

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERCETAKAN SECARA  
ELEKTROLISIS DENGAN ELEKTRODA KARBON/KARBON**

**Yunaska Wiskandini Ridaningtyas<sup>1</sup>, Didik Setiyo Widodo<sup>2</sup>, Rum Hastuti<sup>3</sup>**  
Universitas Diponegoro/Kimia, Semarang ([yunaska.wiskandini@gmail.com](mailto:yunaska.wiskandini@gmail.com))

<sup>2</sup>Universitas Diponegoro/Kimia, Semarang

<sup>3</sup>Universitas Diponegoro/Kimia, Semarang

---

**Abstrak**

Industri percetakan mempunyai potensi menghasilkan limbah cair percetakan yang dapat mencemarkan lingkungan hidup. Pada umumnya limbah cair industri percetakan terjadi akibat pencucian plat film dan peralatan cetak berupa sisa-sisa tinta, terpentin, bensin, dan detergen. Limbah cair industri percetakan banyak mengandung bahan kimia organik yang sulit didegradasi secara langsung. Penelitian ini menggunakan metode elektrolisis dengan karbon sebagai elektroda, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai elektrolit pendukung serta H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH sebagai pengkondisi pH pada sampel limbah, sedangkan variabel berubah penelitian berupa potensial aplikasi, pH larutan, dan waktu elektrolisis. Analisis sampel setelah elektrolisis menggunakan AAS Pelkin Elmer 1300, Spektrofotometer *UV- Vis* 1601, dan *Turbidity unit* HAC 2100P. Pada kondisi elektrolisis dengan potensial 5 volt, pH 4 dan waktu elektrolisis 150 menit diperoleh penurunan COD sebesar 91,08%, penurunan nilai kekeruhan sebesar 99,40%, dan penurunan konsentrasi logam Mn sebesar 97,85%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode elektrolisis dapat digunakan untuk mengolah limbah industri percetakan.

**Kata kunci:** Elektrolisis, karbon, COD, kekeruhan, pH, logam Mn

---

**Abstract**

Offset industry potentially produces liquid waste that can pollute the environment. Generally, liquid industrial waste due to leaching of printing plates and film printing equipment like ink, turpentine, gasoline, and detergents. Offset industry wastewater contains many organic chemicals that are difficult to be degraded directly by environment such as alcohol, benzene, and contain heavy metal such as manganese. This research use electrolysis method with carbon as electrodes, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as the supporting electrolyte, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and NaOH as adjuster to pH condition of the sample, to improve the quality of printing waste solution on the parameters were type, spacing and size of electrode and sample volume of wastewater, variated parameters were application potential, pH of the sample and electrolysis time. Analysis of the sample after electrolysis using Pelkin Elmer 1300 AAS, UV-Vis Spectrophotometer 1601, and Turbidity unit HAC 2100P. Electrolysis with application potential of 5 volts, pH 4 and electrolysis time 150 minutes resulted in COD, turbidity, and Mn values decreasing up to 91.08%, 99.40%, 97.85%, respectively. This result showed that electrolysis method can be applied to treat offset industry.

**Key words:** Electrolysis, carbon, COD, turbidity, pH, Mn

---

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan industri percetakan pada saat ini, maka limbah yang dihasilkan semakin banyak. Limbah tersebut berupa limbah cair yang dapat menimbulkan masalah dalam lingkungan karena karakteristik kimia dan fisiknya. Pada umumnya limbah cair industri percetakan berasal dari pencucian plat film dan peralatan cetak berupa sisa-sisa tinta, terpentin, bensin, dan detergen. Limbah cair industri ini banyak mengandung bahan kimia organik yang sulit didegradasi secara langsung seperti alkohol, benzena, dan mengandung logam berat salah satunya adalah mangan. Logam mangan merupakan jenis logam berat yang bersifat racun dan dapat terakumulasi secara biologis dan berbahaya bagi makhluk hidup. Oleh karena itu perlu diadakan proses untuk mengolah limbah tersebut agar aman dan dapat diterima oleh lingkungan dan logam yang dibuang tidak

