

PEMANFAATAN SENYAWA ALUM DARI LIMBAH PDAM TIRTA DAROY BANDA ACEH TERHADAP WARNA Fe DAN KADAR Fe DI DALAM AIR

Darmawati^{1*}, Safridha Kemala Putri², Fitriana³

Prodi D-III Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Aceh^{1,2,3}

*Corresponding Author : darmawati0304@gmail.com

ABSTRAK

Lumpur yang dihasilkan dari pengolahan air menjadi masalah bagi lingkungan. Sistem daur ulang lumpur tawas dan lumpur PAC untuk dijadikan bahan penggumpal dalam mengurangi warna pada air menjadi pertimbangan dengan harapan penggunaan kembali lumpur tersebut dapat dioptimalkan. Alum merupakan senyawa yang terdapat pada lumpur karena proses koagulasi (coagulation) atau destabilisasi suspensi menggunakan tawas (alum/aluminium hidroksida) dan PAC (Poly Aluminium Clorida) membentuk settleable flocs yang mengendap pada bak sedimentasi. Secara teoritis tawas dan PAC yang bereaksi dengan koloida menghasilkan endapan jenis aquometalic dan hydrogen, lumpur alum terbentuk dari setiap penambahan Tawas dan PAC membentuk aluminium hidroksida $Al(OH)_3$ solids (padatan). Salah satu senyawa kimia yang ada di air adalah Besi (Fe) kandungan Fe dalam bentuk ikatan dapat berupa Fe_2O_3 , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ yang tersuspensi membentuk koloidal yang berwarna kuning atau $FeSO_4$ tergantung dari unsur lain yang mengikatnya. Dalam proses penjernihan air, alum akan terkoagulasi membentuk endapan. Endapan ini selanjutnya mengikat partikel tersuspensi dan senyawa koloid dalam air yang akhirnya tersedimentasi pada dasar tangki. Dikaitkan dengan proses ini, limbah lumpur yang berasal dari proses pengolahan air PDAM Tirta Daroy Banda Aceh ini diharapkan mampu menurunkan warna dan kadar dari Fe. Pengumpulan limbah lumpur alum dari PDAM Tirta Daroy Banda Aceh, hasil pengeringan dicampur air yang mengandung Fe pada kecepatan 100-140 rpm dengan konsentrasi 4 gr/L, 6 gr/L, 8 gr/L dan 10 gr/L. Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan bisa memaksimalkan pemanfaatan limbah PDAM serta mencari solusi alternatif bahan penjernih air dari limbah sehingga bisa diaplikasikan dalam pengolahan air khususnya menurunkan warna Fe dan kadar Fe. Hasil penelitian diperoleh lumpur alum PDAM tirta Daroy Banda Aceh dapat menurunkan Fe pada konsentrasi 10 gr/L dengan pH-6 dengan efisiensi penurunan 91,33%.

Kata kunci : air bersih, lumpur alum, kadar fe, penjernihan air, warna fe

ABSTRACT

Sludge produced from water treatment is a problem for the environment. Theoretically, alum and PAC react with colloids to produce aquometallic and hydrogen deposits. Alum mud is formed from each addition of alum and PAC to form aluminum hydroxide $Al(OH)_3$ solids (solids). One of the chemical compounds in water is iron (Fe). Fe content in bonded form can be Fe_2O_3 , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ which is suspended to form a yellow colloid or $FeSO_4$ depending on the other elements that bind it. In the water purification process, alum will coagulate to form a precipitate. This sediment then binds suspended particles and colloidal compounds in the water which ultimately sediment at the bottom of the tank. Associated with this process, waste sludge originating from the water treatment process of PDAM Tirta Daroy Banda Aceh is expected to be able to reduce the color and content of Fe. Collecting alum waste sludge from PDAM Tirta Daroy Banda Aceh, the drying results are mixed with water containing Fe at a speed of 100- 140 rpm with concentrations of 4 gr/L, 6 gr/L, 8 gr/L and 10 gr/L. This research was carried out with the hope of maximizing the utilization of PDAM waste and finding alternative solutions for water purification materials from waste so that it can be applied in water treatment, especially reducing Fe color and Fe levels. The research results showed that PDAM Tirta Daroy Banda Aceh alum mud could reduce Fe at a concentration of 10 gr/L with pH-6 with a reduction efficiency of 91.33%.

