

Pemanfaatan Pb/PbO₂ dari Aki Bekas sebagai Elektroda untuk Menurunkan Kadar Amonia (NH₃) pada Limbah Cair Rumah Sakit dengan Metode Elektrolisis

Riyanto^{1,a)}, Sartika Adi Ningrum^{1,b)}, Dilla Sasvita^{1,c)} dan Ega Dwi Sintadani^{1,d)}

¹Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14 Sleman Yogyakarta Indonesia 55584

^{a)} Riyanto@uii.ac.id

^{b)} Sartika.adiningrum@gmail.com

^{c)} Dilla.sasvita@gmail.com

^{d)} Egasintadani@gmail.com

Abstrak

Rumah sakit merupakan tempat menyelenggarakan kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan memelihara dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Kegiatan-kegiatan tersebut memiliki dampak negatif yaitu menjadikannya sebagai salah satu penghasil limbah cair yang berpotensi sebagai pencemar lingkungan karena mengandung berbagai macam senyawa yang berbahaya bagi lingkungan. Salah satu senyawa berbahaya tersebut adalah senyawa amonia. Kadar amonia di lingkungan perairan yang sangat tinggi dapat menjadi racun bagi ikan dan kehidupan akuatik lainnya juga dapat menyebabkan eutrofikasi. Banyak metode yang digunakan untuk menurunkan kadar amonia, salah satunya adalah metode elektrolisis. Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair rumah sakit untuk menurunkan kadar amonia menggunakan metode elektrolisis dengan menggunakan elektroda Pb sebagai katoda dan PbO₂ sebagai anoda. Elektroda Pb/PbO₂ yang digunakan diambil dari aki bekas yang apabila tidak dimanfaatkan dengan baik dapat bersifat racun bagi lingkungan. Proses elektrolisis limbah cair rumah sakit dilakukan dengan variasi tegangan, waktu, dan elektrolit untuk mengetahui kondisi penurunan kadar amonia yang paling optimum. Komposisi unsur dalam elektroda Pb dan PbO₂ dianalisis menggunakan Scanning Electrone Microscope-Electrone Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS) dan hasil elektrolisis dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi elektroda Pb terdiri dari timbal (Pb) 76,52%, oksigen (O) 16,44% dan belerang (S) 7,04%. Komposisi elektroda PbO₂ terdiri dari timbal (Pb) 75,64%, oksigen (O) 16,94% dan belerang (S) 7,42%. Setelah dilakukan elektrolisis, didapatkan kondisi tegangan, waktu elektrolisis, dan elektrolit terbaik untuk menurunkan kadar amonia masing-masing adalah 15 V, 90 menit, dan NaCl 0,1 N. Persentase penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit yang dielektrolisis pada kondisi terbaik sebesar 68,38%.

Kata-kata kunci: Amonia, elektrolisis, limbah cair rumah sakit, elektroda Pb/PbO₂

PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan tempat berlangsungnya segala bentuk kegiatan yang berhubungan dengan kesehatan yang terdiri dari kegiatan memelihara, dan meningkatkan kesehatan masyarakat guna mewujudkan derajat kesehatan yang optimal bagi masyarakat [1]. Rumah sakit merupakan salah satu penghasil limbah di lingkungan, baik limbah padat, cair, maupun gas. Limbah cair adalah semua bahan buangan yang berbentuk cair yang kemungkinan mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia beracun dan radioaktif. Diantara unsur-unsur yang menjadi parameter kimia kualitas limbah cair rumah sakit adalah amonia [2].

Kadar amonia di lingkungan perairan yang sangat tinggi dapat menjadi racun bagi ikan dan kehidupan akuatik lainnya juga dapat menyebabkan eutrofikasi yaitu pertumbuhan lumut dan mikroalga yang berlebihan [3,4]. Fenomena eutrofikasi tersebut menyebabkan perairan menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Tingginya kadar amonia di dalam perairan juga dapat menyebabkan berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam badan air karena oksigen dalam perairan tersebut digunakan oleh NH_3 untuk proses nitrifikasi. Hal ini mengakibatkan makhluk hidup yang ada di dalam air akan mengalami kekurangan oksigen sehingga akan menyebabkan kematian dan akan terjadi proses anaerobik pada badan air [4].

