

**PENERAPAN METODE ELEKTROKIMIA UNTUK PENURUNAN
CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) DAN TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

**APPLICATION OF ELECTROCHEMICAL METHODS
FOR DECREASING OF CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) AND TOTAL
SUSPENDED SOLID (TSS) OF TOFU INDUSTRIAL WASTEWATER**

Suyata*, Irmanto, dan Undri Rastuti

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman

*email: suyatab@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair industri tahu memiliki nilai COD dan TSS yang tinggi, apabila dibuang ke badan perairan akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penurunan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu tersebut sebelum dibuang ke badan perairan. Penurunan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu dapat dilakukan menggunakan metode elektrokimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh voltase, jarak elektroda, pH, dan waktu elektrolisis terhadap penurunan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu. Eksperimen dilakukan dengan mengelektrolisis limbah cair industri tahu menggunakan anoda PbO₂ dan katoda Pb. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dibawah kondisi optimum pada voltase 12V, jarak elektroda 1 cm, pH 1 dan waktu elektrolisis selama 120 menit, penurunan nilai COD dan TSS mencapai 96,33% dan 87,87%

Kata kunci : COD, limbah cair industri tahu, TSS

ABSTRACT

Tofu industrial wastewater has high COD and TSS level, which it cause an environmental pollution. Therefore, it is necessary to decrease the value of COD and TSS of tofu industrial wastewater before discharge into the water body. Decreasing of COD and TSS values can be carried out using an electrochemical method. The purpose of this research was to determine the effect of potential, electrode distance, pH, and time to decrease of COD and TSS value of the tofu industrial wastewater. The experiment has been performed by electrolysis tofu industrial wastewater using PbO₂ as anode and Pb as cathode. The result of the research showed that under the optimum conditions of 12 V voltage, 1 cm electrode distance, pH 1, and electrolysis time of 120 minutes, decreasing COD and TSS of 96.33% and 87.87% respectively.

Keywords : COD, TSS, tofu industrial wastewater

PENDAHULUAN

Limbah cair industri tahu berasal dari air bekas pencucian kedelai, perendaman kedelai, air bekas pembuatan tahu, dan air bekas perendaman tahu.

Limbah cair tersebut mengandung senyawa organik, jika langsung dibuang ke badan perairan akan menimbulkan pencemaran lingkungan.

Mikroorganisme aerob dalam air yang berfungsi sebagai perombak (*decomposer*) senyawa organik hanya dapat menjalankan fungsinya jika terdapat oksigen yang cukup. Jika oksigen yang tersedia tidak mencukupi jumlah yang dibutuhkan maka oksidasi senyawa organik menjadi terhambat atau hanya sampai pada tahap pembusukan. Semakin banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik akan menyebabkan kandungan oksigen dalam badan perairan berkurang. Dampaknya adalah kematian biota perairan. (Suharto, 2011)

Indikator tingginya kadar senyawa organik dalam limbah cair industri tahu adalah tingginya nilai COD dan TSS limbah cair tersebut. Oleh karena itu, untuk menurunkan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu tersebut perlu dilakukan penguraian senyawa organik yang terkandung dalam limbah sebelum dibuang ke badan perairan. Berbagai metode telah direkomendasikan untuk penurunan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu, namun metode-metode tersebut tidak efektif dan memerlukan biaya yang tinggi. Oleh sebab itu, sebagian besar industri tahu membuang limbah ke badan perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Metode elektrokimia memiliki keunggulan untuk pengolahan limbah cair organik dibandingkan dengan metode-metode lain. Kelebihan metode elektrokimia adalah : biaya operasional yang rendah sehingga lebih ekonomis, menghasilkan produk yang ramah lingkungan yaitu berupa CO₂ dan H₂O, tidak menghasilkan limbah baru, berlangsung pada suhu rendah, dan efektif. (Comminellis, 1994; Chen *et al.*, 2013; Suharto , 2011, dan Kapalka *et al.*, 2009).

Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan oksidasi senyawa organik menggunakan metode elektrokimia adalah material elektroda yang digunakan.

Berdasarkan sifat PbO₂/Pb yang dapat menghantarkan arus, tahan terhadap korosi, mempunyai resistensi yang lebih baik dibandingkan elektroda lain baik dalam kondisi asam maupun basa, dan bersifat inert, maka material ini memenuhi syarat untuk dijadikan elektroda. (Klamklang *et al* , 2012).

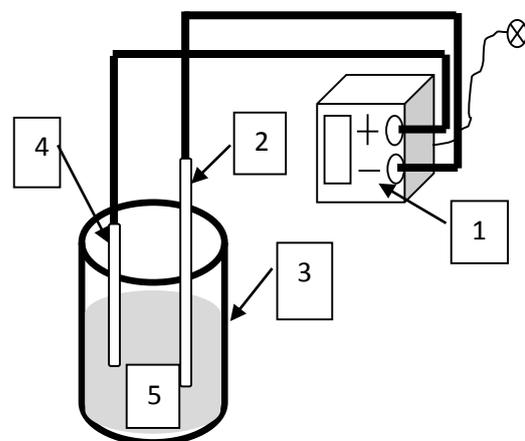
Berdasarkan latar belakang tersebut, telah dilakukan penelitian penerapan metode elektrokimia untuk penurunan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu dengan menggunakan elektroda PbO₂/Pb. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh voltase, jarak elektroda, pH, dan waktu elektrolisis terhadap persentase penurunan nilai COD dan TSS.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, reaktor pengolahan limbah secara elektrokimia, adaptor, PbO₂/ Pb dari limbah sel aki sebagai elektroda. Bahan yang diperlukan adalah limbah cair industri tahu dari Desa Cilongok Kabupaten Banyumas, Na₂SO₄, NaOH, H₂SO₄, K₂Cr₂O₇, HgSO₄, Ag₂SO₄, ferro ammonium sulfat, indikator feroin, kertas Whatman nomor 40, akuades.

Desain Alat



Gambar 1. Bagan Reaktor Elektrolisis

Reaktor elektrolisis terdiri dari adaptor (1), lempeng Pb sebagai katoda (2)

yang ditempatkan sejajar dengan lempeng PbO₂ sebagai anoda (4) dengan jarak 1 cm. Rangkaian ini kemudian dipasangkan pada beker gelas 500 mL (3) sebagai tempat larutan sampel dan dihubungkan dengan sumber arus DC.

Penentuan Pengaruh Voltase, Jarak Elektroda, pH, dan Waktu terhadap Penurunan Nilai COD dan TSS

Limbah cair industri tahu sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian ditambahkan 0,71 g Na₂SO₄ sebagai elektrolit. pH larutan diatur menggunakan NaOH dan atau H₂SO₄ 1 M. Lempeng PbO₂ dan Pb dimasukkan ke dalam reaktor dengan jarak 1 cm. Larutan dielektrolisis pada variasi waktu 0 sampai 120 menit dengan selang waktu 30 menit pada voltase 4 V dan rapat arus 9 A/dm². Nilai COD dan TSS ditentukan sebelum dan setelah elektrolisis. Dengan prosedur yang sama dilakukan untuk variasi voltase dari 4 sampai 12 Volt, variasi jarak elektroda 0,5 ; 1; 1,5 cm, dan variasi pH 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13.

