

Penggunaan Serbuk Eceng Gondok Teraktivasi HNO₃ dan HCl dalam Menurunkan Kesadahan Air

Syamsuddin*, Budirman, Andi Ayu Indriani Batari

Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar

*Corresponding author: syam.kesling@poltekkes-mks.ac.id

Info Artikel: Diterima bulan September 2024 ; Disetujui Bulan Desember 2024 ; Publikasi bulan Desember 2024

ABSTRACT

Water hardness is caused by two variable metals or cations: calcium (Ca) and magnesium (Mg). One effective way to reduce hardness levels is to utilize water hyacinth powder. This study activated water hyacinth powder using nitric acid (HNO₃) and hydrochloric acid (HCl). Water hyacinth contains functional groups that act as active groups in the adsorption process to capture cations that cause hardness. This experimental research tests the effectiveness of reducing water hardness using water hyacinth powder activated with HNO₃ and HCl in a dipping bag system. The results showed that water hyacinth powder activated with nitric acid reduced water hardness levels with an average decrease of 499.6 mg/l. Meanwhile, water hyacinth powder activated with hydrochloric acid reduced water hardness levels with an average decrease of 451.3 mg/l. The combination of nitric acid and hydrochloric acid activation gave an average decrease of 510.05 mg/l. This study concludes that water hyacinth powder activated with hydrochloric acid individually is more effective than activating a combination of nitric acid and hydrochloric acid in reducing water hardness. For communities facing water hardness problems, using activated water hyacinth powder can be a promising alternative. The potential of water hyacinth as a hardness-reducing agent provides new opportunities in the effort to provide clean water that is more affordable and environmentally friendly.

Keywords: Hardness; Hyacinth Powder; Activation

ABSTRAK

Kesadahan air disebabkan oleh adanya logam-logam atau kation bervalensi dua, seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Salah satu cara efektif untuk menurunkan kadar kesadahan adalah dengan memanfaatkan serbuk eceng gondok. Pada penelitian ini, serbuk eceng gondok diaktivasi menggunakan asam nitrat (HNO₃) dan asam klorida (HCl). Eceng gondok mengandung gugus fungsi yang berperan sebagai gugus aktif dalam proses adsorpsi, sehingga mampu menangkap kation-kation penyebab kesadahan. Penelitian ini bersifat eksperimental dengan tujuan untuk menguji efektivitas penurunan kesadahan air menggunakan serbuk eceng gondok yang diaktivasi dengan HNO₃ dan HCl dalam sistem kantong celup. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk eceng gondok yang diaktivasi dengan asam nitrat mampu menurunkan kadar kesadahan air dengan penurunan rata-rata sebesar 499,6 mg/l. Sementara itu, serbuk eceng gondok yang diaktivasi dengan asam klorida menurunkan kadar kesadahan air dengan rata-rata penurunan sebesar 451,3 mg/l. Kombinasi aktivasi asam nitrat dan asam klorida memberikan hasil penurunan rata-rata sebesar 510,05 mg/l. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa serbuk eceng gondok yang diaktivasi dengan asam klorida secara individu lebih efektif dibandingkan dengan aktivasi kombinasi asam nitrat dan asam klorida dalam menurunkan kesadahan air. Bagi masyarakat yang menghadapi masalah kesadahan pada air bersih, penggunaan serbuk eceng gondok yang teraktivasi dapat menjadi solusi alternatif yang menjanjikan. Potensi eceng gondok sebagai agen penurun kesadahan memberikan peluang baru dalam upaya penyediaan air bersih yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan

Kata kunci: Kesadahan; Serbuk Eceng Gondok; Aktivasi

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih merupakan salah satu aspek penting dalam menunjang keberlangsungan hidup manusia. Seiring dengan perkembangan zaman dan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan air bersih terus meningkat. Meskipun belum diketahui secara pasti, kebutuhan air bersih per kapita rata-rata penduduk Indonesia untuk keperluan sehari-hari diperkirakan berada pada kisaran 125-150 liter per orang per hari (Fitriah et al., 2022). Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, masyarakat memanfaatkan berbagai sumber air, salah satunya adalah air tanah yang diperoleh dari sumur gali dan sumur bor. Sumur gali umumnya digunakan oleh masyarakat kecil, dengan kedalaman sekitar 7-10 meter dari permukaan tanah. Namun, air dari sumur gali cenderung mudah terkontaminasi karena berada di lapisan tanah yang relatif dangkal. Sebaliknya, sumur bor yang mengambil air dari lapisan tanah yang lebih dalam memiliki risiko kontaminasi yang lebih rendah (Ningrum, 2018).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan (2020), distribusi sumber air minum di wilayah tersebut menunjukkan bahwa air isi ulang atau air kemasan digunakan oleh 35,75%