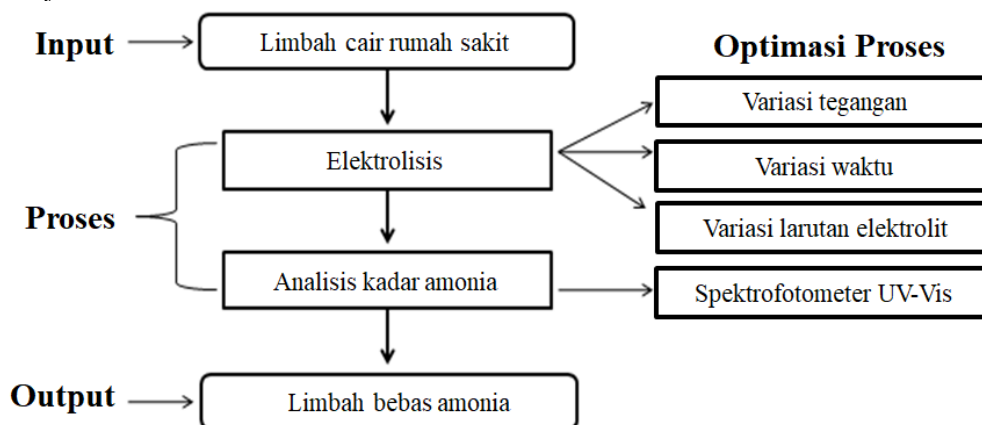
Pada umumnya metode fisikokimia dan biologis yang digunakan untuk penghilangan amonia antara lain proses biologis, *air-stripping*, pertukaran ion, dan *breakpoint chlorination*. Namun, metode-metode tersebut masih memiliki kekurangan yaitu metode *air-stripping* dan pertukaran ion hanya memisahkan amonia dari limbah sebagai gas amonia yang dapat berpotensi sebagai pencemar udara, metode *breakpoint chlorination* dapat meninggalkan sejumlah besar klorin dan memiliki efisiensi yang rendah, sedangkan metode biologis membutuhkan lahan yang luas, dan hanya efektif dengan adanya penambahan sumber karbon, [5,6]. Metode elektrokimia memiliki keuntungan yaitu memiliki efisiensi tinggi dalam pengolahannya, tidak ada produksi lumpur, hanya membutuhkan luas area yang kecil dan biaya investasi yang relatif rendah [7]. Sehingga peneliti mencoba mengembangkan metode elektrokimia yaitu metode elektrolisis dalam upaya menurunkan kadar amonia pada air limbah cair rumah sakit.

Salah satu faktor yang mendukung keberhasilan proses elektrolisis adalah elektroda yang digunakan [8]. Timbal dioksida (PbO_2) biasa digunakan sebagai elektroda oksida logam, mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat penghantar listrik yang baik, semikonduktor, stabil, tahan terhadap korosi, inert dan area permukaan yang relatif luas [9,10,11]. Timbal (Pb) dan timbal oksida (PbO_2) terdapat di dalam aki motor ataupun mobil, namun Pb dan PbO_2 yang terdapat dalam aki yang tidak terpakai dapat bersifat racun apabila dibuang kelingkungan. Oleh karena itu perlu adanya pemanfaatan untuk dapat mencegah pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode elektrolisis dalam upaya menurunkan kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit menggunakan elektroda Pb dan PbO_2 dengan variasi tegangan, waktu, dan elektrolit.

METODE PENELITIAN

Tahapan Proses (Diagram Alir) Proses Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit

Pada penelitian ini tahapan pengolahan limbah cair rumah sakit dapat digambarkan dalam diagram alir yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pegolahan limbah cair rumah

Pada laju alir pertama limbah cair rumah sakit di masukan dalam reaktor elektrolisis menggunakan anoda Pb dan katoda PbO_2 . Limbah cari rumah sakit kemudian dielektrolisis dengan beberapa variasi yaitu tegangan, waktu, dan larutan elektrolit. Setelah dielektrolisis dilakukan analisis kadar amonia pada limbah. Produk yang dihasilkan dari proses elektrolisis ini adalah limbah yang terbebas dari senyawa amonia.

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah cair rumah sakit, HCl, NaCl, NaOH, Na₂SO₄, dan aquades. Alat-alat yang digunakan adalah berbagai peralatan gelas laboratorium, neraca analitik, reaktor elektrolisis, potensial DC, elektroda Pb (anoda) dan PbO₂ (katoda) dengan dimensi 6 cm (panjang) x 1,5 cm (lebar) serta *magnetic stirrer*.

