

KINETIKA DEGRADASI LINDI TPA BENGKALA DENGAN TEKNIK ELEKTROOKSIDASI

Ni Made Wiratini

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha

e-mail: wilingga@yahoo.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinetika degradasi Lindi TPA Bengkulu dengan teknik elektrooksidasi. Subyek penelitian ini adalah lindi TPA Bengkulu dan obyek penelitiannya adalah kadar COD lindi TPA Bengkulu. Lindi didegradasi dengan teknik elektrooksidasi dengan variasi waktu 0 jam; 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam; dan 3 jam. Jarak antar elektroda karbon dibuat 3 cm dengan luas permukaan 10,158 cm². Elektroda tersebut diberi tegangan 13,5 volt. Kadar COD lindi hasil degradasi diukur dengan UV vis 1600 shimadzu pada panjang gelombang 600 nm. Hasil penelitian menunjukkan kinetika laju reaksi degradasi lindi TPA Bengkulu dengan teknik elektrooksidasi mengikuti orde reaksi 1 dengan konstanta reaksi $6,96 \cdot 10^{-4} \text{ gL}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Kata-kata kunci: Kinetika degradasi lindi, TPA Bengkulu, elektrooksidasi.

Abstract: This study aims to determine kinetics of degradation Bengkulu leachate by electrooxidation technique. Subjects of research was Bengkulu leachate and the object of research was Bengkulu leachate COD levels. Leachate was degraded with time variation technique electrooxidation with 0 hours; 0.5 hours; 1 hour; 1.5 hours; 2 hours; 2.5 hours; and 3 hours. The distance between the carbon electrodes are made 3 cm with a surface area of 10,158 cm². Electrodes were given voltage of 13.5 volts. Leachate COD levels of degradation were measured with a Shimadzu UV-vis 1600 at a wavelength of 600 nm. The results show the kinetics of the reaction rate of degradation leachate Bengkulu with electrooxidation technique following 1 reaction order with reaction constants $6,96 \cdot 10^{-4} \text{ gL}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Keywords: Kinetics of degradation of leachate, landfill Bengkulu, electrooxidation

PENDAHULUAN

Sampah telah menjadi permasalahan serius dalam kehidupan manusia. Hampir setiap daerah dengan laju pertumbuhan ekonomi pesat, sampah memerlukan perhatian yang serius untuk ditangani (Li, et al., 2010). Upaya yang sering dilakukan untuk menangani sampah adalah dengan menimbun sampah dengan metode *landfilling*. Metode ini hampir diterapkan 95% di daerah yang mengalami permasalahan sampah (Deng and Englehardt, 2007). Upaya tersebut juga dilakukan di tempat penimbunan sampah di Desa Bengkulu Kabupaten Buleleng.

Dampak penimbunan sampah dengan metode *landfilling* adalah dihasilkan lindi yang berbau sangat menyengat, airnya berwarna keruh, dan membuat kulit menjadi gatal (Wiratini, dkk., 2011). Dampak ini terjadi karena penerapan metode *landfilling* kurang

sempurna. Seharusnya dalam penerapan metode ini disertai dengan sarana pengumpulan gas.

Lindi mengandung berbagai senyawa atau logam yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Senyawa-senyawa tersebut antara lain: 1,2 dikloroetan, diklorometan, trikloroetan, tetrakloroetan, toluenlorophenol, aldrin, dan lindinade. Sedangkan logam yang terdapat dalam lindi antara lain, Cu, Pb, Cr, Fe, dan Cd (Huu Hao Ngo, et. all., 2006). Senyawa organik dan logam yang dihasilkan lindi tersebut dapat menimbulkan karsinogen, dermatitis, pertumbuhan menjadi kerdil, hepatisis, metoglobinemia, dan diare (Murilo, T.L., et. all, 2011). Dampak-dampak lindi tersebut sangat mengkhawatirkan masyarakat yang ada disekitar pembuangan sampah di Desa Bengkulu Buleleng, karena posisi pembuangan sampah di dataran yang lebih tinggi dari pemukiman penduduk.

Lindi hasil pembuangan di tempat tersebut juga dikhawatirkan dapat mencemari mata air yang terdapat di daerah sekeliling tempat pembuangan sampah (Wiratini, dkk., 2011).

