

## PEMBUATAN IPAL LIMBAH DETERJEN METODE ELEKTROFLOTASI SKALA PILOT

Faidur Rochman<sup>1\*</sup>, Hamami Hamami<sup>1</sup> dan Imam Sapuan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

<sup>2</sup>Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

\*email: faidurr@yahoo.com

### Abstrak

Kandungan deterjen yang cukup tinggi dalam air dapat menyebabkan pengurangan kadar oksigen. Pada konsentrasi 0,5 mg/Liter deterjen sudah mampu membentuk busa sehingga menghambat difusi oksigen dari udara ke permukaan badan air. Pada kadar deterjen alkil sulfat 15 mg/Liter, dapat mematikan ikan mas. Deterjen juga mencemari lingkungan, terutama kandungan fosfat yang menyuburkan enceng gondok, sehingga mengurangi jatah oksigen terlarut bagi biota air. Dalam penelitian ini telah dikembangkan sistem pengolahan limbah deterjen metode elektroflotasi yang mudah dan murah serta efisien. Beberapa variasi dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimum proses yang meliputi kecepatan alir, kuat arus dan jumlah kolom. Kondisi optimum didapatkan pada reactor ini yang mana mampu menghasilkan daya reduksi limbah deterjen sebesar 78.33%.

**Kata kunci:** limbah deterjen, elektroflotasi, oksigen terlarut

### Abstract

The detergent content is quite high in water effecting on oxygen reduction. At concentration of 0.5 mg/Liter detergent forming foam that inhibits the diffusion of oxygen from air to surface water bodies. Alkyl sulfate detergents at levels of 15 mg/Liter, can kill goldfish. Detergents were polluting the environment, especially the phosphorus content nourish water hyacinth, thus reducing the share of dissolved oxygen for aquatic biota. In this research, we have developed a wastewater treatment system based electroflotation. This electroflotation method perform several is easy and inexpensive and efficient. Some variations made to obtain optimum process conditions that include the flow rate, strong currents and the number of columns. The optimum conditions obtained in this reactor which can generate waste reduction by 78.33%.

**Keywords:** detergent waste, electroflotation, dissolved oxygen.

### Pendahuluan

Metode pengolahan limbah deterjen telah banyak diteliti orang, diantaranya metode sedimentasi (Cahyadi dan Trihadinigrum, 2000; Yusuf, 2001), metode adsorpsi (Rubijatadji, 1993 dan Cholil, 1998), metode biodegradasi

(Sudijanto, 1993), metode elektroflotasi (Rochman, 1999).

Metode yang cukup populer untuk pengolahan limbah deterjen adalah metode Sedimentasi dan RBC, namun biaya operasional tergolong mahal. Dari kedua metode itu, teknik Sedimentasi lebih banyak dipakai karena penanganan dan

perawatannya lebih mudah. Metode Elektroflotasi memiliki keunggulan komparatif yaitu: (1) biaya operasional murah, (2) Penganan dan perawatan mudah, (3) Areal IPAL tsk mrmsksn tempst, dan (4) daya reduksi limbah cukup efektif (83 %). Namun kelemahannya ialah kapasitas olahannya tergolong rendah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan meningkatkan kapasitas olah limbah deterjen domestic, dengan memodifikasi susunan elektroda sedemikian rupa sehingga dalam satu kolom elektroflotasi dipasang elektroda secara paralel.

Metode yang cukup populer untuk pengolahan limbah deterjen adalah metode Sedimentasi dan RBC, namun biaya operasional tergolong mahal. Dari kedua metode itu, teknik Sedimentasi lebih banyak dipakai karena penanganan dan perawatannya lebih mudah. Dari tabel 1 di atas, metode Elektroflotasi memiliki keunggulan komparatif yaitu: (1) biaya operasional murah, (2) Penganan dan perawatan mudah, (3) Areal IPAL tsk mrmsksn tempst, dan (4) daya reduksi limbah cukup efektif (83 %). Namun kelemahannya ialah kapasitas olahannya tergolong rendah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan meningkatkan kapasitas olah limbah deterjen domestic, dengan memodifikasi susunan elektroda sedemikian rupa sehingga dalam satu kolom elektroflotasi dipasang elektroda secara paralel.