Preparasi Sampel

Sampel limbah cair rumah sakit yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah yang diambil dari rumah sakit JIH dan diawetkan dengan pendinginan di dalam kulkas pada suhu ± 4 °C.

Preparasi Elektroda Pb dan PbO₂

Elektroda Pb dan PbO₂ diambil dari aki bekas kemudian dicuci dengan akuades hingga bersih, setelah itu diangin-anginkan hingga kering. Kemudian kedua elektroda tersebut dianalisis struktur morfologi dan komposisi unsur menggunakan *Scanning Electron Microscope-Electron Dispersive Spectrometer* (SEM-EDS).

Preparasi Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis yang dirancang di laboratorium menggunakan volume 50 mL dengan menggunakan elektroda Pb sebagai katoda dan PbO₂ sebagai anoda yang diambil dari limbah aki dengan luas yang sama. Panjang elektroda yang digunakan adalah 6 cm dengan bagian yang tercelup adalah 2,5 cm, lebar elektroda yang digunakan adalah 1,5 cm dan jarak antar elektroda yang digunakan adalah 3 cm.

Elektrolisis Limbah Cair Rumah Sakit

Metode elektrolisis pada penelitian ini dilakukan pada suhu kamar (sekitar 23,0 °C - 26,0 °C). Diambil sebanyak 50 mL limbah cair rumah sakit dan dimasukkan ke dalam reaktor elektrolisis. Elektrolisis dilakukan dengan variasi tegangan, waktu, dan elektrolit. Variasi tegangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 V dan dielektrolisis selama 30 menit. Variasi waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dengan dialirkan tegangan sebesar 15 V. Variasi larutan elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl 0,1 N; NaCl 0,1 N; Na₂SO₄ 0,1 N; dan NaOH 0,1 N dengan dialirkan tegangan sebesar 15 V selama 90 menit. Rentang arus yang digunakan selama elektrolisis adalah 0-5,0 A.

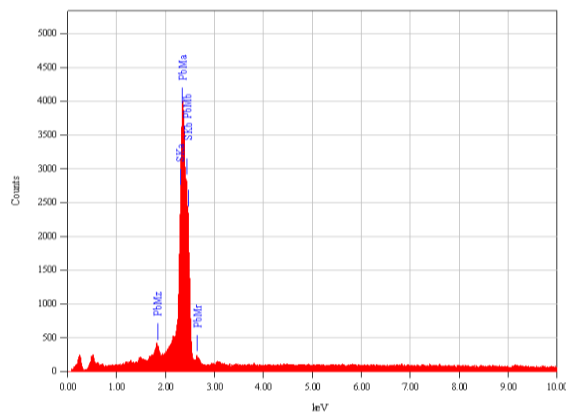
Analisis Kadar Amonia

Limbah cair rumah sakit yang belum dielektrolisis ataupun yang telah dielektrolisis diambil sebanyak 25 mL dan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis secara fenat berdasarkan SNI 06-6989.30-2005 [12] dengan panjang gelombang maksimum 640 nm agar dapat diketahui kadar amonia yang terkandung di dalamnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Komposisi Unsur Elektroda Pb dan PbO₂

Komposisi unsur yang terdapat pada elektroda Pb dan PbO₂ dalam penelitian ini secara kualitatif dan kuantitatif ditentukan dengan SEM-EDS. Hasil analisis komposisi unsur elektroda Pb ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 1.



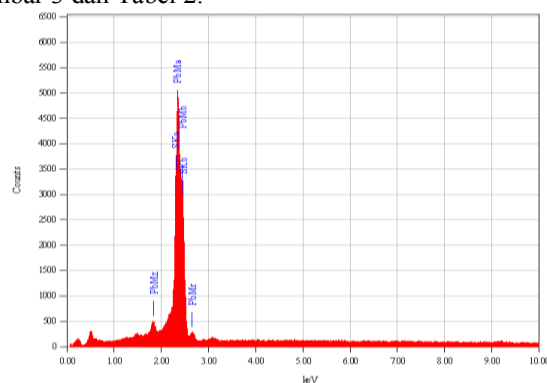
Gambar 2. Spektrum EDS elektroda Pb

Gambar 2 menunjukkan komposisi unsur elektroda timbal (Pb) secara kualitatif, diketahui bahwa elektroda Pb memiliki kandungan unsur-unsur timbal (Pb) dan belerang (S) dengan peak tertinggi dimiliki oleh unsur Pb, hal tersebut menunjukkan bahwa unsur Pb dalam elektroda memiliki komposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan unsur lainnya.