Analisis COD (APHA, 1995)

Penentuan COD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi iodometri. Akuades sebanyak 5 mL sebagai blanko dan 5 mL sampel dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL ditambahkan 2,5 mL K₂Cr₂O₇ – HgSO₄ dan 5 mL H₂SO₄ – Ag₂SO₄. Ditutup, lalu dipanaskan selama 2 jam dalam oven pada suhu 150 °C, didinginkan dan dibilas bagian tutupnya dengan 2 mL akuades. Ditambahkan 1 mL H₂SO₄ pekat dan 3 tetes indikator ferroin. Kemudian dititrasi dengan larutan standar ferro ammonium sulfat 0,025 N sampai berwarna merah coklat. Kadar COD dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar COD (ppm)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{mL sampel}}$$

Keterangan :

A = mL pentiter untuk blanko

B = mL pentiter untuk sampel

N = normalitas Na₂S₂O₃

Analisis TSS

TSS ditentukan dengan metode Gravimetri (PUSARPEDAL, 1996). Sebanyak 100 mL akuades disaring dengan kertas Whatman nomor 40, kemudian kertas saring tersebut dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang berat awalnya (misalnya : *a* gram). Diambil 100 mL sampel air limbah, disaring dengan menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya, kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama kurang lebih 15 menit, lalu ditimbang berat akhirnya (misalnya : *b* gram). Kandungan total padatan tersuspensi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$TSS = (b - a) \times \frac{1000}{100} \text{ mg.L}^{-1}$$

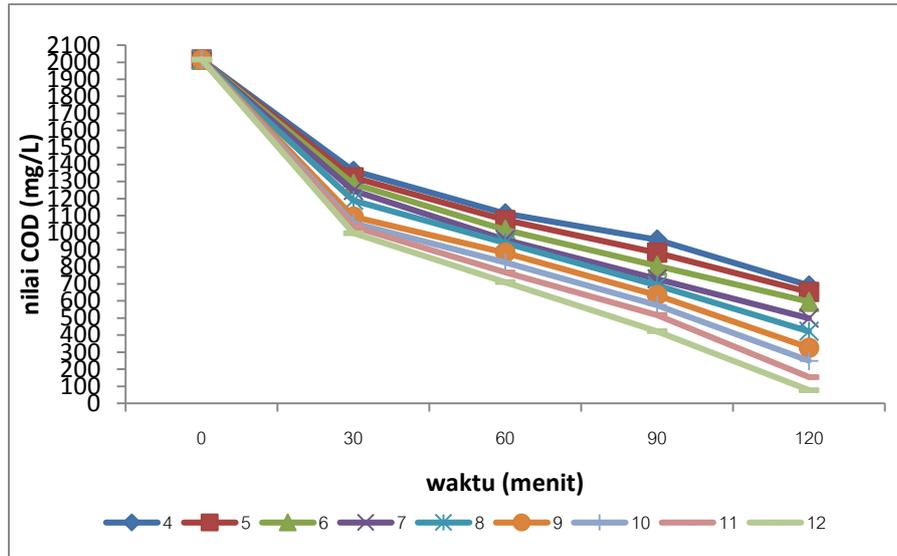
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair industri tahu secara elektrokimia dengan memanfaatkan limbah sel aki sebagai elektroda. PbO₂ sebagai anoda, Pb sebagai katoda, dan Na₂SO₄ sebagai elektrolit pendukung. Senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair industri tahu akan dioksidasi di anoda. Sebagai indikator telah teroksidasinya senyawa organik dalam limbah cair industri tahu, dilakukan pengukuran nilai COD dan TSS sebelum dan setelah diolah secara elektrokimia.

