

Penentuan Kebutuhan Poli Aluminium Klorida pada Proses Penjernihan Air di Unit Water Treatment PT. XYZ Kuala Tanjung

Novia Nelza¹, Mariani Sebayang², Yunianto³, Dimas Frananta Simatupang^{4*}

^{1,2,3,4*}Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan, Indonesia

Email: difratas@ptki.ac.id

Abstract

A Water Treatment Unit (WTU) is a station that works on the processing and conditioning of raw water to meet the desired water quality. Water purification at PT. XYZ Kuala Tanjung uses raw water sourced from surface water or rivers. The river water used still contains solid substances and organic matter that render the water unsuitable for industrial use. Both suspended and colloidal solid substances can cause turbidity. Turbidity caused by solid substances can be addressed using coagulation techniques. The purpose of this research is to determine the optimal concentration and dosage of coagulant to clarify water in the WTU. The coagulant used is polyaluminum chloride (PAC). The research method is based on experiments using jar tests and stoichiometric calculations. The determination of the optimal coagulant is measured based on turbidity parameters. Experiments are conducted with varying concentrations of PAC ranging from 25-65 ppm, and the smallest turbidity value obtained is 1.21 NTU at a PAC concentration of 65 ppm, with a PAC requirement of 202.6679 kg/day. The higher the PAC concentration, the clearer the resulting water, but the daily requirement for PAC also increases.

Keywords: WTU, Poly Aluminum Chloride, Water Purification, Coagulant

Abstrak

Unit Pengolahan Air (UPA) adalah stasiun yang bekerja dalam pengolahan dan pengondisian air baku agar sesuai dengan mutu air yang diharapkan. Penjernihan air di PT. XYZ Kuala Tanjung menggunakan air baku yang berasal dari air permukaan atau air sungai. Air sungai yang digunakan masih mengandung zat padat dan zat organik yang menyebabkan air tidak layak digunakan untuk kebutuhan industri. Zat padat baik tersuspensi maupun koloidal dapat menyebabkan kekeruhan. Kekeruhan yang disebabkan oleh zat padat dapat diatasi menggunakan teknik koagulasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi dan kebutuhan koagulan optimum untuk menjernihkan air di UPA. Koagulan yang digunakan adalah poli aluminium klorida (PAK). Metode penelitian berbasis eksperimen menggunakan *jar test* dan perhitungan stoikiometri. Penetapan optimum koagulan diukur berdasarkan parameter kekeruhan. Percobaan dilakukan dengan variasi konsentrasi PAK dengan rentang 25–65 ppm dan diperoleh nilai kekeruhan terkecil sebesar 1,21 NTU dengan konsentrasi PAK 65 ppm dan kebutuhan PAK sebesar 202,6679 kg/hari. Semakin tinggi konsentrasi PAK maka semakin jernih air yang dihasilkan, namun kebutuhan terhadap PAK semakin besar tiap harinya.

Kata Kunci: UPA, Poli Aluminium Klorida, Penjernihan Air, Koagulan

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air untuk seluruh kegiatan di PT. XYZ Kuala Tanjung sama dengan banyaknya produksi yang dihasilkan oleh pabrik tersebut. Namun, tidak 100% air digunakan untuk operasional. Sebanyak 60-65% air digunakan untuk kebutuhan ketel uap menghasilkan uap panas (*steam*), 20-24% air digunakan sebagai pengencer dalam operasional (biasanya hanya 10-15%, sisanya didapatkan dari air kondensat), 5-10% air

digunakan untuk keperluan regenerasi *demint plant* dan sisanya untuk keperluan domestik. Sumber air yang digunakan pada PT. XYZ Kuala Tanjung bersumber dari air Sungai Besar Kuala Indah. Air ini memerlukan proses pengolahan lebih lanjut karena masih mengandung banyak padatan-padatan tersuspensi dan terlarut sehingga tidak dapat langsung digunakan dalam proses pabrik dan harus melewati tahapan untuk dapat memenuhi sesuai kriteria yang ditetapkan.(PT XYZ, 2019)

