

Penggunaan Karbon Aktif Kayu Kesambi (*Schleichera oleosa MERR*) dalam Pengolahan Air Sadah

Kasimir Sarifudin*

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Nusa Cendana Kupang, Indonesia

*E-mail: kasimir_sarifudin@staf.undana.ac.id

ARTICLE INFO

Article history

Received: May 31, 2022

Revised: June 14, 2022

Accepted: June 24, 2022

Keywords

Arang aktif, air sadah, laju alir, ketebalan dan kapasitas adsorpsi

Activated charcoal, hard water, flow rate, thickness and adsorption capacity

ABSTRACT

Pengolahan air sadah menjadi air layak konsumsi masih menjadi tantangan tersendiri bagi semua lapisan masyarakat, terutama masyarakat miskin dan terbelakang. Penerapan teknologi pengolahan air yang menggunakan bahan baku ramah lingkungan dan dapat diperbaharui sangat penting. Arang aktif kayu Kesambi yang diolah dari tanaman Kesambi tua kering dapat dimanfaatkan dalam pengolahan air sadah untuk kebutuhan air minum. Penelitian ini bermaksud untuk memanfaatkan arang aktif kayu Kesambi dalam proses pengolahan air sebagai adsorben ion kesadahan. Aspek utama yang dikaji adalah penurunan konsentrasi ion kesadahan air setelah melewati kolom adsorben pada ketebalan arang aktif berbeda dan laju alir berbeda, serta mengetahui hubungan antara kapasitas adsorpsi dengan waktu adsorpsi. Arang aktif dari kayu Kesambi tua diproses melalui pirolisis pada 450-500 °C dan pencucian berulang kali. Proses filtrasi berlangsung dalam kolom yang berisi arang aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi ion kesadahan makin tinggi seiring dengan meningkatnya ketebalan arang aktif; semakin cepat laju alir, penurunan konsentrasi ion kesadahan makin kecil. Kapasitas adsorpsi makin besar bila waktu adsorpsi makin lama, adsorben telah jenuh ditandai dengan adanya penurunan kapasitas adsorpsi secara signifikan. Persamaan regresi pengaruh ketebalan karbon aktif dan laju alir dan secara bersama-sama terhadap penurunan kesadahan air $Y=151,480 + 8,580X_1 - 3,902X_2$.

Processing hard water into water suitable for consumption is still a challenge for all levels of society, especially the poor and underdeveloped. The application of water treatment technology that uses environmentally friendly and renewable raw materials is very important. Activated charcoal from Kesambi wood which is processed from dry old Kesambi plants can be used in the treatment of hard water for drinking water needs. This study intends to utilize activated charcoal from Kesambi wood in the water treatment process as a hardness ion adsorbent. The main aspects studied were the decrease in the concentration of water hardness ions after passing through the adsorbent column at different thicknesses of activated charcoal and different flow rates, as well as knowing the relationship between adsorption capacity and adsorption time. Activated charcoal from old Kesambi wood is processed through pyrolysis at 450-500 oC and repeated washing. The filtration process takes place in a column containing activated charcoal. The results showed that the decrease in the hardness ion concentration increased with the increase in the thickness of activated charcoal; The faster the flow rate, the smaller the decrease in the hardness ion concentration. The adsorption capacity is greater when the adsorption time is longer, the adsorbent is saturated, which is indicated by a significant decrease in adsorption capacity. Regression equation for the effect of activated carbon thickness and flow rate together on decreasing water hardness $Y=151,480 + 8,580X_1 - 3.902X_2$.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



How to Cite: Sarifudin, K. (2022). Penggunaan Arang Aktif Kayu Kesambi (*Schleichera oleosa MERR*) dalam Pengolahan Air Sadah. *Haumeni Journal of Education*, 2(1), 197-207.

PENDAHULUAN

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan makhluk hidup lainnya. Fungsi air dalam kehidupant tidak dapat digantikan oleh senyawa kimia manapun. Air menjadi salah satu ciri adanya kehidupan di alam semesta. Air sangat penting untuk kehidupan karena sangat mempengaruhi kesehatan masyarakat dan standar hidup (Kılıç, 2020). Bila kebutuhan air belum terpenuhi baik secara kuantitas maupun kualitas, akan menimbulkan dampak yang sangat besar terhadap kesehatan, kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Air sangat penting, tanpanya manusia hanya akan bertahan beberapa hari. Tubuh manusia terdiri dari sekitar 75 persen air dan sangat penting untuk hidup dan homeostasis tubuh (Popkin, D'Anci & Rosenberg, 2010). Otak manusia terdiri dari 95 persen air, darah 82 persen air, dan paru-paru 90 persen air. Air adalah komponen vital bagi setiap organisme hidup di dunia, terutama spesies manusia. Air digunakan dalam tubuh manusia untuk sejumlah fungsi yang berbeda, seperti pelumas dalam tubuh, pengaturan suhu tubuh, menghilangkan racun berbahaya dalam tubuh, dan mengangkut nutrisi ke seluruh tubuh (Khalifa & Bidaisee, 2018)

