

Analisa pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi Dan Amonia Bebas Pada Limbah Cair Rumah Sakit 'X'

Indah Agus Setiorini^{1*}, Indah Pratiwi²⁾

¹⁾Teknik Kimia, Politeknik Akamigas Palembang

²⁾Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Corresponding email: indah@pap.ac.id

Abstrak

Limbah cair Rumah Sakit 'X' masih belum memenuhi syarat minimum standar layak untuk di buang ke lingkungan. Dengan demikian peneliti melakukan penelitian dengan mengolah limbah cair rumah sakit supaya memenuhi syarat kesehatan lingkungan atau minimal mengurangi kandungan senyawa yang tidak diinginkan. Pengolahan limbah cair ini dilakukan dengan metode Proses Koagulasi menggunakan Koagulan Alumunium Sulfat ((Al₂(SO₄)₃) / Tawas 1750 ppm dan Proses Fenton (*Advanced Oxidation Processing*) menggunakan katalis FeSO₄.7H₂O 3 mmol/L dan H₂O₂ 90 mmol/L. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa metode Koagulasi dan Fenton (*Advanced Oxidation Processing*) efektif untuk menurunkan kadar pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi dan Amonia bebas. Setelah melalui dua proses tersebut terjadi penurunan persentase pH sebesar 35 % w /v (pH 10,3 menjadi 6,5), BOD₅ 95% w/v (543 mg/L diturunkan hingga 28 mg/L), Temperatur 6,4 % w/v (31°C dapat diturunkan menjadi 29°C), Residu Tersuspensi 74,4 % w/v (90 mg/L dapat diturunkan menjadi 23 mg/L) dan penurunan Amonia bebas 84,4 % w/v (bebas 0,32 mg/L menjadi 0,05 mg/L) dimana berdasarkan data tersebut semua nilai memenuhi standar baku mutu maksimum yang diizinkan.

Kata Kunci : Sedimentasi, Koagulasi, Koagulan, Oksidasi, Fenton

PENDAHULUAN

Salah satu tempat penularan penyakit dan memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan rumah sakit yaitu rumah sakit sebagai sarana pelayanan kesehatan dan tempat berkumpulnya orang sakit dan orang sehat. Oleh sebab itu operasional sebuah rumah sakit harus memenuhi persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit, sebagaimana tercantum dalam Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit RI Nomor 1204/MENKES/SK/X/ 2004. Dewasa ini, pengolahan air bersih dan limbah cenderung mengarah pada pengolahan alternatif menggunakan membran dan juga pengolahan kimia karena komposisi kontaminan semakin kompleks dan semakin sulit diurai oleh mikroba. Salah satu teknologi pengolahan kimia tersebut adalah *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) atau proses oksidasi lanjutan yang merupakan teknologi pengolahan air bersih dan air limbah dengan prinsip oksidasi tingkat lanjut menggunakan zat pengoksidasi kuat dan dapat dipadukan dengan proses sedimentasi (koagulasi-flokulasi).

Prinsip oksidasi ini berkaitan dengan proses kimia senyawa organik, sedangkan bila dikaitkan dengan logam berat yang terjadi adalah proses penghancuran ikatan kimia logam tersebut, yang kemudian diendapkan dengan koagulan. Mauri, A.R. (2007) menyatakan bahwa proses oksidasi lanjutan merupakan salah satu metode alternatif pengolahan air limbah pasca pengolahan rumah sakit yang cukup ekonomis karena mampu menghemat tempat dan menghemat energi, biaya investasi rendah, aman, sederhana, proses pengolahan cepat, cukup efektif dan hasil olahan yang baik serta air dapat digunakan kembali.

Pada penelitian sebelumnya terkait analisis limbah rumah sakit terhadap pengaruh metode pengolahan yang digunakan pada hasil akhir pengolahan limbah, ditemukan bahwa salah satu

kesulitannya adalah dalam menghilangkan kadar amoniak bebas apabila didalam limbah tersebut lebih banyak mengandung atom H dalam NH_4OH . Namun fakta lain juga ditemukan bahwa kesulitan dalam penghilangan amoniak bebas tidak hanya jumlah atom H dalam limbah namun juga karena perbandingan katalis besi dengan hidrogen peroksida yang lebih rendah pada proses oksidasi hingga menyebabkan kurang maksimalnya pembentukan radikal hidroksil karena sebagian hidrogen peroksida tidak stabil dan mengurai menjadi oksigen dan air maka kemampuan oksidasinya berkurang. Celah ini dapat dimanfaatkan oleh peneliti berikutnya untuk menjawab kemungkinan perbandingan katalis yang tepat dengan reagen yang akan digunakan. Urgensi penelitian ini mengangkat sebuah permasalahan yang terjadi di lingkungan sekitar rumah sakit terkait limbah rumah sakit yang belum memenuhi standar baku mutu Limbah Rumah Sakit X.

Limbah Rumah Sakit

Segala limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya yang berasal dari rumah sakit merupakan limbah rumah sakit. Karena dampak yang timbul dari limbah ini berdampak pada lingkungan, maka diperlukan upaya pengelolaan yang baik mulai dari infrastruktur, keuangan hingga SOP yang ditetapkan dengan tujuan untuk memperoleh kondisi rumah sakit yang memenuhi syarat kesehatan lingkungan. Limbah rumah sakit dapat mengandung berbagai jenis mikroorganisme tergantung dari jenis rumah sakitnya. Limbah cair rumah sakit dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang umumnya diukur dengan parameter BOD_5 , Temperatur, Residu Tersuspensi, dll. Sedangkan limbah padat rumah sakit terdiri dari limbah mudah terurai, limbah mudah terbakar, dll.