Padatan-padatan yang tersuspensi dan yang bersifat koloidal dapat mengakibatkan kekeruhan pada air baku yang digunakan dalam proses di pabrik. Kekeruhan tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor seperti zat tersuspensi (mikroorganisme, lumpur, koloid). Salah satu cara untuk mengatasi kekeruhan adalah dengan teknik koagulasi. Koagulasi adalah teknik kimia dalam pengolahan air yang menggunakan koagulan sehingga akan diperoleh air yang jernih dan tidak keruh serta terbebas dari zat-zat tersuspensi lainnya. Lebih lanjut, teknik koagulasi adalah teknik pengumpulan partikel-partikel penyusun kekeruhan yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi, menjadi partikel yang lebih besar sehingga dapat diendapkan dengan cara pemberian bahan kimia koagulan. Kesulitan utama dalam proses koagulasi ini adalah menentukan dosis optimum koagulan (zat pengendap) agar dapat menghasilkan air dengan kualitas terbaik (Sarker et al., 2019).

Koagulan yang banyak digunakan dalam proses pengolahan air minum maupun dalam penjernihan air secara kimia adalah Poli Aluminium Klorida (PAK). PAK dengan rumus kimia umum $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{(3n-m)}$ memiliki derajat polimerisasi yang cukup tinggi dan merupakan bentuk polimer anorganik dengan berat molekul yang besar. PAK memiliki sifat fisik berupa cairan jernih sedikit kekuningan atau serbuk berwarna kekuningan. PAK adalah koagulan yang memiliki sifat stabil, dapat menghasilkan endapan dengan ukuran partikel yang relatif kecil sehingga sukar mengalami gangguan dan juga hanya membutuhkan waktu yang singkat untuk pengendapan. Selain itu, PAK juga dinilai unggul dalam proses penghilangan warna, kekeruhan, bau dan flok-flok yang nantinya dihasilkan juga lebih mudah untuk dipisahkan. Sebagai tambahan, PAK juga tidak membuat air keruh jika pemakaianya berlebihan serta sedikit berpengaruh terhadap pH air sehingga tidak mengakibatkan pH air hasil pengolahan terlalu rendah. PAK juga banyak digunakan di negara-negara maju seperti Inggris, Italia, Jepang dan Amerika Serikat untuk proses pengolahan dan penjernihan air skala besar (Kurniawan, 2017; Maulana, 2022).

Salah satu metode yang umum digunakan untuk dapat mengukur dosis optimum koagulan untuk proses perjernihan air adalah dengan metode *jar test*. Metode *jar test* disebut juga dengan tes flokulator digunakan dalam pengujian proses koagulasi menggunakan koagulan. *Jar test* merupakan suatu teknik yang digunakan pada skala laboratorium yang bertujuan untuk menentukan konsentrasi atau dosis optimum dari suatu koagulan dan membandingkan kinerja koagulan tersebut untuk mendapatkan padatan yang tersuspensi yang ada pada air baku sebagai sampel. Metode *jar test* dapat melakukan simulasi nyata untuk proses koagulasi dan flokulasi untuk dapat mengeliminasi padatan-padatan tersuspensi dan zat-zat organik yang menjadi penyebab dari masalah kekeruhan, warna, rasa dan bau dari air baku (Lestari, 2019).

Beberapa penelitian telah melaporkan efektivitas koagulan PAK dalam proses penjernihan air dengan air baku yang berasal dari sungai. Adapun pengaruh penambahan PAK dalam mengatasi masalah kekeruhan pada proses penjernihan air sungai di Perumda Delta Tirta Sidoarjo telah dilakukan dan diperoleh hasil bahwa dengan semakin tinggi konsentrasi PAK yang digunakan maka tingkat kekeruhan air juga semakin kecil. Dosis optimum PAK yang diperoleh sebesar 209 ppm (Prianti et al., 2022). Penelitian lainnya adalah menggunakan PAK untuk meningkatkan kualitas air gambut dengan hasil dapat menurunkan kekeruhan (Elakiadra et al., 2019). Kinerja koagulan PAK juga

