

Pengolahan Limbah Cair *Laundry* Menggunakan Aluminium Sulfat dari *Fly Ash* dengan Metode Koagulasi-Flokulasi

Adelita Sidabutar, Noni Esti Utami*, Srie Muljani, Caecillia Pujiastuti, Sani

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: noniutami847@gmail.com

Diterima: 10 November 2025

Disetujui: 14 November 2025

Abstract

Laundry wastewater poses thousand risk for the environment and microbes due to its detergent content that remain the same from washing process using detergent and any other substance. These detergents can trigger various issues such as eutrophication in rivers and health problems caused by their chemical components. Therefore, further treatment is necessary to ensure the wastewater meets quality standards and is safe for discharge into the environment. Fly ash, which contains a high concentration of aluminum, can be utilized through a synthesis process to produce alum. This alum is then applied in coagulation–flocculation processes to reduce pollutants in laundry wastewater, such as BOD, COD, and TSS. This study aims to determine the optimal dosage and contact time of fly ash alum in treating wastewater to meet quality standards, using dosage variations of 30, 40, 50, 60, and 70 mL and flocculation times of 45, 55, 65, 75, and 85 minutes. The results of the treatment using fly ash alum are then compared with those using commercial alum to identify the most effective treatment. Consequently, the synthesis and treatment process not only contribute to wastewater management but also offer an alternative solution for coagulant and flocculant materials.

Keywords: *Fly ash, alum, limbah laundry, coagulant, flocculant, BOD, COD, TSS*

Abstrak

Limbah laundry memiliki risiko berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup sebab kandungan detergen yang terdapat pada sisa proses pencucian. Kandungan detergen tersebut dapat memicu berbagai polemik dan permasalahan seperti timbulnya eutrofikasi pada sungai dan masalah kesehatan lain sebab adanya kandungan bahan kimia pada detergen. Perlu dilakukan adanya pengolahan lanjutan pada limbah agar sesuai dengan baku mutu dan aman untuk dibuang ke lingkungan. Limbah abu layang atau *fly ash* yang memiliki kandungan aluminium tinggi mampu untuk dimanfaatkan melalui proses sintesis untuk memperoleh produk berupa tawas. Tawas ini kemudian akan melalui proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan kadar polutan pada limbah *laundry* seperti BOD, COD, dan TSS pada limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis dan waktu pengontakan terbaik pada tawas *fly ash* dengan limbah untuk mengolah limbah hingga sesuai baku mutu dengan variasi dosis 30, 40, 50, 60, 70 ml dengan variasi waktu pengontakan, 45, 55, 65, 75, dan 85 menit flokulasi. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil pengolahan dengan tawas *fly ash* dan tawas komersil untuk mendapatkan hasil pengolahan terbaik. Dengan demikian, hasil sintesis dan pengolahan limbah *laundry* tidak hanya melakukan pengolahan limbah akan tetapi juga dapat menjadi alternatif solusi bagi koagulan dan flokulan.

Kata Kunci: *Fly ash, tawas, limbah laundry, koagulasi, flokulasi, BOD, COD, TSS*

1. Pendahuluan

Berdasarkan data mengenai Kualitas Air Sungai di Surabaya dijelaskan bahwa terdapat beberapa zat pencemar yang ada pada aliran sungai di wilayah Surabaya, parameter tersebut diantaranya ialah *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), fosfat, *Total Suspended Solid* (TSS) serta kadar nitrogen [1]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Banyaknya Desa/ Kelurahan Yang Mempunyai Sungai Menurut Keberadaan Pabrik/Industri/Rumah Tangga/Lainnya Yang Membuang Limbah Ke Sungai pada 2024 di Surabaya tercatat sebanyak 43 industri melakukan pembuangan limbah industrinya pada 102 sungai yang berada di wilayah Surabaya. Limbah laundry memiliki risiko berbahaya bagi lingkungan dan makhluk hidup sebab kandungan detergen yang terdapat pada sisa proses pencucian. Kandungan detergen tersebut dapat memicu berbagai polemik dan permasalahan seperti timbulnya eutrofikasi pada sungai dan masalah kesehatan lain sebab adanya kandungan bahan kimia pada detergen. Kandungan limbah detergen yang tinggi pada perairan akan membahayakan bagi lingkungan, [2] menjelaskan bahwa tingginya kandungan detergen akan menimbulkan eutrofikasi yang dapat ditandai