Limbah ini kemungkinan besar mengandung mikroorganisme patogen atau bahan kimia beracun berbahaya yang menyebabkan penyakit menular dan dapat menyebar ke lingkungan rumah sakit karena teknik perawatan kesehatan yang tidak memadai, kesalahan penanganan bahan dan peralatan yang terkontaminasi, serta penyediaan dan pemeliharaan fasilitas sanitasi. yang merupakan nasib buruk. Pembuangan sampah dalam jumlah besar ini paling baik dilakukan dengan memilah sampah ke dalam berbagai kategori. Untuk setiap jenis kategori, metode pembuangan limbah yang berbeda diterapkan. Prinsip umum pembuangan limbah rumah sakit adalah sebisa mungkin menghindari risiko kontaminasi dan trauma (Ayuningtyas, R.D. 2009).

Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses menggoncangkan beban koloid padatan tersuspensi, termasuk bakteri dan virus, dengan koagulan membentuk flok mikro (*micro flocs*). Sehingga akan terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Pencampuran kilat merupakan bagian integral dari proses koagulasi. Tujuan dari pengadukan cepat adalah untuk mempercepat dan meratakan distribusi zat-zat kimia melalui air yang diolah, jenis partikel koloid merupakan penyebab terjadinya kekeruhan pada air (efek Tyndall) yang disebabkan oleh penyimpangan cahaya nyata yang menembus suspensi.

Koagulan yang umum digunakan adalah aluminium sulfat, besi sulfat, besi sulfat dan PAC. Mekanisme pengendapan dengan koagulan pada partikel koloid berkaitan dengan muatan listrik pada partikel koloid tersebut. Umumnya partikel koloid alam mempunyai muatan negatif. Partikel koloid mempunyai muatan yang sama satu sama lain. Akibatnya partikel-partikel koloid saling tolak menolak sehingga pembentukan partikel yang lebih besar terhambat. Koagulan yang mengandung muatan yang berlawanan dengan muatan partikel koloid akan menyerap koloid pada permukaannya dan mengurangi gaya tolak menolak antar partikel koloid sehingga partikel tidak lagi terhalang untuk membentuk partikel yang lebih besar dan dapat mengendap. (Azamia, M, 2012) (Eckenfelder WW, Jr. 2000) (Sarparastzadeh, H., dkk. 2007). .

Proses Fenton atau Proses Oksidasi Lanjutan (AOP)

Proses Fenton atau *Advanced Oxidation Processing* (AOP) menggunakan reagen antara hidrogen peroksida (H_2O_2) dan katalis besi, disebut juga reagen Fenton. Hidrogen peroksida adalah zat

pengoksidasi yang umum digunakan. Pengoksidasi ini memiliki kandungan oksigen aktif yang tinggi. Kandungan oksigen aktif ini berdampak pada pengurangan biaya proses. Hidrogen peroksida mudah terurai menjadi oksigen dan air. Faktor yang dapat mempengaruhi penguraian hidrogen peroksida adalah suhu dan pH. Reaksi hidrogen peroksida sangat lambat sehingga memerlukan katalis. Katalis yang umum digunakan adalah besi sulfat (FeSO₄) (Deghani, S & Jafari, A. J. 2013).

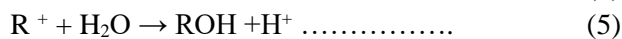
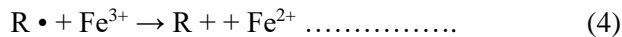
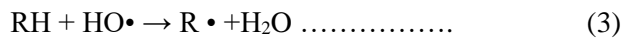
Reagen Fenton menggunakan radikal hidroksil sebagai gugus reaktif dan besi sebagai katalis pembentukan radikal hidroksil tersebut. Reaksi pembentukan radikal hidroksil adalah sebagai berikut:



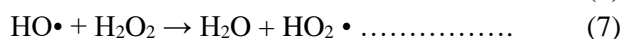
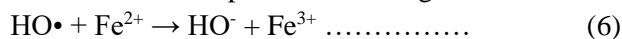
Reaksi ini menghasilkan radikal bebas $\bullet\text{OH}$, serta reformasi Fe^{2+} . Besi besi dapat berubah kembali menjadi besi besi pada reaksi selanjutnya dengan molekul H_2O_2 berlebih. Tahap oksidasi Fenton meliputi pengaturan pH cairan limbah menjadi 3–6, penambahan katalis besi sebagai larutan FeSO_4 , dan penambahan H_2O_2 secara perlahan. Jika pH cairan limbah terlalu tinggi maka besi akan lebih cepat terbuang dan teroksidasi berubah menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan terjadi penguraian H_2O_2 (Martínez, N. S. S, dkk. 2003).

