

KINETIKA REAKSI KOAGULAN ALUMINIUM CHLOROHIDRAT TERHADAP TOTAL SUSPENDED SOLID PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KRIMER

Fani Wahyu Aprilia¹, Abdul Chalim¹, Bernardete Ferdinata Dandel²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT Lautan Natural Krimerindo, Jl. Mojosari-Pacet No. Km. 4, Mojojejer, Pesanggrahan, Kec.

Kutorejo, Kab. Mojokerto, Jawa Timur 61383 Indonesia

apriliafani27@gmail.com; [abdul_chalim@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. LNK merupakan pengolahan air limbah dikawasan industri yang ada di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Proses pengelolaan air limbah pada PT. LNK merupakan sistem pengolahan air limbah dengan menggunakan *Integrated Fix Film Activated (IFFAS)* atau lumpur aktif yang berfungsi sebagai pengolahan mikro. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinetika reaksi koagulan *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) dalam pengolahan limbah cair industri krimer. Limbah cair industri ini mengandung polutan beracun yang menyebabkan tingginya kekeruhan. Metode penelitian yang digunakan adalah observasi langsung dengan variasi dosis koagulan ACH sebesar 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, dan 2 mL, dengan proses koagulasi flokulasi. Konsentrasi koagulan yang digunakan adalah 32% w/v atau setara dengan 5.498 mol/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TSS *influent* sebesar 1073,54 mg/L berhasil dikurangi menjadi 24,74 mg/L pada TSS *effluent*. Penggunaan dosis koagulan ACH terbukti efektif menurunkan TSS dengan pH optimal antara 6 hingga 7, yang memisahkan padatan tersuspensi dari air limbah secara efisien. Kinetika reaksi koagulasi dirumuskan dengan persamaan $-rA = (1.8492) CA^{0.1139}$, menunjukkan keefektifan koagulan dalam mengurangi pencemaran lingkungan perairan.

Kata kunci: *aluminium klorohidrat, kinetika reaksi, limbah cair, total suspended solid*

ABSTRACT

Waste Water Treatment Plant (IPAL) PT. LNK is a waste water treatment plant in an industrial area in Mojokerto Regency, East Java. Waste water management process at PT. LNK is a wastewater treatment system using Integrated Fix Film Activated (IFFAS) or activated sludge which functions as micro processing. This research aims to examine the kinetics of coagulant reactions Aluminum Chlorohydrate (ACH) against Total Suspended Solid (TSS) in processing liquid waste from the creamer industry. This industrial liquid waste contains toxic pollutants which cause high turbidity. The research method used was direct observation with varying doses of ACH coagulant of 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, and 2 mL, with a flocculation coagulation process. The coagulant concentration used is 32% w/v or equivalent to 5,498 mol/L. The research results show that TSS influent amounting to 1073.54 mg/L was successfully reduced to 24.74 mg/L in TSS effluent. The use of ACH coagulant doses has proven to be effective in reducing TSS with an optimal pH of between 6 and 7, which separates suspended solids from wastewater efficiently. So the kinetics of the coagulation reaction is formulated by the equation $-rA = (1.8492) CA^{0.1139}$, showing the effectiveness of coagulants in reducing water environmental pollution.

Keywords: *aluminum chlorohydrate, reaction kinetics, liquid waste, total suspended solid*

Corresponding author: Abdul Chalim

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: abdul_chalim@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri di Indonesia selalu berdampak pada peningkatan volume limbah yang dihasilkan, terutama pada limbah cair dari industri maupun domestik. Dengan semakin kompleksnya teknologi manufaktur dapat mengakibatkan perubahan komponen yang terbuang dan pada akhirnya akan mengubah karakteristik limbah cair secara keseluruhan [1]. Air limbah industri mengandung beragam material beracun yang terdiri dari campuran zat kimia organik maupun zat kimia anorganik yang berasal dari sisa proses produksi [2]. Menurut Rahardian (2022), apabila limbah diketahui mengandung senyawa pencemar yang menyebabkan kerusakan lingkungan atau mempunyai potensi pencemaran lingkungan yang tinggi, maka limbah tersebut harus dibuang [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan kondisi yang ada [2]

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. LNK merupakan pengolahan air limbah dikawasan industri yang ada di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Proses pengelolaan air limbah pada PT. LNK merupakan sistem pengolahan air limbah dengan menggunakan *Integrated Fix Film Activated (IFFAS)* atau lumpur aktif yang berfungsi sebagai pengolahan mikro. Air limbah ditampung pada bak control yang berada di area pabrik, kemudian dialirkan ke dalam saluran air limbah yang terpasang sepanjang jalan kawasan pabrik.