melampaui ambang batas yang ditentukan. Selain itu keberadaan logam berat dalam lingkungan perairan merupakan penyebab kerusakan parah biota air [5]. Proses elektrolisis untuk pengolahan limbah telah dimulai tahun 1950, penggunaan sel elektrolisis dimulai setelah ditemukannya beberapa bahan elektroda, bahan membran serta inovasi-inovasi yang mempunyai stabilitas kimia maupun fisika yang sangat tinggi, konduktivitas listrik yang tinggi, *nonfouling*, elektroda potensial tinggi dan mempunyai tegangan yang lebih rendah, yang semua merupakan sifat-sifat yang baik terhadap efisiensi reaksi elektrolisis [3]. Penelitian terhadap limbah industri percetakan telah dilakukan pada tahun 2005 dengan metoda elektrolisis internal yang mampu menurunkan kadar tembaga limbah industri percetakan hingga 96,88% [7]. Pada tahun 2009 dilakukan penelitian tentang penurunan COD dan kekeruhan limbah industri semikonduktor dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe dan Al. Penurunan nilai COD dan kekeruhan masing-masing sebesar 90% dan 98%, selama 12 menit dengan potensial aplikasi sebesar 20 volt dan penambahan elektrolit pendukung NaCl sebanyak 20 mg/L [2]. Penggunaan elektroda karbon karena karbon mempunyai efektivitas yang lebih baik dalam upaya mengurangi kandungan ion-ion logam, stabil, tidak bereaksi dengan larutan yang di elektrolisis, selain itu mudah didapat dan murah. Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas limbah percetakan ditinjau dari: parameter kekeruhan (*turbidity*), *chemical oxygen demand* (COD), serta kandungan logam Mn setelah diolah menggunakan metode elektrolisis dengan karbon/karbon sebagai elektroda secara simultan sehingga aman dibuang ke lingkungan.

## **II. METODE KERJA**

### **II.1 Bahan dan Alat**

#### **II.1.1 Bahan**

Limbah industri percetakan, elektroda karbon, akuades, kertas pH, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, HgSO<sub>4</sub>, dan kalium hidrogen ftalat (HOCC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>COOK).

#### **II.1.2 Alat**

*Power Supply*, labu takar, gelas ukur, pengaduk kaca, pipet tetes, gelas beaker, timbangan elektrik Ohaus Pioneer PA214, spektrofotometer *UV-Vis* 1601, corong, AAS Pelkin Elmer 1300, corong pemisah, dan *turbidity unit* HAC 2100P.

### **II.2 Cara Kerja**

#### **II.2.1 Penentuan Potensial Kerja**

Larutan blangko dan larutan sampel masing-masing ditambah 0,71 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai elektrolit, kemudian dilakukan elektrolisis dengan variasi potensial listrik 0-12 volt (dengan interval 1 volt tiap 1 menit), arus yang mengalir dicatat. Kemudian dibuat kurva potensial listrik versus arus listrik untuk memperoleh daerah kerja elektrolisis.

#### **II.2.2 Elektrolisis Limbah pada Potensial Kerja dengan Variasi Waktu**

Sampel sebanyak 50 mL ditambah 0,71 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai elektrolit, kemudian elektrolisis dilakukan dengan potensial kerja dengan variasi waktu 0, 150 dan 300 menit. Kemudian dicari kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan nilai *turbidity* yang mendekati baku mutu air limbah yang diperbolehkan.

#### **II.2.3 Elektrolisis Limbah pada Potensial Kerja dengan Variasi pH dan Waktu Tetap**

Sampel sebanyak 50 mL ditambah 0,71 gram Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai elektrolit, kemudian dilakukan variasi pH pada pH 2, 4, 10 dan 12 dengan penambahan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau larutan NaOH. Elektrolisis dilakukan dengan potensial kerja selama 150 menit.