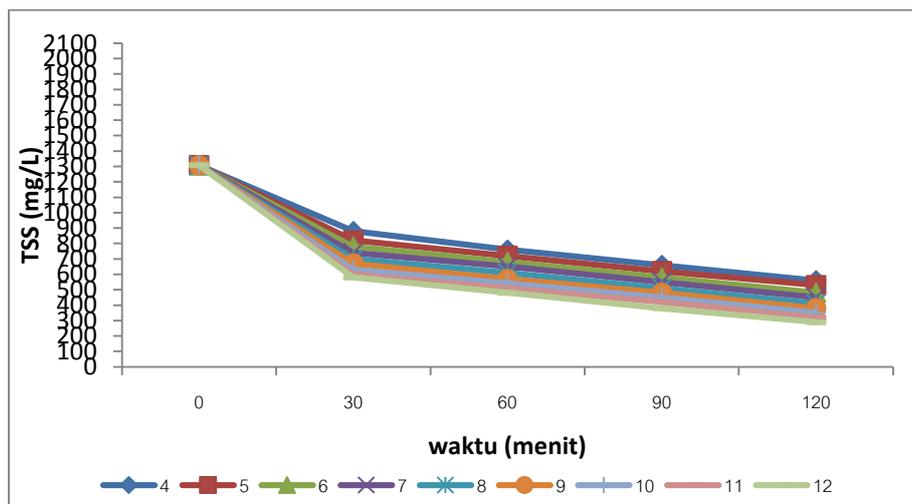
Pengaruh Voltase pada Proses Elektrolisis terhadap Nilai COD dan TSS

Untuk mempelajari pengaruh voltase selama proses elektrolisis pada pengolahan limbah cair industri tahu secara elektrokimia, dilakukan variasi voltase dari 4 sampai dengan 12 volt. Elektrolisis dilakukan selama 30, 60, 90, dan 120 menit pada pH larutan 3 dan jarak

elektroda 1 cm. Nilai COD dan TSS diukur sebelum dan setelah elektrolisis. Hasil penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **3**.



Gambar 2. Grafik hubungan antara variasi voltase dengan nilai COD, hasil elektrolisis limbah cair industri tahu, menggunakan elektroda PbO_2/Pb



Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi voltase dengan TSS, hasil elektrolisis limbah cair industri tahu, menggunakan elektroda PbO_2/Pb

Berdasarkan **Gambar 2** dan **3** dapat dilihat bahwa penurunan nilai COD dan TSS meningkat dengan bertambahnya voltase. Hal ini disebabkan karena apabila voltase diperbesar maka reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) akan semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga semakin banyak. Indikator banyaknya senyawa organik yang teroksidasi adalah semakin besar penurunan nilai COD dan TSS. Hal ini sesuai dengan dasar teori

yang menyatakan bahwa voltase merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses elektrolisis (Klamklang *et al.*, 2012).

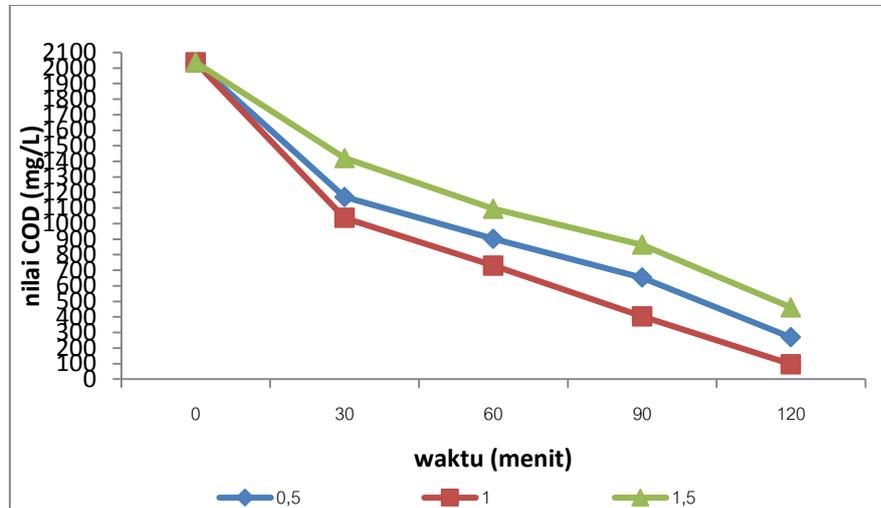
Penurunan nilai COD dan TSS maksimum terjadi pada voltase 12 volt dengan waktu elektrolisis selama 120 menit. Nilai COD menjadi 76,98 mg/L dan TSS menjadi 290 mg/L. Persentase penurunan nilai COD dan TSS berturut-turut adalah 96,19% dan 77,83%. Oleh

karena itu, voltase optimum proses elektrolisis adalah 12 Volt.