Pengolahan limbah mikro pada PT LNK mempunyai batasan terhadap *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang masuk, sehingga diperlukan proses *pretreatment* yang berupa *pretreatment* koagulasi flokulasi DAF. Pengolahan limbah diperlukan untuk mengubah karakteristik atau mengurangi sifat bahaya limbah serta memastikan bahwa limbah untuk memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang [2].

Pada proses koagulasi flokulasi PT LNK menggunakan beberapa bahan kimia mulai dari koagulan, flokulan dan netralisan. Koagulan yang digunakan yaitu *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) memiliki rumus kimia ($Al_2ClH_6O_7$) yang merupakan koagulan pengubah alkalinitas dan pH yang telah dipolimerisasi secara ekstensif. Salah satu bahan *polialuminium*, *Aluminium Chlorohidrat* (ACH), baru-baru ini menjadi terkenal di industri dan mengalami peningkatan penggunaan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, produksi deodorant, dan sebagai bahan koagulan karena biayanya yang rendah [4]. Flokulan yang digunakan berupa *Polymer Anionic* yang berfungsi untuk mengikat flok-flok yang telah terbentuk dalam koagulan, netralisan yang digunakan berupa NaOH yang berfungsi untuk menetralkan air limbah cair krimer.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengkaji kinetika reaksi koagulan *Alumunium Chlorohidrat* (ACH) terhadap (TSS) dalam pengolahan limbah cair industri krimer.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi mengenai pengolahan limbah cair dengan cara percobaan dan pengumpulan data melalui teknik observasi secara langsung. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Industri PT Lautan Natural Krimerindo, menggunakan sampel limbah pada dosis koagulan *Alumunium Chlorohidrat* (ACH) yang diberikan sebesar 1,2 ; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 dan 2 mL. Dengan konsentrasi koagulan yang diberikan oleh industri sebesar 32% w/v atau setara dengan 5,498 mol/L. Setelah diberikan koagulan dengan dosis yang ditentukan, selanjutnya dihitung TSS dan perhitungan kinetika reaksi koagulasi.

2.1. Koagulan Alumunium Chlorohidrat

Alumunium Chlorohidrat merupakan larutan yang terpolimerisasi dari *polialumunium hidroksiklorida*. Konsentrasi aluminium tertinggi dalam larutan berbasis *alumunium* yang tersedia secara komersial adalah (Al_2O_3 32%W). Kandungan *aluminium oksida* dalam produk padat berkisar antara 46% - 50%. Kebiasaan *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) sebesar 83% juga merupakan yang tertinggi dan tersedia untuk larutan berbasis poli alumunium. Kebiasaan mengacu pada derajat netralisasi asam dan mewakili ukuran seberapa tinggi polimerisasi *aluminium* dalam *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) [4].

Koagulan *Alumunium Chlorohidrat* (ACH) dapat menghilangkan partikel dengan baik karena memiliki kepadatan muatan kationik yang lebih tinggi dari pada koagulan jenis lainnya. Ukuran partikel koloid lebih besar akan membuat flok yang terbentuk lebih mudah menguap [5].

2.2. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid merupakan partikel berukuran tidak lebih besar dari 2,0 μm yang dapat disimpan dan diendapkan pada filter. *Total Suspended Solid* (TSS) dalam air dapat diukur dalam miligram per liter (mg/L) [6]. Peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk mengukur TSS antara lain timbangan digital, corong buchner, labu hisab, alat penyedot debu, oven, penjepit, loyang, aquades, kertas saring Whatman ukuran 0,45 μm , dan sampel uji dari limbah cair krimer.

