

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

4.1.1. Hasil penelitian dan Efisiensi penurunan kadar Cr dan COD dengan variasi kuat arus dan waktu kontak

Hasil penelitian dan analisa laboratorium limbah cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia menunjukkan terjadinya penurunan kadar Cr dan COD yang bervariasi pada limbah tersebut setelah pengolahan dengan proses elektrolisis.

Pada penelitian ini, konsentrasi awal limbah cair Laboratorium kualitas air untuk Cromium sebesar 433,735 ppb, dan untuk COD sebesar 1953,735 mg/l, elektroda yang digunakan dalam bak elektrolisis ini adalah alumunium yang dialiri arus listrik searah (DC). Variasi kuat arus yang digunakan terdiri dari 10 ampere, 15 ampere, 20 ampere dan variasi waktu kontak selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Hasil menunjukkan penurunan kadar Cr dan COD yang fluktuatif seperti disajikan dengan tabel dibawah ini:

Tabel.4.1 Hasil penelitian penurunan kadar COD (mg/L)

| Kuat Arus (Amper) | waktu kontak (menit) | | | | | jumlah | rata-rata |
|----------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | | |
| 0 | 1953,226 | 1953,226 | 1953,226 | 1953,226 | 1953,226 | 9766,130 | 1953,226 |
| | 1953,226 | 1953,735 | 1953,735 | 1953,735 | 1953,735 | 9768,675 | 1953,735 |
| 10 | 1953,226 | 1262,918 | 1949,665 | 1909,987 | 1951,7 | 9027,496 | 1805,499 |
| | 1953,735 | 1262,41 | 1949,665 | 1908,968 | 1950,7 | 9025,478 | 1805,096 |
| 15 | 2196,386 | 1854,029 | 1916,6 | 1910,495 | 1891,673 | 9769,183 | 1953,837 |
| | 2193,842 | 1854,538 | 1917,108 | 1910,495 | 1891,673 | 9767,656 | 1953,531 |
| 20 | 1910,495 | 1670,388 | 1770,094 | 1776,198 | 1796,037 | 8923,212 | 1784,642 |
| | 1911,004 | 1671,408 | 1772,129 | 1776,707 | 1798,581 | 8929,829 | 1785,966 |
| jumlah | 16025,65 | 13482,65 | 15182,22 | 15099,81 | 15187,33 | | |
| rata-rata | 4006,412 | 3370,663 | 3795,556 | 3774,953 | 3796,831 | | |

Sumber: data Primer,2006

Tabel.4.2 Hasil penelitian penurunan kadar Crom (ppb)

| Kuat Arus (Amper) | waktu kontak (menit) | | | | | jumlah | rata-rata |
|----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | | |
| 0 | 433,735 | 433,735 | 433,735 | 433,735 | 433,735 | 2168,675 | 433,735 |
| | 433,735 | 433,735 | 433,735 | 433,735 | 433,735 | 2168,675 | 433,735 |
| 10 | 433,735 | 92,905 | 116,814 | 125,462 | 147,336 | 916,252 | 183,25 |
| | 433,735 | 89,853 | 116,814 | 124,444 | 147,336 | 912,182 | 182,43 |
| 15 | 433,735 | 129,023 | 99,009 | 115,797 | 92,905 | 870,469 | 174,093 |
| | 433,735 | 129,023 | 99,009 | 115,288 | 92,905 | 869,96 | 173,99 |
| 20 | 433,735 | 90,284 | 65,944 | 62,892 | 57,296 | 710,151 | 142,03 |
| | 433,735 | 90,284 | 65,435 | 61,874 | 55,77 | 707,098 | 141,419 |

Sumber: data Primer,2006

Pada Tabel 4.1 terlihat adanya penurunan kadar Cr dalam limbah cair Laboratorium kualitas air dengan variasi kuat arus maupun variasi waktu kontak .dapat dilihat bahwa penurunan kadar Cr terbesar terjadi pada kuat arus 20 ampere dengan waktu kontak 120 menit, dengan penurunan dari 433,735 ppb menjadi 55,77 ppb, Sedangkan pada Tabel 4.2 Pada terlihat adanya penurunan kadar COD dalam limbah cair Laboratorium kualitas air dengan variasi kuat arus maupun variasi waktu kontak .dapat dilihat bahwa penurunan kadar COD terbesar terjadi pada kuat arus 10 ampere dengan waktu kontak 30 menit, dari kadar 1953,735 mg/l menjadi 1262,41mg/l.