rumah tangga, air leding oleh 14,53%, sumur bor/pompa oleh 20,68%, dan sumur terlindung oleh 12,35%. Meskipun banyak sumber air yang digunakan, permasalahan kualitas air sumur masih sering dijumpai, terutama air yang tidak memenuhi standar baku mutu untuk keperluan hygiene dan sanitasi. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, air untuk keperluan hygiene dan sanitasi memiliki standar kualitas yang berbeda dari air minum, dan salah satu parameter yang penting untuk diperhatikan adalah kesadahan air.

Kesadahan air disebabkan oleh keberadaan logam bervalensi dua seperti besi (Fe), stronsium (Sr), mangan (Mn), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Namun, penyebab utama kesadahan adalah ion kalsium dan magnesium. Ion-ion ini dapat bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat, klorida, dan nitrat, sehingga menyebabkan tingkat kesadahan yang berbeda di setiap daerah, bergantung pada kondisi tanahnya. Air sadah biasanya ditemukan di wilayah dengan lapisan tanah yang tebal dan pembentukan batu kapur, sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk menurunkan kesadahan sebelum air digunakan untuk keperluan sehari-hari (Ramadani, 2018). Batas maksimum kesadahan yang diizinkan dalam air bersih adalah 500 mg/L (Fatimah, 2020).

Berbagai metode telah diterapkan untuk menurunkan kesadahan air, seperti pemanasan menggunakan wadah dari tanah liat, serta metode filtrasi dan adsorpsi. Zeolit, mineral aluminosilika yang berpori, telah lama digunakan sebagai media adsorpsi untuk menurunkan kesadahan air (Husaini et al., 2020). Selain zeolit, karbon aktif juga terbukti efektif dalam menurunkan kesadahan air sumur agar layak dikonsumsi (Qonita et al., 2019). Namun, bahan alternatif yang berpotensi besar untuk menurunkan kesadahan adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*), yang secara alami tumbuh cepat dan sering menyebabkan masalah lingkungan di perairan.

Eceng gondok dikenal sebagai gulma air yang memiliki laju pertumbuhan yang sangat cepat, sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan perairan, seperti peningkatan evapotranspirasi dan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air. Dalam waktu 52 hari, satu batang eceng gondok dapat menghasilkan area tanaman baru seluas 1 meter persegi (Prihatiningtyas et al., 2020). Pesatnya pertumbuhan eceng gondok ini menyebabkan penyempitan sungai, rawa, dan danau, serta mengganggu aktivitas di perairan. Namun, eceng gondok juga memiliki potensi besar sebagai adsorben logam berat. Kandungan lignoselulosa dalam eceng gondok, yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin, serta gugus fungsional seperti karboksil dan hidroksil, membuatnya efektif dalam menjerap ion logam, termasuk kalsium (Ca^{2+}) yang menyebabkan kesadahan air (Nurhilal et al., 2020).

Penelitian mengenai pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan adsorben telah dilakukan. Eceng gondok yang diaktivasi dengan NaOH 2% terbukti mampu menurunkan kesadahan air sebesar 34,5 mg/L (Nurhidayanti & Winarto, 2021). Aktivasi menggunakan HCl 3 M juga menunjukkan efisiensi penurunan kesadahan sebesar 62,5 mg/L. Selain itu, pemanfaatan eceng gondok yang diaktivasi dengan HNO₃ sebagai adsorben logam kadmium (Cd) berhasil menurunkan kadar logam hingga 57,175 mg/L (Azhari et al., 2018). Penelitian ini menunjukkan bahwa eceng gondok memiliki potensi besar sebagai bahan alami untuk mengatasi masalah kesadahan dan kualitas air tanah. Dengan demikian, pemanfaatan eceng gondok sebagai adsorben dalam menurunkan kesadahan air tidak hanya membantu mengatasi masalah lingkungan akibat pertumbuhan gulma ini, tetapi juga menawarkan solusi praktis dan berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas air bersih bagi masyarakat.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini bersifat eksperimen semu (Quasi Eksperimental) dengan rancangan *pretest-posttest group design* yaitu unit percobaan dikenakan perlakuan dengan dua kali pengukuran dengan 3 kali replikasi dengan menggunakan skala Laboratorium. Desain penelitian ini menggunakan beacker glass 500 ml sebagai wadah untuk sampel. Serbuk eceng gondok yang telah diaktivasi sebanyak 0,5 gram yang telah di masukkan kedalam kantung celup. Dan di celup-celupkan pada sampel air hingga tercampur rata selama 30 menit. Waktu kontak 30 menit dapat memberikan gambaran awal tentang kinetika adsorpsi (Nurhidayanti et al., 2022). Data yang telah diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium dan dianalisa secara deskriptif untuk mencari persentasi penurunan Kesadahan. Analisis data menggunakan uji statistik One Way Anova untuk mengetahui ada atau tidaknya penurunan secara signifikan kadar kesadahan sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan serbuk eceng gondok teraktivasi asam klorida (HCl) dan asam nitrat (HNO₃). Pemilihan HNO₃ dan HCl sebagai bahan aktivator serbuk eceng gondok didasarkan pada sifat kimiawi dan kemampuan keduanya dalam memodifikasi permukaan biomassa untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya (Gaurav et al., 2020).