Prosedur analisa TSS yaitu kertas saring ditimbang terlebih dahulu dan di oven selama ± 1 jam pada suhu 105°C dan didinginkan pada desikator selama ± 1 jam. Kemudian pembersihan corong buchner, labu hisab. Setelah itu dilakukan proses TSS, dimana vacuum holder dinyalakan dengan menekan tombol ON, kertas saring diletakkan diatas corong buchner dan dituangkan sampel yang telah dihomogenkan bersamaan dengan aquades. Setelah dilakukan proses TSS kertas saring di masukkan ke oven, kemudian diukur sebagai berat kertas saring yang dikosongkan. Setelah dioven pada suhu 105°C selama kurang lebih satu jam sebelum didinginkan dalam desikator dengan waktu yang sama. Untuk mengetahui berat sisa kertas saring, ditimbang kembali setelah dingin. Untuk mendapatkan berat akhir kertas saring, dengan rumus sebagai berikut [6].

$$TSS \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad (1)$$

Dengan :

A = berat kertas saring + residu (mg)

B = berat erat kertas saring kosong sebelum pemanasan (mg)

V = volume sampel (mL)

2.3. Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi adalah seberapa cepat suatu reaksi dapat terjadi, dengan kecepatan perubahan konsentrasi dapat diamati dari reaktan (bahan) maupun produk (bahan yang terbentuk) [7].

Perhitungan laju reaksi dapat diasumsikan sebagai reaksi irreversibel orde n dengan rumus [8]:



A = Koagulan dalam mol/L
 k = Konstanta kecepatan reaksi dalam detik¹⁻
 Produk = Effluent & Influent TSS
 Laju reaksi koagulasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^N \quad (3)$$

Dengan :

$-r_A$ = Laju reaksi dalam mol/L detik
 $-\frac{dC_A}{dt}$ = Penurunan konsentrasi A (koagulan) terhadap waktu
 C_A = Konsentrasi koagulan dalam mol/L
 n = Orde reaksi (tidak bersatuan)

Persamaan (3) dapat diselesaikan dengan menggunakan metode diferensial :

$$-\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^N \quad (4)$$

Persamaan (4) dilogartmakan sebagai berikut :

$$\log \left[-\frac{dC_A}{dt} \right] = \log \log k + n \log C_A^N \quad (5)$$

Diasumsikan :

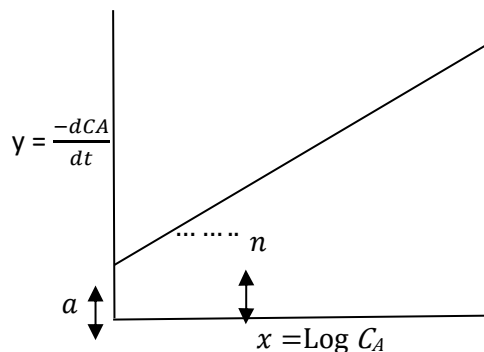
y = $\log \left[-\frac{dC_A}{dt} \right]$
 a = $\log \log k$ = Intercept
 b = n = Slope = orde reaksi
 x = $\log C_A$

Sehingga didapatkan persamaan garis lurus sebagai berikut :

$$y = a + b \quad (6)$$

Energi aktivasi (E) adalah energi molekul dengan energi kinetiknya lebih besar dari energi aktivasi yang dapat bereaksi atau membentuk kompleks teraktivasi yang terurai menjadi molekul produk reaksi [9].

Dari persamaan diatas dapat dibuat dalam bentuk grafik garis lurus, sehingga dapat ditentukan konstanta kecepatan reaksi (k) dan orde reaksi (n) sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik hubungan antara Log C_A (x) terhadap $-dC_A/dt$ (y) [10]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

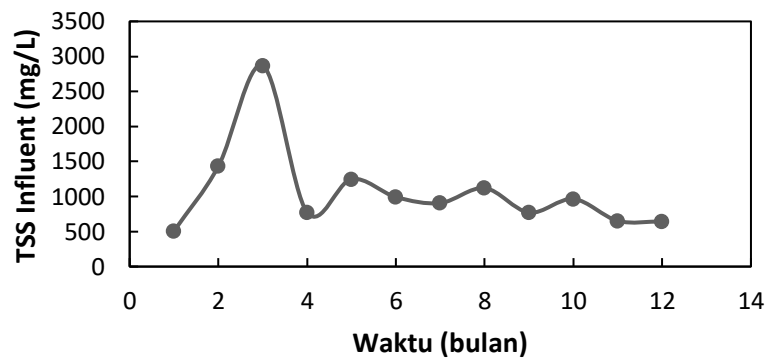
Tabel 1 merupakan hasil pengujian berdasarkan penelitian dan perhitungan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah cair industri krimer.