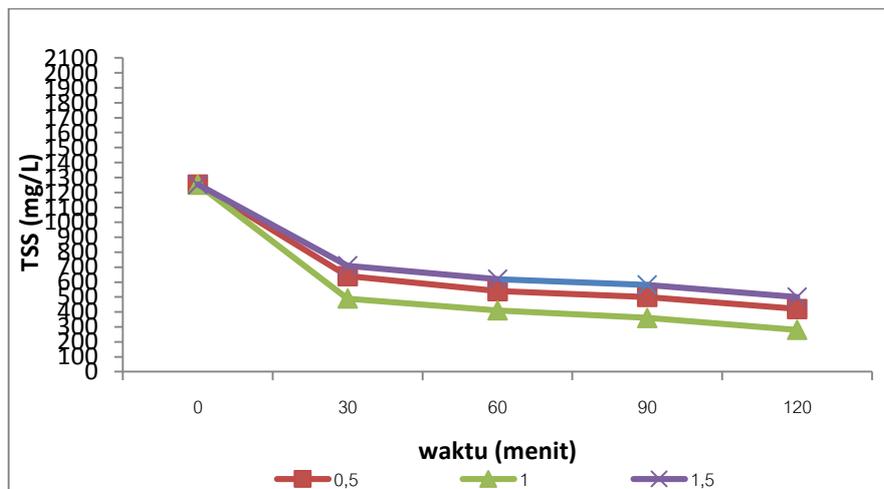
Pengaruh Jarak Elektroda pada Proses Elektrolisis terhadap Nilai COD dan TSS

Pada penelitian ini dilakukan variasi jarak elektroda yaitu 0,5; 1; 1,5 cm. Hasil penelitian seperti terlihat pada **Gambar 4** dan **5**. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak elektroda mempengaruhi penurunan nilai COD dan TSS, dengan jarak elektroda optimum adalah 1 cm.

Pada jarak elektroda optimum ini terjadi penurunan nilai COD dan TSS paling maksimum. Nilai COD turun menjadi 76,98 mg/L dan TSS turun menjadi 290 mg/L. Persentase penurunan nilai COD dan TSS berturut-turut adalah 96,19% dan 77,83%. Pada jarak elektroda optimum, radikal OH yang dihasilkan selama proses elektrolisis berada di permukaan anoda PbO₂ lebih banyak dan merata. Semakin banyak jumlah radikal OH di permukaan anoda PbO₂, semakin banyak senyawa organik yang teroksidasi dan semakin besar penurunan nilai COD dan TSS.



Gambar 4. Grafik hubungan antara variasi jarak elektroda dengan nilai COD, hasil elektrolisis limbah cair industri tahu, menggunakan elektroda PbO₂/Pb



Gambar 5. Grafik hubungan antara variasi jarak elektroda dengan TSS, hasil elektrolisis limbah cair industri tahu, menggunakan elektroda PbO₂/Pb