dengan pertumbuhan tak terkontrol dari algae ataupun enceng gondok. Sementara [3] menyatakan bahwa tingginya limbah ini nantinya akan berimbas kepada proses degradasi polutan yang terganggu sebab tingginya kandungan zat pencemar. Hal ini menjadi permasalahan serius sebab kandungan limbah laundry yang memiliki komponen baik organik maupun anorganik yang dapat mencemari lingkungan [4]. Bahan kimia tersebut diantaranya ialah ammonium klorida, LAS, sodium dodecyl benzene sulfonate, natrium karbonat, natrium sulfat, alkilbenzena sulfonate [5].

Peraturan Gubernur dan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup sejatinya telah mengatur baku mutu air limbah laundry sebelum dibuang ke lingkungan. Pada peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dijelaskan bahwa kadar maksimum MBAS pada air limbah laundry adalah 10mg/L, COD adalah 250 mg/L, TSS adalah 100 mg/L, dan fosfat adalah 10 mg/L. Pemilik usaha laundry wajib memenuhi baku mutu tersebut untuk limbah dapat aman dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah sendiri dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, diantaranya melalui proses koagulas-flokulasi.

Pencemar tersebut dapat dinyatakan dalam berbagai nilai terukur seperti nilai BOD atau Biological Oxygen Demand yang menjadi suatu parameter jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air, yang merupakan indikator pencemaran air, sementara Chemical Oxygen Demand atau COD merupakan suatu ukuran jumlah kebutuhan oksigen kimia untuk mengoksidasi seluruh zat organik dan anorganik dalam air [6]. Selain kedua parameter tersebut penggolongan limbah laundry sebagai limbah yang perlu mengalami pengolahan lebih lanjut sebab adanya bahan-bahan aktif seperti fosfat, surfaktan, amoniak, dan nitrogen yang bila terlarut dan tersuspensi akan menyebabkan tingginya nilai TSS (Total Suspended Solid) yang terukur dalam limbah [7].

Fly ash melalui proses pembakaran batu bara tersebut merupakan hasil sisa pembakaran yang sejatinya memiliki banyak nilai guna apabila dimanfaatkan secara optimal. Terdapat beberapa kandungan fly ash yang dapat dimanfaatkan dalam proses industri. Abu layang atau fly ash batu bara memiliki komponen penyusun seperti SiO₂ 50-60%, Al₂O₃ 21,90%, Fe₂O₃ 7,76%. Kandungan-kandungan aluminium oksida dan besi oksida tersebut telah banyak dimanfaatkan oleh beberapa peneliti dalam pembuatan koagulan, melalui proses sintesis. Proses ini secara menyeluruh memungkinkan perubahan fly ash, yang merupakan limbah dari industri, menjadi bahan kimia bernilai tinggi seperti aluminium sulfat, yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi industri [8]. Salah satu jenis koagulan yang kerap dimanfaatkan dalam pengolahan limbah berupa koagulan alum atau aluminium sulfat menyatakan bahwa pemilihan koagulan tersebut didasari pada beberapa kelebihan koagulan berupa residu proses koagulasi dengan koagulan tersebut lebih sedikit. Misalnya saja penggunaan asam sulfat pada melalui proses sintesis akan membuat produk koagulan berupa aluminium sulfat (Al₂(SO₄)₃) [9]. Koagulan ini merupakan koagulan yang paling umum digunakan dalam proses penjernihan air atau pengolahan limbah sebab harganya yang ekonomis [10].

