Kombinasi Koagulan dan Flokulan dalam Pengolaha Air Limbah Industri Farmasi

M. Fachrul. Mi'rad. Nur[1], Naufal Putra H[2] , Erlinda Ningsih[3]

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]
e-mail : erlindaningsih84@gmail.com

ABSTRACT

Pharmaceutical industry wastewater is one of the potential sources of pollution, and an important part of the pharmaceutical industry. Therefore, the wastewater needs to be treated before being discharged into water bodies. This study aims to determine efforts to reduce the value of Turbidity, TDS, and pH. use a combination of PAC and Alum coagulants with anion and cation flocculant to get the best optimum dose, in the treatment of pharmaceutical industry wastewater with a comparison of effectiveness and perform economic analysis using a combination of coagulant and flocculant. Coagulant concentration: 50 mg / L, 100 mg / L, 150 mg / L, 200 mg / L for the volume of wastewater and flocculant 2 mg / L, The results showed that the highest percentage of turbidity removal was produced by the combination of coagulant and PAC + anion flocculant with a dose 100 mg / L with percent removal of 97.81%, the highest percent of TDS removal produced by PAC + Cation at a dose of 50 mg / L of 15.29%. The highest pH value produced by PAC + Cation was 7.16. Economic analysis compares PAC coagulants with Anion, Cation flocculants and Alum coagulants with Anion, Cation flocculants.

Keywords*: Pharmaceutical Industry Waste, Coagulant, Flocculant*

ABSTRACT

Air limbah industri farmasi adalah salah satu sumber pencemaran yang potensial, dan bagian penting dalam industri farmasi. Oleh karena itu, air limbah tersebut perlu diolah terlebih dahulu sebelum di buang ke badan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui upaya dalam mengurangi nilai Kekeruhan, TDS, dan pH. menggunakan kombinasi koagulan PAC dan Tawas dengan flokulan Anion dan Kation untuk mendapatkan dosis optimum terbaik, dalam pengolahan limbah cair industri farmasi dengan perbandingan efektifitas serta melakukan analisa ekonomi penggunaan kombinasi koagulan dan flokulan. Konsentrasi koagulan : 50 mg/L, 100 mg/L, 150mg/L, 200mg/L terhadap volume air limbah dan flokulan 2 mg/L, Hasil penelitian menunjukan bahwa persen *removal* kekeruhan tertinggi dihasilkan oleh Kombinasi koagulan dan flokulan PAC + Anion dengan dosis 100 mg/L dengan persen *removal* sebesar 97,81 %, persen *removal* TDS tertinggi dihasilkan oleh PAC+Kation pada dosis 50 mg/L sebesar 15,29 %. Nilai pH tertinggi dihasilkan oleh PAC+Kation sebesar 7,16. Analisa ekonomi membandingkan koagulan PAC dengan flokulan Anion, Kation dan koagulan Tawas dengan flokulan Anion, Kation.

Kata kunci: *Limbah Industri Farmasi, Koagulan, Flokulan*

PENDAHULUAN

Air limbah industri farmasi adalah salah satu sumber pencemaran yang potensial. Oleh karena itu, air limbah tersebut perlu diolah terlebih dahulu sebelum di buang ke badan air. Untuk pengolahan air limbah industri farmasi umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah lumpur aktif yang kurang ekonomis karena biaya operasional cukup besar dan kontrol operasionalnya cukup sulit [1]. Limbah farmasi berpotensi dihasilkan melalui beragam aktivitas disistem perawatan kesehatan, limbah farmasi termasuk dalam daftar limbah yang mengandung produk kimia komersial dan karakterisasinya diatur menurut bahaya yang ditimbulkan, seperti sifat mudah terbakar, korosif, reaktivitas dan toksisitas. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dikembangkan teknologi pengolahan air limbah yang mudah pengoperasiannya, ekonomis, dan memenuhi standar lingkungan [2]. Hasil uji coba teknologi pengolahan limbah cair industri farmasi dengan menggunakan kombinasi dua jenis teknologi menunjukkan bahwa efisiensi penurunan COD total dengan menggunakan teknologi anaerob-aerob sebesar 97,78%, sedangkan kombinasi anaerob - koagulasi-flokulasi hanya mampu menurunkan COD total sebesar 72,53%, dengan menggunakan koagulan

aluminum sulfat ($Al_2(SO_4).18H_2O$) dengan konsentrasi 10% dengan volume penambahan sebesar 0,25 mL [3]. Penelitian untuk pengolahan air limbah yang berasal dari industri farmasi melalui proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan koagulan biji kelor dan PAC, hasil yang didapat sudah dapat mengurangi warna 99,67 %, kekeruhan 98,85 %, COD 78,25 %, BOD 81,96 %, TSS 96 %, nitrogen total 59,68 %, dan fenol 88,71 % terhadap karakteristik awal air limbah [4].