#### **II.2.4 Pengukuran Absorbansi**

Pengukuran absorbansi larutan dilakukan pada gelombang *UV-Vis* dengan interval  $\lambda$  dari 200-800 nm. Hasil spektra *UV-Vis* sebelum dan sesudah elektrolisis dibandingkan untuk mengetahui gugus kromofor pada limbah.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian pengolahan limbah cair industri percetakan secara elektrolisis ditinjau dari parameter *Chemical Oxygen Demand*, kekeruhan, dan kandungan logam Mn. Elektroda yang digunakan yaitu karbon/karbon sebagai anoda dan katoda, karena karbon bersifat *inert* dan dapat menghantarkan arus listrik dan panas dengan baik. Sebelum elektrolisis, hasil data COD limbah sebesar 4407 mg/L, dengan kekeruhan 1405 mg/L, dan kadar Mn sebesar 36,7 mg/L. Ketiga parameter tersebut sangat jauh dari ambang baku mutu air limbah yang diperbolehkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dengan nilai COD maksimal limbah yang diperbolehkan sebesar 600 mg/L, kadar maksimum Mn yang diperbolehkan sebesar 2 mg/L, dan nilai kekeruhan air baku yang disarankan <25 mg/L oleh Kementerian Kesehatan.

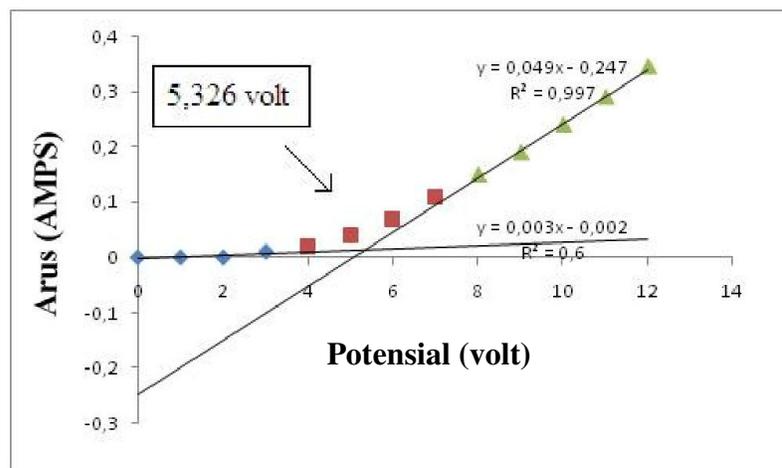
**Tabel 1.** Kandungan logam air limbah industri percetakan C.V. Prima Puspa Sari Purwokerto

Logam	Konsentrasi logam ( mg/L)
Fe	8,3
Zn	1,74
Mn	36,7
Pb	35,09
Cd	5
Cr	5
Cu	9

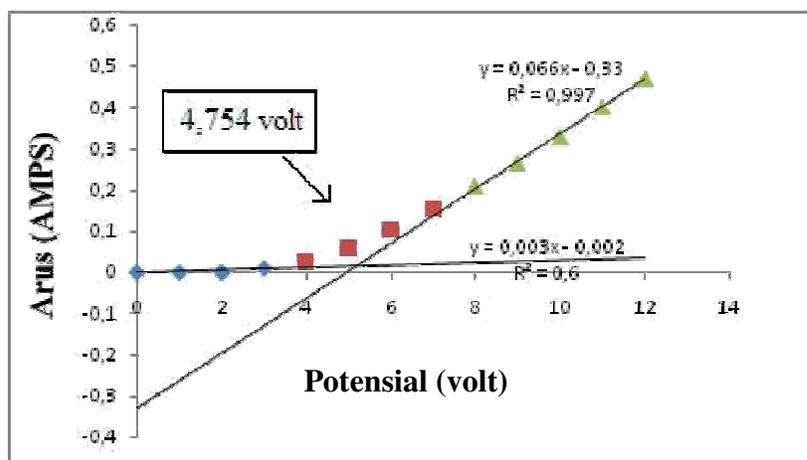
Limbah yang dihasilkan dari C.V. Prima Puspa Sari yang menggunakan tinta Cemani Toka dapat dilihat pada tabel 1. Dilakukan pengambilan logam Mn karena kandungan logam Mn yang memiliki konsentrasi tertinggi yaitu 36,7 mg/L.