Berdasarkan hasil penelitian kadar Cr dan COD pada Tabel 4.1 dan 4.2 diatas, maka dapat diketahui besarnya efisiensi penurunan kadar Cr dan COD dalam Tabel 4.3 dan 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar Cr

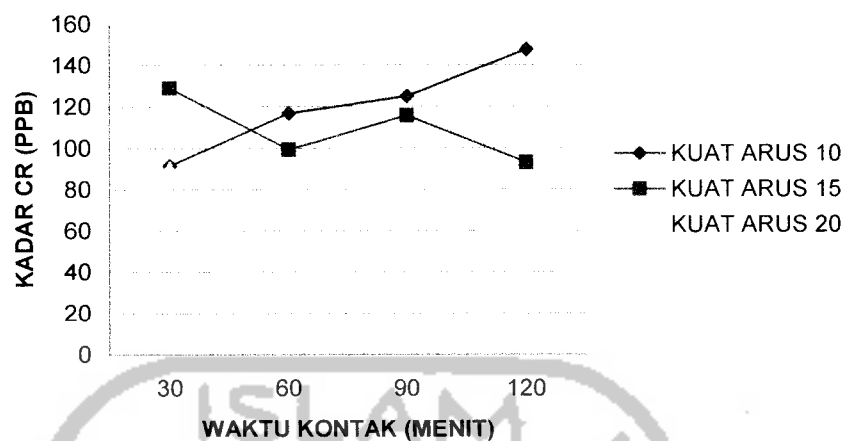
| Kuat arus (amper) | waktu kontak (menit) | Kadar Cr sebelum perlakuan (ppb) | Kadar cr sesudah perlakuan (ppb) | Efisiensi penurunan kadar cr (%) |
|-------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 10 | 30 | 433.735 | 91.379 | 78.93 |
| | 60 | 433.735 | 116.814 | 71.19 |
| | 90 | 433.735 | 124.953 | 66.03 |
| | 120 | 433.735 | 147.336 | 70.25 |
| 15 | 30 | 433.735 | 129.023 | 77.11 |
| | 90 | 433.735 | 115.5425 | 78.58 |
| | 120 | 433.735 | 92.905 | 79.18 |
| 20 | 30 | 433.735 | 90.284 | 84.91 |
| | 60 | 433.735 | 65.435 | 85.62 |
| | 90 | 433.735 | 62.383 | 86.97 |
| | 120 | 433.735 | 56.533 | 86.97 |