Keywords : alum mud, fe color, fe content, water purification, clean water

PENDAHULUAN

Air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari termasuk untuk air minum harus memenuhi persyaratan dari segi fisika, kimia dan mikrobiologi. Persyaratan tentang air bersih di atur dalam NO. 416/MENKES/PER/XI/1990 (Tarigan, 2021). Masyarakat mendapatkan air minum dari berbagai sumber antara lain dari air sungai, air tanah termasuk air sumur maupun air perpipaan (PDAM) (Isfadhilah, 2023). Besi (Fe) adalah salah satu zat kimia yang ada didalam air. Tingginya kandungan Fe (Fe^{2+}, Fe^{3+}) ini berhubungan dengan keadaan struktur tanah. Dalam bentuk ikatan dapat berupa Fe_2O_3 , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ yang tersuspensi membentuk koloidal yang berwarna kuning atau $FeSO_4$ tergantung dari unsur lain yang mengikatnya. Maka ditetapkanlah standart konsentrasi maksimum besi dalam air bersih oleh PERMENKES/No.416/Per/IV/1990 1,0 mg/L (Syam & others, 2018).

Air yang berwarna kekuningan di curigai mengandung Fe dengan kadar di atas ambang batas yang di perbolehkan. Air yang bersih adalah air yang tidak boleh mengandung ion besi (Fe) melebihi 1,0. Sedangkan konsentrasi besi yang diperbolehkan untuk air minum adalah 0,3 mg/L. Penggunaan limbah buangan yang tepat dan regenerasi telah menjadi alternatif yang baik. Sistem daur ulang lumpur alum untuk dijadikan bahan penggumpal dalam mengurangi pewarna pada air juga menjadi pertimbangan dengan harapan penggunaan kembali lumpur alum dapat dioptimalkan. Dengan menggunakan lumpur alum, dosis penggumpal yang baru dapat dikurangi (Aziz et al., 2013).

Sejalan dengan pengolahan air terutama untuk logam Fe maka penggunaan tawas sebagai zat koagulan tentunya memerlukan biaya yang tidak sedikit, pada keadaan lain lumpur yang dihasilkan dari pengolahan air menjadi permasalahan lingkungan. Lumpur alum mempunyai karakteristik yang mengandung senyawa $Al(OH)_3$. $Al(OH)_3$ yang dihasilkan dari lumpur alum mempunyai sifat mampu menarik senyawa koloid. Senyawa $Al(OH)_3$ dengan Fe akan terikat membentuk flok. Partikel koloid terjebak pada aluminium hidroksida. Secara teori lumpur alum berkontribusi dalam menangkap partikel-partikel pewarna dan partikel-partikel koloid akan mengendap bersama-sama $Al(OH)_3$ oleh gaya gravitasi (Syam & others, 2018). Penelitian ini mempunyai tujuan yaitu mengetahui tingkat penurunan warna Fe menggunakan lumpur PDAM, mengetahui penurunan Kadar Fe setelah penambahan lumpur alum sehingga bisa diketahui kondisi operasional yang baik dalam memanfaatkan lumpur PDAM terhadap warna Fe dan kadar Fe di dalam air.

METODE

Metode penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Penelitian ini diawali dengan pengambilan lumpur alum di PDAM Tirta Daroy Banda Aceh dan selanjutnya dilakukan pemeriksaan di Laboratorium Kesehatan Daerah, Banda Aceh pada bulan Juni-Agustus 2023. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, spektrofotometer, SSA, gelas piala, erlenmeyer, pipet ukur, pipet volum, lampu katoda berongga, corong gelas, pemanas listrik, sistem penyaring vakum, kompresor, kuvet, kertas saring dan dibantu oleh alat-alat gelas, aquades bebas mineral, kalium heksakloro plantinat, kobal clorida, natrium hidroksida, asam nitrat pekat, larutan induk besi, gas etilen. Lumpur yang digunakan adalah lumpur pengolahan air minum PDAM Tirta Daroy Banda Aceh dan lumpur yang diambil adalah semua lumpur yang dihasilkan dari pengolahan air minum PDAM Tirta Daroy Banda Aceh. Kemudian lumpur tersebut disaring dan endapannya dikeringkan sampai berat konstan yang dipakai sebagai lumpur yang akan diuji.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik berdasarkan konsentrasi lumpur yang maksimal dibandingkan dengan penurunan Fe, sedangkan perhitungan efesiensi proses penurunan warna dan kadar Fe adalah diukur