#### III.1 Penentuan Potensial Kerja

Penentuan potensial kerja dilakukan dengan melakukan variasi potensial selama proses elektrolisis, pada sistem ini blangko berupa larutan akuades sebanyak 50 mL + 0,71 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan larutan sampel berupa limbah industri percetakan sebanyak 50 mL + 0,71 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Arus yang mengalir di dalam sistem elektrolisis dicatat dan digambarkan sebagai potensial terhadap arus. Kurva ini memberikan informasi tentang potensial kerja yang nantinya akan digunakan dalam elektrolisis untuk tahap selanjutnya. Masing-masing larutan dielektrolisis dengan variasi potensial listrik 0-12 volt dengan  $\Delta V = 1$  volt.



**Gambar 1.** Grafik hubungan arus vs potensial listrik pada blangko



**Gambar 2.** Grafik hubungan arus vs potensial listrik pada sampel

Dari data elektrolisis pengukuran awal potensial blangko menghasilkan potensial kerja sebesar 5,326 volt, sedangkan pengukuran awal potensial sampel menghasilkan potensial kerja sebesar 4,754 volt, terlihat pada gambar 1 dan 2. Potensial kerja yang digunakan sebesar 5,0 volt, merupakan rata-rata dari potensial kerja blangko dan sampel.

Penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  berfungsi sebagai elektrolit membantu proses transfer elektron berlangsung selama elektrolisis menjaga daya hantar sistem agar selalu tetap. Dengan adanya penambahan elektrolit maka kebutuhan potensial listrik untuk mencapai arus yang digunakan akan berkurang, sehingga konsumsi energi listrik juga akan berkurang [4]. Pengaruh konsentrasi garam pada proses elektrolisis sangat penting karena menentukan arus elektrolit larutan [9]. Peningkatan arus elektrolit tidak hanya mempengaruhi proses degradasi air limbah tapi juga mempengaruhi proses samping yang terjadi seperti proses pembentukan  $\text{H}_2$  pada katoda.

### III.2 Elektrolisis Limbah pada Potensial Kerja dengan Variasi Waktu

Untuk menentukan waktu kerja yang digunakan, dilakukan elektrolisis pada potensial kerja dengan variasi waktu sebagai parameter yang diukur. Variasi waktu elektrolisis yang dilakukan yaitu 0 menit, 150 menit dan 300 menit, sehingga didapatkan tiga sampel. Kemudian ketiga sampel limbah tersebut dianalisis kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan nilai kekeruhan.

**Tabel 2.** Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan nilai kekeruhan, variasi waktu elektrolisis 0 menit, 150 menit dan 300 menit

Waktu	Kekeruhan ( <i>turbidity</i> )	COD
0 menit	1405 mg/L	4407 mg/L
<b>150 menit</b>	<b>38 mg/L</b>	<b>915,6 mg/L</b>
300 menit	78,1 mg/L	2224,2 mg/L

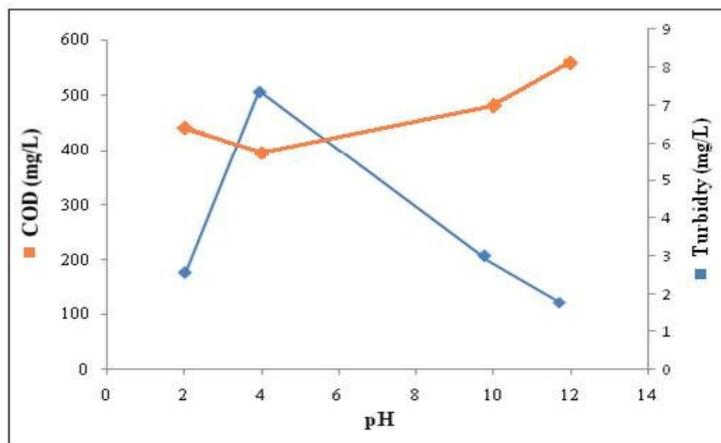
Dari tabel 2 didapat informasi bahwa waktu untuk elektrolisis yang digunakan yaitu 150 menit dengan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 915,6 mg/L dan nilai kekeruhan sebesar 38 mg/L. Waktu elektrolisis tersebut dipilih karena nilai COD mendekati baku mutu air limbah yang diperbolehkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup yaitu <600 mg/L dan nilai *turbidity* mendekati baku mutu air limbah yang diperbolehkan oleh Kementerian Kesehatan <25 mg/L. Jika diamati secara fisik pada lampiran H dapat dilihat urutan kejernihan limbah cair percetakan. Kekeruhan tertinggi adalah elektrolisis pada waktu

0 menit warna limbah cair masih sangat keruh, kemudian elektrolisis pada waktu 300 menit limbah masih sedikit keruh, dan elektrolisis pada waktu 150 menit warna limbah cair percetakan menghasilkan warna yang paling jernih.