HASIL

Berdasarkan kegiatan penelitian dan pemeriksaan sampel air di Laboratorium, maka rata-rata hasilnya dapat diuraikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1

Penurunan Kesadahan (**CaCO₃**) menggunakan Kantong Celup Eceng Gondok Terktivasi Asam Nitrat (**HNO₃**)

Pengulangan	Awal (mg/l)	Kadar kesadahan (mg/l)	%
Replikasi I	600	500,7	16,55
Replikasi II		499,6	16,73
Replikasi III		498,5	16,91
Rata-rata		499,6	16,73

Sumber : Data Primer

Berdasarkan hasil rata-rata kadar kesadahan (**CaCO₃**) sebelum dan sesudah perlakuan dengan cara mencelupkan kantong celup serbuk eceng gondok teraktivasi **HNO₃** pada sampel air. Dari hasil pemeriksaan kadar kesadahan (**CaCO₃**) sebelum perlakuan yaitu 600 mg/l dengan pengulangan tiga kali, dan hasil penurunan dengan menggunakan kantong celup serbuk eceng gondok teraktivasi **HNO₃** yaitu 499,6 mg/l dengan persentase penurunan yaitu 16,73%.

Tabel 2

Penurunan Kesadahan (**CaCO₃**) menggunakan Kantong Celup Eceng Gondok Teraktivasi Asam Klorida (**HCl**)

Pengulangan	Awal (mg/l)	Kadar kesadahan (mg/l)	%
Replikasi I	600	454,6	24,23
Replikasi II		450,2	24,96
Replikasi III		449,1	25,15
Rata-rata		451,3	25,06

Sumber : Data Primer

Hasil rata-rata kadar kesadahan (**CaCO₃**) sebelum dan sesudah perlakuan dengan cara mencelupkan kantong celup serbuk eceng gondok teraktivasi **HNO₃** pada sampel air. Dari hasil pemeriksaan kadar kesadahan (**CaCO₃**) sebelum perlakuan yaitu 600 mg/l dengan pengulangan tiga kali, dan hasil penurunan dengan menggunakan kantong celup serbuk eceng gondok teraktivasi **HCl** 451,3 mg/l dengan persentase penurunan yaitu 25,06%.

Tabel 3

Penurunan Kesadahan (**CaCO₃**) menggunakan Kantong Celup Eceng Gondok Kombinasi Aktivasi Asam Nitrat (**HNO₃**) – Asam Klorida (**HCl**)

Pengulangan	Awal (mg/l)	Kadar kesadahan (mg/l)	%
Replikasi I	600	511,7	14,71
Replikasi II		509,5	15,08
Replikasi III		508,4	15,25
Rata-rata		510,05	15,01