Koagulan polimer atau koagulan organik pula terbagi menjadi beberapa kategori berupa kationik atau bermuatan positif, anionik atau bermuatan negatif, dan non-ionik atau muatannya netral [11]. Proses koagulasi akan dipengaruhi oleh banyaknya koagulan yang ditambahkan pada proses, sebab pemberian dosis koagulan yang optimal akan mengoptimalkan pula proses koagulasi yang terjadi [12]. Pemberian pengadukan pada proses koagulasi akan berpengaruh kepada besar tumbukan antar partikel pada proses koagulasi, dimana pengadukan yang cenderung lambat akan berpengaruh terhadap lambatnya pembentukan flok dan pengadukan yang terlalu cepat dapat meningkatkan resiko pecahnya flok-flok yang telah terbentuk sebelumnya [13].

Mekanisme koagulasi dan flokulasi mencakup beberapa langkah utama yang bertujuan untuk mengendapkan partikel-partikel yang tercampur dalam air. Koagulasi terjadi saat zat kimia koagulan, seperti aluminium sulfat, dimasukkan ke dalam air untuk menetralkan muatan negatif dari partikel halus (koloid) yang bermuatan negatif. Reaksi hidrosilasi yang terjadi pada koagulan menghasilkan produk hidrosida, yang berfungsi untuk menetralkan muatan tersebut. Hal ini menyebabkan partikel menjadi kurang stabil dan lebih mudah untuk bergabung. Proses ini terjadi dengan sangat cepat, seringkali dalam waktu kurang dari 1 menit, dan melibatkan penyerapan spesies hidrosilasi yang mengakibatkan destabilisasi koloid. Flokulasi merupakan tahap berikutnya setelah koagulasi, di mana partikel-partikel yang telah kehilangan muatannya mulai berkumpul membentuk flok yang lebih besar dan lebih berat, sehingga dapat mengendap. Flokulasi umumnya dilakukan melalui pengadukan dengan lembut agar pertumbuhan flok dapat dipercepat tanpa mengakibatkan kerusakan. Secara keseluruhan, cara kerja ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH, suhu, konsentrasi bahan kimia, dan kecepatan pengadukan, yang semuanya perlu dikendalikan dengan tepat untuk memperoleh efisiensi yang maksimal [14]. Melalui penambahan agen koagulan-flokulan seperti tawas diharapkan limbah laundry pada penelitian mampu untuk mengalami penurunan hingga mencapai baku mutu yang sesuai dengan menggunakan kadar

larutan ekstrak aluminium sulfat. Pemisahan dilakukan dengan filtrasi menggunakan kertas saring, untuk kemudian larutan hasil ekstraksi akan mengalami pengujian lebih lanjut menggunakan analisa AAS atau *Atomic Absorption Spectroscopy* untuk mengetahui kandungan aluminium yang berhasil diekstraksi dari padatan abu layang. Melalui analisa pada hasil ekstraksi diketahui bahwa persentase berat kandungan aluminium hasil ekstrak sebesar 8 persen berat dari 200 ml hasil ekstraksi. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional pada tahun 2021 [13] diketahui bahwa persyaratan kualitas atau baku mutu dari tawas dinyatakan sebagai presentase Al_2O_3 . Melalui standarisasi tersebut dinyatakan bahwa kandungan atau persentase standar tawas komersil sebesar 14-18% w/w Al_2O_3 atau 7,5-9% w/w Al, sedangkan tawas cair sebesar 8% w/w Al_2O_3 atau 4,2% w/w Al. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tawas *fly ash* hasil ekstraksi telah memenuhi standar baku mutu dan dapat digunakan secara komersil.