Pengaruh pH Larutan pada Proses Elektrolisis terhadap Nilai COD dan TSS

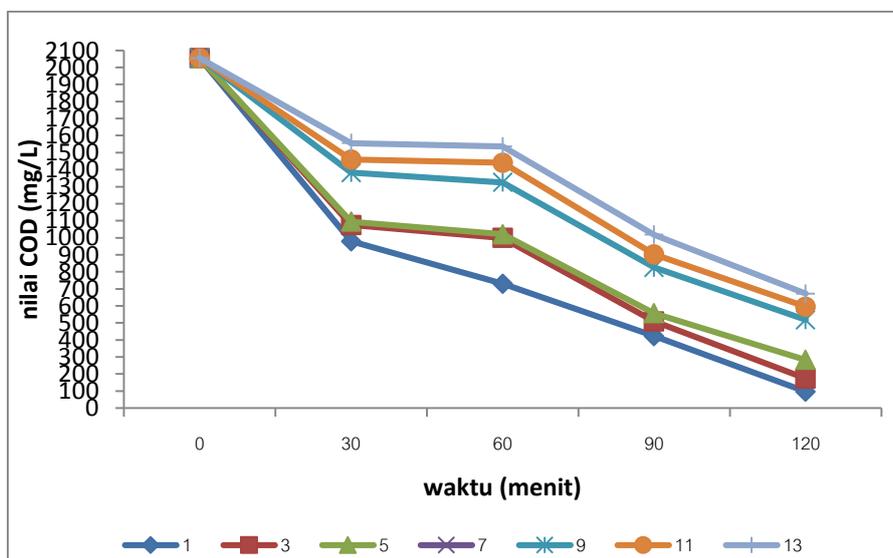
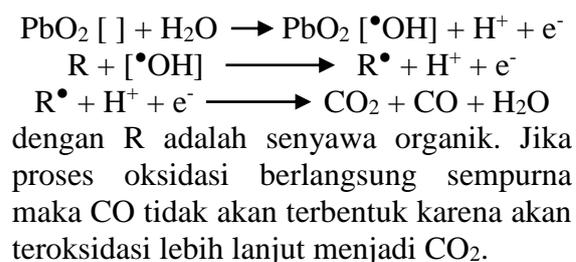
Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap penurunan nilai COD dan TSS dilakukan variasi pH pada pH 3; 5; 7; 9; 11; dan 13. Hasil penelitian seperti terlihat pada **Gambar 6** dan **7**.

Gambar 6 dan **7** menunjukkan bahwa pH optimum dalam proses oksidasi senyawa organik limbah cair industri tahu adalah pH asam yaitu pH 1. Nilai COD yaitu 96 mg/L dengan persentase penurunannya 96,33%. Nilai TSS 310 mg/L dengan persentase penurunannya 87,87%. Persentase penurunan nilai COD dan TSS limbah cair industri tahu dengan menggunakan metode elektrokimia ini lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* dan juga sistem zeolit teraktivasi dan terimpregnasi TiO₂. Persentase penurunan nilai COD dan TSS menggunakan metode *Multi Soil Layering* adalah 95,53% dan 78,62% (Irmanto dan Suyata, 2009). Persentase penurunan nilai

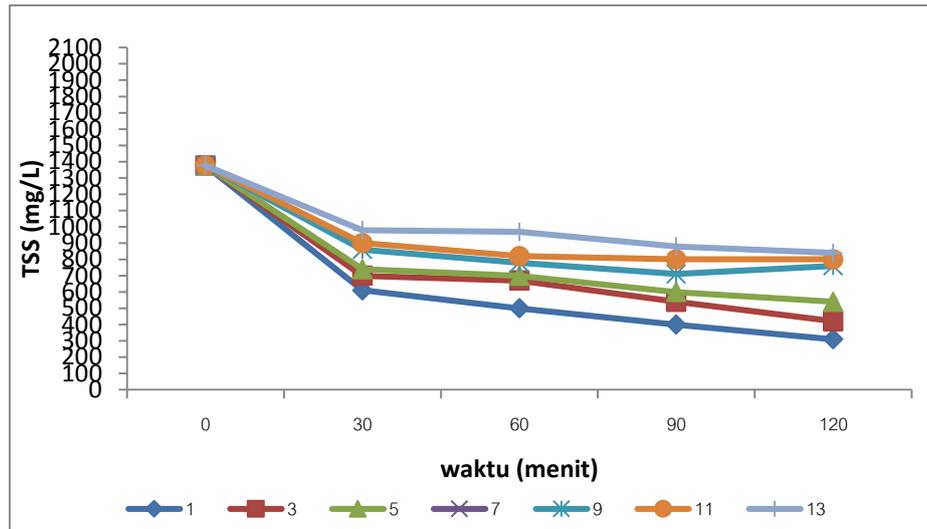
COD dan TSS menggunakan sistem zeolit teraktivasi dan terimpregnasi TiO₂ adalah 89,92% dan 82,42% (Suyata dan Irmanto, 2009).