Sumber : Data Primer

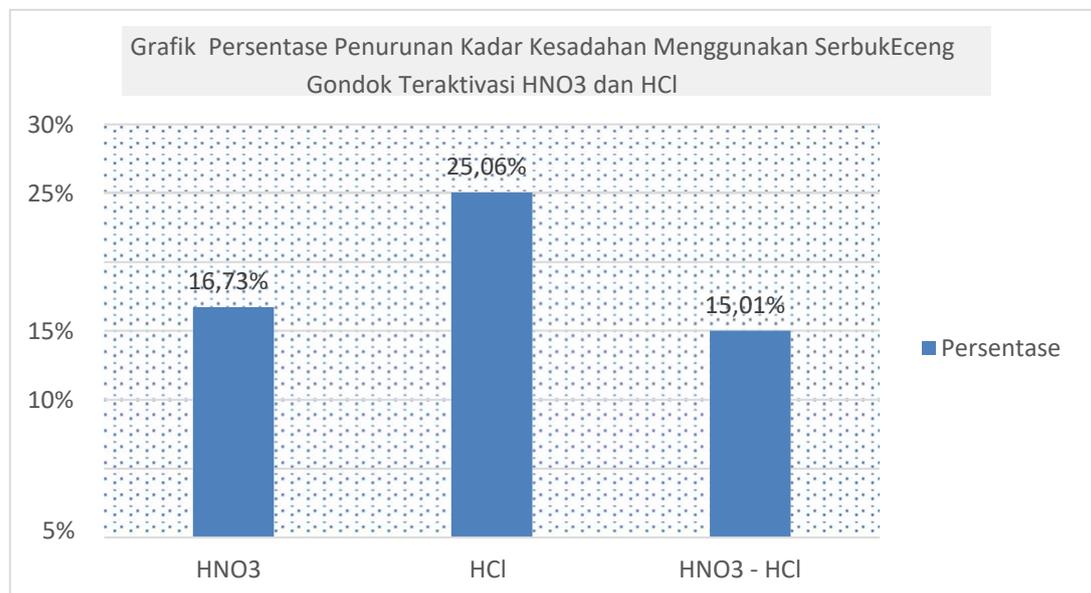
Hasil rata-rata kadar kesadahan ($CaCO_3$) sebelum dan sesudah perlakuan dengan cara mencelupkan kantong celup serbuk eceng gondok yang telah diaktivasi pada sampel air. Dari hasil pemeriksaan kadar kesadahan ($CaCO_3$) sebelum perlakuan yaitu 600 mg/l dengan pengulangan tiga kali, dan hasil penurunan dengan menggunakan kantong celup serbuk eceng gondok kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) – asam klorida (HCl) 510,05 mg/l dengan persentase penurunan yaitu 15,01%.

Tabel 4
Analisa Statistik Dengan Menggunakan Uji One-Way Anova

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.868.349	2	2.934.174	704.014	.001
Within Groups	25.007	6	4.168		
Total	5.893.356	8			

Sumber : Data Primer

Hasil uji One-Way Anova dengan nilai signifikan yakni $0,01 < 0,05$ sehingga untuk kadar kesadahan ($CaCO_3$) ada penurunan yang signifikan antara kesadahan awal dan perlakuan dengan menggunakan serbuk eceng gondok teraktivasi asam nitrat (HNO_3), asam klorida (HCl) dan kombinasi aktivasi HNO_3 dan HCl.



Gambar 1. Grafik Persentase Penurunan Kadar Kesadahan Menggunakan Serbuk Eceng Gondok Teraktivasi HNO_3 dan HCl

Kadar kesadahan pada air setelah dilakukan perlakuan mengalami penurunan. Persentase penurunan kesadahan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi HNO_3 yaitu sebesar 16,73%, penurunan kesadahan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi HCl yaitu sebesar 25,06% dan penurunan kesadahan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi HNO_3 dan HCl yaitu sebesar 15,01%.

PEMBAHASAN

Penurunan Kesadahan (CaCO_3) menggunakan Kantong Celup Eceng Gondok Aktivasi Asam Nitrat (HNO_3)

Pada penelitian ini telah dilakukan perlakuan dengan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi asam nitrat (HNO_3) didapatkan hasil rata-rata yaitu kadar penurunan yaitu 499,6 mg/l kadar penurunan dengan tingkat efektivitas 16,73%. Pada penelitian ini kadar kesadahan yang didapatkan tidak melebihi dari ambang batas, dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa serbuk eceng gondok aktivasi asam nitrat (HNO_3) dapat menurunkan kadar kesadahan. Hasil penurunan kesadahan pada sampel air menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi asam nitrat (HNO_3), diperoleh nilai pH dengan rata-rata 6,72 dan suhu dengan rata-rata 27,47°C sehingga nilai pH masih dalam batas sesuai Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 yaitu pH 6,5-8,5, sementara itu suhu yang masih optimum dikarenakan penelitian tersebut dilaksanakan pada siang hari sehingga mengikut dengan temperatur udara.

