

Pengaruh Jenis Tawas terhadap pH dan Kadar TSS Air Limbah Industri Kimia

Siti Muthi'ah¹, Novi Eka Mayangsari^{1*}, Tarikh Azis Ramadani²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: noviekam@ppns.ac.id

Abstrak

Air limbah industri kimia diolah menggunakan proses koagulasi dengan konsumsi koagulan tawas mencapai 175,2 kg/jam. Tawas umumnya dibuat dengan bahan baku bauksit yang termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Alternatif pengganti bauksit yaitu limbah yang memiliki kandungan aluminium misalnya plastik *multilayer*. Aluminium dalam plastik *multilayer* dapat didaur ulang melalui metode ekstraksi *green solvent* menggunakan asam laktat dan DES (*choline chloride* – asam laktat, rasio molar 1:9) dan dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku pembuatan tawas. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa tawas berbahan baku aluminium hasil *recovery* dari *multilayer* menggunakan asam laktat dan DES dalam menyisihkan pH dan kadar TSS air limbah industri kimia, kemudian membandingkannya dengan tawas komersial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa tawas *multilayer*-asam laktat dalam menurunkan kadar pencemar air limbah industri kimia lebih baik daripada tawas *multilayer*-DES dan tawas komersial. Efisiensi penyisihan TSS yaitu 98,22% pada tawas *multilayer*-asam laktat, 97,61% pada tawas *multilayer*-DES, dan 94,76% pada tawas komersial. Perubahan pH air limbah teramati pada semua jenis tawas, dari pH awal 3 menjadi 7.

Keywords: Koagulasi, pH, Plastik *Multilayer*, Tawas, TSS (*Total Suspended Solid*)

1. PENDAHULUAN

Analisis karakteristik awal menunjukkan bahwa air limbah industri kimia memiliki pH yang rendah yaitu 3 dan memiliki kandungan TSS sebesar 122,54 mg/L. Pengolahan air limbah di industri kimia menggunakan proses koagulasi dengan konsumsi koagulan tawas mencapai 175,2 kg/jam (Industri Kimia, 2017). Tawas umumnya dibuat dengan bahan baku bauksit, namun bauksit merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui walaupun jumlahnya masih cukup besar di Indonesia. Alternatif pengganti bauksit sebagai bahan baku tawas yang sedang dikembangkan yaitu limbah yang memiliki kandungan aluminium seperti limbah aluminium foil (Anggraeni dkk., 2017), limbah kaleng (Gultom dan Hestina, 2019), dan limbah plastik *multilayer* (Pradhana dkk., 2021). Aluminium dalam plastik *multilayer* dapat didaur ulang melalui metode ekstraksi *green solvent* menggunakan asam laktat dan DES (*choline chloride* – asam laktat, rasio molar 1:9) (Nieminen dkk., 2020). Tawas yang dibuat dari aluminium hasil *recovery* dari *multilayer* menggunakan asam laktat dan DES memiliki perbedaan karakteristik dengan tawas komersial. Salah satu perbedaannya yaitu kadar Al_2O_3 , yang menunjukkan kandungan aluminium dalam tawas dan berperan penting dalam pembentukan senyawa aluminium hidroksida $Al(OH)_3$ dalam proses koagulasi dan flokulasi. Kadar Al_2O_3 akan berpengaruh terhadap performa tawas saat digunakan sebagai koagulan (Mariam dan Handajani, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa tawas berbahan baku aluminium hasil *recovery* dari *multilayer* menggunakan asam laktat dan DES (*choline chloride* – asam laktat, rasio molar 1:9) dalam menyisihkan pH dan kadar TSS air limbah industri kimia, kemudian membandingkannya dengan tawas komersial.

2. METODE

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tawas berbahan baku aluminium hasil *recovery* dari *multilayer* menggunakan asam laktat, tawas berbahan baku aluminium hasil *recovery* dari *multilayer* menggunakan DES (*choline chloride* – asam laktat, rasio molar 1:9), tawas komersial, air limbah industri kimia, KOH (WAKO), dan kertas saring. Peralatan yang digunakan adalah *jar tester*, kertas pH universal, dan beberapa peralatan gelas laboratorium.

2.2 Jar test

Jar test dilakukan pada tawas *multilayer*-asam laktat, tawas *multilayer*-DES, dan tawas komersial. Sebanyak 1000 mL air limbah industri kimia dimasukkan ke gelas beaker dan ditambahkan tawas dengan dosis 100 ppm (Nurlina dkk., 2015). Koagulasi atau pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit, lalu flokulasi atau pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 60 rpm selama 20 menit. Larutan kemudian dibiarkan agar mengendap selama 30 menit. Larutan tersebut disaring lalu filtratnya diuji karakteristik pH dan TSS.