### III.3 Elektrolisis Limbah pada Potensial Kerja dengan Variasi pH dan waktu tetap

Elektrolisis dilakukan menggunakan elektroda karbon/karbon dengan waktu elektrolisis selama 150 menit dan potensial kerja sebesar 5,0 volt dengan penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sebagai elektrolit. Pada elektrolisis ini dilakukan variasi pH yaitu pada pH 2, pH 4, pH 10 dan pH 12. Pengkondisian asam dan basa dilakukan dengan penambahan NaOH untuk pengkondisian basa dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk pengkondisian asam, dengan pH awal limbah adalah 5,837.

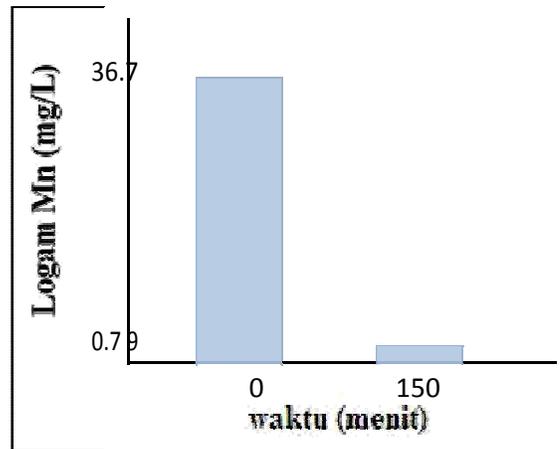
Dari hasil uji yang dilakukan pada limbah dengan parameter COD sebelum elektrolisis didapatkan kadar COD limbah sebesar 4407 mg/L. Kadar COD yang tinggi ini diakibatkan karena adanya kandungan senyawa organik yang tinggi dalam limbah. *Chemical Oxygen Demand* (COD) digunakan untuk menyatakan jumlah oksigen yang digunakan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi menggunakan kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) dalam kondisi asam [6].



**Gambar 3.** Pengaruh variasi pH pada nilai COD dan nilai kekeruhan (*turbidity*) larutan hasil elektrolisis

Dari gambar 3 di atas, dapat kita lihat nilai COD pada pH 4 mengalami penurunan pada waktu 150 menit, pada pH 10 dan pH 12 nilai COD semakin meningkat, meskipun pH 2 memiliki nilai kekeruhan rendah, tetapi nilai COD dari pH 4 lebih rendah dari pH 2, pH 4 memiliki kandungan COD yang kecil yaitu 393,1 mg/L jauh dari batas maksimum COD yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup yaitu 600 mg/L, dan nilai kekeruhan yaitu 8,48 mg/L yang jauh dibawah batas maksimum yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan yaitu <25 mg/L. Sehingga pH 4 yang digunakan sebagai pH untuk proses elektrolisis, karena merupakan pH optimum.

Kekeruhan mengganggu penetrasi sinar matahari, sehingga mengganggu fotosintesis tanaman air. Selain itu bakteri patogen dapat berlindung di dalam atau di sekitar bahan penyebab kekeruhan. Kekeruhan atau *turbidity* disebabkan oleh banyak faktor, antara lain adanya bahan yang tidak terlarut seperti debu, tanah liat, bahan organik atau inorganik, dan mikro-organisme air. Di sini berakibat air akan menjadi kotor dan tidak jernih [8].



**Gambar 4.** Pengaruh variasi pH pada nilai COD dan nilai kekeruhan (*turbidity*) larutan hasil elektrolisis

Dari gambar 4, terjadi penurunan kadar logam yang tinggi pada sampel limbah percetakan, kandungan logam Mn yang semula 36,7 mg/L berkurang menjadi 0,79 mg/L. Hal ini disebabkan karena adanya elektrolisis, sehingga logam akan menempel pada katoda.

