

STUDI PENGARUH POTENSIAL, WAKTU KONTAK, DAN pH TERHADAP METODE ELEKTROKOAGULASI LIMBAH CAIR RESTORAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA Fe DENGAN SUSUNAN MONOPOLAR DAN DIPOLAR

Kurratul Uyun*, Ilim, dan Wasinton Simanjuntak

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
Bandar Lampung, Indonesia 35145¹

*E-mail: uyunkurratuluyun@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari proses elektrokoagulasi limbah cair restoran menggunakan logam Fe sebagai elektroda dengan sistem kontinu. Hasil elektrokoagulasi dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-700 nm yang dipantau pada panjang gelombang 254, 272, 365, 436 dan 565 nm, sebagai petunjuk berkurangnya konsentrasi partikel organik dalam limbah cair restoran. Selain itu, pemantauan juga dilakukan dengan menggunakan perbandingan absorbansi pada panjang gelombang 254 nm terhadap panjang gelombang 365 nm (E_2/E_3) dan perbandingan absorbansi pada panjang gelombang 436 nm terhadap absorbansi pada panjang gelombang 565 nm (E_4/E_5) yang berkaitan erat dengan bobot molekul senyawa organik dalam limbah. Proses elektrokoagulasi dilakukan untuk mempelajari pengaruh beberapa parameter elektrokimia meliputi potensial, waktu kontak, dan pH, terhadap nilai COD, BOD, dan kekeruhan limbah olahan. Pada penelitian ini, percobaan dilakukan dengan susunan elektroda monopolar dan dipolar. Untuk susunan elektroda monopolar, kondisi optimum terjadi pada potensial 6 volt, waktu kontak 30 menit, dan pH 7. Sedangkan untuk susunan dipolar tidak diperoleh kondisi optimum. Adapun penurunan nilai COD, BOD dan kekeruhan untuk susunan elektroda monopolar adalah 10,05%; 20,75% dan -92,50%.

Kata kunci: Elektrokoagulasi, UV-Vis, Dipolar, Monopolar, COD, BOD, Kekeruhan

1. PENDAHULUAN

Restoran setiap saat bertambah banyak di berbagai wilayah dan umumnya berada di daerah pemukiman atau tempat-tempat strategis yang umumnya belum memiliki Unit Pengolahan Limbah (UPL). Untuk daerah Provinsi Lampung sendiri, penambahan jumlah restoran sangat signifikan sehingga peluang pencemaran lingkungan oleh limbah restoran ini sangat besar. Untuk mengatasi permasalahan yang diakibatkan limbah restoran ini, maka ide ini digagas untuk mengolah limbah cair restoran dengan metode elektrokoagulasi.

Pada prinsipnya, elektrokoagulasi merupakan pengembangan metode koagulasi konvensional yang menggunakan koagulan berupa garam, terutama $FeCl_3$, $ZnCl_2$, dan $Al_2(SO_4)_3$ (Holt *et al.*, 2002; Bergmann *et al.*, 2003). Perbedaan paling penting antara kedua metode adalah pembentukan kation secara langsung dari logam yang digunakan sebagai anoda dalam metode elektrokoagulasi, sehingga metode elektrokoagulasi tidak menghasilkan limbah sekunder berupa anion yang merupakan kelemahan utama metode

konvensional. Penerapan metode elektrokoagulasi juga tidak membutuhkan penentuan dosis koagulan serta prosesnya berlangsung cepat, teknologinya murah, dapat menurunkan total mikroorganisme dalam air seperti bakteri *E. coli*, peralatan yang digunakan sederhana dan dapat dibuat dalam unit kecil sehingga sesuai untuk industri rumah tangga seperti rumah makan (restoran).

Metode elektrokoagulasi merupakan suatu proses elektrokimia sehingga sangat dipengaruhi oleh berbagai variabel elektrokimia seperti potensial, jenis elektroda (Tsai *et al.*, 1997), derajat keasaman (pH), waktu kontak (Chen *et al.*, 2000), jarak antar elektroda (Mameri *et al.*, 1998), suhu, kuat arus (Bejankiwar *et al.*, 2002), serta jenis dan konsentrasi polutan dalam air (Xiong *et al.*, 2001).