2.3 Pengukuran pH Air Limbah

pH air limbah industri kimia diukur pada saat awal setelah pengambilan sampel, setelah dilakukan penyesuaian pH optimum, dan setelah selesai *jar test*. Pengukuran pH dilakukan menggunakan kertas pH universal. pH air limbah dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013.

2.4 Analisis Kadar TSS Air Limbah

Kadar TSS air limbah industri kimia dianalisis sebelum dan setelah *jar test*. Analisis kadar TSS dilakukan menggunakan metode gravimetri berdasarkan SNI 6989.73:2019. Kadar TSS air limbah dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

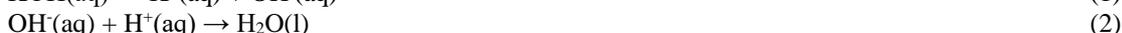
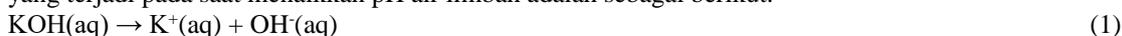
Penelitian dilakukan untuk menguji performa tawas berbahan baku aluminium hasil *recovery* dari *multilayer* menggunakan asam laktat dan DES dalam menyisihkan pH dan kadar TSS air limbah industri kimia, kemudian membandingkannya dengan tawas komersial. Ada empat tahapan yang dilakukan pada pengujian performa tawas ini, yaitu koagulasi, flokulasi, pengendapan, dan penyaringan. Koagulasi atau pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit untuk memadatkan partikel-partikel koloid. Flokulasi atau pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 60 rpm selama 20 menit untuk membentuk flok yang lebih berat dan besar. Setelah itu tahap pengendapan dilakukan dengan cara mendinginkan larutan selama 30 menit, sehingga flok-flok yang terbentuk mengendap. Terakhir, dilakukan tahap penyaringan untuk memisahkan flok dari larutan. Filtrat yang didapat dianalisis karakteristik pH dan kadar TSS. Hasil analisis karakteristik air limbah kimia sebelum dan sesudah penambahan tawas ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Analisis Karakteristik Air Limbah Industri Kimia Sebelum dan Setelah Penambahan Tawas

Parameter	Sebelum Penambahan Tawas	Setelah Penambahan Tawas			Baku Mutu PERGUB JATIM No 72 Tahun 2013
		Tawas <i>Multilayer</i> - Asam Laktat	Tawas <i>Multilayer</i> - DES	Tawas Komersial	
pH	3	7	7	7	6 – 9
TSS (mg/L)	122,54	3,22	4,32	9,19	200

3.1 pH

Air limbah industri kimia memiliki pH asam yaitu 3 berdasarkan pengukuran awal yang telah dilakukan. Pengukuran pH air limbah dilakukan menggunakan kertas pH universal. Menurut Widyarningsih (2023) proses koagulasi menggunakan koagulan tawas berlangsung secara optimum pada pH netral yaitu 6-8. Sebelum dilakukan *jar test*, pH air limbah industri kimia perlu dinaikkan hingga mencapai pH optimum. Nilai pH air limbah dinaikkan menjadi 6 dengan penambahan larutan KOH 5%. Larutan KOH melepaskan ion hidroksida (OH^-) yang selanjutnya bereaksi dengan ion hidrogen (H^+) yang ada dalam air limbah sehingga nilai pH naik dari 3 menjadi 6. Reaksi yang terjadi pada saat menaikkan pH air limbah adalah sebagai berikut.



Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan tawas menyebabkan pH air limbah mengalami kenaikan menjadi 7 pada semua jenis tawas. Nilai pH akhir air limbah ini telah memenuhi baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya yaitu 6-9. Peningkatan pH yang terjadi tidak terlalu signifikan karena masih merupakan suasana netral. Performa tawas *multilayer*-asam laktat, tawas *multilayer*-DES, dan tawas komersial dengan dosis 100 ppm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan pH air limbah.

3.2 Total Suspended Solid (TSS)

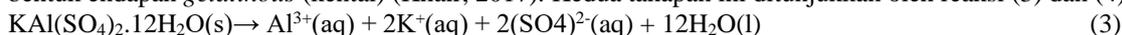
Analisis kadar TSS air limbah industri kimia dilakukan menggunakan metode gravimetri berdasarkan SNI 6989.73:2019. Kadar akhir TSS terendah tercapai pada penambahan tawas *multilayer*-asam laktat, diikuti oleh tawas *multilayer*-DES, dan tertinggi pada penambahan tawas komersial, dengan efisiensi penyisihan masing-masing sebesar 97,37%, 96,47%, dan 92,65%. Kadar TSS air limbah baik sebelum maupun setelah *jar test*, telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, yaitu 200 mg/L.