Pada sel elektrolisis zat-zat dapat terurai sehingga terjadi perubahan massa. Peruraian tersebut disebabkan oleh energi listrik yang diangkut oleh ion-ion yang bergerak di dalam larutan elektrolit atau karena adanya perubahan daya gerak listrik di dalam sel tersebut. Daya gerak listrik ini merupakan perbedaan potensial standar elektroda negatif (katoda) dan potensial standar elektroda positif (anoda). Perbedaan potensial standar ini biasanya disebabkan perbedaan bahan yang dipakai antara anoda dan katoda, namun bisa juga bahan yang dipakai sama tetapi konsentrasi larutan elektrolitnya berbeda [3].

Dari hasil elektrolisis sampel dengan parameter *chemical oxygen demand*, kekeruhan dan kandungan logam Mn dihasilkan hasil elektrolisis di bawah ambang batas baku mutu limbah cair sehingga, proses elektrolisis dapat digunakan untuk pengolahan limbah industri percetakan.

Reaksi elektrolisis yang terjadi pada anoda dan katoda adalah

: Anoda:

- Pembentukan gas oksigen :  

$$4\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$$

Katoda:

- Pembentukan gas hidrogen :  

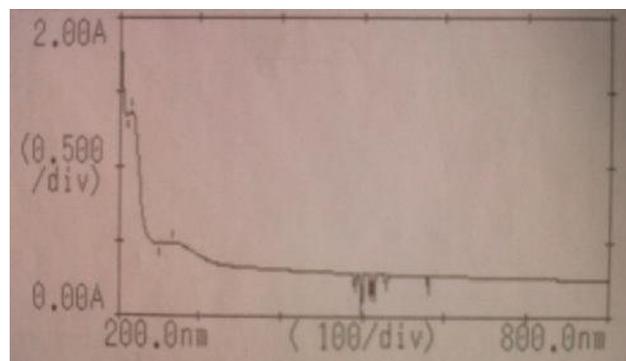
$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$$
- Pengendapan logam Mn :  

$$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}$$

#### III.4 Analisis Spektra UV-Vis Larutan Elektrolisis

Spektra kualitatif *UV-Vis* pada gambar 5 berikut mewakili spektra untuk sampel zat warna limbah cair industri percetakan yang menunjukkan suatu bentuk kurva spesifik yang dipengaruhi oleh adanya gugus kromofor dalam sampel limbah. Pada kurva terlihat adanya puncak serapan pada panjang gelombang 265 nm.

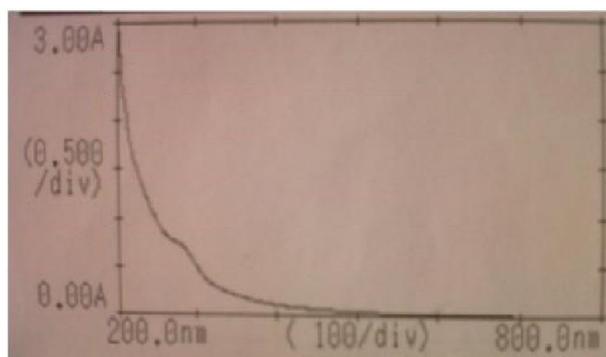
Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah *UV* karena mengandung elektron, baik elektron bersama maupun menyendiri, yang dapat dieksitasikan ke tingkat yang lebih tinggi. Panjang gelombang absorpsi elektron bergantung pada berapa kuat elektron tersebut terikat. Elektron dalam suatu ikatan kovalen tunggal terikat lebih kuat, dibandingkan dengan elektron yang memiliki ikatan rangkap dua dan tiga yang mudah dieksitasikan ke tingkat yang lebih tinggi.



**Gambar 4.** UV-Vis sampel air limbah sebelum elektrolisis

Absorpsi pada panjang gelombang 265 nm menandakan adanya molekul terkonjugasi yaitu molekul yang memiliki ikatan rangkap berselang-seling berupa molekul benzena. Gugus benzena ini berasal dari *cleaner* yang digunakan pada proses industri percetakan yaitu bensin. Hal ini juga bisa diidentifikasi dari bau limbah yang khas.