Dari pengukuran suhu yang didapatkan menunjukkan bahwa suhu yaitu 27,47°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat perlakuan air sadah tidak mempengaruhi suhu air, dan suhu air tersebut adalah normal. Pada penerapan perlakuan ini menggunakan serbuk eceng gondok yang telah di aktivasi. Penggunaan eceng gondok pada penelitian ini karena eceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida dan zat-zat lainnya. Selain itu pada eceng gondok juga memiliki gugus fungsi yang berfungsi sebagai gugus aktif untuk proses adsorpsi dalam hal ini yaitu gugus fungsi hidrosil, karbonil, karboksil, dan amina (Lestari et al., 2021). Adsorpsi terjadi di sebabkan karena adanya interaksi antara gugus fungsi aktif yang di miliki eceng gondok, sehingga struktur kimia dari serbuk eceng gondok akan mempengaruhi proses adsorpsi tersebut. Adsorpsi pada biomassa eceng gondok terjadi karena adanya gugus aktif pada eceng gondok tersebut berupa karboksil ($-\text{COOH}$) dan hidrosil ($-\text{OH}$) (Shofiyani & Gusrizal, 2010). Aktivasi dengan HNO_3 biasanya menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan yang tinggi dan distribusi pori yang lebih luas, serta dapat memperkuat kapasitas adsorpsi terhadap kontaminan organik maupun anorganik dalam air, seperti logam berat (misalnya, Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) dan senyawa organik seperti pewarna

Dengan proses pengaktivasian menggunakan asam nitrat (HNO_3) dan waktu kontak yang sempurna mengakibatkan serbuk eceng gondok tersebut dapat menjadi adsorben atau dapat menyerap kadar kesadahan pada air sehingga terjadi penurunan yang signifikan atau dengan menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat pada suatu padatan atau cairan (zat penjerap, adsorben) (Syamsuddin, 2019). Terjadinya penurunan kadar kesadahan pada air sampel dipengaruhi oleh proses pengaktivasian serbuk eceng gondok yang dimana pada proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan volume dan memperbesar diameter pori untuk meningkatkan penyerapannya pada proses aktivasi, serbuk eceng gondok akan bereaksi dengan asam nitrat (HNO_3) dan akan terjadi pembentukan pori-pori.

Sehingga pada saat serbuk eceng gondok di celupkan ke dalam sampel air maka serbuk eceng gondok yang telah di aktivasi tersebut akan menyerap zat-zat yang terkandung pada sampel air, dalam hal ini menyerap kadar (Ca^{2+}) dan Mg yang menjadi penyebab tingginya kadar kesadahan pada air. Pada perlakuan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi (HNO_3), air sampel berubah warna menjadi hijau kekuningan dan terdapat endapan kuning. Hal ini di sebabkan karena adanya reaksi kimia yang terjadi pada saat pengaktivasian serbuk eceng gondok menggunakan larutan (HNO_3). Sehingga pada saat perlakuan sampel air berubah warna mengikuti warna dari serbuk eceng gondok yang telah di aktivasi (HNO_3). Faktor yang menyebabkan kesadahan pada air yaitu banyaknya mineral dalam air yang berasal dari batuan dalam tanah, baik dalam bentuk ion maupun ikatan molekul. Elemen terbesar yang terkandung dalam air dengan kadar kesadahan tinggi adalah Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}).

Penurunan Kesadahan (CaCO_3) menggunakan Kantong Celup Eceng Gondok Aktivasi Asam Klorida (HCl)

Pada penelitian ini telah dilakukan perlakuan dengan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi asam klorida (HCl) didapatkan hasil rata-rata yaitu kadar penurunan yaitu 451,3 mg/l kadar penurunan dengan tingkat efektivitas 25,06%. Pada penelitian ini kadar kesadahan yang didapatkan tidak melebihi dari ambang batas, dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa serbuk eceng gondok aktivasi asam klorida (HCl) dapat menurunkan kadar kesadahan. Dari hasil perlakuan dalam penurunan kesadahan

pada sampel air menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi asam klorida (HCl) diperoleh nilai pH dengan rata-rata 6,68 dan suhu dengan rata-rata 27,67°C sehingga nilai pH masih dalam batas sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 yaitu pH 6,5-8,5, sementara suhu yang masih optimum dikarenakan penelitian tersebut dilaksanakan pada siang hari sehingga mengikut dengan temperatur udara. Hasil dari pengukuran suhu didapatkan yaitu 27,67°C. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat perlakuan air sadah tidak mempengaruhi suhu air.