Berdasarkan parameter suhu laju reaksi reagen Fenton meningkat seiring dengan meningkatnya suhu (20–40 °C). Namun, jika suhu reaksi > 40–50 °C, peran H_2O_2 sebagai oksidator berkurang karena dekomposisi H_2O_2 dipercepat. Selain suhu, kecepatan kerja reagen Fenton juga dipengaruhi oleh nilai pH (3–6). Mekanisme dasar proses pengolahan Fenton terdiri dari oksidasi kimia dan koagulan kimia senyawa organik. Proses oksidasi Fenton biasanya terdiri dari empat langkah, yaitu: penyesuaian pH, reaksi oksidasi, netralisasi dan koagulasi.

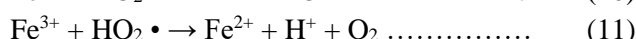
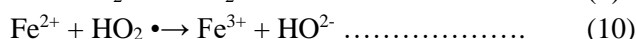
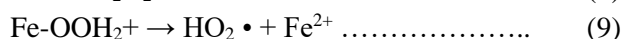
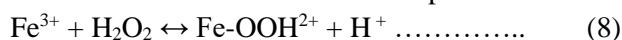
Radikal hidroksil merupakan oksidan kuat yang dapat merusak substrat organik (RH) dengan cepat dan menyebabkan dekomposisi kimia suatu senyawa.



Radikal hidroksil dapat bereaksi dengan Fe^{2+} atau hidrogen peroksida.



Fe^{3+} yang terbentuk melalui reaksi (1) dan (6) dapat bereaksi dengan H_2O_2 melalui mekanisme yang melibatkan radikal hidroksil dan hidroperoksil :



Dengan cara ini zat organik dapat dihilangkan melalui dua tahap yaitu oksidasi dan koagulasi. Selain itu, selesainya oksidasi bergantung pada rasio hidrogen peroksida. Sedangkan tingkat oksidasi ditentukan oleh konsentrasi awal besi dan suhu. Dalam proses Fenton ($\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2$) garam atau serbuk besi digunakan sebagai katalis. Dalam suasana asam, serbuk besi bereaksi dengan hidrogen peroksida menghasilkan ion besi. Dari sudut pandang lingkungan, keuntungan menggunakan serbuk besi (Fe) dibandingkan garam besi adalah menghindari beban yang tidak perlu pada sistem air yang berhubungan dengan anion. (Martínez, N. S. S, dkk. 2003).

METODOLOGI PENELITIAN

Metode analisis sampel itu sendiri bersifat induktif atau kualitatif. Untuk data hasil penelitian lebih menekankan pada hasil yang sesuai standar baku mutu limbah rumah sakit Pergub Sum-Sel No.8

Tahun 2012. Metode Koagulasi menggunakan Koagulan Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) yang telah dikenal luas dan banyak digunakan oleh masyarakat industri dalam kaitannya untuk mereduksi partikel koloid dalam air yang cukup murah dan efektif dalam menurunkan kekeruhan dan kandungan bahan organik sebagai residu tersuspensi. Metode Pengolahan limbah dengan proses Fenton menggunakan reagen Fenton yang merupakan senyawa peroksida yang direaksikan dengan katalis Fe^{2+} (FeSO_4) kemudian menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang efektif mengoksidasi senyawa lain. Fenton telah dikembangkan di banyak tempat untuk mengolah bahan organik Biological Oxygen Demand (BOD_5), Residu Tersuspensi, pewarna, nitrogen, fosfor dan beberapa logam yang terkandung dalam air limbah industri domestik dan air minum mentah.

Berdasarkan data penelitian sebelumnya yang belum maksimal tersebut, peneliti melakukan penelitian dengan melakukan percobaan di laboratorium dengan mengolah limbah cair rumah sakit menggunakan metode koagulasi dan Fenton serta menganalisis hasil pengolahan limbah dengan beberapa parameter berupa analisis pH, BOD_5 , Temperatur, Residu Tersuspensi, dan Amonia bebas

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair rumah sakit pasca perawatan, koagulan tawas, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan hidrogen peroksida

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas ukur, Erlenmeyer, labu ukur, pipet ukur, pengaduk, timbangan analitik, pompa vakum, reaktor Fenton dan tangki penampung

Cara Pengambilan Sampel

Metode pengambilan contoh sampel limbah dilakukan dengan metode SNI 6989.57-2008. Pengambilan sampel sebagai sumber data dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan lokasi pengambilan sampel dan teknik pengumpulan data dengan triangulasi (gabungan) dari beberapa lokasi saluran pembuangan. Sampel diambil dari limbah Rumah Sakit 'X' di bagian selokan pada saluran pembuangan limbah langsung dari rumah sakit dan waktu yang ditentukan pada saat siang hari dimana suhu siang hari dipengaruhi oleh sinar matahari yang berpengaruh pada suhu limbah dan aktifitas mikro organisme di dalam limbah tersebut. Untuk pengambilan sampel itu sendiri dilakukan secara acak berdasarkan lokasi tempat saluran pembuangan dimana sampel diambil dari saluran pembuangan yang berasal dari ruang unit gawat darurat, saluran pembuangan ruang laboratorium, saluran pembuangan ruang instalasi farmasi, saluran pembuangan ruang rawat inap dan saluran pembuangan bagian dapur umum. Penentuan titik lokasi itu sendiri ditentukan berdasarkan kemungkinan besarnya potensi resiko tercemarnya air dengan senyawa berbahaya tingkat tinggi.