berdasarkan perbandingan konsentrasi warna dan kadar Fe sebelum penambahan lumpur dan setelah penambahan lumpur. Warna diukur berdasarkan warna mula-mula dari warna *artifisial* dan warna dari filtrat yang dihasilkan dari campuran warna *artifisial* dengan lumpur tawas yang ditambahkan kemudian disaring lalu dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 465nm (SNI 6989.80:2011).

HASIL

Penelitian ini secara keseluruhan diawali dengan membuat sampel air secara artificial. Hal ini dilakukan agar intervensi yang diberikan secara eksperimen terhadap parameter yang akan diuji dapat diamati tanpa adanya unsur pengganggu yang bisa menghambat mekanisme intervensi. Adanya senyawa-senyawa organik maupun anorganik serta plankton dan ion-ion logam didalam air mempunyai kontribusi terhadap warna didalam air (Dandi & Rodiah, 2021). Demikian halnya keberadaan ion Fe didalam air dapat membuat air berwarna kuning. Pembuatan sampel artificial yang dilakukan diawali dengan menambahkan senyawa FeCl₃ kedalam aquadest kemudian diperiksa kadar zat warnanya dan kadar Fe. Pemeriksaan terhadap zat warna diperoleh hasil 2, 037 TCU sebagai konsentrasi awal yang nanti akan diintervensi dengan pemberian lumpur PDAM Tirta Daroy. Konsentrasi lumpur yang diberikan masing-masing sampel adalah 4 mg/L, 6 mg/L, 8 mg/L dan 10 mg/L. Untuk melihat kondisi operasional yang baik terhadap penggunaan lumpur, maka sampel air dibuat dalam beberapa variasi pH yaitu dilakukan pada pH-6, pH-7 dan pH-8. Pengaruh intervensi lumpur terhadap warna Fe dilakukan dengan pengadukan selama 15 menit pada kecepatan 140 rpm. Setelah proses intervensi selanjutnya warna yang ada pada air diperiksa kembali untuk melihat pengaruh intervensi lumpur tersebut.

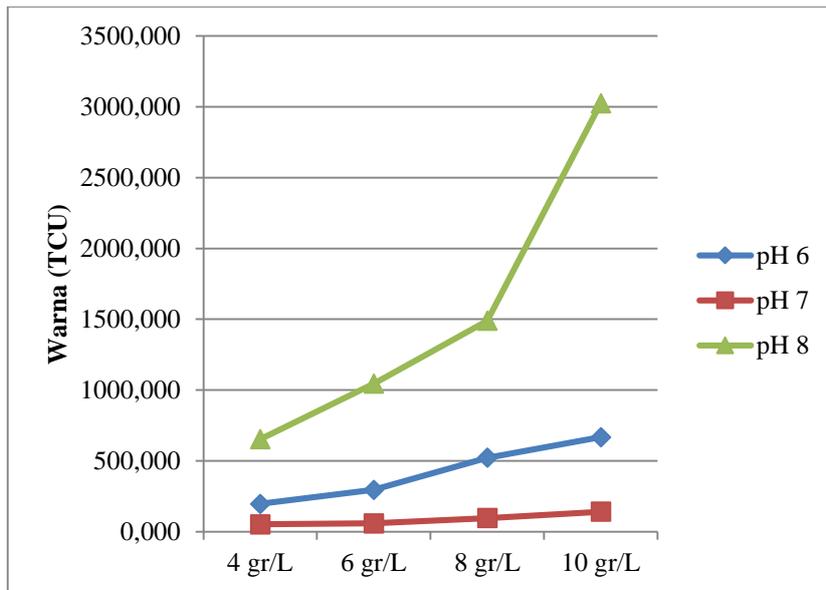
Secara visual, adanya senyawa Fe dengan konsentrasi 2,037 TCU didalam sampel artificial menyebabkan air berwarna kuning kemudian setelah penambahan lumpur alum terlihat adanya penurunan warna dari kuning menjadi lebih jernih. Namun pengamatan ini mempunyai nilai yang dibaca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 465 nm dan diperoleh hasil warna semakin meningkat. Hal ini tertuang dalam tabel 1 dan 2 berikut :