Jenis elektroda merupakan faktor penting dalam pengolahan limbah cair secara elektrokimia. Elektroda memiliki kemampuan mengoksidasi senyawa organik (Bejankiwar *et al.*, 2002). Berdasarkan penelitian Sheng *et al.*, (1998) serta Sheng dan Chi (1994) diketahui bahwa elektroda besi mampu mengoksidasi

senyawa organik pada pengolahan limbah industri tekstil dan industri penggarapan yang diikuti dengan menurunnya nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses elektrokoagulasi untuk mempelajari pengaruh beberapa parameter elektrokimia meliputi potensial, waktu kontak, dan pH, terhadap nilai COD, BOD, dan kekeruhan limbah olahan karena ketiganya merupakan parameter kualitas suatu limbah cair. Proses elektrokoagulasi dilakukan menggunakan logam besi (Fe) sebagai elektroda. Untuk mempelajari pengaruh susunan elektroda, dalam penelitian ini percobaan dilakukan dengan susunan elektroda secara monopolar dan dipolar.

Proses elektrokoagulasi juga dipantau dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan mengikuti perubahan absorbansi pada panjang gelombang (λ) 200-700 nm. Dari pengukuran ini, ditentukan absorbansi pada panjang gelombang (λ) 254, 272, dan 365, 436 dan 565 nm karena absorbansi pada panjang gelombang tersebut mempunyai korelasi yang baik dengan konsentrasi partikulat dalam limbah. Selain itu, dilakukan pula pemantauan terhadap perubahan bobot molekul polutan dalam limbah, yaitu perubahan perbandingan absorbansi pada $\lambda=254/365$ untuk menghitung E_2/E_3 serta $\lambda=436/565$ untuk menghitung E_4/E_5 yang diketahui bahwa kedua perbandingan absorbansi tersebut berbanding terbalik dengan bobot molekul polutan organik sehingga perubahan nilai keduanya akan menunjukkan selektifitas proses elektrokoagulasi terhadap bobot molekul senyawa organik dalam limbah (Thomsen *et al.*, 2002).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel limbah cair dari restoran yang diambil di daerah Natar Lampung Selatan.

2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah perangkat gelas yang umum, elektroda besi, spektrofotometer UV-Vis dan perangkat elektrokoagulator. Perangkat elektrokoagulator yang digunakan terbuat dari kaca transparan, dengan tinggi 60 cm,

panjang 30 cm dan lebar 30 cm. Elektrokoagulator ini dilengkapi dengan pompa sirkulasi untuk mengukur waktu kontak sampel dengan elektroda sehingga percobaan dapat dilakukan dengan sistem mengalir. Alat juga dihubungkan dengan *power supply* untuk mengatur besarnya potensial yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perangkat Elektrokoagulasi

2.3 Elektroda

Elektroda yang digunakan adalah plat besi (Fe) dengan panjang 60 cm yang dalam proses elektrokoagulasi, plat besi tersebut disusun secara monopolar dan dipolar seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Elektroda Fe susunan monopolar



Gambar 3. Elektroda Fe susunan dipolar

2.4. Prosedur Kerja

2.4.1 Teknis Lapangan

Sampel dari aliran pencucian piring dan aliran pembuangan sisa-sisa masakan ditampung dalam sebuah bak yang sebelumnya disaring terlebih dahulu agar terpisah dari limbah padatnya, diaduk

agar sampel homogen. Kemudian dielektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe dengan cara dialirkan ke dalam perangkat elektrokoagulasi, lalu dilakukan variasi potensial, waktu kontak, dan pH.

2.4.2 Karakterisasi UV-Vis

Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum yaitu kondisi dimana absorbansi yang diperoleh dari proses elektrokoagulasi ini kecil (rendah). Pengukuran absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang (λ) = 254, 272, 365, 436 dan 565 nm. Selain itu, absorbansi sampel pada panjang gelombang 254/365 untuk menentukan nilai E_2/E_3 dan absorbansi pada panjang gelombang 436/565 untuk menentukan nilai E_4/E_5 sampel.

2.4.3 Variasi Potensial

Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi potensial 4, 6, 8, dan 10 volt dengan waktu kontak tetap yakni 30 menit dan pH tetap 7,0. Untuk menentukan potensial optimumnya, dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis seperti pada percobaan (1).

2.4.4 Variasi waktu kontak

Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi waktu kontak 30, 60, 90, dan 120 menit dengan potensial optimum yang telah diperoleh pada percobaan (2) dan pH tetap 7,0. Untuk menentukan waktu kontak optimumnya, dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis seperti pada percobaan (1).

2.4.5 Variasi pH

Percobaan dilakukan dengan menggunakan potensial optimum dan waktu kontak optimum yang telah diperoleh pada percobaan sebelumnya (2) dan (3). Untuk menentukan pH optimumnya, dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis seperti pada percobaan (1).