Penurunan nilai COD dan TSS maksimum terjadi pada suasana asam. Hal ini disebabkan karena jumlah H⁺ yang terkandung dalam larutan lebih banyak. Jumlah H⁺ sebanding dengan jumlah radikal OH, sehingga menyebabkan oksidasi senyawa organik dalam limbah cair industri tahu menjadi lebih banyak dibandingkan dengan pH yang lebih besar.

Menurut Klamklang *et al.*, 2012; Nava *et al.*, 2008; Sala and Bouzan, 2012, reaksi oksidasi senyawa organik akibat aktivitas •OH adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik hubungan antara variasi pH larutan dengan nilai COD, hasil elektrolisis limbah cair industri tahu, menggunakan elektroda PbO₂/Pb



Gambar 7. Grafik hubungan antara variasi pH larutan dengan TSS, hasil elektrolisis limbah cair industri tahu, menggunakan elektroda PbO_2/Pb

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dibawah kondisi optimum pada voltase 12V, jarak elektroda 1 cm, pH 1 dan waktu elektrolisis selama 120 menit, penurunan nilai COD dan TSS mencapai 96,33% dan 87,87%

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1995, *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed. American Public Health Association, Washington
- Comninellis, C, 1994, Electrocatalysis in the Electrochemical Conversion of Organic Pollutants for Wastewater Treatment, *Electrochimica Acta*, Vol 39, No.11,pp. 1857-1862
- Chen, X, G.Huang, and J. Wang, 2013, Electrochemical Reduction/Oxidation in Treatment of Heavy Metal Wastewater, *Journal of Metallurgical Engineering*, Vol 2, No.4, pp. 161-164
- Irmanto dan Suyata, 2009, Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Kalisari Kecamatan Cilongok dengan Metode Multi Soil Layering, *Jurnal Ilmiah Kimia Molekul*, Vol 4, No. 1, pp. 21-32
- Kapalka, A, G. Foti, and C.Comninellis, 2009, Basic Principles of the Electrochemical Mineralization of Organic Pollutants for Wastewater Treatment, *Journal of Applied Electrochemistry*, Vol 40, No. 12, pp. 2203-2210
- Klamklang, S, H. Vergnes, K. Pruksathorn, and S. Damronglerd, 2012, *Electrochemical Incineration of Organic Pollutants for Wastewater Treatment : Past, Present and Prospect*, In Tech, Croatia
- Nava, J.L, M.A.Quiroz, and C.A.M. Huitle, 2008, Role of Electrode Material in Colour and COD Removal, *Journal Mex.Chem.Soc*, Vol 52, No. 4,pp. 249-255
- PUSARPEDAL, 1996, *Materi Ajar Pelatihan Analisis Kualitas Air dan Limbah Cair Tahap III*, Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta
- Sala, M and M.C.G. Bouzan, 2012, Review Article Electrochemical Techniques in Textile Processes and Wastewater Treatment, *International Journal of*

- Photoenergy*, Vol 12, No. 10, pp. 1-12
- Suharto, 2011, *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*, ANDI, Yogyakarta
- Suyata dan Irmanto, 2009, Penurunan TSS, BOD, dan COD Limbah Cair Industri Tahu di Desa Cilongok Kabupaten Banyumas Menggunakan Sistem Zeolit Teraktivasi dan Terimpregnasi TiO₂, *Jurnal Ilmiah Kimia Molekul*, Vol 4, No. 2, pp. 83-93