TINJAUAN PUSTAKA

Koagulasi

Merupakan proses pengubahan partikel koloid menjadi lebih besar dengan menyerap bahan organik terlarut sehingga pengotor dapat dipisahkan melalui proses penyaringan padat-cair [5]. Koagulasi adalah salah satu proses penting dalam pengolahan air. Ini adalah metode yang efektif dalam menghilangkan bahan organik alami (NOM) dan partikel koloid dalam rentang berat molekul tinggi dan menengah [6]. Efektivitas proses koagulasi dalam praktik pengolahan air tergantung pada interaksi spesies koagulasi dengan partikel dan bahan organik terlarut dalam air baku, menggunakan garam aluminium dan besi [7]. Koagulasi digunakan dalam pengolahan air minum untuk menghablurkan suspensi koloid untuk menghilangkan kekeruhan dan bahan organik alami (NOM) [8]. Koagulan berbasis Al seperti Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) (lebih dikenal sebagai tawas) dan Polyaluminium Chloride (PACl), biasa digunakan dalam pengolahan air minum untuk menghilangkan partikel, koloid, dan zat terlarut melalui proses koagulasi. Penggunaan tawas sebagai koagulan untuk air olahan sering mengarah pada konsentrasi aluminium yang lebih tinggi air yang diolah daripada di air baku itu sendiri [7].

Tawas

Koagulan logam yang paling banyak digunakan adalah aluminium sulfat ("tawas"), diproduksi dari reaksi bijih bauksit dengan asam sulfat. Penguapan air dalam proses menghasilkan produk kering, memiliki rumus perkiraan $Al_2(SO_4)_3.14\text{-}18H_2O$, dan dengan kandungan Al mulai dari 7,4 hingga 9,5%. Koagulan Al lainnya adalah aluminium klorida ($AlCl_3.6H_2O$) dan natrium aluminat ($NaAlO_2$). Yang pertama berbentuk cairan (mengandung 10,5% Al) dan digunakan secara luas untuk pengkondisian lumpur sedimen. Yang terakhir berbentuk cairan kental, sangat basa dan korosif (mengandung 13% Al), kombinasi ini digunakan dalam pengolahan air yang sangat berwarna [9]. Beberapa kelemahan yang dimiliki koagulan ini, seperti kebutuhan untuk penyesuaian pH, sensitif terhadap suhu, kebutuhan untuk dosis yang tinggi, sensitivitas untuk sampel karakteristik dan komposisi spesifik, serta sebagai produksi lumpur yang berlebihan [10].

PAC

Memiliki keunggulan yaitu terbukti lebih efisien dalam dosis yang lebih rendah, *range* pH yang lebih luas, tidak terpengaruh suhu dan koloid daripada koagulan konvensional sederhana, yang akan mempengaruhi biaya dan operasi pengolahan air yang lebih efektif [11]. Keunggulan zat tersebut terkait dengan distribusi spesies aluminium yang berbeda dalam polimerisasi, dibandingkan dengan solusi non-polimerisasi. Meningkatnya nilai pH, ion aluminium mulai terhidrolisis, dan berbagai produk dapat dibentuk. Hidrolisis ion Al sangat rumit, melibatkan reaksi hidrolisis dan polimerisasi, sehingga terpisah dari berbagai monomer, juga beberapa formasi spesies polimer [12]. Dengan koagulan konvensional, reaksi ini seluruhnya tidak terkendali, dan efisiensi koagulasi lebih didasarkan pada pembentukan Al $(OH)_3$ (sekitar pH 6,5 - 7) dan lebih sedikit untuk mengisi netralisasi, karena reaksi hidrolisis berjalan cepat dan karenanya, konsentrasi ion Al bermuatan positif dibatasi. Dalam hal PAC1, prapolimerisasi bertujuan untuk mengendalikan sampai batas tertentu reaksi- reaksi tersebut. Dengan netralisasi parsial dari larutan Al dengan menambahkan larutan basa. Reaksi yang paling penting adalah pembentukan Al $(OH)_4$. Bentuk aluminium anionik ini diklaim sebagai prekursor untuk pembuatan Al_{13} polimer [13]. Al_{13} $(AlO_4Al_{12}(OH)_{24}(H_2O)_{12}{}^{6+,7+})$ dengan struktur L-Keggin adalah salah satu dari banyak senyawa polimer PACl yang mungkin, seperti$Al_2(OH)_2{}^{4+}$, $Al_3(OH)_4{}^{5+}$ di antara beberapa lainnya, bahkan lebih besar dari Al_{13} yaitu