## Metode Penelitian

### *Alat dan Bahan*

Seperangkat alat elektrolisis, sumber arus DC 2 – 5 mA, elektroda  $Al_2O_3$  Bahan pengadsorpsi seperti arang aktif, zeolit aktif, silica, alumina, tanah diatomae, enceng gondok, gulma itik (*duckweed*). Akhirnya didapat bahwa logam yang paling cocok untuk elektroda pada proses elektroflotasi adalah  $Al_2O_3$  (Suryapranata, 1997).

### *Prosedur penelitian*

#### *Pengaruh kecepatan alir*

Pada penelitian ini akan dilakukan uji pengaruh kecepatan alir yang divariasi sebagai berikut: 2.298,85 mL/menit, 3.680,98 mL/menit dan 5.309,73 mL/menit. Prinsip dari pengukuran ini adalah dengan mengukur volume larutan yang keluar permenit selama proses berlangsung. Pada penelitian ini digunakan 2 pasang elektroda alumunium yang dirancang secara seri dan diberikan arus listrik DC sebesar 2 Amper. Proses dilakukan selama 25 menit. Sampel larutan diterjen sebelum proses dianalisa sebagai data konsentrasi awal. Setelah proses elektroflotasi dilakukan, hasil dari proses kemudian dilakukan analisa dan dimasukkan kedalam rumus untuk menentukan kapasitas daya reduksi optimum terhadap deterjen.

#### *Pengaruh kuat arus dan potensial listrik*

Elektolisis dilakukan selama 25 menit. Kemudian arus yang tersang divariasi sebesar 2, 4, 6, dan 8 A. Hasil proses elektroflotasi dianalisa konsentrasi deterjen dalam sampel setelah proses. Data yang didapat kemudian dimasukkan kedalam rumus untuk dihitung daya reduksi optimum pada optimasi ini. Kuat arus dan potensial listrik optimum adalah yang menghasilkan daya reduksi deterjen tertinggi.

#### *Pengaruh Jumlah Kolom Elektroflotasi*

Proses uji pengolahan limbah deterjen menggunakan variasi kolom elektroflotasi dengan sistem seri kapasitas olah skala pilot ini dilakukan pada kuat arus 2 Amper dan kecepatan alir 2.298,85 mL/menit. Kemudian dilakukan uji pengaruh jumlah kolom elektroflotasi menggunakan variasi jumlah 1, 2, dan 3 kolom. Sebelum proses olah dilakukan, kolom diisi penuh sampai tanda batas dengan larutan deterjen melalui pompa dengan kecepatan alir optimum, kemudian dari hasil proses diambil beberapa mL larutan deterjen sebagai sampel awal (sebelum proses).

### Penentuan kapasitas olah

Kapasitas olah ini ditentukan oleh banyaknya limbah deterjen domestik (dalam liter) yang dapat direduksi selama 25 menit dengan menggunakan metode elektroflotasi sistem seri kapasitas olah skala pilot dengan kecepatan alir, kuat arus, dan jumlah kolom elektroflotasi optimum.

### Penentuan kadar deterjen dengan metode test-kit

Pada metode *test-kit*, pengukuran dilakukan dengan terlebih dahulu mengencerkan sampel sebanyak 100 kali, lalu mengisi *test-tube* dengan larutan sampel hingga tanda batas atas (sekitar 20 ml), kemudian larutan ditambah dengan 12 tetes larutan metilen biru dan dikocok hingga larutan bercampur. Selanjutnya dilakukan penambahan kloroform hingga tanda batas bawah pada *test-tube*, dan larutan dikocok lagi hingga membentuk 2 lapisan. Fase air dibuang dan diganti dengan larutan pencuci. Larutan dikocok lagi hingga terbentuk 2 lapisan. Fase air dibuang dan fase kloroform dibaca pada papan *test-kit* deterjen untuk mengetahui konsentrasi sampelnya.

### Hasil dan Pembahasan

Dalam penyusunan IPAL, sistem elektroflotasi harus kontinu dan pengaturan kecepatan alir harus konstan. Oleh karenanya diperlukan adanya umpan limbah recycle dengan bantuan pompa bebas minyak dan mengatur ketinggian antar kolom elektroflotasi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi overflow, serta menghindari adanya kebocoran pada sistem elektroflotasi. Berikut adalah gambar penyusunan IPAL untuk pengolahan limbah deterjen dengan metode elektroflotasi sekala pilot.