Tabel 1. Hasil Warna Fe Pemeriksaan I

Lumpur (Alum)	Warna (TCU)		
	pH 6	pH 7	pH 8
4 gr/L	197,482	52,609	653,470
6 gr/L	295,832	59,516	1045,513
8 gr/L	522,576	96,636	1488,926
10 gr/L	667,525	142,126	3025,018

Warna kuning pada sampel artificial dalam penelitian ini disebabkan oleh FeCl₃. Senyawa besi dalam bentuk ion Fe³⁺ membuat warna air menjadi kuning sementara apabila besi terdapat dalam bentuk ion Fe²⁺ maka air akan tetap dalam keadaan tidak berwarna (Sumiharni & Susilo, 2009).

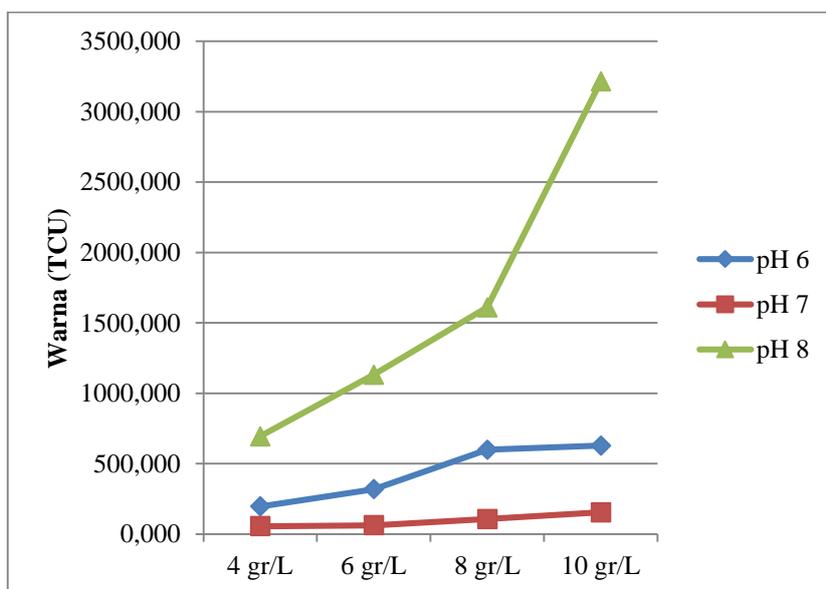
Pada grafik 1 dan 2 dari pembacaan warna pemeriksaan I dan II terlihat nilai warna yang terbaca semakin besar konsentrasi lumpur alum yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai warna yang di peroleh. Hal ini berlaku untuk semua kondisi pH yang diujikan.



Grafik 1. Grafik Warna Fe Pemeriksaan I

Tabel 2. Warna Fe Pemeriksaan II

Lumpur (Alum)	Warna (TCU)		
	pH 6	pH 7	pH 8
4 gr/L	196,079	55,102	693,964
6 gr/L	317,896	61,528	1131,110
8 gr/L	598,117	105,592	1610,046
10 gr/L	627,645	153,844	3215,830



Grafik 2. Grafik Warna Fe Pemeriksaan II

Senyawa besi dalam penelitian ini berasal dari $FeCl_3$ yang ditambahkan kedalam aquades untuk mendapatkan sampel artificial. Kadar Fe yang di peroleh sebelum penambahan lumpur alum adalah 8,2778 mg/L. Kemudian kedalam air tersebut ditambahkan H_2SO_4 4N dan NaOH