dengan lebih dari 13 atom aluminium (mis. $Al_{30}O_8(OH)_{56}(H_2O)_{24}^{18+}$), yang mentransformasikan secara terus menerus dari satu bentuk kebentuk lainnya [14]. Namun, Al_{13} diklaim sebagai yang paling stabil spesi aluminium dalam larutan aluminium yang sebagian dinetralkan [15]. Namun parameter penting, diklaim sebagai rasio molar hidroksida terikat terhadap konsentrasi kation logam (yaitu rasio molar OH/Al). Ini disebut sebagai kebasaan dan juga digunakan untuk menggambarkan dengan mudah tingkat polimerisasi zat koagulan [10].

Flokulasi

Gerak Brown partikel koloid yang terus-menerus, akan membentuk gumpalan besar yang stabil di suspensi. Fenomena itusering disebut flokulasi.
Keunggulan menggunakan flokulan, yaitu kualitas air lebih bagus untuk partisi koloid dari koagulan, harga terjangkau, tidak beracun, mudah terurai dan flok terbentuk selama flokulasi lebih stabil, mengurangi konsentrasi partikel koloid, jumlah bakteri dan mikroorganisme, logam berat, kekeruhan dan warna dalam sistem air apa pun , dan dapat diterapkan untuk menghilangkan beban polutan dari air limbah bila ditambah dengan adsorben yang cocok seperti fly-ash [16].

METODE

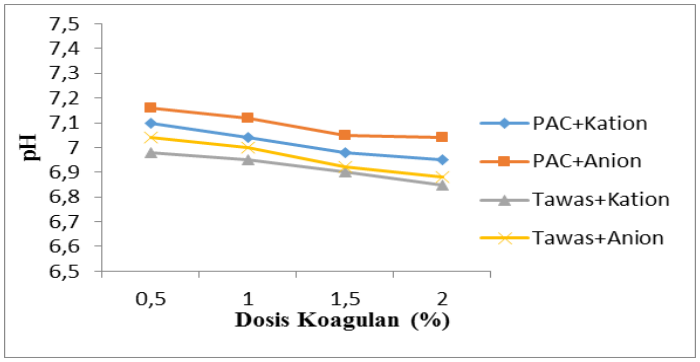
Prosedur Pengambilan Sampel

Sampel air limbah diambil dari Intake Industri Farmasi dengan waktu yang berbeda pengambilan dilakukan acak pada waktu pengambilan dilakukan pagi, siang dan sore kemudian sampel ini dicampurkan dalam suatu wadah agar homogen. Untuk keperluan satu tahap proses dilakukan pengambilan sampel air limbah sebanyak 25 liter. Alat yang digunakan: gayung dan jerigen air.

Prosedur Penelitian

Air limbah diambil sebanyak 25 Liter dalam jerigen lalu air limbah diaduk sampai homogen kemudian dianalisa nilai pada awal sampel limbah dengan parameter kekeruhan, Jumlah padatan terlarut dan pH. Air Sampel limbah industri Farmasi diambil sebanyak 500 mL kedalam 4 beaker glass lalu di tempatkan dalam jar test. Tambahkan dengan bersamaan pada masing – masing koagulan sebanyak 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dari jumlah larutan sample air limbah ke dalam sampel air limbah di alat jartest. Penggunaan jartest dilakukan dengan mengaktifkan jartest selama 30 detik kemudian sampel air limbah yang telah tercampur koagulan diaduk dengan kecepatan 250 rpm selama 2 menit, dan menurunkan kecepatan pengadukan menjadi 40 rpm selama 3 menit pada kondisi ini tambahkan flokulan 2 ml. Lalu mendiamkan air limbah yang telah di jar test selama 10 menit. Sampel air limbah akhir di analisa dengan parameter kekeruhan, TDS, pH. Mengulangi langkah-langkah tersebut untuk variabel koagulan dan flokulan yang berbeda (PAC + Polimer Anionik), (PAC + Polimer Kationik),(Aluminium Sulfat + Polimer Anionik), (Aluminium Sulfat + Polimer Kationik).