### Faktor Koreksi

Pada penelitian ini pengukuran kadar sampel deterjen dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis dan metode test-kit menggunakan peralatan test-kit Hach.

Untuk mengetahui cara yang lebih efektif maka dilakukan uji faktor koreksi menggunakan sampel deterjen dengan konsentrasi 100 ppm. Pada metode spektrofotometri UV-Vis, sampel terlebih dahulu dianalisis menggunakan metode MBAS kemudian diukur serapannya pada panjang gelombang 652 nm (Tabel 1). Dengan menggunakan persamaan regresi linier dapat ditentukan konsentrasi larutan standar NaLS. Dan dibandingkan dengan konsentrasi awalnya yaitu 100 ppm.

$$y = 0,002x + 0,0133 \quad (1)$$

$$0,103 = 0,002x + 0,0133 \quad (2)$$

$$x = 44,85 \text{ ppm} \quad (3)$$

**Tabel 1.** Data absorbansi larutan standar NaLS 100 ppm

Pengulangan	Absorbansi
1	0,104
2	0,105
3	0,101
Rata-rata	0,103



**Gambar 1.** IPAL limbah deterjen dari drum sebanyak tiga kolom elektroflotasi

Dengan metode perbandingan dengan konsentrasi awal didapat faktor koreksi sebesar 0,448 %. Sedangkan pada metode test-kit didapat hasil (Tabel 2). Pada metode test-kit, terlebih dahulu larutan diencerkan 100 kali agar hasilnya dapat dibaca pada papan test-kit. Dari hasil di atas dapat ditentukan faktor koreksinya yaitu sebesar 0,97%. Setelah dilakukan perbandingan, maka didapat bahwa

metode test-kit lebih baik untuk digunakan pada penelitian ini.

**Tabel 3.** Data absorbansi larutan standar NaLS 100 ppm menggunakan test-kit

Pengulangan	Absorbansi
1	0,95
2	0,10
3	0,95
Rata-rata	0,97



**Gambar 2.** IPAL limbah deterjen, terdiri atas sistem input dan output.

#### *Kecepatan alir pada proses elektroflotasi*

Pada penelitian ini digunakan 2 pasang elektroda alumunium yang dirancang secara seri dan diberikan arus listrik DC sebesar 2 Amper. Setelah sistem siap dijalankan kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi larutan sampel deterjen pada drum limbah sebagai data konsentrasi sampel awal. Kecepatan alir dapat diatur dengan mengatur posisi stop kran yang sudah tersedia.

Gelembung ini dapat dengan mudah mengapung ke permukaan air di tangki flotasi dan mengikat molekul surfaktan. Selama proses tersebut terjadi peristiwa antarmuka gas-cair dimana molekul surfaktan yang terdiri dari ujung polar dan ujung non polar diadsorpsi dari larutan dan menata dirinya sehingga bagian yang polar berada dalam fasa cair jika fasa tersebut polar. Adsorpsi dan orientasi molekul surfaktan antarmuka tersebut terjadi karena ujung hidrokarbon molekul memiliki gaya tarik yang kecil terhadap molekul air, sehingga cenderung memisah dari larutan dan terakumulasi pada antarmuka (Skomoroski, 1963).

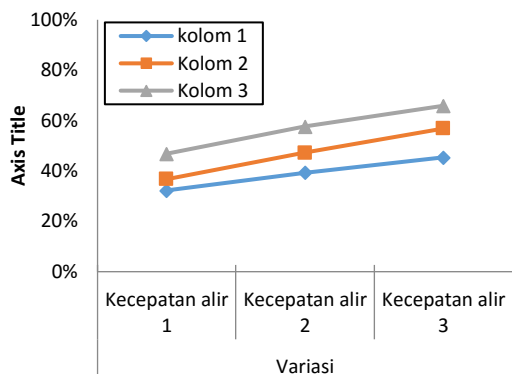
Gelembung ini kemudian mengumpul membentuk busa di permukaan. Konsentrasi lauril sulfat menjadi tinggi pada busa membentuk gumpalan (floc) sehingga busa tersebut kemudian dapat diskim secara berkala.