Tabel 4.3 Hasil perhitungan Efisiensi Penurunan Kadar COD

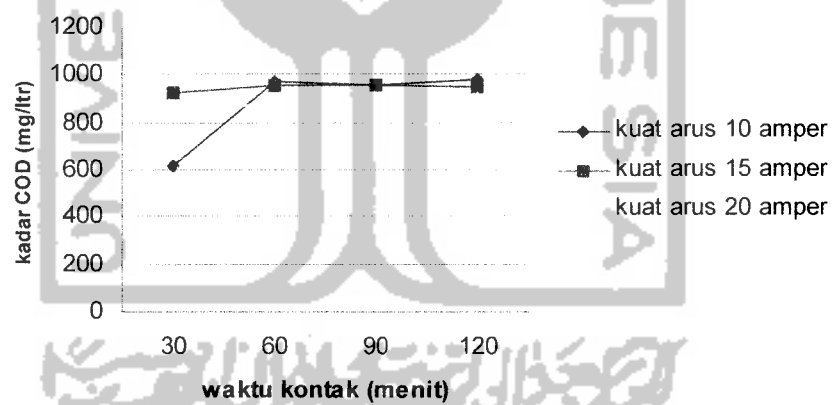
| Kuat arus (ampere) | waktu kontak (menit) | Kadar COD sebelum perlakuan (ppb) | Kadar COD sesudah perlakuan (ppb) | Efisiensi penurunan kadar COD (%) |
|--------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 10 | 30 | 976.613 | 613.459 | 37.19 |
| | 60 | 1131.513 | 974.8325 | 15.60 |
| | 90 | 1099.719 | 954.9935 | 11.26 |
| | 120 | 1137.872 | 975.85 | 18.53 |
| 15 | 30 | 1098.193 | 927.0145 | 12.74 |
| | 60 | 1119.304 | 958.3 | 14.66 |
| | 90 | 1223.588 | 955.2475 | 22.70 |
| | 120 | 1218.247 | 945.8365 | 31.44 |
| 20 | 30 | 955.2475 | 835.194 | 7.35 |
| | 60 | 953.467 | 885.047 | 6.86 |
| | 90 | 971.7805 | 888.099 | 7.59 |
| | 120 | 986.2785 | 898.0185 | 8.95 |

Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa prosentase penurunan kadar Crom tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 86,97 %. dan Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 10 ampere yang mencapai 37,19 %.

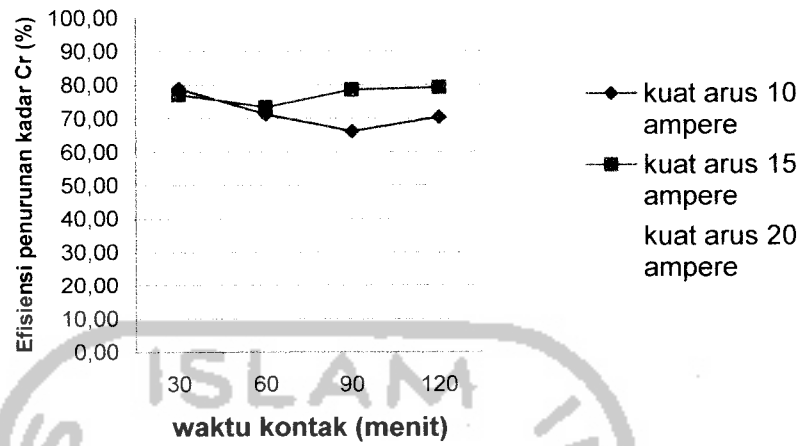
Kemudian hasil pengamatan pada Tabel 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 disajikan dalam bentuk grafik pada gambar berikut ini:



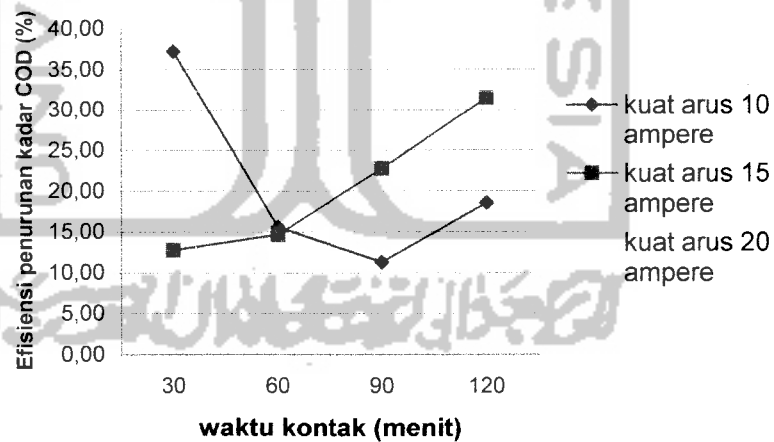
Gambar 4.1. Hubungan kadar Cr dengan variasi waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.2. Hubungan kadar COD dengan variasi waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.3. Hubungan efisiensi penurunan kadar Cr dengan waktu kontak pada kuat arus