HASIL DAN PEMBAHASAN



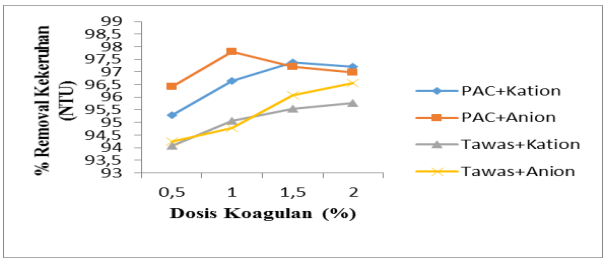
Gambar 1. Hubungan antara dosis dengan pH terhadap kombinasi Koagulan dan Flokulan

Penurunan pH dari dosis 0,5% ppm hingga 2 %, kombinasi PAC + Anion menurunkan pH awal menjadi 7,16, dengan bertambahnya dosis, penurunan pH semakin banyak. Kurva grafik dan data tabel menunjukkan penurunan pH untuk kombinasi koagulan dan flokulan Tawas + Kation, terlihat lebih besar. diketahui penurunan pH signifikan terjadi pada kombinasi koagulan dan flokulan Tawas + Kation dengan dosis 2 %, penurunan pH terkecil ditunjukkan kombinasi koagulan dan flokulan PAC + Anion dengan dosis 0,5 %. Pada penggunaan PAC sebagai koagulan, pH air hasil pengolahan tidak mengalami penurunan pH yang cukup tajam seperti pada penggunaan koagulan aluminium sulfat. Hal ini dapat dilihat dari reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Aluminium sulfat : $2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH) + 6H^+$

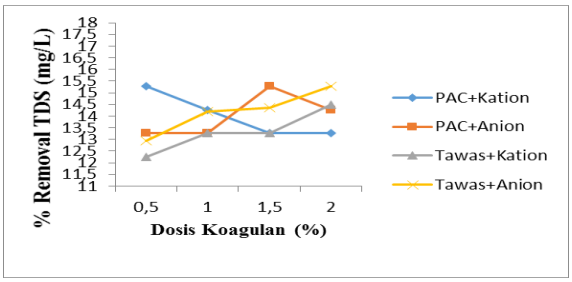
PAC :$[Al(OH)] + H_2O \rightarrow 2Al(OH) + H^+$

Dari reaksi tersebut dapat dilihat bahwa pada reaksi hidrolisis, aluminium sulfat dalam air melepas ion H+ sebanyak 6H+ , sedangkan pada reaksi hidrolisis PAC hanya dilepaskan 1 buah ion H+ . Hal ini akan menyebabkan pH air yang menggunakan aluminium sulfat akan bersifat lebih asam daripada yang menggunakan koagulan PAC [17].



Gambar 2 Pengaruh Dosis terhadap % Removal Kekeruhan dengan kombinasi Koagulan dan Flokulan.

Kekeruhan awal yang tinggi menunjukkan sejumlah besar partikel koloid di dalamnya. Semakin banyak partikel koloid, maka semakin banyak pula ikatan antara koloid dan partikel koagulan akan terjadi, dan sebaliknya. Akibatnya, air yang dihasilkan akan menjadi jernih karena lebih banyak flok terbentuk [18]. pada **Gambar 4.2** terjadi penurunan persen *removal* untuk kombinasi PAC + Anion pada penambahan dosis koagulan sebesar 1,5 % sampai 2 %, hal ini disebabkan karena dosis yang diberikan melebihi dosis optimum, kekeruhan kembali naik karena koloid telah dinetralkan semuanya dan mengendap dengan dosis yang optimum, sehingga kelebihan koagulan akan menyebabkan kekeruhan karena tidak berinteraksi dengan partikel koloid lain yang berbeda muatan [19]. Untuk kombinasi PAC + Kation memiliki dosis optium pada 1,5 %, dan pada dosis 2 % kurva-nya mengalami penurunan. Sedangkan untuk kombinasi Tawas + Kation dan Tawas + Anion kurva grafik cenderung naik, karena kedua kombinasi tersebut belum mencapai dosis optimum-nya. . Hal ini dibuktikan Penambahan koagulan yang melebihi batas optimum akan menyebabkan kenaikan nilai turbiditas karena terlalu banyak zat terlarut sehingga nilai turbiditas akan menjadi naik, dan juga diakibatkan terjadinya penyerapan kation yang berlebih oleh partikel koloid dalam air sehingga partikel koloid akan bermuatan positif dan terjadi gaya tolak-menolak antar partikel, sehingga terjadi deflokulasi flok. [20]