Tabel 1. Komposisi unsur pada elektroda Pb

Nama Unsur	Simbol	Nomor Atom	Kadar (%)
Oksigen	O	8	16,44
Timbal	Pb	82	76,52
Belerang	S	16	7,04

Tabel 1 menunjukkan bahwa secara kuantitatif terdapat tiga unsur pembentuk elektroda Pb dengan komposisi kimia yang paling tinggi adalah timbal (Pb) sebesar 76,52 %. Selain unsur tersebut terdapat pula unsur oksigen (O) sebesar 16,44% dan unsur belerang (S) 7,04%. Hasil analisis komposisi unsur elektroda PbO₂ ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 2.



Gambar 3. Spektrum EDS elektroda PbO₂

Gambar 3 menunjukkan komposisi unsur pada elektroda PbO₂ secara kualitatif terdiri dari unsur timbal (Pb) dan belerang (S) dengan peak tertinggi dimiliki oleh unsur Pb, hal tersebut menunjukkan bahwa unsur Pb dalam elektroda memiliki komposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan unsur lainnya.

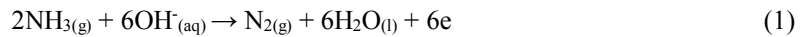
Tabel 2. Komposisi unsur pada elektroda PbO₂

Nama Unsur	Simbol	Nomor Atom	Kadar (%)
Oksigen	O	8	16,94
Timbal	Pb	82	75,64
Belerang	S	16	7,42

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa secara kuantitatif terdapat tiga unsur pembentuk elektroda PbO₂ dengan komposisi kimia yang paling tinggi adalah timbal (Pb) sebesar 75,64%. Selain unsur tersebut terdapat pula unsur oksigen (O) sebesar 16,94% dan unsur belerang (S) sebesar 7,42%.

Penurunan Kadar Amonia pada Limbah Cair Rumah Sakit

Kadar amonia dalam limbah dapat menurun dengan elektrolisis karena adanya proses oksidasi amonia pada anoda dan proses reduksi air pada katoda. Persamaan reaksi yang terjadi pada proses penurunan kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit secara lengkap ditunjukkan pada persamaan reaksi (1), (2), dan (3) [13,14].



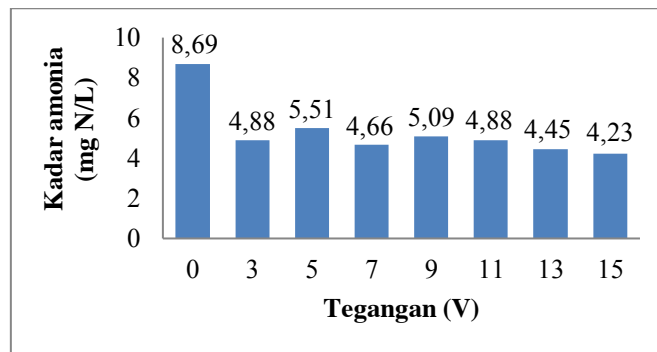
Persamaan reaksi (1) menjelaskan reaksi oksidasi senyawa amonia yang terjadi di anoda, sedangkan persamaan reaksi (2) menjelaskan reaksi reduksi air yang terjadi pada katoda. Reaksi keseluruhan dari kedua reaksi tersebut dapat dituliskan dengan persamaan (3) [14].



Reaksi yang terjadi pada persamaan (3) menjelaskan bahwa reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada saat elektrolisis limbah cair rumah sakit menghasilkan gas Nitrogen (N₂) dan Hidrogen (H₂).

Pengaruh Tegangan terhadap Penurunan Kadar Amonia pada Limbah Cair Rumah Sakit

Hasil analisis kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit pada parameter tegangan diperlihatkan pada Gambar 4 dan Tabel 3. Gambar 4 menunjukkan pengaruh tegangan terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda Pb dan PbO₂ dengan variasi tegangan 0, 3, 5, 7, 9, 11, 13, dan 15 V selama 30 menit. Tabel 3 menunjukkan pengaruh tegangan terhadap penurunan absorbansi dan persentase penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit.



