU, kadar warna dari 1260 Pt.Co menjadi 49 Pt.Co, kandungan zat besi (Fe) dari 2,63 mg/l menjadi 0,01 mg/l. Sedangkan untuk ketebalan 5 cm mampu menurunkan kadar kekeruhan dari 9,77 NTU menjadi 3,23 NTU, kadar warna dari 1260 Pt.Co menjadi 69 Pt.Co, dan kandungan zat besi dari 2,63 mg/l menjadi 0,15 mg/l. Karbon aktif biji salak juga terdeteksi meningkatkan kandungan TDS dalam air.

Daftar Pustaka

[1] Badan Pusat Statistik, Statistik Pertanian Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Provinsi Kalimantan Barat Tahun 2017,

Pontianak: Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat, 2018.

- [2] Kementerian Lingkungan Hidup, Masterplan Pengelolaan Ekosistem Gambut Berkelanjutan Provinsi Kalimantan Barat, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup, 2012.
- [3] Arisna, R., Zaharah, T. A., & Rudiyanasyah, Adsorpsi Besi dan Bahan Organik pada Air Gambut oleh Karbon Aktif Kulit Durian, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3), 31-39, 2016.
- [4] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum, Jakarta: Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017.
- [5] Rubinatta, A., Purnaini, R., & Utomo, K. P., Perancangan Alat Pengolahan Air Gambut Sederhana Menjadi Air Minum Skala Rumah Tangga, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Untan*, 2-10, 2014.
- [6] Suhendra, Apriani, W., & Sundari, E. M., Uji Kinerja Alat Penjerap Warna dan pH Air Gambut Menggunakan Arang Aktif Tempurung Kelapa, *Positron*, 6(1), 35-39, 2016.
- [7] Hapsari, W. A., Pengaruh Lama Penyangraian dan Penambahan Gula Kelapa pada Pembuatan Bubuk Biji Salak dengan Derajat Penyangraian Ringan Terhadap Karakteristik dan Aktivitas Antioksidan, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2015.
- [8] Widhianingrum, W. A., Inawati, & Usakinah, K. N., Penurunan Ion Logam Kadmium Menggunakan Biji Salak sebagai Adsorben pada Limbah Industri "X", *Jurnal Teknik Kimia*, 1(2), 84-87, 2016.
- [9] Pongenda, R. C., M. N., & Walanda, D. K., Biocharcoal dari Biji Salak (*Salacca edulis*) sebagai Adsorben Terhadap Kromium, *Jurnal Akademika Kimia*, 4(2), 84-90, 2015.
- [10] Kurniadin, A., & Murdiono, Penjernihan Minyak Goreng Bekas dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Arang Biji Salak, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [11] Apriani, R., Faryuni, I. D., & Wahyuni, D., Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai

- Adsorben Logam Fe pada Air Gambut, Prisma Fisika, 1(2), 82-86, 2013.
- [12] Fadhillah, M., & Wahyuni, D., Efektivitas Penambahan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) dalam Proses Filtrasi Air Sumur, Jurnal Kesehatan Masyarakat, 3(2), 93-98, 2016.
- [13] Kurniati, E., Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif. Jurnal Penelitian Ilmu Teknik, 8(2), 96-103, 2008.
- [14] Bansal, R. C., & Goyal, M., *Activated Carbon Adsorption*, New Jersey: CRC Press, 2005.
- [15] Ismadi, M., Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Teraktivasi Soda Kue, Skripsi, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 2009.
- [16] Priambodo, I., Alhamidi, A., & Kustiningsih, I., Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH, Waktu Tahan dan Temperatur Aktivasi Kimia pada Pembuatan Karbon Aktif dari Bulu Ayam untuk Pengembangan Hidrogen Storage, Jurnal Furnace, 2(2), 2016.
- [17] Rahmawati, Wilaksono, A., Amri, N., Davidson, K. N., Rimawan, B., & Heriyanti, Adsorpsi Air Gambut Menggunakan Karbon Aktif dari Buah Bintaro, Chempublish Journal 2(2), 11-20, 2018.
- [18] Effendi, H., Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [19] Said, N. I., & Hidayat, W., Teknologi Pengolahan Air Gambut Sederhana, BPPT Press, 2008.
- [20] Sutrisno, T., Teknologi Penyediaan Air Bersih, Jakarta: Rineka Cipta, 2004.
- [21] Munfiah, S., & Ariabawani, R. P., Kemampuan Karbon Aktif Tongkol Jagung dalam Menurunkan Kekeruhan Air, Medsains, 1(1), 30-34, 2015.
- [22] Samudro, G., & Rulian E., R. A., Studi Penurunan Kekeruhan dan Total Suspended Solid dalam Bak Penampung Air Hujan (PAH) Menggunakan Reaktor Gravity Roughing Filter (RGF), Jurnal Presipitasi, 8(1), 14-20, 2011.
- [23] Nicola, F., Hubungan antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe^{2+} dan Fe Total pada Air Sumur Gali, Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, 2015.
- [24] Afrizal, Selulosa Bakterial Nata De Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III), Jurnal Gradien, 1(1), 308-313, 2008.