Gambar 3. Pengaruh Dosis terhadap % Removal TDS dengan kombinasi Koagulan dan Flokulan.

Dengan bertambahnya kadar koagulan, nilai TDS akan semakin kecil sampai pada batas kadar koagulan yang diijinkan, karena semakin banyak pengotor pengotor dalam air yang dinetralkan oleh kogulan tersebut. Tetapi ketika kadar koagulan yang ditambahkan berlebih terjadi deflokulasi, sehingga akan terbentuk kembali partikel koloid dalam air, hal ini memungkinkan nilai TDS menjadi semakin besar [17]. Pada **Gambar 4.3**, untuk kombinasi PAC + Anion mengalami fluktuatif, pada dosis 2 % kombinasi tersebut mengalami deflokulasi, karena dosis optimum pada 1,5 %. Sedangkan untuk kombinasi PAC + Kation, pada dosis 0,5 % sudah mencapai dosis optimum, setelah ditambahkannya dosis koagulan lebih besar, kurva grafik mengalami penurunan. Pada kombinasi Tawas + Anion dan Tawas + Kation , *% removal* mengalami peningkatan, menyebabkan nilai TDS air akan mengalami penurunan secara kontinu, namun peningkatan signifikan terjadi untuk kombinasi Tawas + Anion, sehingga terlihat efektif untuk menrunkan nilai TDS air limbah. Kombinasi Tawas dan Flokulannya, yaitu Anion maupun Kation pada grafik tersebut belum menunjukan deflokulasi, karena belum mencapai dosis optimumnya.

Penggunaan koagulan PAC dan flokulan Kation terhadap air limbah industri farmasi.

Dari hasil penelitian kali ini menggunakan metode Jar Tes dan simulasi Cost yang didapatkan untuk harga koagulan PAC lebih mahal dari harga TAWAS, dalam konsumsi pemakaian koagulan berbanding terbalik dari harga nya, bahwa PAC mendapatkan konsumsi lebih sedikit dari penggunaan Tawas hal ini dapat mempengaruhi besar nya coast yang dihasilkan dalam penggolahan air limbah industri farmasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Untuk pH, semua kombinasi menurunkan nilai pH sesuai baku mutu, untuk koagulan terbaik digunakan koagulan PAC, kombinasi efektif dalam penggolahan limbah industri farmasi untuk menurunkan *Turbidity* yaitu koagulan PAC + flokulan Anion dengan persen *removal* kekeruhan tertinggi yaitu 97,81 %, untuk *removal* TDS sebesar 15,29 % digunakan kombinasi PAC + Kation.. Dosis Koagulan PAC terbaik sebesar 1 %, menghasilkan persen *removal* kekeruhan tertinggi yaitu 97,81 %, persen *removal* TDS sebesar 13,26 % , dan pH 7,12. Dari hasil simulasi Cost yang dilakukan, penggunaan Chemical PAC+ Anion dengan dosis 100 ppm menghabiskan biaya Rp 3.360.000 . Untuk kombinasi koagulan Tawas dengan flokulan yang sama, yaitu anion, dengan dosis sebesar 200 ppm menghabiskan biaya Rp 5.160.000. Dengan menggunakan kombinasi koagulan dan flokulan PAC + Anion dengan dosis 100 ppm, pihak industri farmasi dapat menghemat biaya pengolahan air limbah hingga Rp 1.800.000.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. D. Poerwanto, E. P. Hadisantoso, And S. Isnaini, “Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Sebagai Koagulan Alami Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi,” vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2015.