Analisa Awal Limbah Laundry

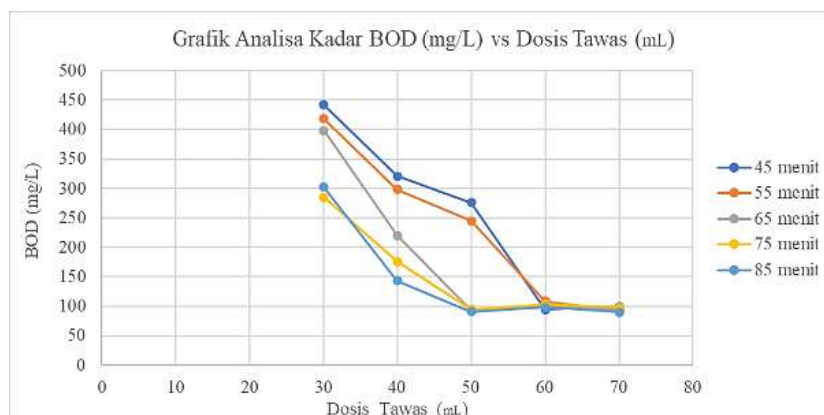
Melalui analisa tersebut dapat dilihat bahwa limbah industri *laundry* belum memenuhi baku mutu untuk dibuang ke lingkungan seperti yang telah ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur mengenai sisa hasil industri laundry. Melalui pengolahan menggunakan tawas hasil ekstraksi limbah abu layang atau *fly ash* menggunakan asam sulfat, limbah laundry akan mengalami proses koagulasi dan flokulasi sehingga dapat menurunkan parameter-parameter tersebut hingga sesuai baku mutu dan dapat aman dibuang ke lingkungan tanpa risiko menjadi polutan yang akan merusak lingkungan.

Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Awal BOD, COD, TSS pada Limbah Laundry

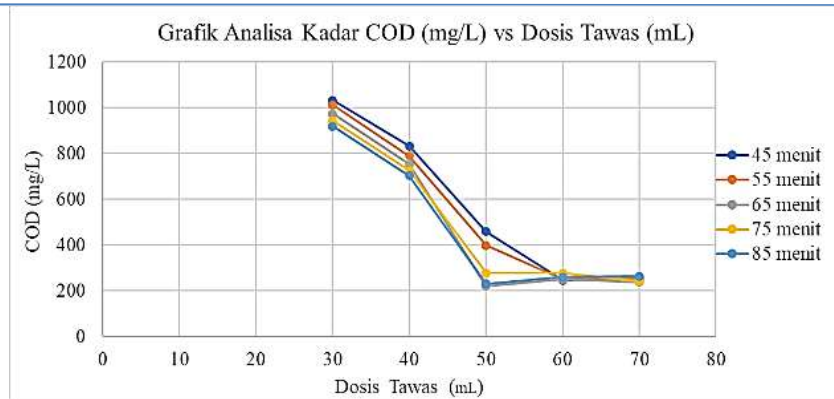
Limbah	Parameter	Satuan	Hasil Uji (mg/L)
Laundry	BOD	mg/L	678
	COD	mg/L	1521
	TSS	mg/L	498

Analisa BOD, COD, TSS Limbah Laundry Setelah Koagulasi-Flokulasi

Dari grafik **Gambar 1** dapat dilihat bahwa semakin banyak dosis tawas *fly ash* yang digunakan maka semakin tinggi penurunan kadar BOD yang dihasilkan. Penurunan dapat dipengaruhi oleh lamanya waktu pengadukan dimana semakin tinggi waktu pengadukan maka akan memberikan waktu kontak yang semakin besar diantara tawas *fly ash* dan limbah cair industri *laundry*. Hal ini menunjukkan grafik telah memiliki kesesuaian dengan teori terdahulu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tawas dari limbah *fly ash* mampu menurunkan kadar BOD limbah cair hasil sisa industri *laundry* dengan hasil terbaik pada penambahan 50 mL tawas *fly ash* dengan waktu pengadukan selama 65 menit. Penambahan flokulan dengan kondisi tersebut mampu menghasilkan BOD sebesar 93 mg/L dari kadar yang semula 678 mg/L. Kondisi tersebut secara efektif mampu menurunkan kadar BOD sebesar 86,28% dari kadar mula-mula, sehingga mampu menghasilkan kondisi akhir limbah yang telah memenuhi baku mutu peraturan Gubernur hingga mencapai kondisi maksimum 100 mg/L.