Tahapan Proses Koagulasi :

Analisis Air Limbah (sampel)

Sebanyak 50 liter sampel limbah rumah sakit menjalani analisis awal. Hasil baku analisis sampel berdasarkan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Rumah Sakit yang meliputi Parameter Fisika berupa Temperatur, Parameter Kimia berupa pH, BOD_5 , COD, Residu Tersuspensi, Amonia Bebas dan PO_4 . Parameter Mikrobiologi berupa MPN Kuman golongan kolid 100 ml, Parameter Radioaktivitas berupa atom ^{32}P , ^{32}S , ^{45}Ca , ^{51}Cr , ^{67}Ga , ^{85}Sr , ^{99}Mo , ^{113}Sn , ^{125}I , ^{131}I , ^{192}Ir , dan ^{201}Tl . Beberapa Parameter Uji yang di ambil oleh peneliti yaitu Parameter Fisika berupa Temperatur, Parameter Kimia berupa pH, BOD_5 , Residu Tersuspensi dan Amonia Bebas. Tujuan dari analisis tahap pertama adalah untuk mengetahui apakah karakteristik limbah cair rumah sakit sudah memenuhi Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit atau belum berdasarkan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012, sehingga dapat dilakukan pengolahan untuk mengurangi kadar limbah yang masih ada.

Penentuan Dosis Optimum Koagulan Tawas

Air limbah diperiksa menggunakan Jartest untuk menentukan dosis koagulan yang akan digunakan, dengan pemberian variasi dosis koagulan yang berbeda dimana variasi dosis yang diberikan dimulai dari 2 mg/l sampai dengan 36 mg/l, dengan interval yang berbeda-beda, yang terdiri dari pengadukan dan pengendapan. Pengadukan cepat (*rapid mixing*) dan pengadukan lambat (*slow mixing*). Setelah pengadukan dengan putaran 60 rpm air baku tersebut dидiamkan mengendap sampai 15 menit. Setelah dидiamkan mengendap air baku tersebut dilakukan uji laboratorium dengan mengukur parameter-parameter yang nantinya akan menentukan dosis optimum koagulan dari limbah cair pasca treatment rumah sakit. Parameter tersebut adalah pH, Temperatur, BOD₅, Residu Tersuspensi dan Amonia Bebas. Dan didapatkan dosis optimum koagulan Tawas pada limbah cair rumah sakit pasca pengolahan adalah 1750 ppm. (Sari, D.K & Nopitasari. 2018).

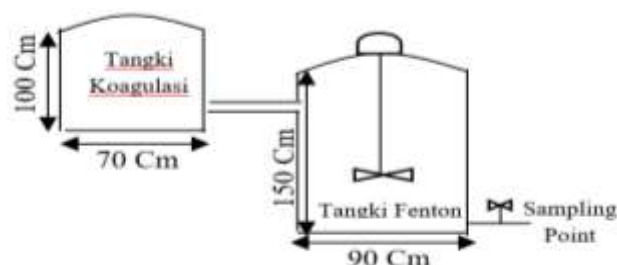
Proses Koagulasi dan Oksidasi Tingkat Lanjut (Proses Fenton)

Tangki koagulasi mempunyai panjang rusuk 35 cm, dengan takaran tawas tertentu. Setelah dialirkan ke tangki koagulasi, dialirkan ke reaktor oksidasi melalui saluran keluar. Tangki Fenton berpengaduk dengan konsentrasi Fenton FeSO₄.7H₂O 3 mmol/L dan konsentrasi H₂O₂ 90 mmol/L, perbandingan molar 1:30 dengan volume masing-masing 100 ml. Setelah waktu oksidasi, natrium tiosulfat ditambahkan untuk menghentikan reaksi pada limbah. Setelah melewati tangki Fenton, sampel diambil kemudian diukur pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi dan Amonia Bebas.

Analisa Uji Sampel:

Analisa pH

Pada Analisa pH mengacu pada SNI 6989.11:2019. Alat pH meter di kalibrasi pada pH 7 (gunakan larutan *buffer* pH 7), kemudian diuji dengan larutan *buffer* pH 4 dan pH 10. Selanjutnya memasukan 100 ml contoh air dalam *beaker glass* dan mengukur pH pada sampel. Setiap kali pengukuran, pH meter harus di bilas dengan aquades supaya tidak mempengaruhi hasil analisa selanjutnya.



Gambar 1. Skema Proses Pengolahan Limbah Rumah Sakit

Analisa BOD₅

Analisa Biological oxygen Demand mengacu pada SNI 06- 6989.14-2004 tentang Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Iodometri (modifikasi azida) dan SNI 6989.72-2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD). Ambil sampel limbah sebanyak 500 mL, lalu sampel diukur pH sampai pH netral yakni pH 7, jika pH asam < 7 maka ditambahkan larutan NaOH dan jika pH basa > 7 maka ditambah larutan HCl atau H₂SO₄, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 428 mL dan dimasukkan ke dalam botol BOD₅ menggunakan corong. Lalu, ditambahkan 10 tetes nitrification inhibitor dan kemudian dimasukkan magnetic stirrer. Diambil seal gasket dan ditambahkan 3 tetes KOH, kemudian dimasukkan ke mulut botol dengan hati-hati. Dipasang BOD₅ sensor dan kencangkan dengan hati-hati, pastikan sistem tidak bocor. Letakkan botol BOD₅ dengan sensor terpasang pada rak BOD₅ meter unit. Letakkan sistem pengukuran BOD₅ diatas *stirrer* yang telah disiapkan dalam inkubator dan inkubasi sampel pada suhu ± 20°C. Lakukan prosedur start.