Pada penerapan perlakuan ini menggunakan serbuk eceng gondok yang telah di aktivasi. Selain dapat menyerap logam-logam berat, eceng gondok juga memiliki gugus fungsi yang berfungsi sebagai gugus aktif untuk proses adsorpsi yaitu gugus fungsi hidroksil, karbonil, karboksil, dan amina. Proses adsorpsi terjadi disebabkan oleh interaksi antara gugus fungsi dari eceng gondok, sehingga struktur kimia dari eceng gondok akan mempengaruhi proses adsorpsi. Dengan proses pengaktifan menggunakan asam klorida (HCl) dan waktu kontak yang sempurna mengakibatkan serbuk eceng gondok tersebut dapat menyerap kadar kesadahan pada air sehingga terjadi penurunan yang signifikan atau dengan menggunakan metode adsorpsi. Dengan mengaktifkan gugus fungsi yang dimiliki oleh eceng gondok sehingga pada saat serbuk eceng gondok yang telah di aktivasi dengan asam klorida (HCl) di celupkan kedalam air dengan lama waktu kontak selama 30 menit, maka serbuk eceng gondok akan menyerap zat-zat yang terkandung dalam air. Zat yang di serap tersebut berupa Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Penurunan Kesadahan ($CaCO_3$) menggunakan Kantong Celup Eceng Gondok Kombinasi Aktivasi Asam Nitrat (HNO_3) dan Asam Klorida (HCl)

Pada penelitian ini telah dilakukan perlakuan dengan menggunakan serbuk eceng gondok kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) didapatkan hasil rata-rata yaitu kadar penurunan yaitu 510,05 mg/l kadar penurunan dengan tingkat efektivitas 15,01%. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa serbuk eceng gondok kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) dapat menurunkan kadar kesadahan Namun kadar kesadahan yang didapatkan masih melebihi ambang batas yang dipersyaratkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Pengawasan Kualitas Air Bersih yaitu 500 mg/l. Hal ini membuktikan pada perlakuan menggunakan aktivasi tunggal maupun kombinasi aktivasi merupakan salah satu yang mempengaruhi keefektifan penurunan kesadahan kadar kesadahan. Pada perlakuan menggunakan aktivasi tunggal serbuk eceng gondok terjadi penurunan yang tinggi dibandingkan menggunakan kombinasi aktivasi. Hal ini dikarenakan perlakuan dengan serbuk eceng gondok aktivasi tunggal dengan dosis 0,5 gram lebih maksimal dalam proses penyerapan dan pertukaran ion Ca dan Mg dan air ke media (serbuk eceng gondok). Apabila dibandingkan dengan serbuk eceng gondok menggunakan kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) dengan dosis masing- masing 0,25 gram proses penyerapan dan pertukaran ion belum maksimal.

Jika dilihat hasil dari penurunan kesadahan menggunakan serbuk eceng gondok yang menggunakan aktivasi tunggal lebih banyak menyerap kadar kesadahan dalam air dibandingkan dengan serbuk eceng gondok dengan kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl). Karena aktivasi asam nitrat (HNO_3) dapat menurunkan kesadahan pada air dari 600 mg/l turun menjadi rata-rata 499,6 mg/l dengan persentase penurunan 16,73%, dan aktivasi asam klorida (HCl) menjadi 451,3 mg/l dengan persentase penurunan 25,06%, sedangkan pada serbuk eceng gondok dengan kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) hanya mengalami penurunan sebesar 510,05 mg/l dengan persentase penurunan sebesar 15,1%. Dari hasil perlakuan dalam penurunan kesadahan pada sampel air menggunakan serbuk eceng gondok kombinasi aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) diperoleh nilai pH dengan rata-rata 6,66 dan suhu dengan rata-rata 27,5°C sehingga nilai pH masih dalam batas sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 yaitu pH 6,5-8,5, sementara suhu yang masih optimum dikarenakan pada saat penelitian tersebut dilaksanakan pada siang hari sehingga mengikut dengan temperatur udara.

Pada perlakuan menggunakan serbuk eceng gondok kombinasi aktivasi HNO_3 dan HCl, air sampel berubah warna menjadi hijau kekuningan dan terdapat endapan kuning. Jika dibandingkan dengan sampel air dengan perlakuan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi HNO_3 perubahan warna yang dihasilkan lebih sedikit dan sedikit endapan kuning. hal ini di karenakan serbuk eceng gondok aktivasi HNO_3 lebih banyak dari serbuk eceng gondok kombinasi aktivasi HNO_3 dan HCl