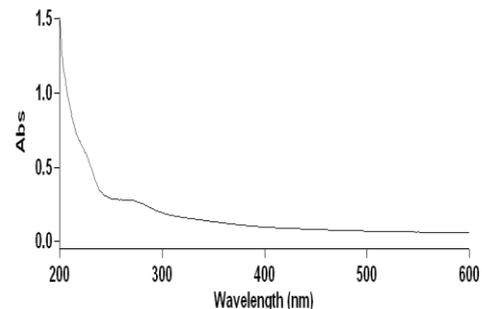
2.4.6 Percobaan konfirmasi

Proses elektrokoagulasi dilakukan menggunakan potensial, waktu kontak, dan pH optimum yang telah diperoleh dari percobaan sebelumnya, kemudian diukur nilai COD, BOD, dan kekeruhannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi UV-Vis

Karakteristik UV-Vis ini diamati pada panjang gelombang (λ) 200-700 nm. Contoh spektrum yang diperoleh disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh spektrum UV-Vis limbah cair restoran

Seperti terlihat pada Gambar 4, spektrum menunjukkan penurunan absorbansi dengan adanya pertambahan panjang gelombang. Namun, tidak ada nilai maksimum maupun minimum yang teramati. Karakteristik tersebut terjadi karena senyawa organik yang terdapat dalam limbah sangat beragam dan memiliki serapan maksimum pada posisi yang sama sehingga saling tumpang tindih menghasilkan garis kontinu. Karakteristik yang diperoleh sesuai dengan hasil yang didapatkan peneliti sebelumnya (Korshin *et al.*, 1997; 1999; Kalbitz *et al.*, 2000).

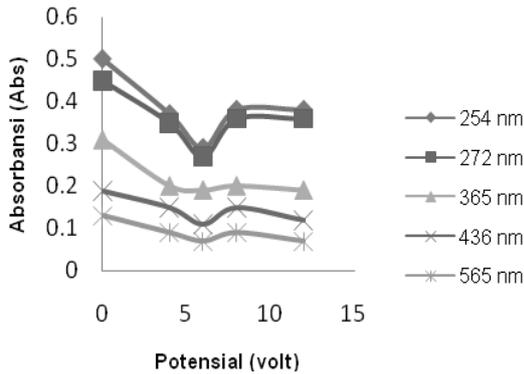
4.2 Penentuan kondisi optimum dengan susunan elektroda monopolar

4.2.1 Potensial optimum

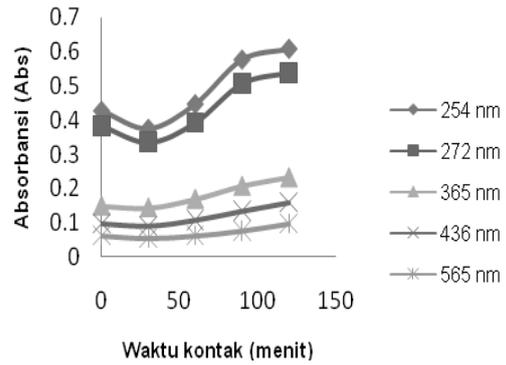
Penentuan potensial optimum dilakukan dengan memvariasikan potensial yaitu; 4, 6, 8 dan 12 volt, menggunakan waktu kontak tetap yaitu 60 menit dan pH tetap yaitu 7. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Tabel 1. Pengaruh potensial hasil elektrokoagulasi pada beberapa panjang gelombang dengan waktu kontak tetap = 60 menit pH=7

No.	λ (nm)	Absorbansi Sampel Awal	Absorbansi pada potensial (volt)			
			4	6	8	12
1.	254	0,5	0,37	0,29	0,38	0,38
2.	272	0,45	0,35	0,27	0,36	0,36
3.	365	0,31	0,20	0,19	0,20	0,19
4.	436	0,19	0,15	0,11	0,15	0,12
5.	565	0,13	0,09	0,07	0,15	0,07
6.	E_2/E_3	1,61	1,85	1,52	1,90	2,00
7.	E_4/E_5	1,46	1,67	1,57	1,67	1,71



Gambar 5. Grafik hubungan potensial terhadap absorbansi sampel limbah cair restoran



Gambar 6. Grafik hubungan waktu kontak terhadap penurunan absorbansi sampel limbah cair restoran

Dari Tabel 1 dan Gambar 5 terlihat bahwa nilai absorbansi terkecil dan penurunan nilai absorbansi yang lebih besar terjadi pada potensial 6 volt, yang berarti potensial optimum yang diperoleh adalah 6 volt. Penggunaan potensial yang lebih kecil kurang efektif karena kemampuan untuk mengoksidasi senyawa organik sangat kecil. Sedangkan untuk penggunaan potensial yang lebih besar dari 6 volt, senyawa organik yang teroksidasi cukup tinggi terbukti dengan adanya *flok-flok* yang terbentuk, tetapi potensial yang tinggi juga memungkinkan terjadinya destabilisasi yang disebabkan produksi gas hidrogen di katoda cukup banyak, sehingga *flok-flok* yang terbentuk kemungkinan pecah kembali.