Tabel 1. Data penelitian nilai TSS *influent* dan *effluent*

Waktu (Bulan)	TSS		
	<i>Influent</i> (mg/L)	<i>Effluent</i> (mg/L)	Removal Capability (%)
Januari	507,81	43,26	91,48
Februari	1433,71	16,11	98,88
Maret	2867,37	13,97	99,51
April	772,27	16,38	97,88
Mei	1248,14	11,52	99,08
Juni	992,59	11,59	98,83
Juli	907,33	37,57	95,86
Agustus	1119,76	49,26	95,60
September	771,24	15,91	97,94
Oktober	964,83	15,75	98,37
November	653,13	21,88	96,65
Desember	644,28	43,70	93,22
Avarage	1073,54	24,74	97,34

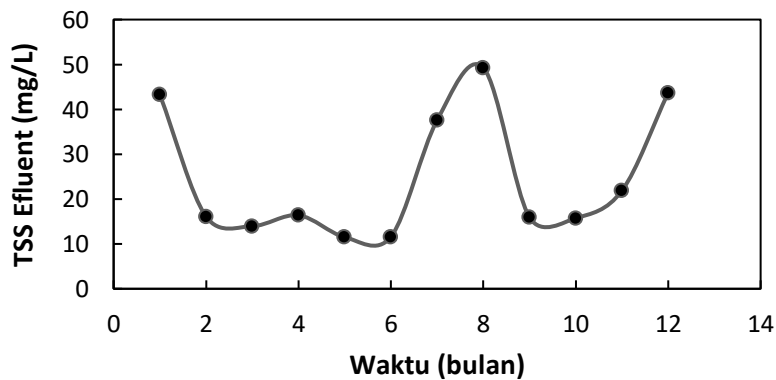
Berdasarkan kondisi limbah dan peraturan Gubernur Jawa Timur No. 27 Tahun 2012 maka air limbah industri susu harus diolah sebelum dibuang ke badan sungai [11]. Dari Tabel 1 di atas menunjukkan nilai *Total Suspended Solid* dengan setiap penambahan koagulan terhadap waktu yang diberikan, akan memengaruhi nilai TSS.

Pada Gambar 2 nilai TSS air limbah cair krimer secara fluktuatif mengikuti kandungan TSS pada limbah cair *Influent*. Dalam periode pengamatan selama satu tahun, diperoleh data rata-rata *Total Suspended Solid* (TSS) *Influent* yang dihasilkan berada pada angka 1073,54 mg/L. Nilai TSS yang tinggi disebabkan oleh bahan organik dalam air limbah [12]. Parameter TSS adalah 44,17 mg/L, menurut Standar Baku Mutu Air Limbah, Pembuangan Limbah yang dikeluarkan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto No. 660/4183.1/2020 pertanggal 8 Oktober 2020. Dengan menggunakan koagulan *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) dapat menurunkan beban pencemar *Total Suspended Solid* (TSS) dengan pH yang digunakan 7. Dengan demikian, proses pengendapan akan berjalan dengan baik karena TSS akan mengendap bersama, setelah proses koagulasi adalah proses sedimentasi. Dalam penelitian ini, sampel diendapkan selama 10, 15, 20, 25 dan 30 menit, dengan dosis yang berbeda. Waktu yang dibutuhkan tidak cukup untuk membuat padatan terendapkan sepenuhnya untuk berbagai kombinasi dosis koagulan. Hal ini akan berdampak pada kadar TSS yang dihasilkan dengan dosis koagulan *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) yang lebih rendah yaitu 1,2 ; 1,4 ; 1,6 ; 1,8 ; dan 2 mL ACH. Dengan dosis ini, diperlukan proses pendiaman atau sedimentasi lebih lama untuk membuat padatan terendapkan sepenuhnya, sehingga kadar TSS akan lebih rendah [13].



Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu (bulan) terhadap TSS *influent* (mg/L)

Pada Gambar 3 nilai TSS air limbah cair krimer secara fluktuatif mengikuti kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah cair *effluent*. Dalam periode pengamatan selama satu tahun, diperoleh data rata-rata *Total Suspended Solid* (TSS) *effluent* yang dihasilkan berada pada angka 24,74 mg/L. Nilai TSS disebabkan oleh bahan organik dalam air limbah [12]. Dengan parameter TSS adalah 44,17 mg/L, menurut Standar Baku Mutu Air Limbah, Pembuangan Limbah yang dikeluarkan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto No. 660/4183.1/2020 per tanggal 8 Oktober 2020. Dengan menggunakan koagulan *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) dapat menurunkan beban pencemar TSS (*Total Suspended Solid*) dengan pH yang digunakan 7.