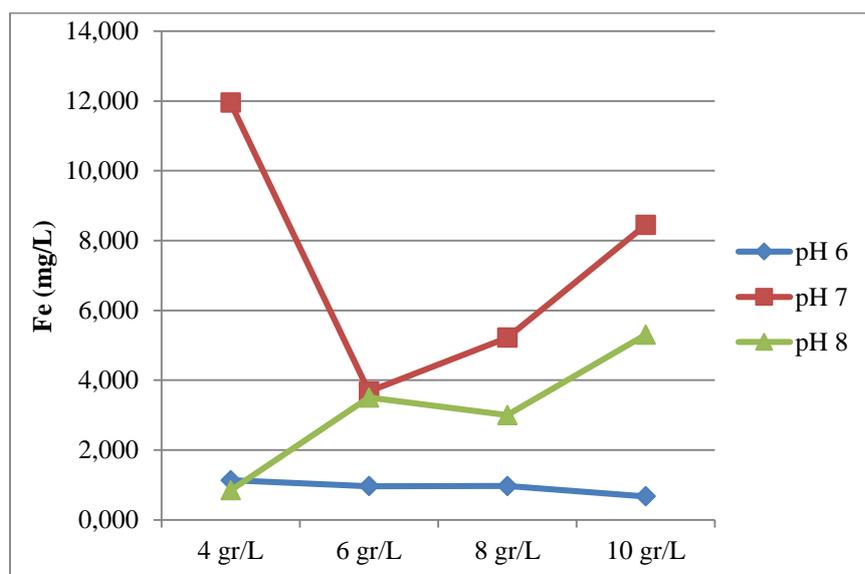
1N untuk membuat pH 6, 7 dan 8. Intervensi ini dilakukan untuk melihat kondisi operasional yang baik terhadap penambahan lumpur alum.

Selanjutnya lumpur alum ditambahkan dengan konsentrasi 4 gr/L, 6 gr/l, 8 gr/L dan 10 gr/L. Pengadukan dengan kecepatan 140 rpm dilakukan selama 15 menit dan dibiarkan flukolasi selama 15 menit kemudian dibaca dengan AAS. Hasil yang diperoleh terhadap kadar Fe dapat dilihat pada tabel 3 dan grafik 3.

Tabel 3. Kadar Fe Pemeriksaan I

Lumpur (Alum)	Kadar Fe (mg/L)		
	pH 6	pH 7	pH 8
4 gr/L	1,134	11,951	0,844
6 gr/L	0,963	3,678	3,504
8 gr/L	0,970	5,216	3,000
10 gr/L	0,669	8,453	5,303

Pada pemeriksaan I diperoleh kadar Fe yang baik dilakukan untuk menurunkan kadar Fe didalam air adalah dilakukan pada pH-6 dan pH-8, sedangkan pada pH- 7 atau pH netral penurunan kadar Fe terjadi pada konsentrasi lumpur alum 6 gr/l dan 8 gr/L sedangkan pada konsentrasi 10 gr/L terjadi peningkatan kembali kadar Fe didalam air.

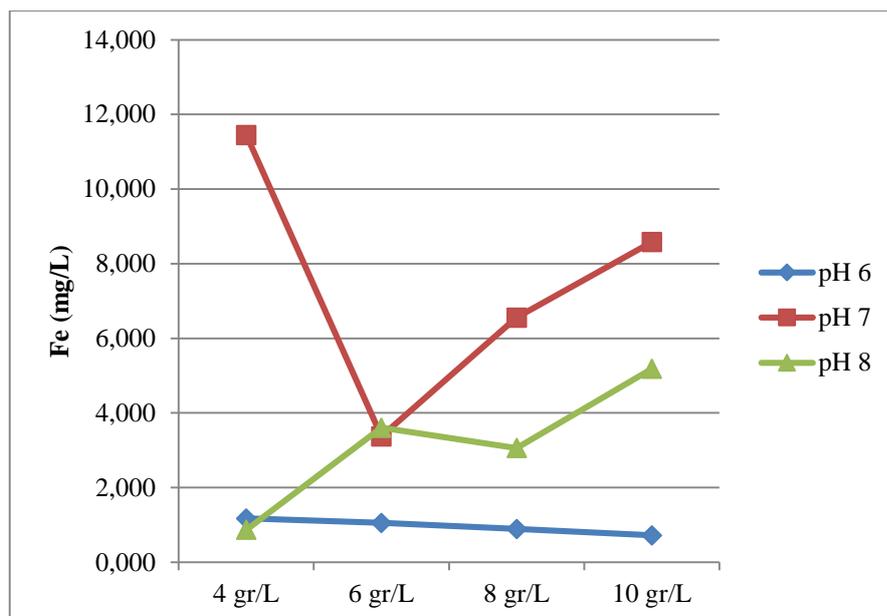


Grafik 3. Grafik Kadar Fe Pemeriksaan I

Pemeriksaan II dilakukan untuk memperkuat fenomena intervensi lumpur alum yang dilakukan terhadap air yang mengandung Fe setelah dilakukan pemeriksaan I. Hasil yang diperoleh juga menampilkan fenomena yang sama pada pemeriksaan I seperti yang terlihat pada tabel 4 dan grafik 4.