yaitu pada aktivasi HNO_3 serbuk eceng gondok yang di gunakan sebanyak 0,5 gr dan pada kombinasi serbuk eceng gondok aktivasi HNO_3 sebanyak 0,25 gr. Sehingga warna dari sampel air dengan perlakuan aktivasi HNO_3 lebih terang dari sampel air dengan perlakuan kombinasi HNO_3 dan HCl. Penelitian yang mengkaji adsorpsi pewarna menggunakan karbon aktif dari serbuk eceng gondok menunjukkan bahwa aktivasi dengan HNO_3 menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kapasitas adsorpsi dibandingkan dengan HCl, terutama karena peningkatan luas permukaan dan volume mikropori (Gaurav et al., 2020). Faktor-faktor seperti pH, suhu, waktu kontak, dan ukuran partikel serbuk eceng gondok berpengaruh signifikan terhadap kinerja adsorpsi. Pada pH rendah, adsorpsi polutan ionik lebih efektif karena adanya interaksi elektrostatik, sementara pada pH tinggi adsorpsi senyawa organik lebih dominan. Suhu mempengaruhi kinetika adsorpsi; suhu optimal mempercepat interaksi tanpa menyebabkan desorpsi. Waktu kontak optimal memungkinkan adsorpsi mencapai kesetimbangan, sedangkan ukuran partikel yang lebih kecil meningkatkan luas permukaan dan kapasitas adsorpsi. Pengaturan yang tepat dari faktor-faktor ini akan memaksimalkan efektivitas serbuk eceng gondok sebagai adsorben

Adapun dampak yang dapat disebabkan oleh air dengan kadar kesadahan yang tinggi yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung dan batu ginjal, jika digunakan untuk mencuci akan sulit berbusa sehingga akan menyebabkan pemborosan detergen dan jika air dididihkan akan menimbulkan kerak pada peralatan rumah tangga (Nyoman et al., 2018). Berdasarkan uji statistik menggunakan One Way Anova atau uji anova satu arah untuk mengerahui adanya perbedaan penurunan kesadahan. Pada hasil pemeriksaan kadar kesadahan dengan menggunakan serbuk eceng gondok aktivasi asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) didapatkan nilai signifikas (Sig.) $0,01 < 0,05$ sehingga untuk kadar kesadahan ($CaCO_3$) ada penurunan yang signifikan antara sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan dengan menggunakan serbuk eceng gondok teraktivasi asam nitrat (HNO_3), asam klorida (HCl) dan kombinasi aktivasi HNO_3 dan HCl.

Keterbatasan penelitian penggunaan serbuk eceng gondok teraktivasi HNO_3 dan HCl dalam menurunkan kesadahan air mencakup beberapa aspek teknis dan praktis. Pertama, efektivitas adsorpsi terhadap ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) yang menjadi penyebab utama kesadahan air mungkin terbatas pada konsentrasi awal tertentu, sehingga tidak cocok untuk air dengan tingkat kesadahan yang sangat tinggi. Kedua, kondisi operasional seperti pH, suhu, dan waktu kontak dalam eksperimen mungkin tidak dapat diterapkan secara universal dalam skala lapangan, mengingat variabilitas kondisi air di berbagai wilayah. Ketiga, penggunaan asam kuat (HNO_3 dan HCl) dalam proses aktivasi berpotensi menimbulkan limbah berbahaya, yang dapat menambah tantangan dalam pengolahan limbah kimia. Selain itu, regenerasi dan masa pakai adsorben dari serbuk eceng gondok masih perlu dievaluasi untuk memastikan keberlanjutan ekonomi dalam aplikasi jangka panjang.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk eceng gondok yang diaktivasi menggunakan asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl) efektif dalam menurunkan kesadahan air, dengan efektivitas tertinggi sebesar 25,06% dicapai oleh aktivasi HCl, sementara kombinasi kedua asam hanya menghasilkan penurunan sebesar 15,01%. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivasi dengan asam tunggal, khususnya HCl, lebih efisien dalam memperbesar kapasitas adsorpsi eceng gondok terhadap ion penyebab kesadahan seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Implikasi praktis dari penelitian ini adalah penggunaan serbuk eceng gondok yang diaktivasi sebagai metode alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk mengurangi kesadahan air, mendukung upaya pengolahan air bersih di daerah dengan tingkat kesadahan tinggi. Aplikasi ini sangat relevan untuk wilayah pedesaan dan perkotaan yang bergantung pada sumber air dengan mineral tinggi, serta dapat berkontribusi pada pengolahan air yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Sulawesi Selatan. (2020). *Persentase Rumah Tangga menurut Sumber Air Utama yang Digunakan Rumah Tangga untuk Minum di Provinsi Sulawesi Selatan (Persen) 2020*. Badan Pusat Statistik. (Online). <https://sulsel.bps.go.id/indicator/29/1705/1/persentase-rumah-tangga-menurut-sumber-air-utama-yang->