4.2.2 Waktu kontak optimum

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan setelah potensial optimum diperoleh. Elektrokoagulasi dilakukan dengan cara memvariasikan waktu kontak yaitu selama 30, 60, 90 dan 120 menit menggunakan potensial optimum yang telah diperoleh yaitu 6 volt dan pH tetap yaitu pH 7. Hasil pengukuran absorbansi untuk penentuan waktu kontak optimum dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 6.

Tabel 2. Pengaruh waktu kontak hasil elektrokoagulasi pada beberapa panjang gelombang dengan potensial optimum 6 volt dan pH 7

No.	λ (nm)	Absorbansi sampel awal	Absorbansi pada waktu (menit)			
			30	60	90	120
1.	254	0,4270	0,3750	0,4467	0,5759	0,6072
2.	272	0,3834	0,3354	0,3928	0,5073	0,5393
3.	365	0,1492	0,1438	0,1694	0,2080	0,2333
4.	436	0,0976	0,0909	0,1078	0,1344	0,1595
5.	565	0,0618	0,0546	0,0616	0,0756	0,0956
6.	E ₂ E ₁	2,8619	2,6077	2,6369	2,7687	2,6026
7.	E ₄ E ₄	1,5792	1,6648	1,7500	1,7778	1,6684

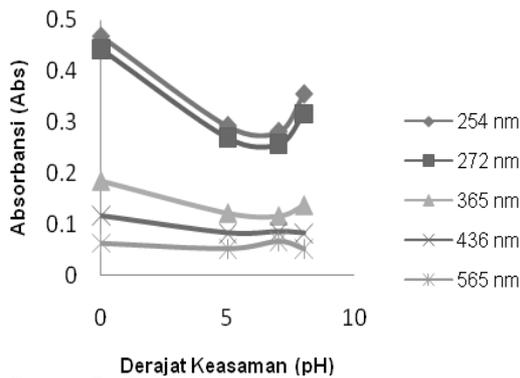
Dari Tabel 2 dan Gambar 6 terlihat bahwa nilai absorbansi terkecil dan penurunan nilai absorbansi yang lebih besar adalah pada waktu kontak 30 menit, yang berarti waktu kontak optimum yang diperoleh adalah pada waktu kontak 30 menit. Penggunaan waktu kontak yang lebih besar dari 30 menit kurang efektif, karena kemungkinan terjadinya destabilisasi dimana *flok-flok* yang terbentuk akan pecah kembali.

4.2.3 pH optimum

Setelah potensial optimum dan waktu kontak optimum didapatkan, percobaan selanjutnya adalah penentuan pH optimum. Untuk mempelajari pengaruh derajat keasaman (pH), percobaan dilakukan pada pH limbah yang berbeda yaitu 5, 7 dan 8. Hasil yang diperoleh dari percobaan ini disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 7

Tabel 3. Pengaruh pH hasil elektrokoagulasi pada beberapa panjang gelombang dengan potensial optimum 6 volt dan waktu kontak optimum 30 menit

No.	λ (nm)	Absorbansi sampel awal	Absorbansi pada pH		
			5	7	8
1.	254	0,4677	0,2924	0,2809	0,3547
2.	272	0,4432	0,2691	0,2564	0,3158
3.	365	0,1844	0,1212	0,1155	0,1368
4.	436	0,1160	0,0823	0,0848	0,0823
5.	565	0,0623	0,0512	0,0664	0,0512
6.	E ₂ E ₁	2,5363	2,4125	2,4320	2,5928
7.	E ₄ E ₄	1,8619	1,6074	1,2771	1,6074



Gambar 7. Grafik hubungan pH terhadap penurunan absorbansi sampel limbah cair restoran

Dari Tabel 3 dan Gambar 7 terlihat bahwa nilai absorbansi terkecil dan penurunan nilai absorbansi yang lebih besar adalah pada pH 7, yang berarti pH optimum yang diperoleh adalah pH 7. Penggunaan pH yang lebih besar dari pH 7 kurang efektif, karena kemungkinan terjadinya destabilisasi dimana *flok-flok* yang terbentuk akan pecah kembali.