Salah satu persyaratan kimia dalam menentukan kualitas air adalah kesadahan. Kesadahan Kesadahan air adalah ukuran jumlah kation polivalen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Fe^{3+}) yang ada dalam sampel air dan biasanya dinyatakan dalam bagian per juta kalsium karbonat (Skoog, *at al.*, 2000). Ion-ion ini terdapat pada air dalam bentuk sulfat, klorida, dan hidrogenkarbonat. Kation-kationnya dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan sedangkan anion-anionnya membentuk karat pada peralatan logam.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 Tanggal 29 Juli 2002 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, Bahan-bahan anorganik yang kemungkinan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen, kadar maksimum kesadahan yang diperbolehkan adalah 500 mg/L. Air sadah dengan kadar ion Ca^{2+} yang tinggi akan menyebabkan air menjadi keruh. Dampak yang ditimbulkan dari air dengan tingkat kesadahan yang tinggi adalah meningkatnya pemakaian sabun, tertutupnya pori-pori kulit, merubah warna porselin dan dapat membahayakan bagi kesehatan manusia (Joko, 2010).

Kota Kupang dan sekitarnya merupakan daerah dengan kondisi tanah berkapur, mempunyai air tanah dengan tingkat kesadahan yang tinggi. Hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air. Air menjadi masalah utama masyarakat di Kota Kupang, dengan suhu udara rata-rata berkisar antara 23,8 °C sampai 31,6 °C dan curah hujan yang rendah sebesar 1.720,4 mm per tahun sehingga daerah ini sering dilanda kekeringan. Sumber air untuk keperluan rumah tangga di Kota Kupang berasal dari air sumur galian dan sekitar 40% masyarakat kota kupang menggunakan air PAM sebagai sumber air bersih (Talan, 2013). Beberapa sumber air PAM Kota Kupang berasal mata air Namosain dan Baumata. Berdasarkan hasil pemeriksaan kimia sampel air, mata air Namosain di Kota Kupang memiliki kesadahan 606 mg/L CaCO_3 (Manulangga, 2011), sedangkan dari mata air Baumata memiliki kesadahan rata-rata 412 mg/L (Sarifudin, 2021)

Berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kesadahan air yaitu dengan cara pemanasan sampai air mendidih, penambahan kapur mati, penambahan soda pencuci, pertukaran ion dan adsorpsi. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini untuk menurunkan kesadahan air adalah filtrasi berdasarkan prinsip adsorpsi menggunakan adsorben arang aktif dari kayu Kesambi.

Tanaman pohon Kesambi tersebar luas di daerah NTT, terutama di dataran rendah yang beriklim kering sampai ketinggian 600 m dari permukaan laut. Tanaman Kesambi membutuhkan curah hujan tahunan 750 – 2500 mm. Tumbuhan ini mampu hidup pada suhu maksimum 35–47,5 °C dan suhu minimum 2,5 °C. Kayu Kesambi merupakan kayu yang sangat keras, padat, rapat, kusut dan lebih berat dari kayu besi. Kayu Kesambi muda berwarna merah sedangkan kayu Kesambi yang sangat tua berwarna kelabu dan tidak berurat. Di masyarakat desa, kayu Kesambi sebagai sumber kayu bakar potensial. Salah satu kelemahan dari kayu kesambi sebagai bahan bangunan adalah termasuk kategori kurang awet, tetapi sangat unggul sebagai kayu bakar dan untuk pembuatan arang. Arang dari kayu Kesambi sangat cocok untuk pembakaran dan lebih baik dibandingkan arang kayu jati dan kayu asam (Bachli, 2007). Kayu Kesambi belum dimanfaatkan secara baik oleh masyarakat sebagai media filtrasi untuk mengatasi masalah tingginya kesadahan air. Kayu Kesambi hanya dijadikan sebagai kayu bakar dan arangnya hanya digunakan sebagai media untuk pemanggangan bahan makanan. Apabila kayu Kesambi dibuat menjadi arang dan diolah lebih lanjut menjadi arang aktif dapat digunakan sebagai adsorben potensial untuk pengolahan air sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis kayu Kesambi.

Karbon aktif adalah bahan yang dipreparasi sedemikian rupa sehingga memiliki porositas yang tinggi dan luas permukaan besar. Partikel karbon memiliki banyak pori-pori yang memberikan luas permukaan yang lebih besar untuk adsorpsi. Karbon aktif biasanya dibuat dari tongkol jagung, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorbsinya selektif, tergantung pada ukuran volume pori-pori dan luas permukaan (Sembiring dan Sinaga, 2003). Selama penyaringan air melalui karbon aktif, kontaminan menempel pada permukaan butiran karbon atau terperangkap dalam pori-pori kecil karbon aktif.

Pemilihan arang aktif sebagai adsorben dalam pengolahan air sadah atas pertimbangan mudah ditangani, kemampuan media mudah diregenerasi sehingga biaya produksi dan pemeliharaan rendah. Di antara teknik pengolahan air sadah, proses adsorpsi lebih dapat diandalkan dibandingkan teknik lainnya. Adsorpsi membawa keuntungan secara ekonomis karena memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan pengikatan logam yang baik (Othman, Mohd-Asharuddin & Azizul-Rahman, 2013).