Spektra kualitatif untuk sampel limbah setelah elektrolisis pada gambar IV.6 berikut memperlihatkan bahwa tidak ada puncak baru atau absorbansi sampel pada rentang gelombang 200-800 nm. Spektra tersebut memberikan indikasi bahwa zat warna dalam sampel konsentrasinya telah menurun, dilihat dari warna limbah yang semula keruh berubah menjadi bening. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode elektrolisis dengan elektroda karbon efektif untuk elektrolisis limbah cair industri percetakan [1].



**Gambar 4.** UV-Vis sampel air limbah sebelum elektrolisis

**Tabel 3.** Persentase penurunan COD, kekeruhan, dan logam Mn pada waktu elektrolisis 0 menit dan 150 menit

Parameter	Elektrolisis		% Penurunan
	0 menit	150 menit	
COD	4407	393,1	91,08
Kekeruhan	1405	8,48	99,40
Logam Mn	36,7	0,79	97,85

Dapat disimpulkan dari seluruh data parameter di atas bahwa kondisi terbaik elektrolisis terjadi pada potensial kerja sebesar 5,0 volt, pH 4, waktu elektrolisis 150 menit. Pada kondisi tersebut diperoleh penurunan nilai COD sebesar 91,08%, penurunan kekeruhan sebesar 99,40% dan penurunan konsentrasi logam Mn sebesar 97,85%.

#### IV. KESIMPULAN

1. Metode elektrolisis dengan elektroda karbon/karbon dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas larutan limbah cair percetakan.
2. Pada kondisi elektrolisis dengan potensial kerja 5,0 volt, pH 4 dan waktu elektrolisis 150 menit diperoleh penurunan nilai COD sebesar 91,08%, penurunan nilai kekeruhan sebesar 99,40%, dan penurunan konsentrasi logam Mn sebesar 97,85%.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustin, T.W., 2009, *Elektrodekolorisasi Limbah Cair Industri Kain Tenun Dengan Elektroda PbO<sub>2</sub>/Pb*, Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang
- [2] Chou, W.L., Wang, C.T., dan Chang, S.Y., 2009, Study of COD and Turbidity Removal From Real Oxide – CMP Wastewater by Iron Electrocoagulant and The Evaluation of Specific Energy Consumption, *Journal of Hazardous Materials (Elsevier)*, 168 1200 – 1207
- [3] Daryoko, M., Sutoto, Heriyanto, K., dan Suwardiyono, 2009, Optimasi Proses Reaksi Pembangkitan Ag<sup>2+</sup> pada Sel Elektrolisis Berkapasitas Satu Liter, *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 5 November 2009 ISSN 1978 – 0176*
- [4] Ghosh, D., Medhi, C.R., dan Solanki, Purkait, M.K., 2008, Decolorization of Cystal Violet Solution by Electrocoagulation, *Journal of Environmental Protection Science*, Vol. 2. 25 – 35
- [5] Mane, P.C., Bhosle, A.B., Vishwakarma C.V., dan Tupkar L.G., 2010, Effect of Pretreatment of Algal Biomass on Bioadsorption of Manganese, *International Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 2. 7550 – 7554
- [6] Metcalf and Eddy Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F., and Stensel, H.D. (2003), *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, McGraw – Hill Companies, New York
- [7] Riyanti, A.D., Haris, A., dan Gunawan, 2005, Pengendapan Logam Tembaga Dengan Metoda Elektrolisis Internal, *JKSA Volume VIII., No. 2*
- [8] Sutrisno, T.C., dan Suciastuti, E., 2006, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta
- [9] Ugurlu, M., Karaoglu, M.H., dan Kula, I., 2006, Experimental Investigation of Chemical Oxygen Demand, Lignin, Phenol, Removal from Paper Mill Effluents Using Three – Phase Three – Dimensional Electrode Reactor, *Polish J. of Environ. Stud*, 15, 4, 647 – 654

Semarang, November 2012

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Didik Setiyo Widodo, M.Si

Dra. Rum Hastuti, M.Si

NIP 197005211999031001

NIP. 195006151978022001