- Perhitungan DO (Oksigen Terlarut)

$$\text{Nilai DO}_0 = \frac{1000 \times A_0 \times N \times 8 \times F}{50}$$

$$\text{Nilai DO}_5 = \frac{1000 \times A_5 \times N \times 8 \times F}{50}$$

Keterangan :

- DO₀ : Dissolved Oxygen (mg DO/l) pada hari ke 0
DO₅ : Dissolved Oxygen (mg DO/l) pada hari ke 5
A₀ : Volume titrasi Na₂S₂O₃ (ml) pada hari ke 0
A₅ : Volume titrasi Na₂S₂O₃ (ml) pada hari ke 5
N : Nilai normalitas Na₂S₂O₃ yang digunakan (0,0267 N)
F : Faktor Pengenceran

- Perhitungan BOD

$$\text{Nilai BOD} = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{VB}\right) V_c}{P}$$

Keterangan :

- BOD₅ : Nilai BOD₅ contoh uji (mg/L)
A₁ : Kadar DO contoh uji sebelum inkubasi 0 hari (mg/L)
A₂ : Kadar DO contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L)
B₁ : Kadar DO blanko sebelum inkubasi 0 hari (mg/L)
B₂ : Kadar DO blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L)
VB : Volume suspensi mikroba dalam botol DO blanko
V_c : Volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji
P : Perbandingan volume contoh uji (V₁) per volume total (V₂)

Analisa Temperatur

Pada Analisa Temperatur, Sampel 50 ml di ukur menggunakan termometer pada suhu ruang menggunakan termometer alkohol skala 100°C.

Analisa Residu Tersuspensi

Pada Analisa Residu Tersuspensi metode pengujian mengacu pada SNI 06- 6989.3-2004 tentang Cara uji padatan tersuspensi total secara gravimetri. Kita siapkan kertas saring yang telah di ketahui beratnya, lalu basahi kertas saring dengan akuades demineralisasi. Kocok sampel sampai homogen, volume sampel yang di ambil disesuaikan (maksimal 1000 ml) sehingga berat *residu* di kertas saring 2,5 mg sampai 200 mg. Selanjutnya Saring sampel, kemudian lakukan pembilasan dengan akuades sebanyak 10 ml sebanyak 3 kali. Sampel dengan padatan terlarut tinggi memerlukan pembilasan tambahan.

Ambil kertas saring tersebut dan letakan di atas kaca arloji. Keringkan kertas saring di oven pada suhu 103 °C – 105 °C selama 1 jam. Dinginkan kertas saring dalam desikator sampai suhu ruang. Timbang dengan timbangan analitik dan catat hasil penimbangan, bila diperlukan ulangkan tahapan pengeringan dan penimbangan kertas saring sampai di peroleh nilai yang konstan.

$$\text{Residu Tersuspensi (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel}}$$

Keterangan :

A = Berat kertas saring + residu kering

B = Berat kertas saring

Analisa Amonia Bebas

Pada analisa Amonia Bebas Larutan metode pengujian mengacu pada SNI 06- 6989.30-2005. Standar amonia 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ppm dan sampel sebanyak 25 mL disiapkan. Larutan standar dan sampel ditambah larutan fenol 10% sebanyak 1 mL, natrium nitroprusida sebanyak 1 mL, lalu larutan pengoksidasi 2,5 mL. Masing-masing standar dan sampel ditutup dengan aluminium foil dan didiamkan selama 1 jam untuk pembentukan warna menjadi warna biru. Larutan standar dan sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 630 nm.

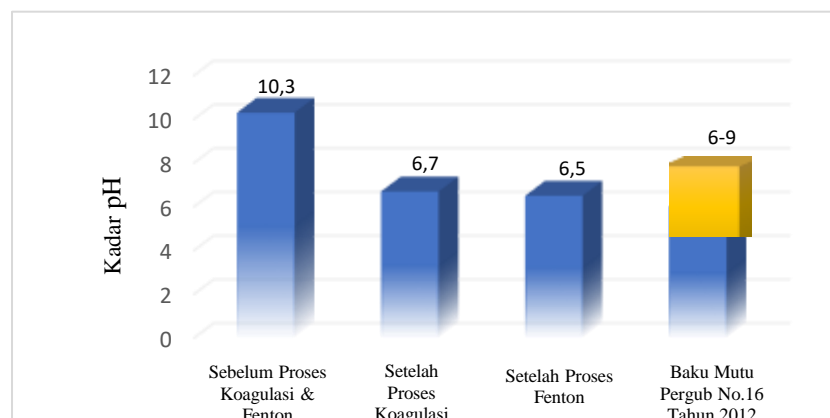
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi dan amonia bebas limbah cair rumah sakit sebelum dan sesudah proses koagulasi dan pengolahan Fenton dapat dilihat pada Tabel 1. Analisa dilakukan di Laboratorium Limbah Politeknik Akamigas Palembang.