menghasilkan penurunan kekeruhan pada air sungai Kalimas Surabaya yang menggunakan dosis PAK 75 ppm dan nilai kekeruhan mencapai 0,8 NTU (Budiman et al., 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dosis optimum dari koagulan PAK untuk proses penyaringan air baku di Unit Pengolahan Air (UPA) PT. XYZ Kuala Tanjung dan juga menentukan kebutuhan koagulan PAK yang digunakan setiap harinya selama proses tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium PT. XYZ Kuala Tanjung menggunakan alat-alat dan bahan-bahan kimia yang meliputi neraca analitik, alat *jar test*, pH meter, turbidimeter, alat-alat gelas kimia, PAK, akuades dan air baku.

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan observasi di lapangan untuk mendapatkan data sekunder mengenai laju aliran air, lama waktu pengolahan dan kapasitas *clarifier* (Simatupang et al., 2023).

Pembuatan Larutan

Pembuatan larutan PAK 1000 ppm dengan melarutkan serbuk PAK sebanyak 1 gram dengan akuades ke dalam labu ukur 1000 mL dan dihomogenkan. Kemudian, larutan natrium karbonat 1% dibuat dengan melarutkan 1 gram natrium karbonat dengan akuades ke dalam labu ukur 1000 mL.

Analisis Kekeruhan

Kekeruhan sampel dianalisis menggunakan turbidimeter. Sel turbidimeter dibersihkan terlebih dahulu dengan akuades dan dibilas dengan sampel. Sampel sebelum dan sesudah terpapar dengan koagulan dimasukkan ke dalam turbidimeter. Alat akan membaca nilai kekeruhan dengan satuan NTU (Simatupang et al., 2021).

Prosedur *Jar Test*

Sampel yang akan diukur nilai kekeruhannya dituangkan ke dalam gelas beaker berukuran 500 mL. Sampel terlebih dahulu di cek nilai kekeruhannya dan pH menggunakan pH meter (Saputra et al., 2023). Selanjutnya, larutan PAK sebagai koagulan ditambahkan dengan variasi konsentrasi koagulan 25-65 ppm dengan interval 10 ppm. Masing-masing sampel diagitasi dengan kecepatan 140 rpm selama 5 menit dan diturunkan kecepatannya mencapai 40 rpm selama 10 menit untuk dapat menghasilkan pembentukan flok yang baik, kemudian ditambahkan larutan natrium karbonat 1% sebanyak 2 mL pada masing-masing gelas beaker untuk mengatur pH larutan. Setelah proses agitasi maka sampel didiamkan selama 15 menit pada suhu ruang dan kembali di cek kekeruhannya menggunakan alat turbidimeter (Mayasari & Hastarina, 2018; Simatupang et al., 2021).

Analisis Data

Nilai kekeruhan dari sampel ditentukan menggunakan rumus selisih antara nilai kekeruhan sampel saat keadaan awal dengan keadaan akhir pengukuran. Kemudian, efektivitas dosis koagulan (%E) ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\%E = \frac{x_1}{x_2} \times 100\% \quad (1)$$

dimana X_1 adalah selisih antara nilai saat keadaan awal dengan keadaan akhir dan X_2 adalah nilai saat keadaan awal.

Selanjutnya, penentuan kebutuhan PAK yang dibutuhkan (N) menggunakan stoikiometri dengan rumus sebagai berikut :

$$N = D \times flow \times 8,34 \text{ lb/gal} \quad (2)$$

dimana D adalah dosis koagulan dan flow adalah laju aliran air (Spellman, 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan koagulan bertujuan untuk mengeliminasi padatan-padatan yang terkandung pada sampel air baku baik yang tersuspensi maupun yang bersifat koloid sehingga dapat menurunkan nilai kekeruhan dan menjernihkan sampel. Penentuan penurunan nilai kekeruhan dapat dilakukan menggunakan metode *jar test* dan diukur dengan alat turbidimeter. Hasil analisis nilai kekeruhan sampel terhadap variasi dosis koagulan PAK saat keadaan awal sebelum dengan setelah penambahan koagulan ditunjukkan pada Tabel 1.