Tabel 4. Kadar Fe Pemeriksaan II

Lumpur (Alum)	Kadar Fe (mg/L)		
	pH 6	pH 7	pH 8
4 gr/L	1,171	11,451	0,868
6 gr/L	1,052	3,372	3,604
8 gr/L	0,890	6,554	3,059
10 gr/L	0,718	8,579	5,182



Grafik 4. Grafik Kadar Fe Pemeriksaan II

PEMBAHASAN

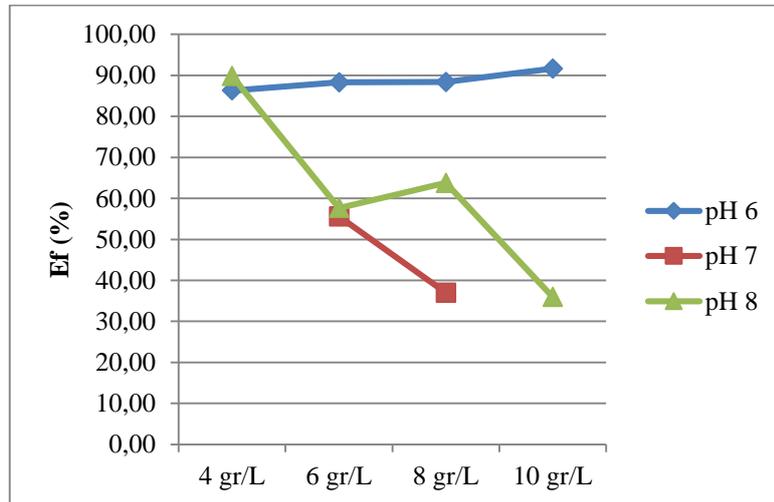
Hasil penelitian terhadap pengaruh lumpur alum PDAM Tirta Daroy Banda Aceh terhadap warna Fe menunjukkan adanya pengurangan warna secara visual dari air yang berwarna kuning menjadi jernih setelah penambahan lumpur alum. Namun warna yang ada didalam air bukan saja berasal dari Fe tapi bisa juga berasal dari senyawa-senyawa organik dan senyawa anorganik lainnya sehingga apabila koagulan yang digunakan untuk menghilangkan warna mengandung zat tersebut dalam keadaan berlebih maka air akan mengalami sumbangan kation yang bisa menyebabkan air mengalami peningkatan warna (Sari et al., n.d.). Adanya peningkatan nilai warna pada air bisa disebabkan komponen-komponen yang ada didalam lumpur alum terdispersi dan terlarut kembali kedalam air sehingga bisa berkontribusi terhadap nilai warna pada air yang bukan hanya disebabkan oleh Fe. (Syam & others, 2018). Lumpur PDAM mengandung senyawa Al_2O_3 dan senyawa-senyawa koloidal lain dalam jumlah yang besar akibat pembentukan flok dari proses penjernihan air sebelumnya sehingga apabila lumpur ini dimasukan kedalam air maka penyebab warna dari senyawa organik maupun anorganik akan larut kembali dan terbaca sebagai warna air (Saha & others, 2021).

Penambahan Aluminium yang berasal dari lumpur merupakan kation yang akan menetralkan muatan negatif partikel koloid didalam air sehingga terjadi gaya Van der Waals, sehingga partikel koloid akan terflokulasi. Apabila kation yang dilepaskan terlalu berlebih dari pada yang dibutuhkan maka partikel koloid akan bermuatan positif sehingga menambah nilai atau meningkatnya partikel koloid akibat gaya tolak menolak dan terjadi deflokulasi flok (Nur et al., 2020). Keadaan ini menyebabkan penambahan lumpur alum menjadi tidak efektif terhadap warna pada semua kondisi pH namun bisa mengurangi warna kuning akibat Fe di semua kondisi pH pada penelitian ini. Keadaan ini sejalan dengan pengurangan kandungan Fe didalam air, sehingga apabila warna kuning akibat Fe^{3+} bisa dihilangkan maka secara otomatis kandungan Fe didalam air akan berkurang.