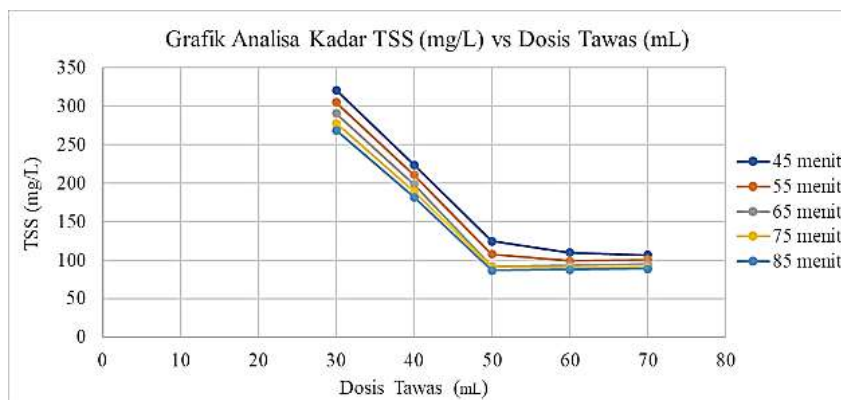
Gambar 1. Hasil analisa kadar BOD pada limbah laundry setelah proses koagulasi-flokulasi



Gambar 2. Hasil analisa kadar COD pada limbah laundry setelah proses koagulasi-flokulasi

Berdasarkan grafik **Gambar 2** diketahui bahwa tawas *fly ash* mampu menurunkan kadar COD sesuai baku mutu limbah *laundry* dengan hasil terbaik didapatkan pada dosis tawas *fly ash* 50 mL dengan waktu pengontakan 65 menit. Proses mampu menurunkan kadar COD yang semula sebesar 1521 mg/L menjadi 220 mg/L sehingga menghasilkan penurunan sebesar 85,54%. Grafik IV.2 memiliki kesesuaian dengan teori yang menyatakan bahwa hasil COD pada koagulan yang sangat rendah disebabkan oleh proses koagulasi yang tidak stabil dan pembentukan flok yang kurang sempurna sehingga terdapat hasil penambahan yang masih belum memenuhi baku mutu. Pada penambahan koagulan dengan dosis kurang dari 50 mL dan waktu kontak kurang dari 45 menit belum mampu memenuhi penurunan baku mutu yang diinginkan.

Hal tersebut dapat terjadi akibat adanya kekurangan muatan positif dalam koagulan yang menyebabkan tidak terbentuknya flok yang dapat mengikat koloid yang mengandung zat organik, hal ini dapat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD pada limbah. Dalam teori juga dijelaskan bahwa tawas merupakan koagulan dan flokulan yang efektif dalam proses penurunan COD sebab tawas yang cenderung lebih stabil dalam menurunkan kadar COD pada limbah laundry (Nugti, 2020). Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan koagulan dan flokulan tawas *fly ash* telah mampu memenuhi kadar COD limbah *laundry* sesuai baku mutu yang berlaku sebesar 250 mg/L.