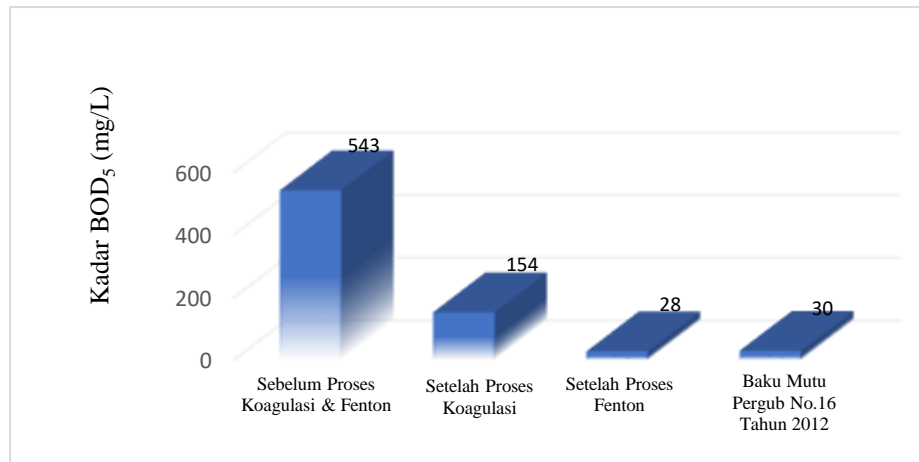
Tabel 1. Data Analisa pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi dan Amonia Bebas Limbah Cair Rumah Sakit Sebelum dan Sesudah Proses Koagulasi dan Pengolahan Fenton

Sampel	Parameter				
	pH	BOD ₅ mg/L	Temperatur °C	Residu Tersuspensi mg/L	Amoniak Bebas mg/L
Sebelum Proses Koagulasi dan Fenton	10,3	543	31	90	0,32
Setelah Proses Koagulasi	6,7	154	30,3	34	0,13
Setelah Proses Fenton	6,5	28	29	23	0,05
Baku Mutu Pergub No.8 Tahun 2012 (Kadar Maksimum) (Pergub.2012)	6-9	30	≤30	30	0,1

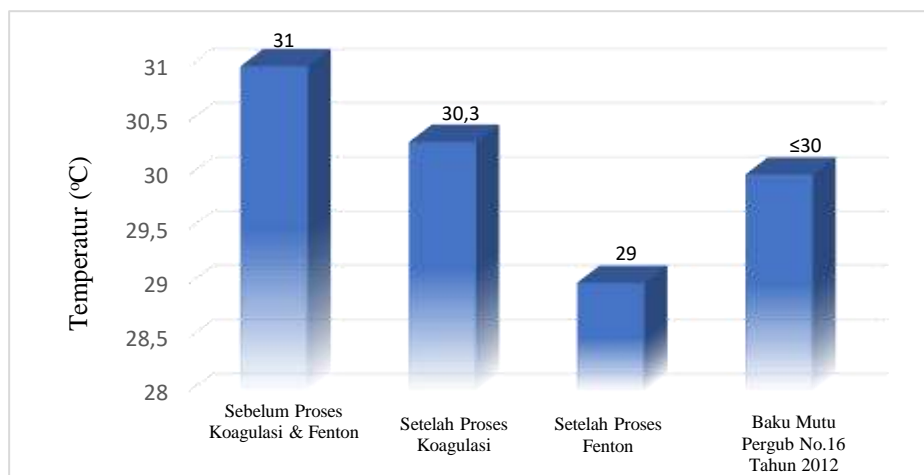
Dibawah ini dapat kita lihat gambar grafik pengaruh proses koagulasi dan *Advanced Oxidation Processing* (AOP) terhadap nilai pH (gambar 1), BOD₅ (gambar 2), Temperatur (gambar 3), Residu Tersuspensi (gambar 4), dan Amoniak Bebas (gambar 5) pada pengolahan limbah cair rumah sakit.



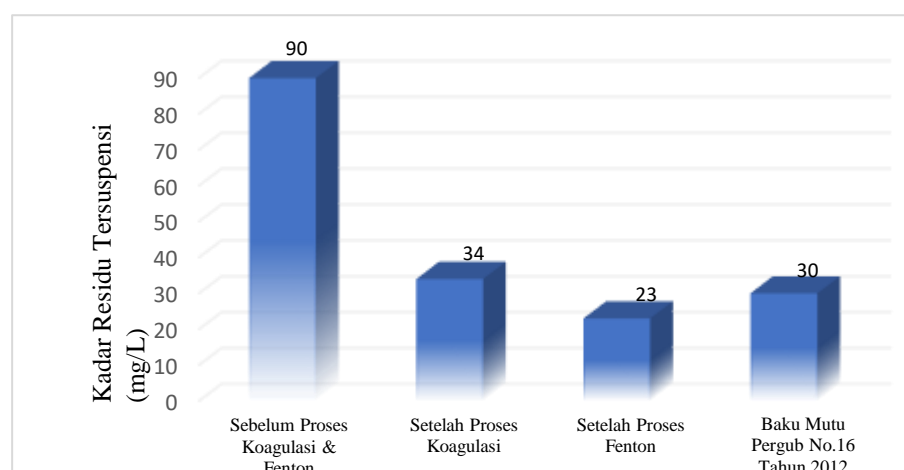
Gambar 1. Pengaruh Proses Koagulasi dan Fenton Terhadap Hasil Analisa pH