[2] M. Jaseem, P. Kumar, and R. M. John, “An overview of waste management in Indian perspective,” *Glob. J. Energy Environ.*, vol. 6, no. 3, pp. 158–161, 2018, doi: 10.28933/gjee-2018-10-1001.

[3] F. Crisnaningtyas and H. Vistanty, “Pengolahan limbah cair industri farmasi formulasi dengan metode anaerob-aerob dan anaerob-koagulasi,” vol. 1, pp. 13–22, 2016.

[4] E. Hartati, M. Sutisna, and W. N. S, “Perbaikan Kualitas Air Limbah Industri Farmasi Menggunakan Koagulan Biji Kelor (Moringa oleifera Lam) DAN PAC (Poly Alumunium Chloride),” vol. 4, no. 3, pp. 68–73, 2008.

[5] S. Haydar and J. A. Aziz, “Coagulation – flocculation studies of tannery wastewater using combination of alum with cationic and anionic polymers,” vol. 168, pp. 1035–1040, 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.02.140.

[6] B. R. L. Sinsabaugh, R. C. Hoehn, W. R. Knocke, and A. E. Linkins, “PRECURSOR SIZE AND O R G A N I C HALIDE,” vol. 112, no. 1, pp. 139–153, 1986.

[7] P. T. Srinivasan, T. Viraraghavan, and K. S. Subramanian, “Aluminium in drinking water :

An overview," vol. 25, no. 1, pp. 47–56, 1999.

[8] G. Nogaro, A. J. Burgin, V. A. Schoepfer, M. J. Konkler, K. L. Bowman, and C. R. Hammerschmidt, "Aluminum sulfate (alum) application interactions with coupled metal and nutrient cycling in a hypereutrophic lake ecosystem," *Environ. Pollut.*, vol. 176, pp. 267–274, 2013, doi: 10.1016/j.envpol.2013.01.048.

[9] J. Bratby, *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment Coagulation and Flocculation*, 2nd ed. 2006.

[10] N. D. Tzoupanos and a I. Zouboulis, "Coagulation-Flocculation Processes in Water / Wastewater Treatment : the Application of New Generation of Chemical Reagents," *6th IASME/WSEAS Int. Conf. HEAT Transf. Therm. Eng. Environ.*, no. May 2014, pp. 309–317, 2008.

[11] S. Sinha, Y. Yoon, G. Amy, and J. Yoon, "Determining the effectiveness of conventional and alternative coagulants through effective characterization schemes," vol. 57, pp. 1115–1122, 2004, doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.08.012.

[12] Z. Jia, F. He, and Z. Liu, "Synthesis of Polyaluminum Chloride with a Membrane Reactor : Operating Parameter Effects and Reaction Pathways," pp. 12–17, 2004.

[13] D. R. Parker and P. M. Bertsch, "Formation of the ' AI „' Tridecameric Polycation under Diverse Synthesis Conditions," vol. 26, no. 5, pp. 914–921, 1992.

[14] C. Keggin-al, S. Bi, C. Wang, Q. Cao, and C. Zhang, "Studies on the mechanism of hydrolysis and polymerization of aluminum salts in aqueous solution : correlations between the ' Core-links ' model," vol. 248, pp. 441–455, 2004, doi: 10.1016/j.ccr.2003.11.001.

[15] M. Wang and M. Muhammed, "Novel Synthesis Of Al 13 -Cluster Based Alumina Materials," vol. 11, no. 8, pp. 1219–1229, 2000.

[16] S. Bharti, "A critical review on flocculants and flocculation," *Non-Metallic Mater. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–21, 2019, doi: 10.30564/nmms.v1i1.645.

[17] H. H. Anton Budiman, Candra Wahyudi, Wenny Irawati, "Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac)Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih," *Widya Tek.*, vol. 7, no. 1, pp. 25–34, 2013.

[18] E. Prihatinningtyas, "Removal of turbidity in water treatment using natural coagulant from Lemna perpusilla," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 308, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/308/1/012007.

[19] I. R. Yuliastri, "Penggunaan serbuk biji kelor (moringa oleifera) sebagai koagulan dan flokulan dalam perbaikan kualitas air limbah dan air tanah," *UIN Syarif Hidayatullah Jakarta Fak. Sains dan Teknol. 2010*, 2010.

[20] N. Hendrawati, Susi Sumarni, "Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau," *Pengguna. Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2016.