Gambar 4. Pengaruh tegangan terhadap penurunan kadar amonia

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 4 dan Tabel 3 masing-masing dapat diketahui bahwa kadar amonia awal yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit sebesar 8,69 mg N/L dan kadar amonia mengalami penurunan setelah melalui proses elektrolisis dan hasil tersebut menunjukkan tegangan yang realif baik untuk menurunkan kadar amonia dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda Pb dan PbO₂ selama 30 menit adalah 15 V dengan persentase penurunan kadar amonia sebesar 51,22%.

Tabel 3. Penurunan absorbansi dan penurunan kadar amonia (%) pada limbah cair rumah sakit variasi tegangan

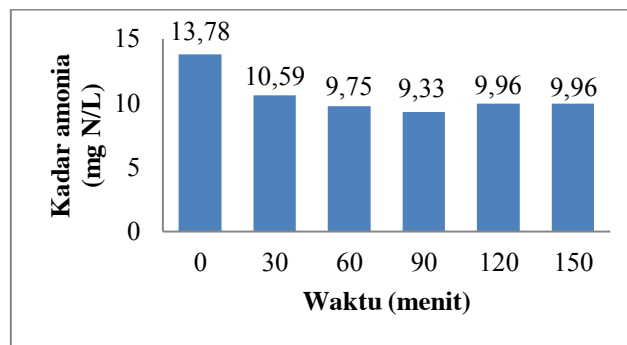
Tegangan (V)	Arus (A)	Absorbansi	Kadar Amonia (mg N/L)	Penurunan Kadar Amonia (%)
0	0	0,026	8,69	0
3	0,01	0,008	4,88	43,90
5	0,02	0,011	5,51	36,59
7	0,02	0,007	4,66	46,34

9	0,03	0,009	5,09	41,46
11	0,03	0,008	4,88	43,90
13	0,04	0,006	4,45	48,78
15	0,05	0,005	4,24	51,22

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan berpengaruh terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit dengan elektrolisis. Menurut Liu et al. [15], semakin tinggi tegangan yang digunakan maka arus yang dihasilkan semakin tinggi, hal tersebut dibuktikan pada Tabel 3 yang menunjukkan adanya peningkatan arus seiring bertambah tingginya tegangan yang digunakan selama proses elektrolisis. Arus yang dihasilkan berpengaruh terhadap keberlangsungan reaksi kimia dalam proses elektrolisis, semakin tinggi arus yang digunakan maka reaksi kimia yang berlangsung juga akan semakin cepat. Sehingga apabila dihubungkan terhadap penelitian ini, amonia dalam limbah akan terdegradasi lebih cepat jika tegangan yang digunakan semakin tinggi.

Pengaruh Waktu terhadap Penurunan Kadar Amonia pada Limbah Cair Rumah Sakit

Hasil analisis kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit pada parameter waktu dengan tegangan 15 V diperlihatkan pada Gambar 5 dan Tabel 4. Gambar 5 menunjukkan pengaruh waktu terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda Pb dan PbO₂ dengan variasi waktu yang digunakan yaitu 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dengan dialirkan tegangan optimum sebesar 15 V. Tabel 4 menunjukkan pengaruh waktu terhadap penurunan absorbansi dan persentase penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit.



Gambar 5. Pengaruh waktu terhadap penurunan kadar amonia

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 4 masing-masing dapat diketahui bahwa kadar amonia awal yang terkandung dalam limbah cair rumah sakit sebesar 13,78 mg N/L dan kadar amonia mengalami penurunan setelah melalui proses elektrolisis. Pada waktu 0, 30, 60 dan 90 menit kadar amonia masing-masing adalah 13,78; 10,59; 9,75; dan 9,33 mg N/L. Hasil tersebut menunjukkan terjadinya penurunan secara berkala akan tetapi ketika waktu diperpanjang selama 120 dan 150 menit kadar amonia mengalami peningkatan menjadi 9,96 mg N/L. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui waktu yang relatif baik pada proses elektrolisis dengan tegangan 15 V untuk menurunkan kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit adalah 90 menit dengan penurunan kadar amonia sebesar 32,31%.