4.3 Penentuan kondisi optimum dengan susunan elektroda dipolar

Untuk susunan elektroda dipolar pada penelitian ini tidak diperoleh kondisi optimum, yakni potensial, waktu kontak dan pH optimum. Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi menggunakan logam Fe, kurang efektif untuk susunan elektroda dipolar.

4.4 Percobaan konfirmasi

Percobaan konfirmasi dilakukan dengan menggunakan kondisi optimum yakni; potensial, waktu kontak dan pH optimum yang telah diperoleh dari percobaan sebelumnya (percobaan dengan susunan elektroda monopolar). Pada percobaan tersebut diperoleh potensial optimum 6 volt, waktu kontak optimum 30 menit dan pH optimum 7. Hasil elektrokoagulasi kemudian di analisis kadar COD, BOD dan kekeruhannya, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kadar kekeruhan, COD dan BOD pada kondisi optimum

No.	Jenis Sampel	Parameter		
		Kekeruhan (NTU)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)
1.	Sampel Awal	170,00	142,85	93,85
2.	Sampel Akhir	206,00	128,50	74,37

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai COD dan BOD, sedangkan untuk nilai kekeruhannya bertambah. Dari Tabel 4 juga dapat diperoleh persen

penurunan untuk kekeruhan sebesar - 92,50%, COD sebesar 10,05% dan BOD sebesar 20,75%. Persentase penurunan COD dan BOD yang terjadi tidak terlalu besar, sedangkan untuk kekeruhan, nilainya semakin bertambah.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa telah diperoleh kondisi optimum dari percobaan dengan susunan elektroda monopolar yakni potensial 6 volt, waktu kontak 30 menit dan pH 7. Sedangkan untuk percobaan dengan susunan elektroda dipolar tidak diperoleh kondisi optimum. Selain itu juga, diperoleh persen penurunan nilai kekeruhan, COD dan BOD sebesar -92,50%; 10,05% dan 20,75%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian menggunakan elektroda yang lain untuk mengoptimalkan proses elektrokoagulasi dalam menurunkan nilai COD, BOD dan kekeruhan dalam limbah cair restoran.

PUSTAKA

- Bergmann, H., Rittel, A., Iourtchouk, T., Schoeps, K., and Bouzek, K. 2003. Electrochemical treatment of cooling lubricants. *Chemical Engineering and Processing*, **42**, pp. 105-119.
- Chen, X., Chen, G., Yue, P. L. 2000. Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation. *Separation and Purification Technology*, **19**, 65-67.
- Holt, P. K., Barton, G.W., Wark, M., and Mitchell, C.A. 2002. A Quantitative Comparison between Chemical Dosing and Electrocoagulation. *Colloid and Surfaces*, **211**, pp. 233-248.
- Kalbitz, K. Geyer, S., and Geyer, W. 2000. A Comparative Characterization of Dissolved Organic Matter by Means of Original Aqueous Samples and isolated Humic Substances. *Chemosphere*, **40**, pp. 1305-1312.
- Korshin, G.V., Li, C.W., and Benjamin, M.M. 1997. The Decrease of UV Absorbance as an indicator of TOX Formation. *Water Research*, **31**, pp. 946-949.

- Mameri, N.Y., Alounici, A.R., Grib, H., and Bariou, B. 1998. Defluorination of Septentrional Sahara Water of North Africa by Electrocoagulation Process Using Bipolar Aluminium Electrode. *Water Research*, **32**(5), pp. 1604-1612.
- Thomsen, M., P. Lassen, S. Dobe, P. E. Hanson, L. Carlsen, B. B. Mogensen. 2002. Characterisation of humic materials of different origin : A multivariate approach for quantifying the latent properties of dissolved organic matter. Roskilde. Denmark. *Chemospheric*, **49**, pp. 1327-1337.
- Tsai, C.T., Lin, S.T., Shue, Y.C., and Su, P.L. 1997. Electrolysis of Soluble Organic Matter in Leachate from Landfills. *Water Research*, **31**(12), pp. 3037-3081.
- Xiong, Y., Strunk, P.J., Xia, H., Zhu, X., and Karlsson, H.T. 2001. Treatment of Dye Wastewater Containing Acid Orange II using a Cell with Three-Phase Three-Dimensional Electrode. *Water Research*, **35**(17), pp. 4226-4230.