Adanya penambahan lumpur alum pada air yang mengandung Fe bisa dikurangi jumlahnya sampai 91 % pada pH-6 dengan konsentrasi lumpur alum 10 gr/L. Sedangkan pada pH-7 maksimal efektif pada konsentrasi 6 gr/L dengan penurunan antar 55 % - 59 %. Penurunan kadar Fe akibat penambahan lumpur alum pada pH-8 efektif dilakukan pada konsentrasi 4 gr/L dengan Efisiensi penurunan 89%. Hasil efisiensi Penurunan kadar Fe dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil Efisiensi Penurunan Kadar Fe Pemeriksaan I

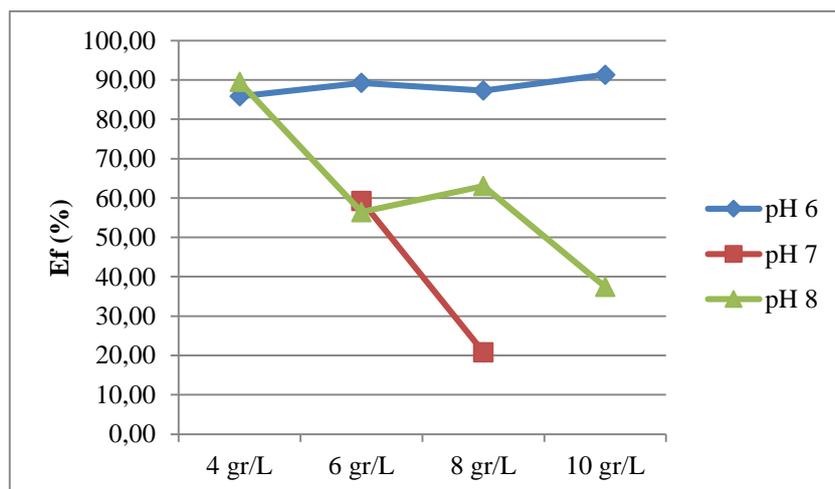
Lumpur (Alum)	Ef (%)		
	pH 6	pH 7	pH 8
4 gr/L	86,30	-	89,80
6 gr/L	88,28	55,57	57,67
8 gr/L	88,36	36,98	63,76
10 gr/L	91,62	-	35,93



Grafik 5. Grafik Hasil Efisiensi Penurunan Kadar Fe Pemeriksaan I

Tabel 6. Hasil Efisiensi Penurunan Kadar Fe Pemeriksaan II

Lumpur (Alum)	Ef (%)		
	pH 6	pH 7	pH 8
4 gr/L	85,85	-	89,51
6 gr/L	89,25	59,27	56,46
8 gr/L	87,29	20,82	63,05
10 gr/L	91,33	-	37,40



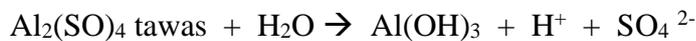
Grafik 6. Grafik Hasil Efisiensi Penurunan Kadar Fe Pemeriksaan II

Adanya senyawa $Al_2(OH)_3$ yang ada didalam lumpur alum masih efektif digunakan untuk menurunkan kadar Fe didalam air karena senyawa Aluminium yang terkandung didalamnya masih mampu membentuk koloid dengan besi yang ada didalam air (Oktaviani, 2018). Koloid

yang terbentuk akibat gaya tarik menarik dari muatan positif dan negatif antara lumpur alum dan koloid Fe akan membentuk flok yang kemudian mengendap yang kemudian bisa disaring dan dipisahkan (Oktaviani, 2018). Penurunan sekecil apapun kadar Fe didalam air sangat berarti untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh kelebihan Fe (Dandi & Rodiah, 2021). Akibat intervensi dari lumpur alum, dengan adanya senyawa alum $\text{Al}(\text{OH})_3$, Fe mengalami penurunan didalam akibat persenyawaan lumpur alum dengan rekasi sebagai berikut :