Mekanisme kontak antarmuka antara gas dengan molekul surfaktan dalam sistem elektroflotasi terdiri dari pengapungan, penyerapan, dan pelekatan. Pengapungan terjadi karena ikatan antara gelembung gas dengan molekul surfaktan yang berlangsung secara fisik. Penyerapan berlangsung pada struktur flokulan tersuspensi terhadap gelembung gas. Pelekatan terjadi gaya tarik intra molekular yang digunakan pada suatu permukaan antara dua fasa dan mengakibatkan tegangan permukaan. Ada beberapa macam interaksi spesies dalam larutan pada proses elektroflotasi, yaitu:

1. Migrasi ke elektroda yang bermuatan berlawanan dan penggabungan untuk membentuk senyawa netral.
2. Kation atau ion hidroksi ( $\text{OH}^-$ ) membentuk endapan dengan polutan.
3. Logam kation berinteraksi dengan  $\text{OH}^-$  membentuk hidroksi, yang mempunyai sisi yang mengadsorpsi polutan (bridge coagulation).
4. Hidroksi membentuk struktur besar dan membersihkan polutan (sweep coagulation).
5. Oksidasi polutan sehingga mengurangi toksisitasnya.
6. Penghilangan melalui elektroflotasi dan adesi gelembung udara.

Proses ini dapat mengambil lebih dari 99% kation beberapa logam berat dan dapat juga membunuh mikroorganisme dalam air. Proses ini juga dapat mengendapkan koloid-koloid yang bermuatan seperti molekul surfaktan dan menghilangkan ion-ion lain, koloid-koloid, dan emulsi-emulsi dalam jumlah yang signifikan. Setelah proses elektroflotasi dilakukan selama 25 menit kemudian dilakukan analisis kadar deterjen dalam sampel pada masing-masing kolom elektroflotasi. Dari

percobaan dapat digambarkan kurva sebagai berikut:



**Gambar 3.** Grafik prosentase reduksi deterjen dengan variasi kecepatan alir

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada kecepatan alir ke-3 penurunan kadar deterjen dalam larutan sampel lebih signifikan jika dibandingkan dengan kecepatan alir ke-1 dan ke-2. Hal ini terjadi dikarenakan pada kecepatan alir ke-1 dan ke-2 larutan sampel dalam kolom elektroflotasi lebih tenang daripada kecepatan alir ke-3. Pada kecepatan alir ke-3 sampel larutan deterjen yang mengalir lebih deras sehingga proses elektroflotasi lebih sering terjadi dan busa hasil reaksi yang terakumulasi di permukaan dapat terskim lebih maksimal dengan kecepatan alir yang lebih deras.

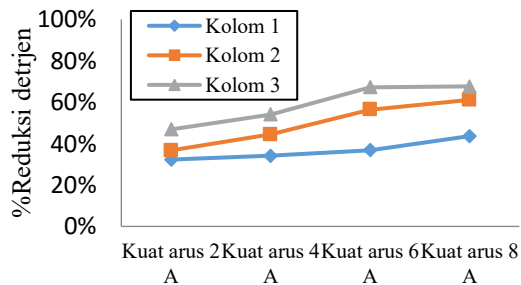
Selain absorpsi fisika juga terjadi absorpsi kimia yaitu adanya tarik-menarik elektrostatik ion-ion yang dihasilkan oleh muatan elektrik pada permukaan anoda. Dengan adanya gelembung gas yang terbentuk menyebabkan bagian hidrofob molekul surfaktan teradsorpsi di permukaan gelembung. Apabila gelembung gas terlepas, maka molekul surfaktan ikut terlepas dan terakumulasi di permukaan. Molekul surfaktan yang telah terakumulasi di permukaan karena densitas/berat jenis material menjadi lebih kecil, dalam waktu yang cukup lama akan menjadi gumpalan (*floc*) yang kemudian gumpalan tersebut ikut keluar beserta aliran larutan sampel. Hal ini lah yang menyebabkan pada kecepatan alir yang lebih deras dapat meningkatkan daya

reduksi pada proses elektroflotasi, sebab *floc* dari molekul surfaktan lebih mudah mudah ikut terskim. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada pada kecepatan alir 3 (5.309,73 mL/menit) dengan 2 pasang katoda aluminium yang dipasang seri dan diberikan arus 2 Amper selama 25 menit dapat menghasilkan daya reduksi deterjen paling tinggi, yaitu sebanyak 65,87%.