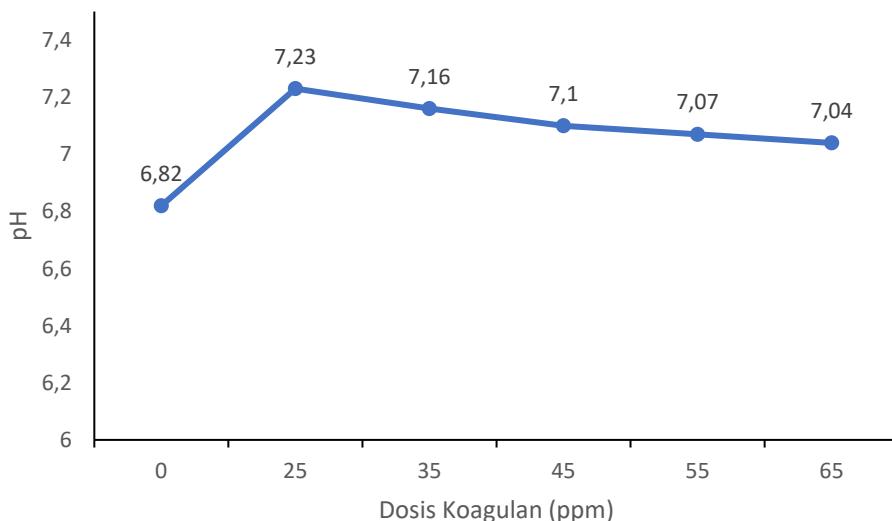
Tabel 1. Tabulasi nilai kekeruhan sampel sebelum dan sesudah penambahan PAK

No	Volume sampel (mL)	Sebelum penambahan PAK	Sesudah penambahan PAK	Jumlah koagulan yang ditambahkan (ppm)	%E
		Kekeruhan (NTU)			
1	500	58,6	5,75	25	90,18
2	500	58,6	4,27	35	92,71
3	500	58,6	3,68	45	93,72
4	500	58,6	2,94	55	94,98
5	500	58,6	1,21	65	97,93

Volume sampel air baku yang digunakan konsisten berjumlah 500 mL dan nilai kekeruhan sebelum ditambahkan koagulan PAK mencapai 58,6 NTU. Nilai kekeruhan ini lebih tinggi dari nilai kekeruhan air baku yang diperoleh dari PDAM Tirta Musi Palembang yaitu mencapai rata-rata 40,2 NTU untuk *intake* Karang Anyar dan 46,8 NTU untuk *intake* 1 Ilir (Sisnayati et al., 2021). Selanjutnya, setelah adanya penambahan koagulan PAK dengan berbagai dosis maka dihasilkan penurunan nilai kekeruhan air baku dengan nilai kekeruhan terendah (1,21 NTU) diperoleh pada penambahan koagulan PAK sebanyak 65 ppm. Dosis koagulan PAK tersebut memiliki nilai efektivitas mencapai 97,93% dan disimpulkan sebagai dosis optimum untuk menjernihkan air baku pada PT. XYZ Kuala Tanjung. Nilai efektivitas koagulan PAK ini lebih tinggi dibandingkan dengan efektivitas koagulan PAK (75,88%) yang ditambahkan untuk menjernihkan air lindi di TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta (Darnoto & Astuti, 2009). Penelitian dalam penggunaan koagulan PAK juga memiliki nilai efektivitas yang tinggi mencapai 97,77% untuk menjernihkan air limbah di IPAL Pengolahan Emas Pongkor (Husaini et al., 2018).

Nilai pH sampel juga telah diukur pada saat keadaan awal sebelum penambahan koagulan PAK yaitu mencapai pH 6,82 dan setelah penambahan koagulan PAK dengan variasi dosis dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan adanya penambahan koagulan PAK dengan dosis yang semakin tinggi mengakibatkan nilai pH dari sampel air baku juga menurun. Dosis koagulan PAK sebesar 65 ppm mampu menurunkan pH sampel air baku

hingga mencapai 7,04 dan dikategorikan sebagai pH air normal (7,00). Pengaruh penambahan koagulan PAK juga telah dilaporkan dapat menurunkan pH sampel air di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pandang-pandang PDAM Gowa dengan dosis optimum koagulan sebanyak 150 ppm dan pH air menurun dari 6,5 menjadi 5,8 (Ramadhan et al., 2022). Hasil penelitian lainnya juga menunjukkan adanya penurunan pH sampel air Sungai Kalimas Surabaya setelah penambahan koagulan PAK (Budiman et al., 2008).