Gambar 3. Hasil analisa kadar TSS pada limbah laundry setelah proses koagulasi-flokulasi

Grafik **Gambar 3** menunjukkan hubungan antara pemberian dosis tawas *fly ash* dan waktu pengontakan dengan penurunan kadar TSS pada limbah cair industri *laundry*. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa kondisi optimal pada dosis 50 mL dan waktu pengadukan 65 menit mampu secara optimal menurunkan kadar TSS hingga mencapai kondisi baku mutu yang diinginkan. Kondisi tersebut secara efektif menurunkan sebesar 81,53% TSS limbah yang semula 498 mg/L menjadi 92 mg/L. Melalui grafik diketahui bahwa peningkatan dosis tawas *fly ash* sangat berpengaruh dalam penurunan kadar TSS. Hal tersebut memiliki kesesuaian dengan teori bahwa persentase penurunan kadar TSS akan memiliki perbandingan lurus seiring dengan bertambahnya dosis bahan koagulan (Widyaningsih, 2023). Penurunan TSS ini terjadi akibat terjadinya proses sedimentasi akibat pengaruh koagulan yang mampu mendestabilasi partikel tersuspensi, sehingga partikel yang destabil tersebut akan saling bertumbukan dan saling membentuk agregat flok. Flok-flok yang saling berikatan tersebut akan membentuk gaya berat yang kemudian akan membuat partikel mengalami pengendapan (Ebeling dan Ogden, 2004). Melalui pengujian

dari parameter-parameter seperti BOD, COD, dan TSS, dapat disimpulkan bahwa tawas *fly ash* telah mampu menjadi agen koagulan dan flokulan yang efektif untuk melakukan proses pengolahan limbah cair industri *laundry* hingga memenuhi baku mutu yang berlaku.

Analisa Limbah Laundry dengan Tawas Fly Ash dan Tawas Komersil

Melalui **Tabel 5** diketahui perbandingan penggunaan tawas konvensional dengan tawas *fly ash* dalam penurunan kadar BOD, COD, dan TSS pada limbah *laundry* dengan perbandingan dosis dan waktu yang optimal. Penurunan kadar BOD pada limbah *laundry* menggunakan tawas *fly ash* dicapai pada dosis 50 mL dengan waktu pengontakan 65 menit mencapai penurunan sebesar 86,28% dengan nilai akhir kadar BOD sebesar 93 mg/L. Sementara pada penurunan BOD dengan dosis tawas konvensional 7,1 gram dengan waktu pengontakan 65 menit menurunkan sebesar 85,55% BOD menjadi 98 mg/L. Untuk kondisi yang sama pada kedua tawas limbah *laundry* mengalami penurunan kadar COD 85,54% menggunakan tawas *fly ash* dan 83,83% menggunakan tawas konvensional. Sedangkan pada penurunan kadar TSS tawas *fly ash* memiliki penurunan lebih kecil dengan 81,53% hingga kadar TSS mencapai 92 mg/L sedangkan tawas konvensional mencapai kadar 75 dengan penurunan sebesar 84,94%.

Tabel 3. Hasil Analisa Perbandingan Kadar BOD, COD, TSS Limbah Laundry Pada Tawas

Komersil dan Tawas Fly Ash					
Dosis	Waktu (menit)	Koagulan	Parameter	Kadar (mg/L)	Penurunan (%)
50 mL	65	Tawas fly ash	BOD	93	86,28
			COD	220	85,54
			TSS	92	81,53
7,1 gr	65	Tawas komersil	BOD	98	85,55
			COD	246	83,83
			TSS	75	84,94

Melalui hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan tawas *fly ash* telah memenuhi standar dengan mampu mengolah limbah *laundry* hingga mencapai garis batas baku mutu sehingga limbah dapat dibuang ke lingkungan tanpa menimbulkan polusi dan kerusakan ekosistem. Pemilihan tawas *fly ash* terbukti dapat menjadi alternatif solusi bagi penumpukan limbah abu layang industri yang tidak terpakai dan hanya ditimbun menjadi limbah yang tidak memiliki nilai jual. Tawas *fly ash* telah terbukti mampu memberikan penurunan kadar BOD, COD, dan TSS yang setara bahkan lebih baik dibandingkan dengan tawas konvensional.