#### *Pengaruh kuat arus DC pada proses elektroflotasi*

Penelitian terhadap pengaruh kuat arus DC pada proses elektroflotasi ini dilakukan dengan variasi kuat arus yang diberikan sebesar 2, 4, 6, dan 8 Amper. Kuat arus yang diberikan pada penelitian ini adalah menggunakan alat *electroytic analyzer* sebagai sumber arus listrik searah (DC) yang dapat diatur besar kuat arus yang akan diberikan. Penelitian ini menggunakan kecepatan alir ke-1 dengan jumlah elektroda sebanyak 2 pasang yang dirangkai secara seri pada setiap kolom elektroflotasi. Dari percobaan dapat digambarkan kurva (Gambar 4). Dari hasil penelitian diatas didapat bahwa semakin besar kuat arus yang diberikan maka akan bertambah pula daya reduksi deterjen yang dihasilkan. Artinya semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin banyak molekul surfaktan yang terdeposisi pada permukaan anoda. Hal ini disebabkan karena semakin besar nilai kuat arus listrik yang digunakan, maka akan menyebabkan elektron lebih reaktif (lebih mudah bergerak), sehingga porsi akumulasi pergerakan elektron dan transfer material pada kedua elektroda juga akan semakin besar, dan produksi gas hidrogen ( $H_2$ ) dan ion hidroksi ( $OH^-$ ) yang mengakibatkan proses flotasi lebih sering terjadi. Pada proses flotasi terjadi peristiwa interaksi antar muka molekul surfaktan dan gas yang terdiri dari ujung polar dan ujung non polar diadsorpsi dari larutan dan menata dirinya sehingga terakumulasi pada permukaan anoda karena densitas/berat jenis material menjadi lebih kecil dan lebih

mudah dipisahkan (skim). Hal inilah yang menyebabkan mengapa pada kondisi ini molekul surfaktan yang terakumulasi menjadi busa pada permukaan lebih banyak dan mengakibatkan nilai reduksi pada keadaan ini lebih besar dari pada saat kuat arus listrik yang diberikan lebih kecil.



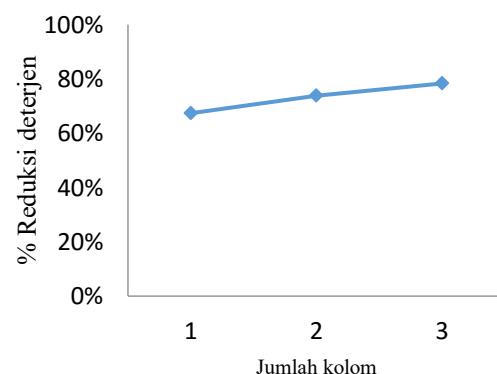
**Gambar 4.** Grafik rata-rata prosentase reduksi dengan variasi kuat arus

Jika potensial oksidasi yang digunakan dalam proses elektroflotasi terlalu besar maka akan memberikan keuntungan serta kerugian. Keuntungannya yaitu akan semakin banyak molekul surfaktan yang akan terdeposisi pada permukaan anoda, sedangkan kerugiannya adalah terjadinya pelarutan logam. Pada optimasi ini didapatkan bahwa kuat arus optimum adalah pada 8 Amper dengan daya reduksi deterjen sebesar 67,64%.

#### *Jumlah kolom elektroflotasi terhadap penurunan kadar deterjen*

Optimasi ini dilakukan dengan 3 kolom elektroflotasi yang dirancang sedemikian rupa. Pengambilan sampel awal pada drum sampel, dianalisis kadar derterjennya sebagai data konsentrasi awal. Setelah sistem siap dijalankan proses elektroflotasi dilakukan secara kontinu. Sampel larutan deterjen diproses dengan kontinu dari kolom elektroflotasi ke-1 kemudian dilanjutkan pada kolom ke-2 dan ke-3. Pada optimasi ini dilakukan dengan memberikan kuat arus sebesar 8 Amper, kecepatan alir 3 (5.309,73 mL/menit) dan jumlah elektroda sebanyak 2 pasang pada setiap kolom elektroflotasi. Proses elektroflotasi dilakukan selama 25 menit. Setelah proses selesai kemudian dilakukan