Tabel 4. Penurunan absorbansi dan penurunana kadar amonia (%) pada limbah cair rumah sakit variasi waktu

Waktu (menit)	Arus (A)	Absorbansi	Kadar Amonia (mg N/L)	Penurunan Kadar Amonia (%)
0	0	0,050	13,78	0
30	0,05	0,035	10,59	23,08
60	0,05	0,031	9,75	29,23
90	0,05	0,029	9,33	32,31
120	0,05	0,032	9,96	27,69
150	0,05	0,032	9,96	27,69

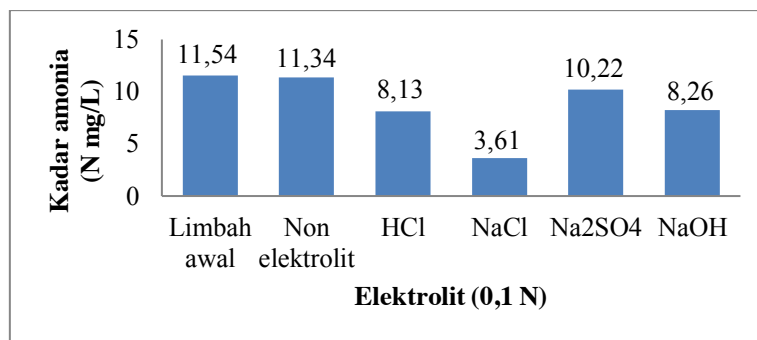
Hasil analisis tersebut menjelaskan bahwa waktu yang digunakan dalam proses elektrolisis memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit. Semakin lama limbah

dielektrolisis akan memberikan kesempatan lebih banyak pada senyawa amonia untuk mengurai sehingga kadar amonia pada limbah akan semakin rendah.

Semakin lama waktu elektrolisis akan memperbanyak ion-ion yang terbentuk akibat adanya reaksi antara elektroda dengan air limbah, ion-ion tersebut akan membantu untuk menguraikan senyawa amonia dan semakin banyak bahan kimia dalam limbah yang dapat dinetralkan [16,17]. Hal tersebut juga didukung oleh Hudha, dkk [18] yang menyatakan bahwa semakin lama waktu elektrolisis berlangsung maka ion-ion OH⁻ dan O⁻ akan terbentuk lebih lama sehingga dapat membantu proses oksidasi bahan-bahan organik. Akan tetapi ketika batas optimum waktu yang digunakan telah terlewati maka dapat menyebabkan berkurangnya keefektifitasan proses elektrolisis itu sendiri.

Pengaruh Elektrolit terhadap Penurunan Kadar Amonia pada Limbah Cair Rumah Sakit

Hasil analisis kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit pada parameter elektrolit dengan waktu 90 menit dan tegangan 15 V diperlihatkan pada Gambar 6 dan Tabel 5. Gambar 6 menunjukkan pengaruh elektrolit terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda Pb dan PbO₂ dengan variasi elektrolit HCl 0,1 N; NaOH 0,1 N; dan Na₂SO₄ 0,1 N dengan dialirkan tegangan optimum sebesar 15 V selama 90 menit. Tabel 5 menunjukkan pengaruh elektrolit terhadap penurunan absorbansi dan persentase penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit.



Gambar 6. Pengaruh elektrolit terhadap penurunan kadar amonia

Bedasarkan Gambar 6 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar amonia awal pada limbah cair rumah sakit sebesar 11,54 mg N/L yang kemudian kadar amonia mengalami penurunan setelah limbah di elektrolisis dengan penambahan elektrolit. Hasil analisis tersebut memperlihatkan adanya perbedaan penggunaan elektrolit pada proses elektrolisis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit.