4. Kesimpulan

Proses penurunan kadar BOD, COD, dan TSS terbaik pada pengolahan limbah *laundry* menggunakan tawas *fly ash* didapatkan pada penambahan dosis tawas sebanyak 50 mL dengan waktu pengontakan selama 65 menit, proses pengolahan dengan kondisi optimum didapatkan penurunan BOD sebesar 86,28% dengan kondisi akhir limbah memiliki kadar 93 mg/L, sedangkan COD dengan kondisi optimal memiliki kadar 220 mg/L yang menghasilkan penurunan sebesar 85,54%, serta memiliki kadar TSS 92 mg/L dengan reduksi sebesar 81,53%

5. Referensi

- [1] Bakara, C. G., Purnomo, A., (2022), Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia, Jurnal Teknik ITS, Vol. 11, No. 3
- [2] Rohman, Moh. K. (2016). Pengolahan Limbah Cair Industri Laundry Menggunakan Filter Membran Dari Sintesis Zeolit dan Kitosan Untuk Menurunkan Total Suspended Solid dan Surfaktan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Zahro, S. F., Setyowati, Rr. D. N., Nengse, S., & Utama, T. T. (2022). Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Media Pasir Silika-Karbon Aktif-Manganese Greensand. Dampak, 19(1), 8. <https://doi.org/10.25077/dampak.19.1.8-16.2022>
- [4] Jayanto, G. D., Widyastuti, M., Hadi, M. P., (2021), Laundry Wastewater Characteristics and Their Relationship With River Water Quality As An Indicator Of Water Pollution. Case study: Code Watershed, Yogyakarta, E3S Web of Conferences, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132502011>

- [5] Lista, Y. P. L., & Da Costa, M. (2023). Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (Tss) Dan Fosfat Dalam Limbah Laundry Menggunakan Metode Biosand Filter. *Envirotechsains: Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), 26-32.
- [6] Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemar Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1). <https://ejournalunsam.id/index.php/JQ>
- [7] Permatasari, T. J., & Apriliani, E. (2013). Optimasi Penggunaan Koagulan Dalam Proses Penjernihan Air. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1), 2337–3520.
- [8] Rouf, N. A., Arseto, D., & Bagastyo, Y. (2020). Kajian Pemanfaatan Koagulan Recovery Aluminium Dan Besi Dari Abu Terbang. *Jurnal Purifikasi*, 20(1), 28–39.
- [9] Afdal, R. (2020). Optimasi Penggunaan Koagulan PC300 dan Flokulan A100 Untuk Proses Pengolahan Air Limbah Tambang di WWTP01 OT Mitrabara Adiperdana, Tbk. *Jurnal Bina Tambang*, 5(1).
- [10] Mu, Wen & Zhai, Yu. (2010). Preparation of α -Alumina from Coal Fly Ash by Sintering with Sulfuric Acid. *Advanced Materials Research*. 113-116. 2039-2044. [10.4028/www.scientific.net/AMR.113-116.2039](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.113-116.2039).
- [11] Martina, A., Effendy, D. S., & Soetedjo, J. N. M. (2018). Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa Dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna Pada Limbah Tekstil Sintetik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(2), 40. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.38948>
- [12] Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiyah, I. (2016). Pengolahan Limbah Detergen Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/k.v5i2.4767>
- [13] Hidayati, S. D. A. ., & Damajanti, N. (2022). Reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS) from Wastewater of Tapioca Plant Using Aluminium Sulfate and Poly Aluminium Chloride (PAC) as a Coagulant. *Research in Chemical Engineering*, 1(1), 14–21. <https://doi.org/10.30595/rice.v1i1.5>
- [14] Scholz, M. (2015). *Wetland Systems to Control Urban Runoff*. Netherlands: Elsevier Science. Elsevier, New York, USA
- [15] Pradhana, Syanura Hyuga and Farida, Mutia and A.S.Dwi Saptati Nur Hidayati, ST.,MT. and Nurul Faiqotul Himma, ST.,MT. (2021) Sintesis Koagulan Tawas dari Limbah Kemasan Single-Use Sachet. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.