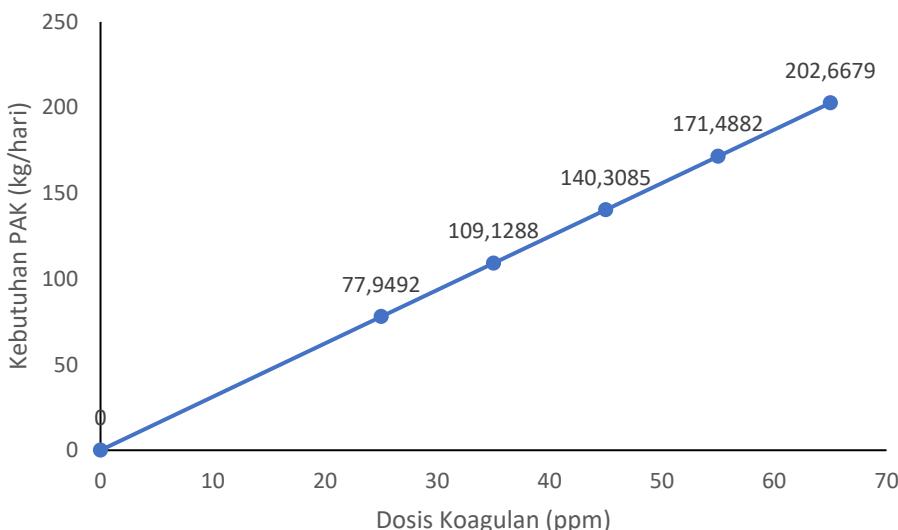
Gambar 1. Nilai pH air baku

Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan PAK untuk menurunkan nilai kekeruhan pada sampel air baku maka diperlukan data tambahan dari pihak pabrik yang dinamakan data sekunder. Data sekunder dari pabrik PT. XYZ Kuala Tanjung yang diperoleh untuk mendukung analisis data adalah data yang dideskripsikan pada Tabel 2. Data ini diperoleh langsung dari asisten lapangan pabrik dan digunakan untuk menghitung kebutuhan koagulan PAK untuk menurunkan nilai kekeruhan pada sampel.

Tabel 2. Data sekunder PT. XYZ Kuala Tanjung

Debit aliran air (m ³ /jam)	Lama waktu pengolahan (jam)	Kapasitas <i>clarifier</i> (m ³)
130	15	125

Dengan menggunakan perhitungan stoikiometri dan persamaan (2) maka dapat diperoleh data kebutuhan PAK per hari terhadap dosis PAK yang dideskripsikan pada Gambar 2. Dosis optimum PAK 65 ppm memerlukan sebanyak 202,6678 kg per hari nya untuk menurunkan nilai kekeruhan sampel air baku pabrik. Berdasarkan Gambar 2 maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan PAK yang digunakan maka semakin banyak juga PAK yang dibutuhkan.



Gambar 2. Profil kebutuhan PAK terhadap dosis PAK

4. KESIMPULAN

Konsentrasi (dosis) optimum koagulan PAK yang digunakan untuk menjernihkan air baku di PT. XYZ Kuala Tanjung sebesar 65 ppm dengan penurunan tertinggi nilai kekeruhan sampel air mencapai 1,21 NTU dan persen efektivitas koagulan mencapai 97,93%. Selain itu, pH air baku juga menurun dengan adanya penambahan koagulan PAK dan mendekati nilai pH air normal. Adapun jumlah PAK yang dibutuhkan untuk dosis optimum mencapai 202,6679 kg/hari. Semakin tinggi dosis koagulan PAK yang digunakan maka semakin menurun nilai kekeruhan, semakin menurun nilai pH dan semakin banyak PAK yang dibutuhkan untuk menjernihkan sampel air.