Tabel 5. Penurunan absorbansi dan penurunana kadar amonia (%) pada limbah cair rumah sakit variasi elektrolit

Elektrolit	Arus (A)	Absorbansi	Kadar Amonia (mg N/L)	Penurunan Kadar Amonia (%)
Non perlakuan	0	0,107	11,54	0
Non elektrolit	0,08	0,105	11,34	1,61
HCl	0,19	0,071	8,13	28,96
NaCl	0,13	0,022	3,61	68,38
Na ₂ SO ₄	0,11	0,093	10,22	11,26
NaOH	0,17	0,072	8,26	28,16

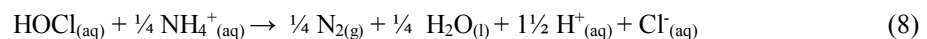
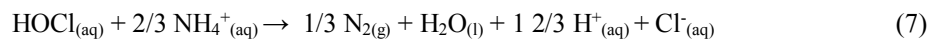
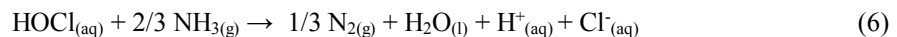
Berdasarkan Tabel 5 penambahan elektrolit pada saat elektrolisis mempengaruhi persentase penurunan kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit. Elektrolisis tanpa menggunakan elektrolit dapat menurunkan kadar amonia sebesar 1,61%, sedangkan elektrolisis dengan menggunakan elektrolit dapat menurunkan kadar amonia lebih besar, yaitu penambahan elektrolit HCl 0,1 N dapat menurunkan kadar amonia sebesar 28,96%, penambahan elektrolit NaCl 0,1 N dapat menurunkan kadar amonia sebesar 68,38%, penambahan elektrolit Na₂SO₄ dapat menurunkan kadar amonia sebesar 11,26%, dan penambahan elektrolit NaOH 0,1 N dapat menurunkan kadar amonia sebesar 28,16%. Menurut Brady [19], elektrolit digunakan sebagai konduktor elektrik pada proses elektrolisis karena elektolit berperan sebagai zat terlarut atau terurai dalam bentuk ion-ion yang kemudian akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan, melalui

cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar arus listrik sehingga dengan adanya elektrolit dapat membantu mempercepat terjadinya reaksi kimia selama proses elektrolisis.

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 5, elektrolisis dengan menggunakan elektrolit NaCl menunjukkan hasil penurunan kadar amonia yang optimum, hal tersebut disebabkan NaCl yang digunakan sebagai elektrolit dalam proses elektrolisis dapat membantu menurunkan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit karena di dalam larutan, NaCl akan terionisasi dan menghasilkan ion Cl^- yang ditunjukkan pada persamaan reaksi (4).



Ion-ion Cl^- yang dihasilkan dapat membantu proses oksidasi senyawa amonia dengan membentuk senyawa HOCl. Peristiwa tersebut berdasarkan pada persamaan reaksi (5)-(8) [20,21].



Persamaan reaksi (5) menunjukkan reaksi di anoda, yaitu ion Cl^- menghasilkan gas klorin (Cl_2). Gas klorin yang terdapat di dalam larutan akan bereaksi dengan H_2O membentuk asam hipoklorit (HOCl). Asam hipoklorit yang dihasilkan kemudian akan bereaksi dengan amonia terionisasi (NH_3) dengan reaksi yang dapat dilihat pada persamaan (6). Asam hipoklorit juga dapat bereaksi dengan amonia tak terionisasi (NH_4^+) dengan reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan (7) dan (8).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penurunan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda Pb dan PbO_2 dapat diambil kesimpulan bahwa komposisi unsur pada elektroda Pb yang digunakan sebagai salah satu elektroda dalam penurunan kadar amonia menggunakan metode elektrolisis adalah Pb (76,52%), O (16,44%), dan S (7,04%). Sedangkan kandungan unsur pada elektroda PbO_2 yang juga digunakan sebagai salah satu elektroda dalam penurunan kadar amonia menggunakan metode elektrolisis adalah Pb (75,64%), O (16,94%), dan S (7,42%). Dapat diambil kesimpulan juga bahwa kondisi tegangan, waktu elektrolisis, dan elektrolit yang paling optimum dalam menurunkan kadar amonia pada limbah cair rumah sakit masing-masing adalah 15 V, 90 menit, dan NaCl 0,1 N dengan penurunan kadar amonia sebesar 68,38%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dan Direktorat Kemahasiswaan Universitas Islam Indonesia atas dukungannya, dan penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Kimia Terpadu dan Laboratorium Instrumen di Universitas Islam Indonesia atas kemudahan penggunaan fasilitas dan peralatan laboratorium sehingga membuat penelitian ini berhasil.