Berbagai upaya telah dilakukan berkaitan dengan pengolahan lindi, antara lain: adsorpsi (Copa, Meidl, 1986), perlakuan biologis (Wis-niowski, J., et. all., 2006), dan oksidasi fenton (Zazo, J.A., et., all, 2005). Perlakuan-perlakuan tersebut kurang populer, karena belum mampu mendegradasi lindi dengan efektif, membutuhkan perlakuan awal untuk adsorben, dan derivatisasi analit yang relative besar (Ane Urtiaga, et. all., 2009). Untuk itu diperlukan cara lain untuk mendegradasi lindi. Wiratini, dkk. (2013) telah melakukan teknik elektrooksidasi menggunakan air laut Buleleng dan elektroda karbon untuk mendegradasi lindi dari tempat pembuangan sampah di Desa Bengkala Buleleng. Hasil yang diperoleh adalah kadar COD berkurang 96,12%, DO bertambah 382% dan absorbansi berkurang 99.89% pada waktu 1,5 jam dalam 560 mL air laut Buleleng.

Kinetika pendegradasian lindi sangat perlu dipelajari untuk mengetahui efektifitas waktu yang diperlukan dalam proses tersebut. Kinetika pendegradasian lindi tersebut telah dipelajari dalam proses fenton. Mohammad Ahmadia, et. all. (2013) melaporkan bahwa degradasi dengan proses fenton menunjukkan orde reaksi satu, berdasarkan COD, TOC, TSS, dan warna hasil penguraian lindi. Richard dan Mullin (2011) melaporkan telah mempelajari model kinetik lindi dengan menggunakan remediasi amikroalga. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kinetika yang dihasilkan tergolong orde 2.

Kinetika reaksi pendegradasian lindi dengan teknik elektrooksidasi untuk lindi di Desa Bengkala belum diketahui. Kinetika reaksi tersebut sangat

diperlukan untuk mengetahui langkah yang efektif dalam mengolah lindi. Untuk itu dalam artikel ini bertujuan mengkaji kinetika reaksi degradasi lindi TPA Bengkala dengan teknik elektrooksidasi menggunakan elektroda karbon dan air laut Buleleng ditinjau dari kadar COD. Dengan demikian, waktu efektif untuk menguraikan lindi TPA Bengkala dengan teknik elektrooksidasi menggunakan elektroda karbon dan air laut dapat diketahui. Disamping itu, tulisan ini juga dapat dimanfaatkan untuk sumber belajar dalam mata kuliah kimia fisika tentang kinetika reaksi dan sel volta yang dikaitkan dengan pembelajaran kontekstual.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen untuk menentukan kinetika reaksi degradasi lindi TPA Bengkala dengan tehnik elektrooksidasi menggunakan elektroda karbon dan air laut Buleleng. Subyek penelitian ini adalah lindi TPA Bengkala, dan obyek penelitiannya adalah kadar COD lindi TPA Bengkala sebelum dan setelah proses elektrooksidasi.

Langkah-langkah pendegradasian lindi TPA Bengkala dengan teknik elektrooksidasi dilakukan sebagai berikut: 1) lima puluh mililiter lindi TPA Bengkala ditempatkan dalam bak reaktor yang telah berisi 560 mL air laut Buleleng, 2) air laut tersebut dicelupkan dua elektroda karbon yang memiliki luas permukaan 10,158 cm²; 3) jarak kedua elektroda diatur menjadi 3 cm dan diberi tegangan 13,5 volt, dan 4) waktu elektrooksidasi kemudian divariasikan 0 jam; 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam; dan 3 jam. Kadar COD lindi kemudian dianalisis.

Langkah-langkah untuk menentukan kadar COD dilakukan membuat larutan standar K₂H₂O₄ yang ekuivalen dengan konsentrasi COD. Larutan standar tersebut divariasikan dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30

ppm, 40 ppm, dan 50 ppm. Masing-masing larutan standar ditambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ dan asam sulfat, kemudian selama 2 jam direfluk dalam COD reaktor. Cairan hasil refluk didinginkan dan serapannya diukur dengan UV vis 1600 shimadzu pada

panjang gelombang 600 nm.

Penentuan kadar COD sampel dilakukan sama seperti perlakuan terhadap standar. Perbandingan sampel dengan reagen dibuat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan sampel dan reagen

Tabung digesti	Jumlah sampel (mL)	Larutan digesti 0,5M ($K_2Cr_2O_7$) (mL)	Reagen 0,5M asam sulfat (mL)	Total volume akhir (mL)
20x150 mm	5,0	3,0	7,0	15,0

(Sumber: Departemen Kesehatan RI, 1992)

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah kadar COD sebelum proses dan setelah proses elektrooksidasi. Kadar COD tersebut diukur dengan uv vis 1600 shimadzu. Penentuan pengaruh waktu terhadap kadar COD terdegradasi dibuat dalam bentuk grafik. Berdasarkan grafik tersebut ditemukan tren COD terdegradasi terhadap waktu, kemudian dianalisa secara deskriptif.