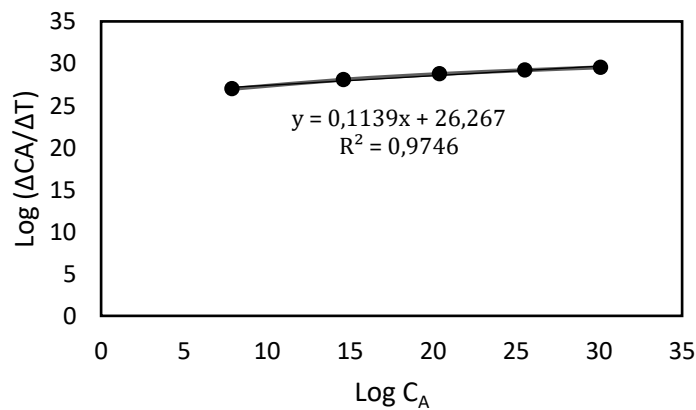


Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu (bulan) terhadap TSS *effluent* (mg/L)

Tabel 2. Hasil data penelitian kinetika reaksi

Dosis Koagulan (mol/L) (C_A)	Waktu (menit)	Waktu (detik)	$\Delta C_A / \Delta t$	Log $(-\Delta C_A / \Delta t)$ ($\times 10^{-1}$)	Log C_A ($\times 10^{-2}$)
0	0	0	0	0	0
1,2	10	600	0,0020	26,99	7,920
1,4	15	900	0,0016	28,08	14,61
1,6	20	1200	0,0013	28,75	20,41
1,8	25	1500	0,0012	29,20	25,53
2	30	1800	0,0011	29,54	30,10

Berdasarkan Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa peningkatan waktu reaksi akan meningkatkan laju reaksi. Dengan bertambahnya waktu reaksi, nilai laju reaksi meningkat karena energi aktivasi akan mengaktifkan reaktan dan tumbukan antar reaktan [14].



Gambar 4. Grafik hubungan antara Log C_A terhadap Log (ΔC_A/ΔT)

Dari gambar grafik didapatkan :

$$\log \left[-\frac{dC_A}{dt} \right] = \log k + n \log C_A$$

$$a = \text{Log } k = 26,267$$

$$\text{Log } k = \log 10^{26,267}$$

$$k = 1,8492 \text{ detik}^{-1}$$

$$b = n = \text{slope} = 0,1139$$

Sehingga laju reaksi koagulasi dapat dirumuskan :

$$-r_A = (1,8492 \text{ detik}^{-1}) \cdot C_A^{0,1139} \text{ mol/L.detik}$$

Hal ini dikarenakan waktu dapat meningkatkan energi kinetik pada partikel reaktan, yang menghasilkan tumbukan antar partikel untuk bereaksi semakin cepat. Dengan demikian, kecepatan pengadukan juga dapat meningkatkan konstanta reaksi dan frekuensi tumbukan antar partikel reaktan untuk bereaksi membentuk produk [15].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan dosis koagulan *Aluminium Chlorohidrat* (ACH) yang dapat menurunkan *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah cair krimer, dengan pH kisaran optimal 6 hingga 7 yang dapat memisahkan padatan tersuspensi dari air limbah dengan cukup efisien. Koagulan yang digunakan dapat mengurangi pencemaran lingkungan perairan, sehingga untuk mengkaji kinetika reaksi yang didapatkan dengan nilai konstanta kecepatan reaksi, dimana laju kinetika reaksi koagulasinya dapat dirumuskan $-r_A = (1,8492) C_A^{0,1139}$.

Saran untuk peneliti yang akan datang adalah bahwa kinetika reaksi saat ini harus dibahas lebih lanjut, dikarenakan kinetika reaksi sendiri berpengaruh pada kandungan limbah dan penambahan koagulan agar nantinya bisa membentuk flok-flok yang tebal.