REFERENSI

1. Siregar, J.P. Charles, *Farmasi Rumah Sakit Teori & Penerapannya*. Penerbit EGC, Jakarta (2004).
2. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 tahun 1995, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta (1995).
3. Z. Bin, S. Baosheng, J. Min, L. Huina, L. Xianhua, *Quantification and comparison of amonia-oxidizing bacterial communities in MBRs treating various types of wastewater*, Journal of Bioresource Technology 101:3054–3059 (2010).
4. G. Alleart, S.S Santika, *Metode Penelitian Air*. Surabaya, Usaha Nasional (1987).

5. N. Halimah, Penurunan Kadar Amonia pada Limbah Cair PT Cheil Jedang Indonesia dengan Metode Elektrolisa Secara Kontinyu, Skripsi. Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional, Jawa Timur (2013).
6. M. Feng, C.P. Li, Z.Y. Zhang, *Optimization of Electrochemical Amonia Removal Using Box-Behnken Design*, Journal of Electroanalytical Chemistry 657:66-73 (2011).
7. Y. Wang, X. Guo, J. Li, Y. Yang, Z. Lei, Z. Zhang, *Efficient Electrochemical Removal of Amonia with Various Cathodes and Ti/RuO₂-Pt Anode*, SciRes 2:241-247 (2012).
8. J. Kong, S. Shi, L. Kong, X. Zhua, J. Ni, *Preparation and Characterization of PbO₂ Electrodes Doped with Different Rare Earth Oxides*, Electrochimica Acta 53:2048-2054 (2007).
9. L.C.T.J. Sires, Ponce-de-Leon, F.C. Walsh, *The Characterisation of PbO₂-Coated Electrodes Prepared from Aqueous Methanesulfonic Acid Under Controlled Deposition Conditions*, Electrochimica Acta 55:2163-217 (2010).
10. H.Y. Peng, H.Y. Chen, S.J. Hu, J.M. Nan, Z.H. Xu, *A Study Onnunun The Reversibility of Pb(II)/PbO₂ Conversion for The Application of Flow Liquid Battery*, Journal of Power Sources 168:105- 109 (2007).
11. W. Han, Y. Chen, L. Wang, X. Sun, J. Li, *Mechanism and kinetics of electrochemical degradation of isothiazolin-ones using Ti/SnO₂-Sb/PbO₂ anode*, Journal of Desalination 276:82-88 (2011).
12. Standar Nasional Indonesia (SNI), *SNI 06-6989.30-2005: Air dan Air Limbah-Bagian 30: Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer secara Fenat*. Badan Standar Nasional (BSN), Depok (2005).
13. G.G. Botte, F. Vitse, M. Cooper, *Electro-catalyst for oxidation of amonia in alkaline media and its application to hydrogen production, amonia fuel cells, amonia electrochemical sensors, and purification process for amonia-contained effluents*, Pending Patent (2003).
14. F. Vitse, M. Cooper, G.G. Botte, *On The Use of Amonia Elektrolisis for Hydrogen Production*, Journal of Power Sources 142:18-26 (2005).
15. Y. Liu, L. Li, R. Goel, *Kinetic study of electrolytic amonia removal using Ti/IrO₂ as anode under different experimental conditions*, Journal of Hazardous Materials 167:959-965 (2009).
16. V. Khandegar, K. Anil, Saroha, *Electrochemical Treatment of Distillery Spent Wash Using Aluminum and Iron Electrodes*. Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology, Delhi Hauz Khas, New Delhi-110016, India (2012).
17. Soemargono, E. Ismiati, Lazuardi, *Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan Proses Elektroflokulator Secara Batch*. Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran, Jawa Timur (2006).
18. M.I. Hudha, Jimmy, Muyassaroh, *Studi Penurunan COD dan TSS Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Proses Elektrokimia*, Jurnal FMIPA Uniersitas Negeri Surabaya, Surabaya (2014).
19. J. E. Brady, Kimia Universitas Asas dan Struktur. Binarupa Aksara, Bandung (1999).
20. L. Yan, L. Liang, R. Goel, *Kinetic Study of Electrolytic Amonia Removal Using Ti/IrO₂ as Anoda Under Different Experimental Conditions*, Journal of Hazardous Materials, 161, 1010-1016 (2009).
21. K.W. Kim, Y.J. Kim, I. Kim, G. Park, E. Lee, *Electrochemical conversion characteristics of amonia to nitrogen*, Journal of Water Research 40:1431 – 1441 (2006).