Berbagai penelitian sebelumnya yang menggunakan karbon aktif sebagai adsorben dengan teknik aliran *downflow* untuk mengurangi konsentrasi ion kesadahan telah dilakukan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Lustiningrum (2013), yang mengkaji pengaruh lama waktu kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar kesadahan air sumur. Pada penelitian tersebut laju alir konstan, variasi lama waktu kontak media filter karbon aktif tempurung kelapa selama 10, 20 dan 30 menit menunjukkan

penurunan kesadahan makin besar. Lama waktu kontak media filter karbon aktif yang paling efektif adalah 30 menit dengan penurunan kadar kesadahan sebesar 349,52 mg/L dengan efektivitas 54,37%.

Dalam penerapan media filtrasi untuk pengolahan air bersih, kebanyakan menggunakan teknik aliran *downflow*, yaitu penyaringan dengan aliran air dari atas ke bawah. Sekalipun dapat menurunkan kesadahan air, teknik aliran *downflow* memiliki beberapa kelemahan jika air bakunya mempunyai kesadahan tinggi, beban filter menjadi besar sehingga sering terjadi kebuntuan serta laju aliran air filtrasi rendah sehingga memerlukan ruang yang cukup luas. Apabila telah terjadi kebuntuan atau penyumbatan maka langkah terakhir yang dilakukan adalah dengan melakukan pembongkaran atau pengerukan media filtrasi, kemudian diregenerasi dengan cara dicuci atau pertukaran ion.

Teknik lain yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah kebuntuan pada proses filtrasi dengan teknik aliran *downflow* dapat memodifikasi desain kolom filtrasi dengan aliran *upflow* yaitu filtrasi dengan aliran air dari bawah ke atas. Pada penggunaan teknik aliran *upflow*, jika adsorben telah jenuh atau buntu, dapat dilakukan *backwash* dengan cara membuka kran penguras dan mengalirkan air pencuci dari atas. Dengan demikian pencucian media filtrasi dengan aliran *upflow* tersebut dapat dilakukan tanpa pengeluaran atau pengerukan media filtrasi. Penelitian yang mengkaji penurunan laju alir dan efisiensi penurunan kesadahan dalam kolom filtrasi menggunakan media zeolite dan arang aktif untuk aliran *downflow* dan *upflow* dilakukan oleh Widyastuti dan Sari (2011), menggunakan susunan media zeolit dan karbon aktif dengan perbandingan ketebalan 35 cm berbanding 35 cm. Setelah dioperasikan selama 6 jam menghasilkan persentase penurunan laju alir sistem *downflow* dan *upflow* masing-masing berturut-turut 1,5% dan 46%. Sedangkan efisiensi penurunan kesadahan 94,79 % untuk sistem filtrasi *upflow* dan 94,16 % untuk sistem filtrasi *downflow*. Dari hasil penelitian tersebut laju alir pada proses filtrasi *upflow* lebih setabil dibandingkan *downflow* dan efisiensi penurunan kesadahan air hasil filtrasi pada filtrasi *upflow* lebih tinggi dibandingkan *downflow*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium, mengkaji hubungan antara ketebalan karbon aktif dan laju alir dengan penurunan kesadahan air hasil filtrasi dan kapasitas adsorpsi ion kesadahan oleh karbon aktif pada masing-masing ketebalan. Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan adalah ketebalan arang aktif dalam kolom filtrasi, laju alir air *upflow*, kapasitas adsorpsi ion kesadahan oleh karbon aktif dan kesadahan air baku dan air hasil filtrasi. Data ketebalan arang aktif, laju alir, kapasitas adsorpsi dan penurunan kesadahan merupakan data kuantitatif. Data kemudian diolah dalam bentuk grafik untuk melihat keterkaitan antara ketebalan arang aktif dengan kesadahan atau penurunan kesadahan air hasil filtrasi, kaitan antara laju alir dengan kesadahan atau penurunan kesadahan air hasil filtrasi dan pengaruh ketebalan karbon aktif dengan kapasitas adsorpsi. Analisis regresi linear berganda digunakan untuk melihat pengaruh laju alir dan ketebalan karbon aktif secara bersama-sama terhadap penurunan kesadahan air.

Alat dan Bahan

Alat: Timbangan, alat pirolisator, oven, ayakan 75 mesh, desikator, botol plastik, labu takar, pipet, erlenmeyer, penangas bunsen, stopwatch, perangkat alat filtrasi dan perangkat alat titrasi.

Bahan: Kayu Kesambi, air bebas ion, Na₂EDTA.H₂O (Merck), EBT, air PAM Perumahan BTN RSS Baumata Kupang, larutan buffer pH 10, NH₄OH (Merck), aquadest, CaCO₃(Merck), Na₂CO₃(Merck), HCl (Merck), NaCl (Merck).