- digunakan-rumah-tangga-untuk-minum-di-provinsi-sulawesi-selatan.html. Diakses pada 25 Desember 2022
- Fatimah, F. (2020). *Penggunaan Arang Sebagai Adsorben Sebelum Proses Ion-Exchange Dalam Pengurangan Kesadahan Air*. Skripsi. Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Yogyakarta. (Online). http://eprints.poltekkesjogja.ac.id/8031/2/1_COVER_skripsi.docx. Diakses pada 20 Desember 2022
- Fitriah, dkk. (2022). *Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi*. *Jurnal Sulolipu : Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 22(2), 253–261. (Online). <https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/Sulolipu/article/view/2897>. Diakses pada 20 Desember 2022
- Fazaya, dkk. (2018). *Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (Eichhorniacrassipes.Sp) Dalam Menurunkan Kadar Warna Pada Limbah Batik "X."* *Buletin Keslingmas*, 40(4), 149–158. (Online). <https://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/keslingmas/issue/view/303>. Diakses pada 20 Desember 2022
- Gaurav, G. K., Mehmood, T., Cheng, L., Klemeš, J. J., & Shrivastava, D. K. (2020). Water hyacinth as a biomass: A review. *Journal of Cleaner Production*, 277, 122214. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122214>
- Kurniawan, dkk. (2020). *Pengaruh Waktu Dan Suhu Pembuatan Karbon Aktif Dari Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Dengan Suhu Tinggi Secara Pirolisis*. *Inovasi Teknik Kimia*, 5(2), 73–80. (Online). <https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/inteka/article/view/3814>. Diakses pada 20 Desember 2022
- Lestari, dkk. (2021). *Penyerapan Ion Logam Cu (Ii) Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Secara Fitoremediasi*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(1), 46–55. (Online) <https://doi.org/10.23960/aec.v6.i1.2021.p46-55>. Diakses pada 20 April 2023
- Ningrum, dkk. (2018). *Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1–12. (Online) <https://e-journal.unair.ac.id/JKL/article/download/9381/5249/30950>. Diakses 20 Desember 2022
- Nurhidayanti, N., Ilyas, N. I., & Lazuardini, D. P. (2022). Studi Pengolahan Limbah Cair Laundry menggunakan Serbuk Biji Asam Jawa sebagai Biokoagulan. *Jurnal Tekno Insentif*, 16(1), 16–27. <https://doi.org/10.36787/jti.v16i1.453>
- Nurhilal, dkk. (2020). *Pemanfaatan Eceng Gondok sebagai Adsorben Pb Asetat*. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 4(1), 46–52. (Online). <https://doi.org/10.24198/jiif.v4i1.26150>. Diakses 20 Desember 2022
- Nyoman, dkk. (2018). *Perbandingan Kadar Kesadahan Air Pdam Dan Air Sumur Suntik Kelurahan Tondo Kota Palu*. *MEDIKA TADULAKO Jurnal Ilmiah Kedokteran*, 5(3), 12–21. (Online). <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php>. Diakses pada 9 Mei 2022
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 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, Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia 1 (2017)
- Prihatiningtyas, dkk. (2020). *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Untuk Mengurangi Pencemaran Air Dan Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Tungkaran*. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2, 114–120. (Online). <https://snllb.ulm.ac.id/prosiding/index.php/snllb-abdimas/article/download/422/427>. Diakses 20 Desember 2022
- Qonita, dkk. (2019). *Pengurangan Kesadahan Ca dan Mg Dengan Karbon Aktif dan Pengaruhnya Terhadap Kelayakan Konsumsi pada Air Tanah di Dusun Sambirejo , Kelurahan Talak*

- Broto, Kecamatan Simo, Kabupaten Boyolali. Prosiding Seminar Nasional Kebumian, 808–814. (Online). <https://repository.ugm.ac.id> Diakses pada 20 Desember 2022*
- Ramadani, dkk. (2018). *Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Kaca untuk Menurunkan Kesadahan Air. Jurnal Sainifik, 4(2), 179–185. (Online) <https://jurnal.unsulbar.ac.id/index.php/sainifik/article/view/183>. Diakses 20 Desember 2022*
- Shofiyani, dkk. (2014). *Determination Of Ph Effect And Capacity Of Heavy Metals Adsorption By Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) Biomass. Indonesian Journal of Chemistry, 6(1), 56–60. (Online). <https://doi.org/10.22146/ijc.21774>. Diakses 20 Desember 2022*
- Syamsuddin, D. (2019). *Kesehatan Lingkungan Teori dan Aplikasi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC