



Effect of Eggshell Ca-Alginate on pH, TSS, and TDS of Peat Water



Gustia^a, Elliska Murni Harfinda^{a*}, Dahlia Wulan Sari^a, Rachmat Sahputra^b, Tia Nuraya^a

^a Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat, Kubu Raya, Indonesia.

^b Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia.

* Corresponding Author: elliska.mh@gmail.com

ABSTRACT

Peat water has a low pH, high heavy metal content, and high TSS and TDS, so it requires processing before being used as a source of water for aquaculture. The purpose of this study was to determine the effect of eggshell, Ca-alginate, and eggshell Ca-alginate on the pH, TSS, and TDS of peat water. Chicken egg shells are known to contain CaCO_3 which can be used for peat water treatment. However, the use of eggshell powder has limitations in separating the adsorbent and the adsorbate when used as an adsorbent. Eggshell encapsulation using Ca-alginate can overcome these limitations. This research method uses the adsorption method. The results showed an increase in the pH of peat water from 4.3 to 6.5, 6.7, and 6.6 for the eggshell, Ca-alginate, and eggshell Ca-alginate adsorbents, respectively. TSS in peat water also increased from 20.5 mg/L to 39 mg/L, 34.5 mg/L, and 32 mg/L for eggshell adsorbents, Ca-alginate, and eggshell Ca-alginate, respectively. An increase also occurred in the TDS of peat water from 36.5 mg/L to 94 mg/L, 45 mg/L, and 42 mg/L for the eggshell adsorbents, Ca-alginate, and eggshell Ca-alginate, respectively. The use of Ca-alginate eggshell adsorbents increases the pH, TSS, and TDS values of peat water which are still following class three water quality standards based on PP RI Number 22 of 2021.

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



Article History

Received 2023-03-14

Revised 2023-11-25

Accepted 2023-11-27

Keywords

Adsorption

Ca-alginate

Eggshell

Peat Water

1. Pendahuluan

Keberadaan lahan gambut mempunyai peran penting terutama dalam karbon terestrial yang lebih banyak dibandingkan hutan hujan tropis. Selain itu, lahan gambut memainkan peran penting dalam siklus hidrologi dan memelihara keanekaragaman hayati. Hutan rawa gambut merupakan komponen lahan basah di dunia yang penting dan unik, serta memberikan berbagai keuntungan diantaranya dalam bentuk produk hutan dan perikanan [1]. Air gambut memiliki pH yang rendah, kandungan logam berat yang tinggi, serta memiliki *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) yang tinggi [2]. Air merupakan media utama bagi kehidupan ikan. Kualitas air sangat penting diperhatikan dalam kegiatan budidaya perikanan. Pada pH rendah kandungan oksigen terlarut berkurang, sebagai akibat konsumsi oksigen akan menurun, aktivitas pernafasan naik dan selera makan ikan berkurang [3].

Kualitas air sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti industri, domestik, fasilitas umum, dan pertanian merupakan hal-hal yang harus diperhatikan karena semakin maju tingkat hidup maka akan semakin tinggi pula tingkat kebutuhan dari masyarakat [4]. Saat ini telah banyak digunakan metode dalam pengolahan air gambut, diantaranya metode yang telah dibuat dan dibuktikan keefektifan dari *treating* air baku seperti koagulasi, flokulasi, adsorpsi, dan kombinasi. Metode-metode tersebut tidak hanya memerlukan biaya yang relatif mahal sehingga sulit untuk diaplikasikan ke industri tetapi juga menghasilkan residu yang

beracun serta tidak ramah lingkungan. Adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena efisien, ekonomis, tidak memerlukan pelarut organik, dan dapat digunakan untuk larutan dengan konsentrasi logam yang rendah [5].

Cangkang telur ayam mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) kandungan kalsium karbonat dalam cangkang telur sekitar 89% - 97% [6]. Kandungan kalsium karbonat pada cangkang telur ayam dapat dimanfaatkan untuk media filter air dan akan menghasilkan air yang bersifat basa [7]. Seperti yang telah dilakukan oleh Arshad et al. [8], Makuchowska-Fryc [9], dan Novianti et al. [10]. Jika cangkang telur ayam yang digunakan berupa serbuk maka cangkang telur ayam memiliki keterbatasan sebagai adsorben yaitu sulit dalam memisahkan adsorben dengan adsorbatnya jika digunakan untuk filter air limbah yang kebanyakan pengaplikasiannya berupa kolom filtrasi. Oleh karena itu, untuk mengatasi keterbatasan tersebut dilakukan inovasi dengan cara enkapsulasi. Enkapsulasi merupakan suatu proses penyalutan atau pelapisan suatu bahan aktif dengan menggunakan bahan lain dengan tujuan untuk mempertahankan sifat fisik, kimia, dan biologi dari bahan aktif tersebut [11]. Bahan penyalut yang banyak digunakan adalah alginat yang merupakan polisakarida [5] dan [12]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh cangkang telur, Ca-alginat, dan Ca-alginat cangkang telur terhadap pH, TSS, serta TDS air gambut.

2. Metodologi

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuades, limbah cangkang telur ayam, Na-alginat (Sigma Aldrich), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck). Semua bahan kimia digunakan tanpa pemurnian lebih lanjut.

2.2. Preparasi Cangkang Telur (CT)

Cangkang telur ayam dicuci menggunakan air bersih kemudian direndam dengan air panas selama 15 menit untuk memastikan mikroorganisme yang hidup telah mati. Selanjutnya bilas kembali menggunakan air bersih dan dikeringkan di suhu ruang. Kemudian cangkang telur dihaluskan menggunakan blender. Selanjutnya cangkang telur yang sudah halus kemudian diayak dengan ayakan 100 mesh. Setelah itu serbuk cangkang telur dicuci dengan air kemudian direndam pada air panas lalu dibilas dan dikeringkan dengan cara dijemur. Pengeringan dilakukan dengan suhu 105°C selama 15 menit hingga bobot konstan [13].

2.3. Preparasi Ca-Alginat (CA)

5 gram Na-alginat dilarutkan ke dalam 250 mL akuades untuk mendapatkan larutan Na-alginat 2%. Kemudian 3,6755 gram CaCl_2 dilarutkan ke dalam 250 mL akuades untuk mendapatkan larutan CaCl_2 0,1 M. Larutan Na-alginat dipompa dengan pompa peristaltik ke dalam 250 mL larutan CaCl_2 0,1 M sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* untuk membentuk butiran Ca-alginat (CA). Butiran CA yang terbentuk direndam di dalam larutan CaCl_2 selama 24 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Kemudian butiran CA dicuci beberapa kali dengan akuades, setelah itu dikeringkan pada suhu ruang [14].

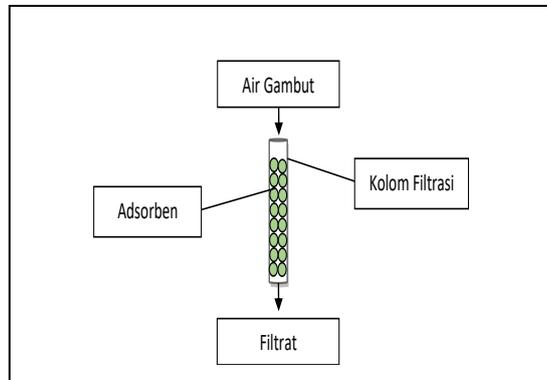
2.4. Preparasi Ca-Alginat-Cangkang Telur (CACT)

5 gram Na-alginat dilarutkan ke dalam 250 mL akuades untuk mendapatkan larutan Na-alginat 2%. Kemudian ditambahkan 10 gram serbuk cangkang telur dan dilanjutkan dengan pengadukan hingga homogen. Larutan Na-alginat cangkang telur dipompa dengan pompa peristaltik ke dalam 250 mL larutan CaCl_2 0,1 M sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* untuk membentuk butiran Ca-alginat-Cangkang telur (CACT). Butiran CACT yang terbentuk direndam di dalam larutan CaCl_2 selama 24 jam. Kemudian butiran CACT dicuci beberapa kali dengan akuades setelah itu dikeringkan pada suhu ruang [15].

2.5. Filtrasi Air Gambut

Sejumlah tertentu adsorben Cangkang telur (CT), Ca-alginat (CA), dan Ca-alginat Cangkang telur (CACT) masing-masing direndam terlebih dahulu ke dalam akuades selama 3 jam. Kemudian di-*packing* ke dalam kolom setinggi 20 cm. Selanjutnya dari 3,5 L sampel air gambut, diambil 100

mL untuk mengukur kadar awal pH, TSS, dan TDS air gambut. Kemudian air gambut yang tersisa digunakan untuk melakukan filtrasi masing-masing adsorben yang digunakan. Selanjutnya filtrasi dilakukan dengan cara manual yakni menuangkan sejumlah sampel air gambut yang tersedia ke dalam kolom percobaan. Setelah itu masing-masing hasil filtrasi ditampung 50 mL dari masing-masing adsorben yang digunakan untuk diukur pH, TSS, dan TDS-nya. Selanjutnya percobaan dilakukan 3 kali ulangan menggunakan 3 kolom yang berbeda sesuai dengan bahan yang digunakan yaitu CT, CA, dan CACT [16].



Gambar 1. Ilustrasi Kolom Filtrasi

2.6. Analisis Data

Pengukuran nilai pH berdasarkan SNI 6989.11.2019, TSS berdasarkan SNI 6989.3.2019, dan TDS berdasarkan metode elektrometri [17]. Efisiensi nilai parameter dilakukan terhadap sampel sebelum dan sesudah filtrasi untuk mengetahui pengaruh adsorben [18]. Kemudian perhitungan efisiensinya diolah menggunakan *Microsoft Excel* yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik dengan rumus di bawah ini.

$$\eta = \frac{(C_{in} - C_{ef})}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

- η : Efisiensi peningkatan nilai pH dan penurunan kadar TSS dan TDS (%)
- C_{in} : Konsentrasi awal
- C_{ef} : Konsentrasi akhir

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Karakterisasi Air Gambut

Sampel air gambut yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari perairan di Jalan Parit Derabak, Desa Parit Baru, Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat. Sampel air gambut dikarakterisasi terlebih dahulu sebelum digunakan dalam proses adsorpsi. Parameter yang dikarakterisasi yaitu pH, TSS, dan TDS. Hasil karakterisasi air gambut sebelum diadsorpsi dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Karakteristik awal air gambut

Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Baku Mutu Air*
pH	-	4,3	6-9
TSS	mg/L	20,5	100
TDS	mg/L	36,5	1000

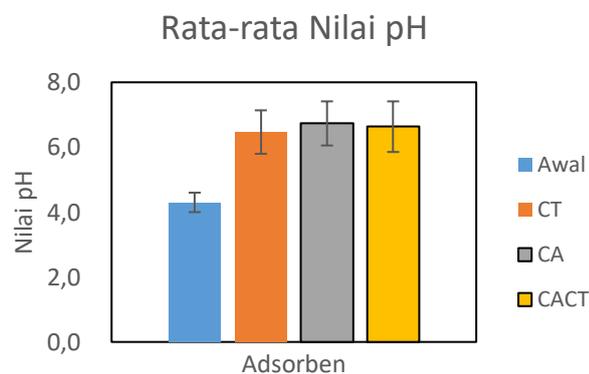
*)Baku mutu air kelas tiga PP RI Nomor 22 Tahun 2021

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa pH air gambut termasuk ke dalam pH asam sedangkan nilai TSS dan TDS masih sesuai jika digunakan dalam industri budidaya perikanan. Hal ini sesuai dengan peruntukan baku mutu air kelas 3 PP RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang

Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Baku mutu air kelas 3 merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, perternakan, air imigrasi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut. Sama halnya dengan penelitian Syahroni [19], karakterisasi awal air gambut di Desa Cengar, Kecamatan Lubuk Jambi Kabupaten Kuantan Singingi dimana pH 5,19 tergolong asam, TSS 200 mg/L masih tergolong rendah, sementara TDS 2013 mg/L melebihi baku mutu. Penelitian yang dilakukan Rais [20] di Desa Lingga Kecamatan Ambawang Kabupaten Kubu Raya, menunjukkan bahwa air gambut di Desa Lingga memiliki nilai pH 3,3 juga masih tergolong asam.

3.2. Pengaruh Adsorben terhadap pH Air Gambut

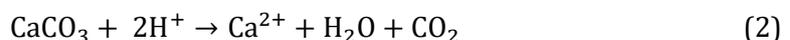
Nilai pH awal sampel air gambut 4,3 yang mengindikasikan bahwa air gambut masih tergolong asam sehingga belum bisa digunakan secara maksimal. Hasil pengukuran pH air gambut setelah proses adsorpsi ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengukuran pH air gambut sebelum dan setelah adsorpsi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan pH air gambut setelah diadsorpsi dengan berbagai adsorben. Namun, nilai pH setelah adsorpsi pada berbagai adsorben tidak berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa baik cangkang telur maupun Ca-alginat memiliki kemampuan yang hampir sama untuk meningkatkan pH. Hal ini sesuai penelitian Novianti [10], dimana penggunaan cangkang telur sebagai media filter air dengan ketebalan 40 cm mampu meningkatkan pH dari 4,63 menjadi 7,78.

pH merupakan derajat keasaman yang didefinisikan sebagai negatif logaritma dari aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Air gambut sebelum diadsorpsi memiliki pH 4,3 dan setelah diadsorpsi memiliki pH 6,5-6,7 pada berbagai adsorben. CT diketahui memiliki kandungan $CaCO_3$ sehingga dapat meningkatkan nilai pH dari asam menjadi basa. Reaksi antara kalsium karbonat dengan air gambut adalah sebagai berikut:



Efisiensi penggunaan adsorben terhadap nilai pH dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

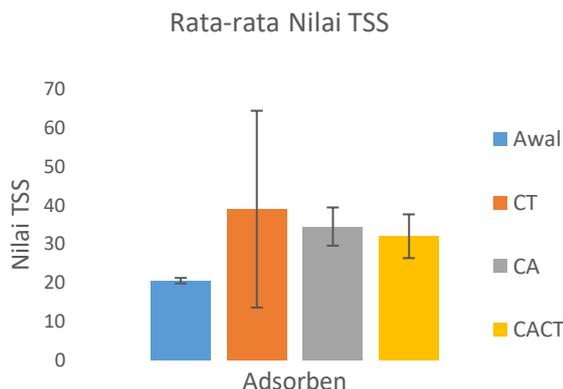
Table 2. Efisiensi adsorben terhadap nilai pH

Adsorben	pH		η (%)
	Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi	
CT	4,3	6,5	51
CA	4,3	6,7	55
CACT	4,3	6,6	53

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa efisiensi nilai pH setelah diadsorpsi dengan berbagai adsorben mengalami peningkatan. Hasil akhir air gambut setelah diadsorpsi menunjukkan bahwa pH yang ada dalam air hasil adsorpsi tersebut telah sesuai dengan standar baku mutu air yang telah ditetapkan yaitu 6-9 untuk pH.

3.3. Pengaruh Adsorben terhadap TSS Air Gambut

TSS merupakan padatan yang terdapat pada larutan namun tidak terlarut atau tersuspensi. TSS dapat menyebabkan larutan menjadi keruh sehingga penetrasi cahaya ke dalam badan perairan menjadi terbatas. TSS dapat terdiri dari lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur [21]. Hasil pengukuran TSS air gambut setelah proses adsorpsi ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengukuran TSS air gambut sebelum dan setelah adsorpsi

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan TSS air gambut setelah diadsorpsi dengan berbagai adsorben. Peningkatan TSS paling tinggi diperoleh pada adsorben CT yaitu dari 20,5 mg/L meningkat menjadi 39 mg/L. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya serbuk cangkang telur yang lolos dari kolom filtrasi sehingga menyebabkan bertambahnya jumlah padatan pada air gambut setelah adsorpsi. Efisiensi penggunaan adsorben terhadap nilai TSS dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

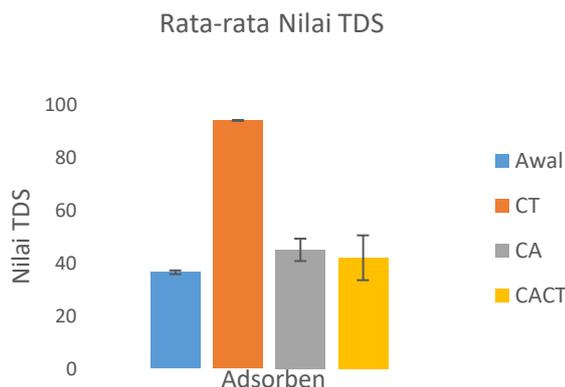
Table 3. Efisiensi adsorben terhadap nilai TSS

n	Adsorbe	TSS (mg/L)		η (%)
		Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi	
	CT	20,5	39	90
	CA	20,5	34,5	68
	CACT	20,5	32	56

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa efisiensi nilai TSS setelah diadsorpsi dengan berbagai adsorben mengalami peningkatan. Efisiensi tertinggi terdapat pada adsorben CT sedangkan terendah pada adsorben CACT. Hal ini menunjukkan bahwa CACT mengenkapsulasi cangkang telur dengan baik sehingga serbuk yang lolos dari kolom filtrasi lebih sedikit jika dibandingkan tanpa mengenkapsulasinya. Meskipun demikian, nilai TSS setelah adsorpsi masih sesuai dengan standar baku mutu air yang ditetapkan yaitu maksimal 100 mg/L untuk kelas tiga.

3.4. Pengaruh Adsorben terhadap TDS Air Gambut

TDS adalah terlarutnya zat padat yang biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion, senyawa, dan koloid di dalam air [22]. Hasil pengukuran TDS air gambut setelah proses adsorpsi ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengukuran TDS air gambut sebelum dan setelah adsorpsi

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan TDS air gambut setelah diadsorpsi dengan berbagai adsorben. Peningkatan TDS paling tinggi diperoleh pada adsorben CT yaitu dari 36,5 mg/L meningkat menjadi 94 mg/L. Hal ini disebabkan oleh adanya CaCO_3 yang merupakan komponen penyusun terbanyak pada cangkang telur [19]. CaCO_3 umumnya larut dalam air dan cukup stabil. Efisiensi penggunaan adsorben terhadap nilai TDS dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Table 4. Efisiensi adsorben terhadap nilai TDS

Adsorben	TDS (mg/L)		η (%)
	Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi	
CT	36,5	94	57
CA	36,5	45	23
CACT	36,5	42	15

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa efisiensi nilai TDS setelah diadsorpsi dengan berbagai adsorben mengalami peningkatan. Efisiensi tertinggi terdapat pada adsorben CT sedangkan terendah pada adsorben CACT. Hal ini menunjukkan bahwa CACT mengenkapsulasi cangkang telur dengan baik sehingga serbuk yang lolos dari kolom filtrasi lebih sedikit jika dibandingkan tanpa mengenkapsulasinya. Hal ini menyebabkan padatan bahan anorganik lebih sedikit yang terlarut ke dalam air gambut setelah adsorpsi. Meskipun demikian, nilai TDS setelah adsorpsi masih sesuai dengan standar baku mutu air yang ditetapkan yaitu maksimal 1000 mg/L untuk kelas tiga.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa adsorben CT, CA, dan CACT meningkatkan nilai pH, TSS, dan TDS air gambut. Efisiensi peningkatan nilai pH tertinggi pada adsorben CA yaitu 55%. Efisiensi peningkatan nilai TSS terendah pada adsorben CACT yaitu 56%. Efisiensi peningkatan nilai TDS terendah pada adsorben CACT yaitu 15%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan adsorben CACT meningkatkan pH, TSS, dan TDS air gambut yang masih sesuai dengan baku mutu air kelas tiga berdasarkan PP RI Nomor 22 Tahun 2021.

References

- [1] Haryono, "Iktiofauna Perairan Lahan Gambut Pada Musim Penghujan Di Kalimantan Tengah," *J Iktiologi Indones*, vol. 12, no. 1, pp. 83–91, 2012.
- [2] M. Naswir, S. Arita, Marsi, and Salni, "Activation of Bentonite and Application for Reduction pH, Color, Organic Substance, and Iron (Fe) in the Peat Water," *Science Journal of Chemistry*, vol. 1, no. 5, p. 74, 2013, doi: 10.11648/j.sjc.20130105.14.
- [3] A. Manunggal, R. Hidayat, S. Mahmudah, D. Sudinno, and A. Kasmawijaya, "Kualitas Air dan Pertumbuhan Pembesaran Ikan Patin dengan Teknologi Biopori di Lahan Gambut," *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, vol. 12, no. 1, pp. 11–19, Apr. 2018, doi: 10.33378/jppik.v12i1.97.
- [4] V. B. Siahaan and M. Juandi, "Evaluasi Nilai pH Air Gambut Menggunakan Teknik Filtrasi dan Koagulan Studi Kasus Desa Kualu Nenas, Kampar," in *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Pekanbaru: Universitas Riau, Sep. 2019, pp. 1–7.
- [5] E. M. Harfinda, R. Delyani, and R. K. Apindiati, "Ca-Alginat untuk Adsorpsi Fe dan Mn pada Air Gambut," *Jurnal Kimia Mulawarman*, vol. 18, no. 1, pp. 16–21, Nov. 2020, doi: 10.30872/jkm.v18i1.844.
- [6] D. S. Villarreal-Lucio, J. L. Rivera-Armenta, A. L. Martínez-Hernández, R. Zednik, and E. Moreno, "Effect of nano CaCO₃ particles from eggshell on mechanical and thermal properties in pp/eggshell composites," 2018.
- [7] W. Warsy, S. Chadajah, and W. Rustiah, "Optimalisasi Kalsium Karbonat dari Cangkang Telur untuk Produksi Pasta Komposit," *Al-Kimia*, vol. 4, no. 2, pp. 86–97, Dec. 2016, doi: 10.24252/al-kimia.v4i2.1683.
- [8] M. F. Arshad, W. W. A. Zailani, N. Ismail, M. R. R. M. A. Zainol, M. M. A. B. Abdullah, and M. F. M. Tahir, "Eggshell Powder (ESP) as low-cost adsorbent for wastewater treatment," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Jul. 2021. doi: 10.1088/1742-6596/1960/1/012021.
- [9] J. Makuchowska-Fryc, "Use of The Eggshells in Removing Heavy Metals from Waste Water - The Process Kinetics and Efficiency," *Ecological Chemistry and Engineering S*, vol. 26, no. 1, pp. 165–174, Mar. 2019, doi: 10.1515/ECES-2019-0012.
- [10] N. Novianti, L. Fitria, and U. Kadaria, "Potensi Cangkang Telur Ayam sebagai Media Filter untuk Meningkatkan pH pada Pengolahan Air Gambut (The Potential of Chicken Eggshells as a Filter Media to Increase pH for Peat Water Treatment)," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 7, no. 2, pp. 64–71, 2019.
- [11] D. A. Agustin and A. A. Wibowo, "Teknologi Enkapsulasi: Teknik dan Aplikasinya," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 202–209, 2021, [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>
- [12] S. S. Marvita, A. Y. Chaerunisaa, and D. Gozali, "Penggunaan Polimer Golongan Polisakarida untuk Enkapsulasi Zat Aktif dengan Perbedaan Sifat Keasaman," *Majalah Farmasetika*, vol. 6, no. 4, pp. 322–343, May 2021, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i4.34525.
- [13] D. Satriani, P. Ningsih, and R. Ratman, "Serbuk Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb)," *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 5, no. 3, pp. 103–108, Mar. 2017, doi: 10.22487/j24775185.2016.v5.i3.8032.
- [14] I. Yantiana, V. Amalia, and R. Fitriyani, "Adsorpsi Ion Logam Timbal(II) Menggunakan Mikrokapsul Ca-Alginat," *Al-Kimiya*, vol. 5, no. 1, pp. 17–26, Dec. 2018, doi: 10.15575/ak.v5i1.3721.
- [15] S. I. P. Sari, S. Wardhani, and D. Darjito, "Pemanfaatan Cangkang Telur sebagai Bahan Baku Komposit CaCO₃-Alginat untuk Adsorben Metil Jingga," *The Indonesian Green Technology Journal*, vol. 10, no. 2, pp. 65–73, Oct. 2021.
- [16] C. Charlena, H. Purwaningsih, and R. Hafid, "Fosfatasi kalsium karbonat cangkang telur ayam dan kajiannya pada proses adsorpsi logam timbal," in *Prosiding Seminar Nasional Sains V*, Bogor, Nov. 2012, pp. 645–660.