Kondisi operasional yang baik untuk menurunkan kadar Fe tidak di pengaruhi oleh pH, hal ini terlihat dari efisiensi penurunan kadar Fe yang mempunyai nilai paling rendah di 20,82% di pH-7 dengan konsentrasi lumpur alum 8 gr/L dan paling tinggi 91,33% di pH-6. Senyawa tawas ataupun PAC yang ditambahkan kedalam air akan menghasilkan lumpur yang bersifat asam sehingga dalam suasana asam lumpur akan kembali membentuk flok yang mengikat Fe sehingga akan mengendap kembali didalam air. Reaksi senyawa penjernih air sebagai berikut (Rahimah et al., 2016).



KESIMPULAN

Air yang mengandung besi (Fe) menjadi permasalahan bagi lingkungan dan kesehatan apabila diatas nilai ambang batas sehingga dengan pemanfaatan lumpur alum diharapkan dapat mengurangi dampak dari kelebihan senyawa besi ini. Kesimpulan dari penelitian ini adalah limbah Lumpur alum PDAM Tirta Daroy dapat menurunkan warna Fe namun tidak dapat menurunkan kadar warna didalam air. Limbah Lumpur Alum bisa menurunkan kadar Fe didalam air dengan efisiensi penurunan 20,82% - 91,33%. Kondisi operasional yang baik dilakukan untuk menurunkan kadar Fe didalam air yaitu pada pH-6 dengan dengan kecepatan 140 rpm selama 15 menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada direksi dan staf PDAM Tirta Daroy Banda Aceh, Direktur dan kepala unit penelitian Poltekkes Kemenkes Aceh, kepala dan staf UPTD Laboratorium Kesehatan Masyarakat Banda Aceh serta ketua jurusan dan staf jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Aceh yang telah membantu dan berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, T., Pratiwi, D. Y., & Rethiana, L. (2013). Pengaruh penambahan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan kaporit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ terhadap karakteristik fisik dan kimia air sungai lambidaro. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(3), 55–65.
- Dandi, M., & Rodiah, S. (2021). Penurunan Kadar Fe pada Proses Pengolahan Air Minum di Instalasi Pengolahan Air Minum Ogan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 4, 186–190.
- Isfadhilah, A. (2023). PENGAWASAN DEPOT AIR MINUM ISI ULANG DALAM MENJAMIN KUALITAS AIR MINUM. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(2), 488–495.
- Nur, R., Mattiro, S., Rizky, A., Saputro, M. A., & Jannah, M. (2020). Sosialisasi Penjernih Air

- Dengan Penggunaan Bahan Sederhana Di Desa Sungai Kali Kec. Barambai Kab. Barito Kuala--Kalimantan Selatan. *PADARINGAN (Jurnal Pendidikan Sosiologi Antropologi)*, 2(2), 247–259.
- Oktaviani, S. (2018). Studi Pemanfaatan Produk Recovery Alum Dari Lumpur IPAM sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi--Flokulasi. *Jurnal Purifikasi*, 18(2), 57–68.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2016). Pengolahan limbah deterjen dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan kapur dan PAC. *Konversi*, 5(2), 13–19.
- Saha, M. S., & others. (2021). *Pemanfaatan Alum Hasil Pemulihan Limbah Padat Lumpur (LPL) Sebagai Koagulan untuk Pengolahan Air Bersih di PDAM Tirta Daroy Kota Banda Aceh*. UIN AR-RANIRY.
- Sari, R. F., Prasetyo, W. A., & Mirwan, A. (n.d.). *Alumina recovery from solid waste sludge (SWS) PDAM Intan Banjar*. Konversi.
- Sumiharni, S., & Susilo, G. E. (2009). Pengolahan Air Berkualitas Rendah Menjadi Air Domestik Non Konsumsi (Studi Kasus: Air Sungai Way Belau Kuripan-Bandar Lampung). *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Universitas Lampung*, 13(3), 140480.
- Syam, I., & others. (2018). Penggunaan Koagulan (Tawas) Dalam Proses Penjernihan Air Di Lingkungan Padanglolo Kelurahan Kassa Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Gerakan Aksi Sehat (GESIT)*, 1(1).
- Tarigan, I. L. (2021). *Dasar-Dasar Kimia Air, Makanan dan Minuman*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).