Performa tawas *multilayer*-asam laktat lebih baik daripada tawas *multilayer*-DES dalam menyisihkan kadar TSS air limbah industri kimia. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan aluminium dalam tawas. Hasil karakterisasi tawas

menunjukkan kadar Al_2O_3 pada tawas *multilayer*-asam laktat sebesar 8,312% dan pada tawas *multilayer*-DES sebesar 6,118%. Mariam dan Handajani (2013) pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa tawas yang memiliki kadar aluminium lebih tinggi mampu menyisihkan TSS dengan lebih baik.

Performa tawas *multilayer*-asam laktat dan tawas *multilayer*-DES yang merupakan tawas $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ tidak jauh berbeda dengan tawas komersial yang merupakan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$. Tawas $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ mengandung kalium yang berasal dari larutan KOH dalam proses pembuatannya. Menurut Busyairi dkk., (2018) kalium bersifat mudah larut dalam air dan inert, sehingga tidak berpengaruh besar terhadap performa tawas dalam penyisihan kadar TSS.

Mekanisme proses koagulasi-flokulasi dalam menyisihkan kadar TSS air limbah dengan koagulan tawas terdiri atas 4 tahapan yaitu disosiasi, hidrolisis, destabilisasi, dan aglomerasi. Tahap pertama yaitu disosiasi tawas ke dalam air limbah sehingga melepaskan ion-ionnya. Selanjutnya terjadi pertukaran ion aluminium (Al^{3+}) dengan ion hidrogen (H^+) pada air, yang menghasilkan pembentukan senyawa aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) dalam bentuk endapan *gelatinous* (kental) (Khair, 2017). Kedua tahapan ini ditunjukkan oleh reaksi (3) dan (4).



Muatan positif dari endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ menarik partikel-partikel tersuspensi yang bermuatan negatif dalam air limbah, seperti koloid-koloid, bakteri, atau partikel organik. Proses ini menyebabkan destabilisasi koloid dan mulai menggumpal membentuk flok yang lebih besar. Flok-flok yang terbentuk bergabung satu sama lain melalui mekanisme aglomerasi menjadi lebih berat dan lebih besar, sehingga lebih mudah untuk diendapkan oleh gravitasi ke bagian bawah wadah. Mengendapnya flok berimplikasi pada menurunnya kadar TSS air limbah.

3. KESIMPULAN

pH air limbah berubah menjadi 7 pada penambahan semua jenis tawas. Perbedaan jenis tawas tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap pH akhir air limbah. Urutan efektivitas tawas dalam menurunkan kadar TSS yaitu tawas *multilayer*-asam laktat > tawas *multilayer*-DES > tawas komersial.

4. DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, L., Yenie, E. dan Elystia, S. (2017) "Daur Ulang Sampah Aluminium Foil Kemasan Aseptik Menjadi Tawas," *Jom F TEKNIK*, 14(1), hal. 1–7.

Busyairi, M., Sarwono, E. dan Priharyati, A. (2018) "Pemanfaatan Aluminium Dari Limbah Kaleng Bekas Sebagai Bahan Baku Koagulan Untuk Pengolahan Air Asam Tambang," *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(1), hal. 15–25. Tersedia pada: <https://doi.org/10.20885/jstl.vol10.iss1.art2>.

Gultom, E. dan Hestina (2019) "Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman yang Mengandung Aluminium (Al) Menjadi Tawas Bernilai Ekonomis," *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, III(1), hal. 23–27.

Industri Kimia (2017) *Addendum ANDAL, RKL-RPL Industri Kimia (1st edition)*.

Khair, A. (2017) "Larutan Tawas dan Skala Warna Air Limbah ndustri Sasirangan," *Jurnal Skala Kesehatan*, 8(1), hal. 1–12.

Mariam, N. dan Handajani, M. (2013) *Kinetika Penyisihan Total Suspended Solid (TSS) Pada Air Baku Pdam Tirtawening Kota Bandung Menggunakan Koagulan Tawas Berbahan Baku Aluminium Dari Tutup Kaleng Bekas*. Institut Teknologi Bandung.

Nieminen, J., Anugwom, I., Kallioinen, M. dan Mänttari, M. (2020) "Green Solvents in Recovery of Aluminium and Plastic from Waste Pharmaceutical Blister Packaging," *Waste Management*, 107, hal. 20–27. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.014>.

Nurlina, Anita Zahara, T., Gusrizal dan Kartika, I.D. (2015) "Efektivitas Penggunaan Tawas dan Karbon Aktif Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu," *Prosiding SEMIRATA 2015 bidang MIPA BKS-PTN Barat*, hal. 690–699.

Pradhana, S.H., Farida, M., A.S., D.S.N.H. dan Himma, N.F. (2021) *Sintesis Koagulan Tawas dari Limbah Kemasan Single-Use Sachet*. Universitas Brawijaya. Tersedia pada: <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/186910/>.

Widyaningsih, T.S. (2023) "Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Menggunakan Bahan Koagulan Tawas Menjadi Air Bersih dengan Biaya Rendah," *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 3(3), hal. 1–12.