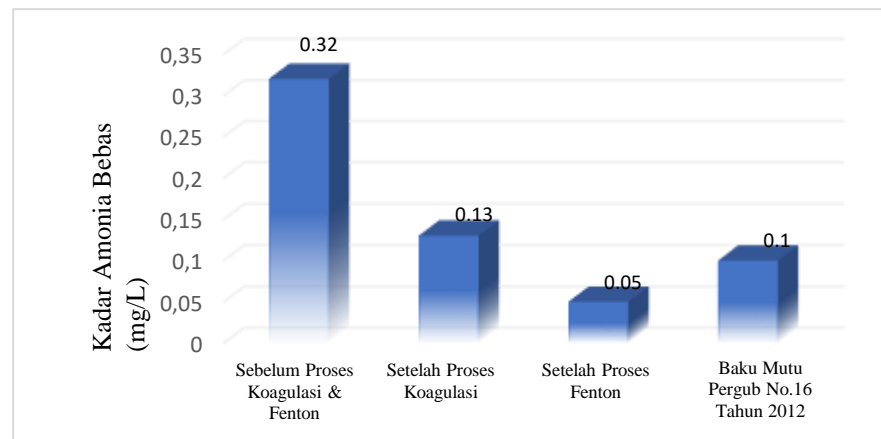
Gambar 2. Pengaruh Proses Koagulasi dan Fenton Terhadap Hasil Analisis Kandungan BOD₅



Gambar 3. Pengaruh Proses Koagulasi dan Fenton Terhadap Hasil Analisis Nilai Temperatur



Gambar 4. Pengaruh Proses Koagulasi dan Fenton Terhadap Hasil Analisis Kandungan Residu Tersuspensi



Gambar 5. Pengaruh Proses Koagulasi dan Fenton Terhadap Hasil Analisa Amonia Bebas

Pada proses koagulasi, mekanisme terbentuknya endapan disebabkan adanya penambahan koagulan tawas (Aluminium Sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$]), yaitu tawas dalam air akan terurai menjadi Al^{3+} dan mengalami hidrolisis membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$. Penguraian Al^{3+} dapat menyebabkan destabilisasi, mengubah sifat polutan yang tidak dapat diendapkan menjadi mudah mengendap dengan cara mengurangi gaya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel koloid dapat bergabung membentuk flok. $\text{Al}(\text{OH})_3$ hasil hidrolisis tawas mempunyai kelarutan yang rendah dan luas permukaan yang cukup besar sehingga mampu menyerap partikel disekitarnya dan mengendapkannya (Sari, D.K & Nopitasari. 2018).

pH koagulasi menentukan kelarutan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Kelarutan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dapat meningkat pada pH asam atau basa, semakin asam atau basa semakin tinggi kelarutan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Kapasitas serapan ini dapat menurunkan kadar Temperatur, BOD_5 , Residu Tersuspensi dan amonia bebas yang terkandung dalam limbah cair. Pada kandungan amonia bebas penurunan kadar polutan mengalami perubahan yang signifikan, sebesar 0,19 mg/L atau sebesar 59,4 %, diperkirakan hal ini karena besarnya kemampuan aluminium sulfat atau tawas dalam mereduksi NH_3 . NH_3 bebas dalam air berupa Amonium (NH_4OH). Jika senyawa NH_4OH ini memiliki atom H berlebih hal itu yang akan menghambat proses reduksi karena berubah menjadi senyawa ionik yang bermuatan positif dan sulit bereaksi dengan aluminium sulfat atau tawas. Dibuktikan dengan jumlah kadar ammonia bebas yang dapat dihilangkan dengan proses koagulasi menggunakan tawas menunjukkan bahwa dalam limbah cair ini tawas memiliki sedikit atom H berlebih (dapat dilihat pada grafik 5). Hal ini lebih baik dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya sebesar 0,3 %.(Sari, D.K & Nopitasari. 2018).

Berdasarkan gambar grafik 1 di atas menunjukkan bahwa tawas dapat menurunkan pH. Ion Al^{3+} dari tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) yang dihidrolisis dalam air akan mengikat senyawa OH dari air tersebut dan membentuk endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ sehingga air menjadi H^+ berlebih kemudian berikatan dengan senyawa sulfat membentuk asam sulfat. Terbentuknya asam sulfat menyebabkan penurunan pH air. Dari data hasil pengamatan didapatkan penurunan sebesar 35 %. Hal ini lebih baik dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya sebesar 27,7 % (Sari, D.K & Nopitasari. 2018).

Berdasarkan data hasil Analisa Fenton yang dapat dilihat pada grafik 1, 2, 3, 4 dan grafik 5 dengan konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebesar 3 mmol/L dan konsentrasi H_2O_2 sebesar 90 mmol/L, perbandingan molar sebesar 1 : 30 dengan volume masing-masing 100 ml. Berdasarkan tabel 1 diatas terlihat bahwa parameter yang dianalisis seperti pH, BOD_5 , Temperatur, Residu Tersuspensi dan amonia bebas mengalami penurunan nilai yang signifikan setelah penambahan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 3 mmol/L dan konsentrasi H_2O_2 90 mmol/L, rasio molar 1:30 dengan volume masing-masing 100 ml. Hal ini menunjukkan komposisi antara katalis besi dan hidrogen peroksida seimbang sehingga terbentuk radikal hidroksil

secara maksimal yang mengakibatkan penurunan pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi dan tingginya kadar amonia bebas.