Gambar 4.4. Hubungan efisiensi penurunan kadar COD dengan waktu kontak pada kuat arus

4.1.2 Uji statistic Cr (cromium)

Between-Subjects Factors

| | | Value Label | N |
|-------|------|----------------|---|
| ARUS | 1.00 | 10 | 4 |
| | 2.00 | 15 | 4 |
| | 3.00 | 20 | 4 |
| WAKTU | 1.00 | 30 | 3 |
| | 2.00 | 60 | 3 |
| | 3.00 | 90 | 3 |
| | 4.00 | 120 | 3 |

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: EVISIENSI

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|--------------------|-------------------------------|----|----------------|---------|------|
| Corrected Model | 47.006 | 5 | 9.401 | .876 | .000 |
| Intercept | 4846.914 | 1 | 4846.914 | 451.881 | .000 |
| ARUS | 31.374 | 2 | 15.687 | 1.462 | .000 |
| WAKTU | 15.632 | 3 | 5.211 | .486 | .000 |
| Error | 64.357 | 6 | 10.726 | | |
| Total | 4958.277 | 12 | | | |
| Corrected Total | 111.362 | 11 | | | |

a. R Squared = .422 (Adjusted R Squared = -.059)

Terlihat bahwa F hitung adalah 0.486 dengan probabilitas .000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak artinya ada interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar Cr pada limbah

4.1.3 Uji statistik COD

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada hubungan yang signifikan antara dua faktor, yang dalam kasus ini akan diuji apakah ada interaksi antara waktu kontak dan arus listrik dengan penurunan kadar COD

Hipoteses

Hipotesis untuk kasus ini,

Ho = tidak ada interaksi antara waktu dan kuat arus

H1 = Ada interaksi antara waktu dan kuat arus

Pengambilan keputusan

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai probabilitas

- Jika probabilitas > 0.05 , Ho diterima
- Jika probabilitas < 0.05 , Ho ditolak

Keputusan

Uji statistic COD

Between-Subjects Factors

| | | N |
|-------|--------|---|
| ARUS | 10.00 | 8 |
| | 15.00 | 8 |
| | 20.00 | 8 |
| WAKTU | 30.00 | 6 |
| | 60.00 | 6 |
| | 90.00 | 6 |
| | 120.00 | 6 |

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: KOSENTRA

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|--------------------|-------------------------------|----|------------------|------------------|------|
| Corrected Model | 481987.93 8 | 11 | 43817.085 | 13524.156 | .000 |
| Intercept | 40789362. 542 | 1 | 40789362. 542 | 12589648. 777 | .000 |
| ARUS | 225852.75 7 | 2 | 112926.37 9 | 34854.760 | .000 |
| WAKTU | 66609.166 3 | 3 | 22203.055 | 6852.980 | .000 |
| ARUS * WAKTU | 189526.01 5 | 6 | 31587.669 | 9749.543 | .000 |
| Error | 38.879 | 12 | 3.240 | | |
| Total | 41271389. 359 | 24 | | | |
| Corrected Total | 482026.81 7 | 23 | | | |

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

Terlihat bahwa F hitung adalah 9747.543 dengan probabilitas 0.000. Oleh karena probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak artinya ada interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar COD pada limbah.

4.2. Pembahasan

4.2.1 Penurunan kadar Cr

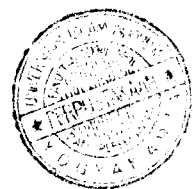
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kadar Cr yang bervariasi pada limbah tersebut, setelah pengolahan dengan proses elektrolisis. kadar Cr mengalami penurunan, terlihat bahwa prosentase penurunan kadar Cr tertinggi terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan kuat arus 20 ampere yang mencapai 86,97 %. Sedangkan penurunan terendah terjadi pada

waktu kontak 90 menit dan pada arus 10 ampere sebesar 66,03 %, penurunan konsentrasi Cr terjadi karena di katoda terjadi reduksi, Sehingga yang terjadi yaitu ion positif akan tereduksi kearah katoda dan menerima elektron, ion negatif bergerak kearah anoda dan menyerahkan elektron, elektron yang dilepaskan akan ditarik ion Cromium (Cr^+) dan akan terbentuk logam Cr, hal ini dapat terjadi, sehingga reaksi yang terjadi pada katoda sebagai berikut:

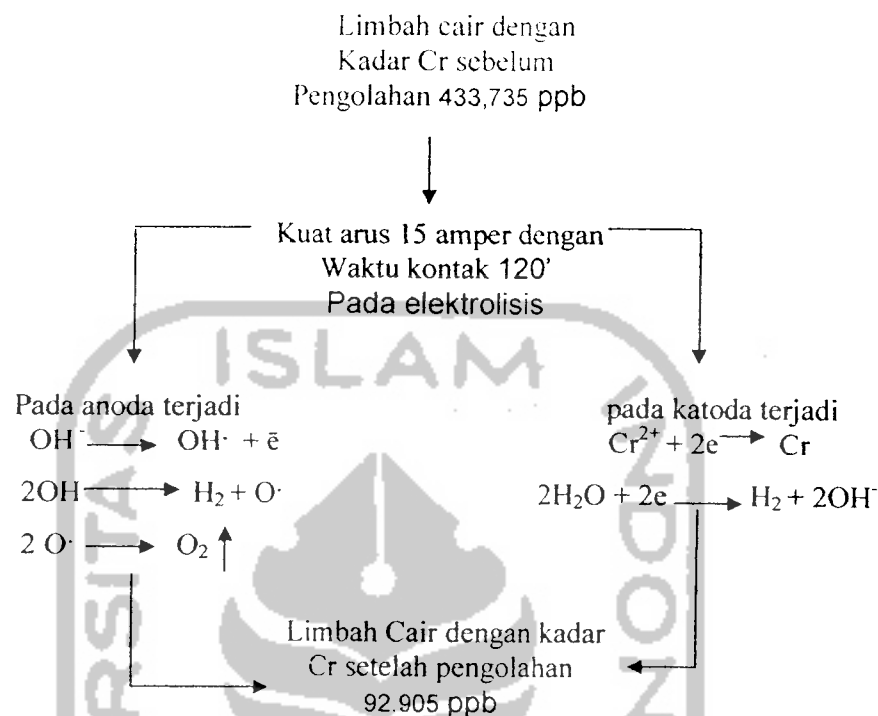


Reaksi yang terjadi dalam elektrolisis pada katoda adalah reaksi reduksi:

- Ion-ion logam yang terbentuk diendapkan pada permukaan katoda
- Pelarut (air) mengalami reduksi dan terbentuklah gas hidrogen (H_2)
Pada katoda
- Larutan air limbah mengandung asam, maka ion H^+ dari asam akan direduksi menjadi gas hidrogen (H_2) pada katoda



Fenomena yang terjadi pada proses elektrolisis dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 4.5 Bagan fenomena yang terjadi pada proses elektrolisis

Menurut hukum Faraday pertama mengenai elektrolisis menyatakan bahwa jumlah perubahan kimia yang terjadi pada proses elektrolisis bergantung pada jumlah muatan listrik dan waktu kontak elektrolisis tersebut, pada hasil penelitian di atas penurunan kadar Cr tidak terjadi beraturan pada arus yang paling besar kemudian ke arus paling kecil, hal ini mungkin terjadi karena terbentuknya reaksi samping yang tidak diharapkan (Sonny Widiarto, 2006), Namun disini sulit untuk menduga reaksi apa yang terjadi pada elektroda selama proses elektrolisis berlangsung, Reaksi yang terjadi

pada proses elektrolisis tidak selalu merupakan kebalikan dari reaksi sel elektrokimia yang spontan. Sering kali reaksi suatu larutan dengan pelarut air, akan mengakibatkan molekul air atau ion lain yang terdapat dalam larutan teroksidasi atau tereduksi. Reaksi sebenarnya yang akan terjadi pada proses elektrolisis akan bergantung pada nilai relatif potensial standar zat-zat yang terlibat dalam reaksi.