5. REFERENCES

- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., & Hindarso, H. (2008). Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. *Widya Teknik*, 7(1), 25–34.
- Darnoto, S., & Astuti, D. (2009). Pengaruh Penambahan Poly Aluminium Chloride (PAC) Terhadap Tingkat Kekeruhan, Warna, dan Total Suspended Solid (TSS) pada Leachate (Air Lindi) Di TPAS Putri Cempo Mojosongo Surakarta. *Jurnal Kesehatan*, 2(2), 179–814.
- Elakiadra, E., Budijono, & Harahap, S. (2019). Pengujian Formulasi Kapur, Tawas dan PAC (Poly Aluminium Chloride) Untuk Meningkatkan Kualitas Air Gambut Kabupaten Bengkalis, Siak dan Kampar. *Jurnal Sumberdaya Dan Lingkungan Akuatik*, 2(1), 192–203.
- Husaini, H., Cahyono, S. S., Suganal, S., & Hidayat, K. N. (2018). Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 31. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol14.no1.2018.387>
- Kurniawan. (2017). *Perbandingan Penggunaan Poli Aluminium Klorida (PAC) dan Tawas Terhadap Turbiditas dan Kandungan Mangan (Mn) Pada Air Baku Di Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Tirtanadi Hamparan Perak* [Skripsi]. Universitas Sumatera Utara.
- Lestari, S. A. (2019). *Efektivitas Penggunaan Bahan Koagulan Dalam Proses Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/v5cde>
- Maulana, A. (2022). *Optimalisasi Dosis Poly Aluminium Chloride (Pac) Pada Sampel Air Baku Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Alam Tarakan* [Skripsi]. Universitas Borneo Tarakan.

- Mayasari, R., & Hastarina, M. (2018). Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Studi Kasus PDAM Tirta Musi Palembang). *Integrasi*, 3(2), 28–36.
- Prianti, C. D., Hadiantoro, S., & Prastijono. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN PAC TERHADAP TINGKAT KEKERUHAN PADA PROSES PENJERNIHAN AIR SUNGAI DI PERUMDA DELTA TIRTA-SIDOARJO. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 8(3), 526–531. <http://distilat.polinema.ac.id>
- PT XYZ. (2019). *Katalog PT. XYZ Kuala Tanjung*.
- Ramadhan, A. A. N., Ramli, M., & Hatta, A. A. (2022). Optimasi Penggunaan Dosis Koagulan Alum dan Poly Aluminium Chloride (Pac) dalam Pengelolaan Limbah Cair Batubara. *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, 26(1). <https://doi.org/10.25042/jpe.052022.01>
- Saputra, H., Siregar, A. L., Oktavia, R. Y., & Simatupang, D. F. (2023). Sintesis Biooil dari Limbah Pelepas Kelapa Sawit Berbasis Metode Pirolisis. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 4(1), 12–18. <https://doi.org/10.52759/reactor.v4i1.68>
- Sarker, P., Islam, S., & Kabir, M. M. (2019). Removal of iron and turbidity from ground water by natural and chemical coagulants. *International Research Journal of Environmental Sciences*, 8(1), 36–41.
- Simatupang, D. F., Paranita, D., Nuranika, Saputra, H., & Simbolon, M. (2023). Perhitungan Neraca Massa Pada Reception Oil Tank di Stasiun Klarifikasi PKS XYZ Sumatera Utara. *Journal of Engineering Science and Technology (JESTY)*, 1(1), 1–7.
- Simatupang, D. F., Saragih, G., & Siahaan, M. (2021). Pengaruh Dosis Aluminium Sulfat Terhadap Kekeruhan dan Kadar Besi Air Baku pada IPA PDAM X. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.52759/reactor.v2i1.13>
- Sisnayati, Winoto, E., Yhopie, & Aprilyanti, S. (2021). Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang. *Jurnal Redoks*, 6(2), 107–116. <https://doi.org/10.31851/redoks.v6i2.5841>
- Spellman, F. R. (2014). *The Science of Water: Concepts and Applications* (Third Edition). CRC Press.