REFERENSI

- [1] J. M. Ebeling, S. R. Ogden, P. L. Sibrell, dan K. L. Rishel, "Application of Chemical Coagulation Aids for the Removal of Suspended Solids (TSS) and Phosphorus from the Microscreen Effluent Discharge of an Intensive Recirculating Aquaculture System," *North American Journal of Aquaculture*, vol. 66, no. 3, hal. 198–207, Jul 2004.
- [2] S. Fitria Ekoputri, A. Rahmatunnissa, F. Nulfaidah, Y. Ratnasari, M. Djaeni, dan D. A. Sari, "Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. IX, no. 1, hal. 7781–7787, 2024.
- [3] K. A. S. B. Wagini R, "Pengolahan Limbah Cair Industri Susu," *Manusia dan Lingkungan*, vol. 9, no.1, hal. 23-31, 2022.
- [4] D. Sandora, F. Wijayanti, R. Pane, dan L. Legasari, "Analisa Perbandingan Koagulan Aluminium Sulfat dan Aluminium Clorohidrat terhadap Air Baku di PDAM Tirta Musi.," vol.5, hal. 343-347, 2022.
- [5] D. Teguh, T. E. Agustina, M. Hafiz Ridho, N. Febriyanti, dan D. Ermaya, "The Effectiveness and Cost Optimization of Coagulant Aluminum Chlorohydrate (ACH), Aluminum Sulfate (AS), and Poly Aluminium Chloride (PAC) in Coagulation Process at The PT. Pupuk Sriwijaya (PT. Pusri) Utility Unit," *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, vol. 6, no. 1, hal. 189–195, 2022.
- [6] Khofifah and Maisari Utami, "Analisis kadar Total Dissolved Solid (TDS) dan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Cair dari Industri Gula Tebu," *Chemical Research*, vol. 7, no. 2354–9610, hal. 43–49, 2022.
- [7] F. Saputra, A. Fadli, dan A. Amri, "Kinetika Reaksi Pada Sintesis Hidroksiapatit Dengan Metode Presipitasi," *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, vol.3, no.1, 2016.
- [8] S. A. Oktaviasari, M. Mashuri, dan J. Statistika, "Optimasi Parameter Proses Jar Test Menggunakan Metode Taguchi dengan Pendekatan PCR-TOPSIS (Studi Kasus: PDAM Surya Sembada Kota Surabaya)," vol 6, no. 2, hal. 362-372, 2016.
- [9] Retno Ayu Maulinda, "Penentuan Koefisien Kinetika Reaksi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Proses Lumpur Aktif Aerobik (Skripsi)," 2017.
- [10] O. Levenspiel, *Chemical reaction engineering*, Third. New York: Department of Chemical Engineering Oregon State University, 1999.
- [11] Kemen LH. Baku Mutu Air Limbah, "Berita Negara Republik Indonesia," 2014. www.pelatihanlingkungan.com.

- [12] Elsa Tenrilawa Nasution, "Analisa Kadar Total Suspended Solid (TSS) Dan Total Dissolved Solid (TDS) Pada Air Limbah Di TPA Laempa Kecamatan Lalabata Kabupaten Soppeng Tugas Akhir," 2021.
- [13] Riyanah dan Nurhayati, "Perubahan Kadar TSS (Total Suspended Solid) Dan Phosphate Air Limbah Laundry Dengan Metode Koagulasi Dan Flokulasi," vol. 2, no.1, 2018.
- [14] W. Aribowo, A. Nugroho, dan I. Istadi, "Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kedelai Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Padat Ramah Lingkungan $K_2O/CaO-ZnO$," *TEKNIK*, vol. 40, no. 3, hal. 136–141, 2019.
- [15] J. Ronggur, "Kinetika Reaksi Proses Nitrasi Limbah Pelepah Sawit," Riau, 2011.
- [16] Dicky Morina Hutabarat, W. S. W. Pengaruh Jenis Koagulan dan Variasi pH terhadap Kualitas Limbah Cair di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Kawasan Industri INTILAND. *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no.3, hal 588-594, 2022.
- [17] Shabangu, K. P., Bakare, B. F., & Bwapwa, J. K. The Treatment Effect of Chemical Coagulation Process in South African Brewery Wastewater: Comparison of Polyamine and Aluminum-Chlorohydrate coagulants. *Water (Switzerland), Journal Water*, vol.14, no.16, hal 2-18, 2022.