Mekanisme kerja proses Fenton diawali dengan tahap inisiasi dimana reaksi terjadi ketika ikatan terlemah pada reaktan atau pada salah satu reaktan diputus sehingga menghasilkan radikal bebas. Berikutnya adalah tahap propagasi dimana radikal bebas menyerang reaktan dan menghasilkan molekul produk serta spesies reaktif lainnya. Radikal bebas baru ini bereaksi lebih lanjut dan membentuk radikal bebas hingga menyerang kembali molekul reaktan.

Dari proses propagasi dihasilkan produk dan pembawa rantai yang terbentuk secara terus menerus. Terakhir, tahap terminasi merupakan tempat berakhirnya reaksi karena pada tahap ini mengubah radikal bebas menjadi radikal bebas yang stabil. Ketiga tahapan tersebut menunjukkan bahwa tahapan radikal hidroksil untuk mengoksidasi zat organik memerlukan waktu yang cukup lama karena rumitnya zat organik dalam limbah dan mekanisme reaksinya yang bertahap.

Hal ini terlihat dari besarnya persentase penurunan parameter yang dianalisis dari proses koagulasi dan proses Fenton yang mencapai kadar optimum yang meliputi: penurunan pH dari 10,3 menjadi 6,5 dengan persentase 35 %, kadar BOD₅ sebesar 543 mg/L dapat diturunkan hingga 28 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 95% w/v, Nilai Temperatur 31°C dapat diturunkan menjadi 29°C dengan efisiensi penurunan 6,4 %. Kadar Residu Tersuspensi 90 mg/L dapat diturunkan menjadi 23 mg/L dengan persentase penurunan 74 % w/v, Amonia bebas 0,32 mg/L dapat diturunkan menjadi 0,05 mg/L dengan persentase penurunan 84,4 % w/v. Dimana untuk hasil kadar residu tersuspensi lebih baik dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya sebesar 69,2 % w/v. Dimana untuk nilai ammonia bebas lebih rendah dari penelitian sebelumnya sebesar 94,3 % w/v, sedangkan kadar BOD₅ lebih baik dari penelitian sebelumnya sebesar 75 % w/v

KESIMPULAN

Pengolahan limbah rumah sakit dengan metode proses Koagulasi dan proses Fenton merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah rumah sakit yang dibuktikan dengan menurunkan kadar pH, BOD₅, Temperatur, Residu Tersuspensi dan Amonia Bebas. Dalam penelitian ini nilai pH sebesar 6,5; BOD₅ sebesar 543 mg/L, Temperatur sebesar 29°C, Residu Tersuspensi sebesar 23 mg/L dan kadar Amonia Bebas 0,03 mg/L dan sesuai dengan standar baku mutu Pergub Sum-Sel No.8 Tahun 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuningtyas, R. D. (2009). Proses Pengolahan Limbah Cair Di Rsud Dr. Moewardi Surakarta. Program D-III Hiperkes Dan Keselamatan Kerja Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta. <http://library.uns.ac.id> . <https://digilib.uns.ac.id>
- Azamia, M. (2012). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat, Fe, Mn, Cr Dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi, Skripsi Sarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Jakarta. URI: <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20308401>
- Deghani, S & Jafari, A. J. (2013). Sulfonamide antibiotic reduction in aquatic environment by application of fenton oxidation process. *Iranian J Environ Health Sci Eng.* 2013; 10(1): 29. PMID: PMC3648445. Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Published online 2013 Apr 9. doi: 10.1186/1735-2746-10-29. PMID: 23570238. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3648445/>.
- Eckenfelder W.W, Jr. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. Ed ke-3. The McGraw- Hill. Hlm: 470-

474

- Keputusan Menteri Kesehatan No. 1204/MENKES/SK/X/2004. (2004). Tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, Jakarta : Depkes RI
- Martínez, N. S. S., Fernández, J. F., Segura., Font, X., & Ferrer, A. S. (2003). Pre-Oxidation of an extremely polluted industrial wastewater of the fenton's reagent. *J Hazard Mater.* 2003 Aug 1;101(3):315-22.PMID: 12935762DOI: 10.1016/s0304-3894(03)00207-3.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12935762/>
- Mauri, A. R. (2007). Peroxide Promoted Catalytic Wet Air Oxidation Of Phenolic Aqueous Solutions Using Activated Carbon As Catalyst. ISBN: 978-84-691-0372-2/ DL: T.2190-2007. Universitat Rovira I Virgili. Tarragona
- Peraturan Gubernur (PERGUB) Provinsi Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan Batubara. 15 Februari 2012. Sumber BD.2012/NO.8. Palembang
- Sari, D.K & Nopitasari. 2018. Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Metode Koagulasi, Fenton Dan Adsorpsi. *Jurnal Teknik Patra Akademika.* Vol. 9 No.2. ISSN. 2621 9328
- Sarparastzadeh, H., Saeedi, M., Naeimpoor, F., & Aminzadeh B. (2007). Pretreatment of municipal wastewater by enhanced chemical coagulation. *International Journal of Environmental Research.* Vol 1(2): 104-113, Spring 2007. ISSN: 1735-6865