Penentuan kinetika laju degradasi lindi adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Laju reaksi (r) = k $[COD]^n$ sesudah proses

$\ln r = \ln k + n \ln [COD]$ sesudah proses

Kinetika laju reaksi ditentukan dengan membuat grafik $\ln r$ versus $\ln [COD]^n$ sesudah proses. Orde reaksi ditentukan dari gradien (n) dan konstanta laju (k) reaksi ditentukan dari intersep grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian COD setelah proses elektrooksidasi pada variasi waktu proses elektrooksidasi disajikan pada Tabel 2.

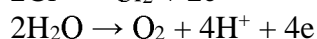
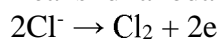
Tabel 2. Kadar COD dengan variasi waktu proses elektrooksidasi

Waktu elektrooksidasi (t) (jam)	Kadar COD (g/L)
0	38,763
0,5	1,477
1	1,419
1,5	1,377
2	1,309
2,5	1,271
3	1,26
3,5	1,26
4	1,197

Pada tabel 2. menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu elektrooksidasi kadar COD mengalami penurunan.

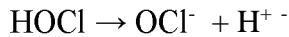
Berdasarkan Tabel 2, variasi waktu memberi pe-ngaruh yang berbeda terhadap kadar COD. Hal ini menunjukkan bahwa lindi dapat diuraikan melalui teknik elektrooksidasi dengan menggunakan air laut Buleleng dan elektroda karbon. Air laut Buleleng dapat berperan dalam elektrooksidasi tersebut, karena air laut Buleleng mengandung mineral elektrolit. Mineral elektrolit yang terdapat di air laut Buleleng adalah ion klor (Cl^-). Wiratini (2013) melaporkan kadar klor air laut Buleleng mencapai 16,862 g/L klor. Ion klor pada proses elektrooksidasi mengalami oksidasi di anoda. Reaksi yang terjadi adalah.

Reaksi di anoda

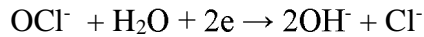
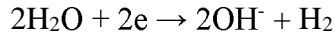


Reaksi dalam bulk





Reaksi di katoda



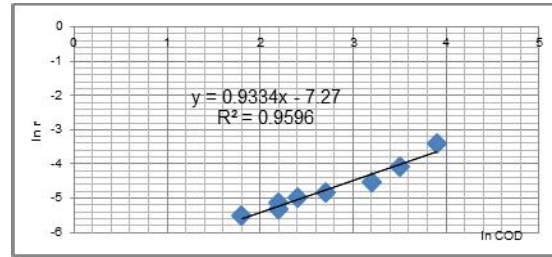
Ion hipoklorit (OCl^-) merupakan oksidator kuat yang mengoksidasi senyawa organik dalam lindi (Yang Deng, et al., 2007). Chiang et. al. (1995) melaporkan bahwa kepekatan klor sangat efektif dalam elektrooksidasi lindi dan menurunkan ka-dar COD. Semakin lama waktu elektrooksidasi maka semakin banyak ion hipoklorit yang diha-silkan, sehingga kadar COD semakin menurun dengan bertambahnya waktu elektrooksidasi.

Penentuan kinetika laju reaksi pende-gradasian lindi dengan teknik elektrooksidasi menggunakan air laut dilakukan dengan menentukan laju reaksi (r) pendeградasian lindi. Laju reaksi (r) tersebut diperoleh dari seperwaktu elektrooksidasi dalam satuan detik ($1/t$ atau s^{-1}). Kemudian laju reaksi dan kadar COD di *lenkan* (\ln). Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan laju reaksi dan \ln COD

No	r (s^{-1})	$\ln r$	$\ln \text{COD}$ (g/L)
1	0,033	-3,411	0,39
2	0,017	-4,075	0,35
3	0,011	-4,509	0,32
4	0,008	-4,828	0,27
5	0,007	-4,961	0,24
6	0,006	-5,116	0,22
7	0,005	-5,298	0,22
8	0,004	-5,521	0,18

Penentuan orde reaksi (n) dan konstanta reaksi (k) pendeградasian lindi dengan elektrooksidasi dilakukan dengan membuat grafik $\ln r$ versus $\ln \text{COD}$. Grafik $\ln r$ versus $\ln \text{COD}$ disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan $\ln r$ terhadap $\ln \text{COD}$

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh persamaan $Y=0,933X - 727$. Gradien persamaan tersebut merupakan orde reaksi (n) pendeградasian lindi dengan teknik elektrooksidasi. Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh orde reaksi $0,933 \approx 1$. Sedangkan untuk menentukan konstanta laju reaksi (k) pendeградasian lindi dengan elektrooksidasi diperoleh dari intersep ($\ln k$) terhadap sumbu Y . Intersep ($\ln k$) dari persamaan tersebut diperoleh $-7,27$, maka nilai k adalah $6,96 \times 10^{-4} \text{ gL}^{-1} \text{ s}^{-1}$

SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil berdasarkan uraian di atas adalah kinetika laju reaksi pendeградasian lindi dengan teknik elektrooksidasi menggunakan elektroda karbon dan air laut Buleleng mengikuti orde (n) 1 dengan nilai konstanta laju reaksi (k) adalah $6,96 \cdot 10^{-4} \text{ gL}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber belajar tentang cara menentukan orde reaksi dan nilai konstanta laju reaksi dengan menggunakan sampel alam. Dengan demikian, praktikum kimia yang selama ini dianggap mahal menjadi murah, lebih kontekstual dengan lingkungan, dan limbah praktikum yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan.

DAFTAR RUJUKAN

Ane Urriage, Ane Rueda, Angela Anglada. Inma-culada Ortiz. 2009. Integrated Treatment Of Landfill Leachates Including Electro-oxidation At Pilot Plant

- Scale. *Journal of Hazardous Material* 166. pp. 1530-1534
- Copa. W.M. Meidl. J.A. 1986. Powdered Carbon Effectively Treats Toxic Leachate. *Pollution Engineering*. 18(7).Pp 32-34.
- Departemen Kesehatan RI. 1993. *Petunjuk Pe-meriksaan Air Buangan dan Air Kolam*. Cetakan ke-2. Depkes: Jakarta.
- Huu Hao Ngo. Wenshan Guo. Wen Xing. 2006. Applied Technologies in Municipal Solid Waste Landfill Treatment. *Water and Wastewater Treatment Technologies*. Vol.30. No.4.Pp 12-25.
- Mohammad Ahmadian, Sohla Reshadat, Nader Yousefi, Seyed Hamed Mirhossieni, Mo-hammad Reza Zare, Seyed Ramin Gha-semi, Nader Rajabi Gilan, Razieh Khamutian, Ali Fatehizadeh. 2013. Minicipal Leachate Treatment by Fenton Process: Effect of Some Variable and Kinetics. *Journal of Enviromental and Public Health*. Volume 2013. Page 1-6.
- Murilo, F. T., Luna, Caio C. B., Araújo, Carolina B. Veloso, Ivanildo J. Silva Jr., Diana C. S. Azevedo, Célio L. Cavalcante Jr.. 2011. Adsorption of Naphthalene and Pyrene from Isooctane Solutions on Commercial Activated Carbons. *Adsorption*. Desember 2011, Volume, Issue 6. Page 937-947. DOI 10.1007/10450-011-9372-0. Tersedia pada [http/link.springer.com/journal](http://link.springer.com/journal). Diakses 2 Agustus 2013.
- Richards, R.G., Mullins, B. 2011. Modelling the Kinetics of Leachate Remediation Using Microalgae. *International Conggres on Modelling and Simulation*. 12-16 Decem-ber 2011. Page 2275-2281.Pert, Australia.
- Wei Li. Qitiang Zhou. Tao Hua. 2010. Removal of Organik Matter from Landfill Leachate by Advanced Oxidation Processes: A re-view. *International Journal Of Chemical Engineering*. Volume 2010. pp 1-10.
- Wiratini Ni Made, Gunamantha I Made, 2013. *Disain Reaktor Elektrooksidasi Berbasis Potensi Lingkungan untuk Mendegradasasi Limbah Organik Lindi di Tempat Pembuangan Sampah*. Laporan peneli-tian (tidak diterbitkan) Singaraja: Juru-san Pendidikan Kimia FMIPA Undiksha.
- Wiratini Ni Made. Yuninggrat Ni Wayan. Guna-mantha I Made. 2011. *Degradasi Pence-mar Organik dalam Lindi dengan Proses Oksidasi Lanjut*. Laporan Penelitian (ti-dak titerbitkan). Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha.
- Wiszniowski. J.. Robert. D.. Surmacz Gorska. J. 2006. Landfill Leachate Treatment Me-thods: A Review. *Environmental Chemical* 4. pp. 51-61.
- Yang Deng. J.D.Englehardt. 2007. Electro-chemical Oxidation fo Landfill Leachate Treatment. *Waste Management*. Vol. 27. No. 3. Pp 380-389.
- Zazo. J.A.. Casas. J.A.. Mohendano. A.F.. Gilar-ranz. Rodriguez. J.J. 2005. Chemical Path Way and Kinetics ff Phenol Oxida-tion by Fenton's Reagent. *Environmental Sciences Technologies*. 39. pp. 9295-9305.