-
- [17] M. Wijayanti, H. Khotimah, A. D. Sasanti, S. H. Dwinanti, and M. A. Rarassari, "Pemeliharaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Sistem Akuaponik di Desa Karang Endah, Gelumbang, Kabupaten Muara Enim Sumatra Selatan," *Journal of Aquaculture and Fish Health*, vol. 8, no. 3, p. 139, Sep. 2019, doi: 10.20473/jafh.v8i3.14901.
- [18] A. Anggriawan, E. Saputra, and M. Olivia, "Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn pada Air Gambut Dengan Pemanfaatan Geopolimer dari Kaolin Sebagai Adsorben," *Jom FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, Feb. 2015.
- [19] R. Syahroni, M. Muhdarina, and A. Linggawati, "Pengolahan Air Gambut Menggunakan Koagulan Cair dari Lempung Alam Cengar," *JOM FMIPA*, vol. 1, no. 2, pp. 176–182, Oct. 2014.
- [20] A. Rais, "Rancang Bangun Alat Pengolahan Air Gambut dengan Sistem Filtrasi untuk Budidaya Perikanan," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2017, doi: 10.26418/jtlb.v5i1.18354.
- [21] D. Rosarina and E. K. Laksanawati, "Studi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Ditinjau dari Parameter Fisika," *Jurnal Redoks*, vol. 3, no. 2, p. 38, Nov. 2018, doi: 10.31851/redoks.v3i2.2392.
- [22] H. Effendi, "*Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*," Yogyakarta: Kanisius, 2003.
- [23] H. N. Hanifah, G. Hadisoebroto, T. Turyati, and I. S. Anggraeni, "Efektivitas Biokoagulan Cangkang Telur Ayam Ras dan Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana* ABB) dalam Menurunkan Turbiditas, TDS, dan TSS dari Limbah Cair Industri Farmasi," *al-Kimiya*, vol. 7, no. 1, pp. 47–54, Sep. 2020, doi: 10.15575/ak.v7i1.6615.