Prosedur Penelitian

Persiapan Alat Filtrasi

Kolom filtrasi menggunakan tabung Stainless Steel dengan diameter 7,2 cm, tinggi tabung 80 cm. Pada bagian bawah tabung terdapat pipa kecil yang menghubungkan selang yang berasal dari kran sebagai sumber air baku yang akan dialiri air baku menuju kolom filtrasi. Pada ruang bagian bawah tabung dengan tinggi 10 cm diisi dengan krikil, dilapisi dengan kapas dan kawat stainless steel sebagai penahan serbuk arang aktif. Tabung diisi dengan arang aktif sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Pada bagian atas dilapisi kembali dengan kerikil, kawat dan kapas dengan ketebalan 10 cm. Pada bagian atas dipasang stop kran untuk menyalurkan air hasil filtrasi ke penampung. Tabung dialiri air melalui selang yang berasal dari penampungan air baku untuk masing-masing laju alir yang berbeda. Laju air pada keluaran kolom filtrasi diatur konstan untuk tiga ketebalan arang aktif berbeda.

Preparasi Arang Aktif Kayu Kesambi

Kayu Kesambi kering dan tua diproses menjadi arang melalui proses pirolisis. Sebanyak 10 kg kayu Kesambi kering dan tua ukuran 2-3 cm dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, kemudian dipanaskan hingga suhu 500 °C selama 4 jam, kemudian didinginkan. Arang yang diperoleh digerus dan disaring menggunakan ayakan 75 mesh. Serbuk arang yang diperoleh dicuci berulang kali menggunakan air bebas ion sampai air terlihat jernih. Setelah arang dicuci kemudian dijemur di bawah sinar matahari, di atas arang ditutupi kain untuk mencegah zat pengotor masuk ke dalam arang. Penjemuran ini bertujuan untuk mengurangi kadar air berlebih dalam arang aktif. Tahap akhir arang kemudian dipanaskan di dalam oven pada suhu 120 °C selama 2 jam sampai arang benar-benar kering.

Analisis Kesadahan Air PAM dengan Metode Kompleksometri

Penentuan Kesadahan Awal Air PAM

- a. Sampel air PAM sebanyak 25 mL dituangkan ke dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 1-2 tetes HCl pekat sampai pH 3, kemudian diencerkan dengan aquadest 25 mL lalu kocok selama beberapa menit untuk menghilangkan CO₂ yang terlarut dalam sampel.
- b. Sebanyak 25 mL sampel dari poin (a) di atas dimasukkan ke dalam gelas kimia lalu ditambahkan beberapa tetes larutan buffer sampai pH 10 ± 0,1 serta ditambahkan 0,15 gram indikator EBT kemudian dititrasi dengan larutan EDTA 0,01 M sampai timbul warna biru (BSN, 2004).

Penentuan Kesadahan Air PAM Setelah Melewati Kolom Filtrasi

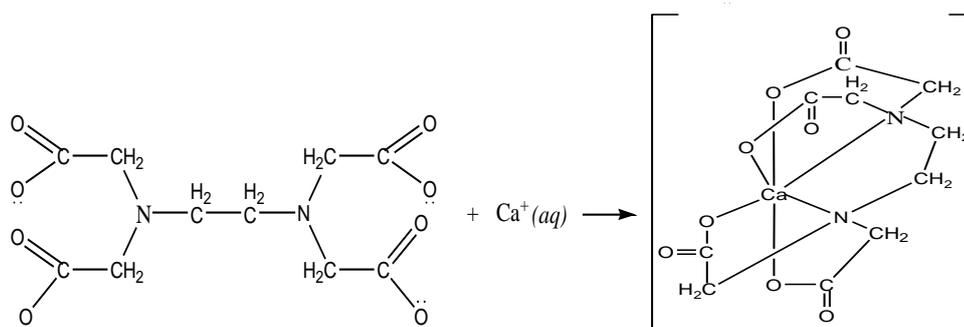
Arang aktif dimasukkan ke dalam kolom filtrasi dan dialiri air PAM yang didistribusikan di BTN RSS Baumata NTT. Buka keran output, dengan laju alir diatur 5 mL/menit dan ketebalan arang aktif masing-masing 10, 15, dan 20 cm. Proses berlangsung selama 175 menit dan setiap 25 menit sample diambil untuk dianalisis dengan titrasi kompleksometri. Perlakuan yang sama diulangi untuk laju alir 10 dan 15 mL/menit.

$$\text{Kesadahan total (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{1000}{V_{C.u.}} \times V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times 100 \quad (1)$$

$V_{C.u.}$ merupakan volume larutan contoh uji (mL); V_{EDTA} merupakan volume larutan baku EDTA untuk titrasi (mL); M_{EDTA} adalah molaritas larutan baku EDTA untuk titrasi (mmol/mL) (Sarifudin, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel air yang digunakan pada penelitian ini diambil dari air PAM Kabupaten Kupang yang didistribusikan di Perumahan BTN RSS Baumata Kupang. Sebelum dititrasi sampel air PAM, diencerkan dengan aquadest kemudian ditambahkan beberapa tetes asam HCl pekat. Pengasaman dan pengenceran bertujuan untuk mencegah terjadinya pengendapan CaCO_3 sehingga tidak mengurangi kadar kesadahan terlarut. Jika kadar Ca^{2+} terlalu tinggi maka akan muncul endapan saat titrasi. Pemberian sedikit asam serta pengadukan dapat mencegah pembentukan ion CO_3^{2-} pada pH 10 dan untuk menghilangkan CO_2 dalam air. Ketika sampel ditambahkan beberapa tetes buffer pH 10 dan indikator EBT, maka indikator EBT akan membentuk kompleks dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} berwarna merah anggur.

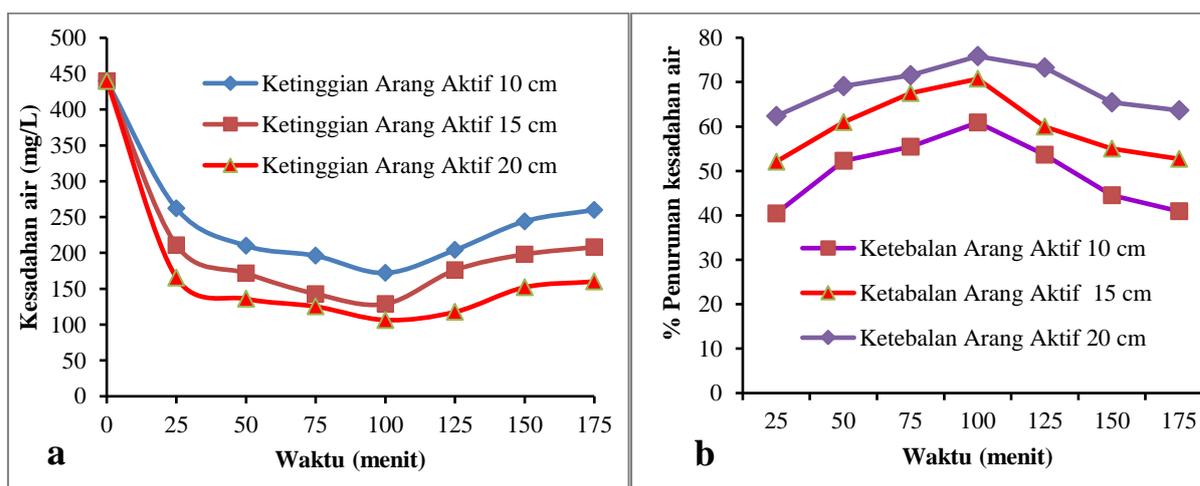


Gambar 1. Kompleks kelat EDTA dengan ion Ca^{2+} (Sarifudin, 2021)

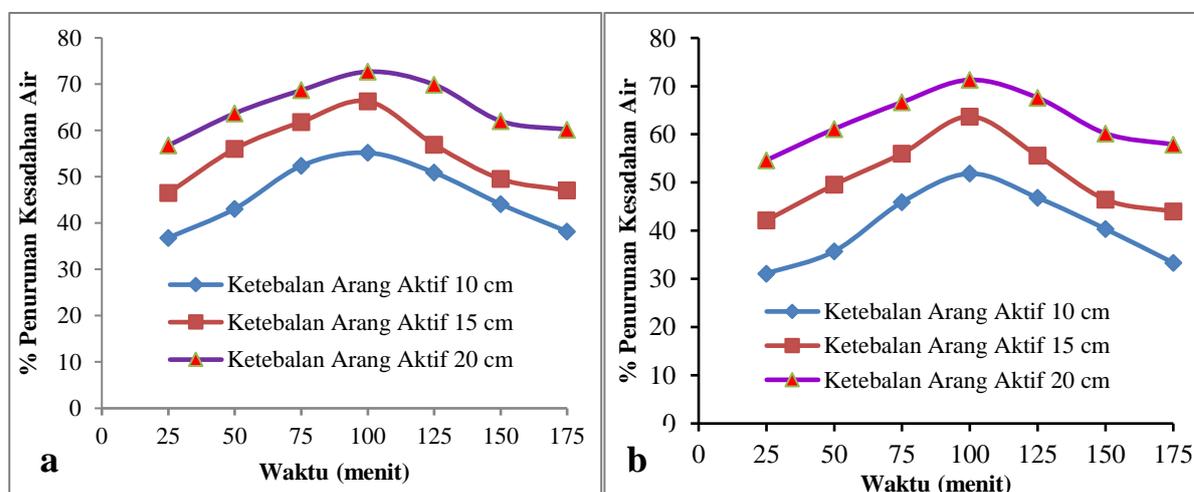
Sampel selanjutnya ditambahkan larutan buffer pH 10 dan indikator EBT. Larutan buffer berfungsi untuk mencegah terjadinya perubahan pH yang menyebabkan pembentukan kompleks ion kesadahan dengan EDTA tidak terjadi secara optimal. Pada kondisi pH 10, EDTA dapat terionkan dengan sempurna. EDTA yang berada dalam kondisi terionkan dapat membentuk kompleks dengan ion-ion kesadahan. Oleh karena EDTA merupakan ligan heksadentat, sehingga memungkinkan terjadinya pembentukan kompleks yang memiliki bilangan koordinasi 6. Meskipun Ca^{2+} atau Mg^{2+} merupakan ion logam yang berasal dari logam alkali tanah yang tidak mampu membentuk kompleks dengan bilangan koordinasi tinggi tetapi kompleks EDTA dengan ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} terstabilkan oleh

terbentuknya *chelate* atau menyepit. Ikatan antara EDTA dengan ion-ion kesadahan adalah ikatan kovalen koordinasi. Larutan sampel dititrasi dengan larutan EDTA dan pada pH 10, membentuk kompleks berwarna biru. Ion kesadahan akan membentuk senyawa kompleks kuat dengan EDTA dibandingkan dengan indikator EBT. Setelah terbentuk larutan berwarna biru langit, proses titrasi dihentikan. Hasil analisis kesadahan air baku didapatkan nilai kesadahan sebesar 440 mg/L.

Kesadahan dan Penurunan Kesadahan Air pada Ketebalan Arang Aktif Berbeda



Gambar 2. Grafik (a) Kesadahan air baku dan hasil filtrasi, (b) Persentase penurunan kesadahan air; untuk laju alir 5 mL/menit pada tiga ketebalan arang aktif berbeda.

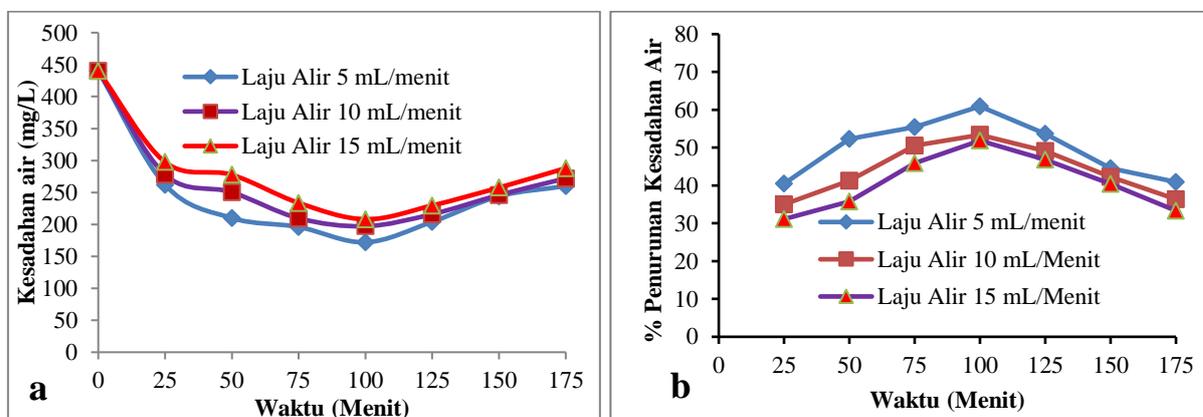


Gambar 3. Grafik persentase penurunan kesadahan air PAM pada laju alir (a) 10 mL/menit dan (b) 15 mL/menit; pada tiga ketebalan arang aktif berbeda

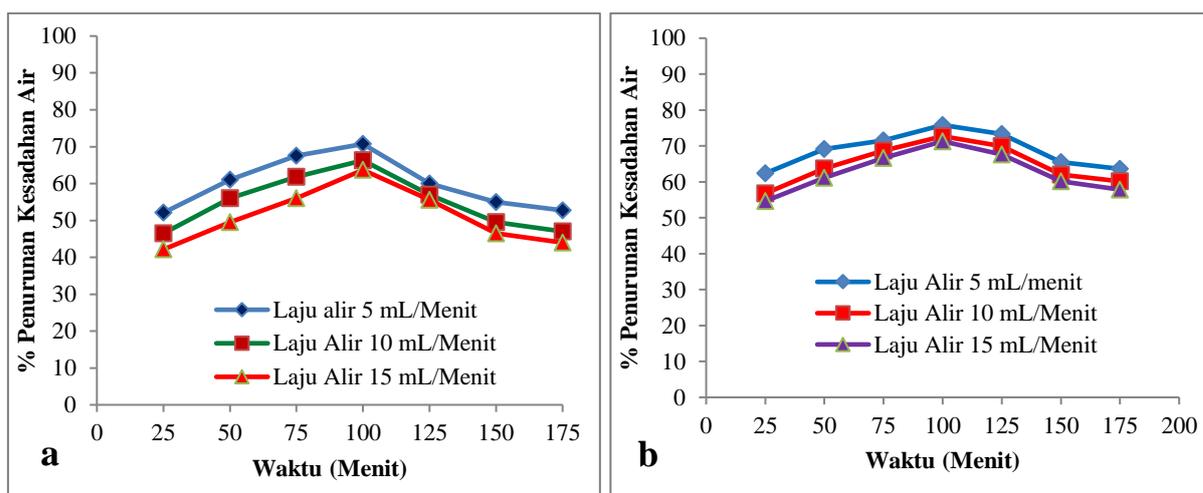
Dari gambar 2 dan 3 terlihat bahwa dengan meningkatnya ketebalan atau massa arang aktif, penurunan kesadahan air semakin besar. Bertambahnya jumlah arang aktif akan meningkatkan jumlah partikel dan luas permukaan serta ruang atau jumlah pusat aktif pada arang aktif yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi ion kesadahan, sehingga peluang jumlah ion kesadahan yang teradsorpsi makin banyak dan penurunan kesadahan makin tinggi.

Gambar 4 dan 5 di bawah ini, memperlihatkan perbedaan penurunan kesadahan pada laju alir berbeda. Proses filtrasi dengan laju alir yang lebih lambat memiliki penurunan kesadahan yang lebih

tinggi. Pada laju alir yang lambat, interaksi ion kesadahan dengan permukaan pusat aktif atau pori arang aktif lebih lama dan kuat, sedangkan pada laju yang lebih cepat, ion kesadahan tidak dapat teradsorpsi dengan sempurna pada permukaan arang aktif, partikel penyebab kesadahan yang sudah teradsorpsi dapat mengalami desorpsi akibat gaya dorong fluida air yang melewati arang aktif.



Gambar 4. Grafik (a) Kesadahan air baku dan hasil filtrasi air , (b) Persentase penurunan kesadahan air, untuk ketebalan arang aktif 10 cm pada tiga laju alir berbeda



Gambar 5. Grafik persentase penurunan kesadahan air pada ketebalan arak aktif (a) 15 cm dan (b) 20 cm, pada tiga laju alir berbeda

Berdasarkan gambar 2(a), 3, 4 dan 5 di atas, terlihat pada masing-masing gambar memiliki pola yang sama. Pada rentang waktu <100 menit, penurunan kesadahan makin meningkat untuk ketiga ketebalan arang aktif dan laju alir berbeda. Setelah melewati 100 menit, penurunan kesadahan berkurang. Fenomena ini dapat dipahami dari perbedaan jumlah ion kesadahan dan jumlah permukaan aktif pada arang aktif yang dapat mengadsorpsi ion penyebab kesadahan. Pada rentang waktu kurang dari 100 menit, jumlah permukaan aktif pada arang aktif yang dapat mengadsorpsi, lebih banyak dibandingkan dengan jumlah ion kesadahan dalam air yang melewati kolom filtrasi atau permukaan aktif yang belum terisi pada arang aktif lebih banyak dibandingkan dengan yang sudah terisi. Setelah 100 menit, sebagian besar permukaan aktif sudah terisi oleh ion kesadahan sehingga jumlah ion yang

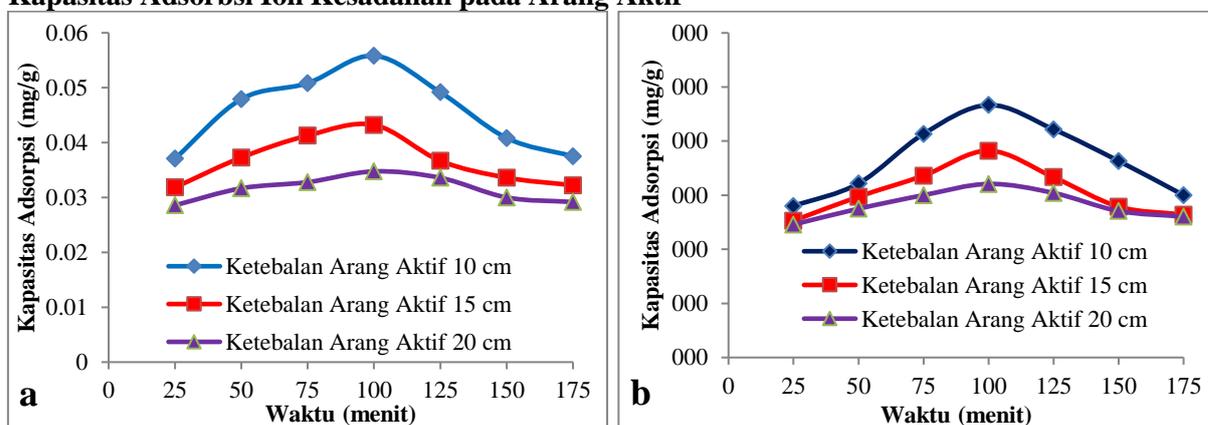
teradsorpsi makin kecil, sampai semua permukaan aktif terisi, keadaan itu dikatakan sebagai kondisi jenuh.

Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda diperoleh koefisien determinasi adalah 0,992, yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel ketebalan arang aktif dan laju alir sebagai variabel bebas terhadap perubahan penurunan kesadahan air sebagai variabel tidak bebas adalah 99,2%, sedangkan 0,8% dipengaruhi oleh faktor lain. Besarnya koefisien korelasi tersebut menunjukkan terdapat pengaruh yang signifikan antara faktor ketebalan arang aktif dan laju alir dengan penurunan kesadahan air. Persamaan regresi yang diperoleh

$$Y = 151,480 + 8,580X_1 - 3,902X_2 \tag{2}$$

X1 merupakan variabel ketebalan arang aktif dan X2 adalah laju alir. Konstanta sebesar 151,580 artinya jika X1 dan X2 bernilai 0, maka nilai Y adalah 151,480. Koefisien X1 sebesar +8,580; artinya jika laju alir tetap dan variabel ketebalan arang aktif dinaikan 1 satuan maka nilai penurunan kesadahan akan mengalami peningkatan sebesar 8,579. Koefisien bernilai positif artinya terdapat hubungan yang positif antara ketebalan arang aktif dengan penurunan kesadahan, semakin tinggi nilai ketebalan arang aktif maka nilai penurunan kesadahan akan semakin meningkat. Koefisien regresi variabel X2 sebesar - 3,902; artinya jika variabel X1 bernilai tetap dan variabel laju alir sebagai X2 dinaikan 1 satuan maka nilai penurunan kesadahan akan berkurang sebesar 3,901. Koefisien bernilai negatif artinya terdapat hubungan yang negatif antara laju alir dengan penurunan kesadahan, semakin tinggi laju alir maka nilai penurunan kesadahan akan semakin berkurang.

Kapasitas Adsorpsi Ion Kesadahan pada Arang Aktif



Gambar 6. Grafik kapasitas adsorpsi untuk tiga ketebalan arang aktif berbeda pada laju alir (a) 5 mL/menit dan (b) 15 mL/menit

Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa pada rentang waktu 25-100 menit, kapasitas adsorpsi makin meningkat untuk ketiga ketebalan arang aktif, baik pada laju alir 5 mL/menit maupun pada laju alir 15 mL/menit. Pola yang hampir sama, setelah melewati 100 menit, kapasitas adsorpsi menurun. Semakin banyak air yang melewati adsorben arang aktif, makin banyak yang teradsorpsi, sampai pada titik optimum dimana jumlah ion kesadahan yang teradsorpsi makin banyak dipermukaan arang aktif dan pusat aktif pada arang aktif makin terhalangi sehingga laju adsorpsi makin kecil dan penurunan kesadahan air hasil filtrasi tidak signifikan dibandingkan pada waktu 100 menit. Kapasitas adsorpsi

akan menurun sampai pada titik jenuh, di mana ion penyebab kesadahan air tidak dapat diadsorpsi lagi oleh arang aktif. Pada kondisi jenuh, kesadahan air hasil filtrasi nilainya akan sama dengan air baku. Terlihat pula bahwa semakin besar masa adsorben yang setara dengan ketinggian arang aktif maka kapasitas adsorpsi semakin kecil. Pada penelitian ini kapasitas adsorpsi tertinggi terdapat pada kolom adsorpsi dengan ketebalan arang aktif 10 cm, dengan rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,0367 mg/g, sedangkan rata-rata kapasitas adsorpsi pada ketebalan arang aktif 20 cm adalah 0,028 mg/g. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara kapasitas adsorpsi ion kesadahan pada arang aktif kayu Kesambi dengan waktu adsorpsi. Pada masa adsorben berbeda dengan laju tetap, semakin lama waktu adsorpsi maka kapasitas adsorpsi semakin besar sampai pada kapasitas adsorpsi paling tinggi, kemudian akan menurun sampai adsorben telah mencapai titik jenuh.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Semakin tinggi ketebalan arang aktif, maka penurunan konsentrasi ion kesadahan air semakin meningkat. Laju alir makin lambat, penurunan konsentrasi ion kesadahan air makin besar. Terdapat hubungan antara kapasitas adsorpsi ion kesadahan dengan waktu adsorpsi. Pada proses filtrasi dengan ketinggian adsorben sama dan laju alir berbeda, pada saat waktu adsorpsi belum mencapai optimum, kapasitas adsorpsinya meningkat, setelah kapasitas adsorpsi mencapai titik maksimum, kapasitas adsorpsi menurun seiring dengan bertambahnya waktu pemakaian sampai adsorben arang aktif jenuh dengan ion kesadahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachli, Y. (2007). Tanaman Kesambi dan Beternak Kutu untuk Kesejahteraan. *Buletin BPTP*, 1(3)
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). Air dan Air Limbah – Bagian 12: Cara Uji Kesadahan Total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan Metode Titrimetri. Jakarta: Standar Nasional Indonesia SNI 06-6989.12-2004
- Joko, Tri. (2010). Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Khalifa, M. & Bidaisee, S. (2018). The Importance of Clean Water. *Scholar Journal of Applied Sciences and Research*, 1(7), 17-20
- Kılıç, Z. (2020). The importance of water and conscious use of water. *International Journal of Hydrology*, 4(5), 239–241.
- Lustiningrum, I. A. (2013). Pengaruh Lama Kontak Karbon Aktif terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah
- Manulangga, Oktavina. (2011). Studi Efektivitas Lamella Separator dalam pengelolaan Air Sadah. *Tesis*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Othman, N., Mohd-Asharuddin, S. & Azizul-Rahman, M. F. H. (2013). An overview of fruit waste as sustainable adsorbent for heavy metal removal. *Applied Mechanics and Materials*, 389, 29-35.
- Popkin, B., D'Anci, K. & Rosenberg, I. (2010). Water, Hydration, and Health. *Nutrition Reviews*, 68, 439-458.
- Sarifudin, K. (2021). Aplikasi Zeolite Alam Ende-Flores Teraktifasi untuk Menurunkan Kesadahan Air. *Media Sains*, 21(1), 93-101
- Sembiring, M. T. & Sinaga, T. S. (2003). *Arang Aktif (Pengenalannya dan Proses Pembuatannya)*. Medan-Indonesia: USU Digital Library
- Skoog D., West, D., Holler, F.J. & Crouch, R. (2000). *Analytical Chemistry: An Introduction*. Singapore: Brooks Cole

- Talan, J. P. (2013). Wajah Ganda Pembangunan Embung di NTT. Kupang: Satu Timor
- Widyastuti, S. dan Sari, A. S. (2011). Kinerja Pengolahan Air Bersih dengan Proses Filtrasi dalam Mereduksi Kesadahan, *Jurnal Teknik WAKTU*, 09(01), 42-53.