Kenaikan konsentrasi tiap variasi waktu dimungkinkan ada persoalan dalam pengujian. Faktor lain yang berpengaruh pada peningkatan konsentrasi setiap variasi waktu percobaan adalah pada saat terjadi proses sebelum limbah dipompa ke inlet, pada penelitian ini arus yang digunakan 10 amper, 15 amper, dan 20 amper sedangkan volume limbah yang diolah adalah 48 liter. Karena limbah yang diolah cukup besar sedangkan arus yang dipakai kecil, sehingga proses elektrolisis tidak berjalan maksimal dapat dilihat dari efisiensinya penurunan kadar Cr kecil, pada penelitian sebelumnya (Yanti purwaningsih, 2005) dalam menurunkan kadar Ag dengan cara elektrolisis terjadi penurunan kadar Ag 99,70% dimana limbah yang diolah hanya 4,5 liter dengan Arus 5 Amper dan waktu 140 menit. Selain itu Faktor yang mempengaruhi proses ini adalah parameter yang mempengaruhi reduksi logam adalah pH. Semakin tinggi derajat keasaman suatu larutan (pH semakin rendah), maka reduksi Cr oleh katoda cenderung kecil dan turun (Saadi 1995). Mengingat pH limbah laboratorium Universitas Islam Indonesia yaitu hanya berkisar 2, maka reduksi Cr tidak berlangsung maksimal.

4.2.2 Penurunan kadar COD

Pada tabel dan grafik hasil penurunan COD terlihat bahwa prosentase penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada waktu kontak 30 menit dengan kuat arus 10 ampere, yang mencapai efisiensi penurunan 37,19 %. dari kadar 1953,735 mg/l menjadi 1262,41mg/l.

Adapun massa zat yang dihasilkan dalam proses elektrolisis dapat berupa endapan, yang menandakan terjadi penurunan kadar COD. Dimana reaksi elektrolisis yang terjadi di anoda :

pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap ion

- Ion-ion Halida akan dioksidasi menjadi halogen-halogen
- Pelarut (air) akan dioksidasi menjadi gas oksigen (O₂)

Pada anoda OH⁻ dilepaskan dan bereaksi dengan H₂O, Sehingga akan terbentuk O₂

Pada anoda terjadi



O₂ yang dihasilkan dari proses oksidasi pada anoda digunakan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat didalam air, sehingga kadar COD dapat menurun. Dengan uji statistik anava membuktikan bahwa adanya interaksi antara waktu dan kuat arus, sehingga mempengaruhi penurunan kadar COD pada limbah.

Penurunan konsentrasi COD didalam reaktor juga dikarenakan terjadi reaksi pengoksidasian zat-zat organik secara alamiah, selain itu karena pH limbah laboratorium sebelum dan sesudah pengolahan adalah 2 (dalam keadaan asam), pada keadaan asam akan terjadi penurunan kadar COD yang akan ditunjukkan pada perubahan fisik limbah yaitu terjadinya perubahan warna limbah tersebut, Sedangkan untuk peningkatan konsentrasi COD itu dikarenakan adanya gangguan yang terjadi terhadap proses pengoksidasian, Seperti pH berubah menjadi asam, tersendatnya pemompaan akibat adanya flok dari bak equalisasi.

Limbah laboratorium kualitas air Universitas Islam Indonesia merupakan limbah campuran yang terdiri dari berbagai bahan, sehingga ukuran molekulnya berbeda-beda dan mempengaruhi proses oksidasi. Selain itu limbah laboratorium kadar logamnya sangat banyak dan berbagai macam, Kehadiran logam pada limbah juga mempunyai pengaruh besar terhadap oksidasi bahan organik, (Cheremisinoff,1978). Adanya kadar klor (Cl⁻) sampai 2000 mg/L dapat mengganggu uji COD karena klor dapat bereaksi dengan kalium dikromat.