pengukuran kadar deterjen sebagai data konsentrasi deterjen dalam larutan sampel setelah proses elektroflotasi. Dari percobaan dapat digambarkan grafik (Gambar 5). Dari grafik di atas terlihat bahwa terjadi kenaikan penurunan kadar deterjen apabila jumlah kolom semakin banyak. Pada kolom pertama terjadi penurunan deterjen yang tidak begitu tinggi jika dibandingkan pada saat larutan sampel deterjen sudah mengalami proses pada ketiga kolom. Hal ini dikarenakan dengan bertambah banyaknya jumlah kolom yang terpasang maka akan semakin banyak molekul surfaktan terflotasi. Ketika larutan sampel dialirkan pada ketiga kolom, maka interaksi dan adsorpsi oleh gas yang diproduksi pada anoda lebih banyak terjadi sehingga terjadinya proses penggabungan (*aggregation*) membentuk *floc* lebih banyak. *Floc* hasil dari proses ini mudah dipisahkan dengan teknik flotasi karena densitas/berat jenis material menjadi lebih kecil. Maka dengan lebih seringnya terjadi proses elektroflotasi pada larutan sampel deterjen dengan 3 kolom mengakibatkan kenaikan nilai daya reduksi terhadap deterjen dalam sampel sebesar 78,33%.

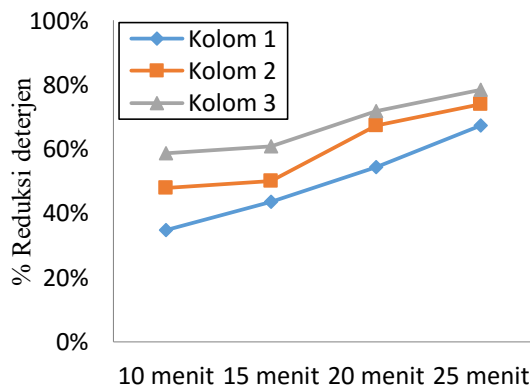


**Gambar 5.** Grafik rata-rata reduksi deterjen dengan variasi jumlah kolom

#### *Penentuan kapasitas olah*

Penentuan kapasitas olah adalah hasil optimum dari sistem elektroflotasi dalam mereduksi deterjen dalam larutan sampel dengan kecepatan alir optimum, kuat arus optimum dan jumlah kolom optimum.

Dari data percobaan didapatkan grafik rata-rata (Gambar 6). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kapasitas olah optimum pada penelitian ini adalah dapat mereduksi deterjen sebanyak 78,33%. Namun dari hasil penelitian yang telah dilakukan ini harus dilakukan optimasi agar hasil olah limbah deterjen dapat menghasilkan daya reduksi yang lebih tinggi sehingga hasil olah dapat memenuhi ambang batas kadar deterjen ke lingkungan. Jika dilakukan ekstrapolasi dari data yang telah didapatkan untuk meningkatkan kapasitas olah dapat dilakukan dengan meningkatkan waktu resirkulasi.



**Gambar 6.** Grafik rata-rata kapasitas olah reduksi deterjen

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses elektroflotasi menggunakan kolom yang dipasang seri dengan elektroda model sejajar diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Kecepatan alir optimum yaitu sebesar 318 L/jam dengan daya reduksi limbah deterjen sebesar 65,87 %.
2. Kuat arus optimum yang digunakan pada sistem ini adalah 8 Amper dengan daya reduksi limbah deterjen sebesar 67,64%. Dengan 3 kolom elektroflotasi dan kuat arus sebesar 8 Amper, kecepatan alir 318 L/jam dan jumlah elektroda 2 pasang pada setiap kolom menghasilkan daya reduksi limbah deterjen sebesar 78,33%.

### Daftar Pustaka

- D'Antonio, G., Mendia, L., Pirozzi, F. and Polese, A. (1997). Rotating biological contactor-solid contact system for the treatment of wastewater from small communities, *In Water Science and Technology*, 35, 109 – 118.
- Cahyadi dan Trihadiningrum, Y. (2000). Studi penggunaan kalsium sulfat untuk pengolahan limbah deterjen, *Jurnal Kimia Lingkungan*, 3, 7 – 14
- Cholil, M. (1997). Adsorpsi deterjen oleh campuran bentonit dan arang aktif, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Unair, Surabaya
- Rochman, F. (1999). Teknik pengolahan limbah deterjen metode elektroflotasi, *Prosiding*, Seminar Nasional Fundamental dan aplikasi Teknik Kimia, ITS, Surabaya, C03, 1 - 5
- Rubiyatadji, R., 1993, Penurunan kadar deterjen dalam air dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif, *Skripsi*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya
- Skomorski, R. M. (1963). Separation of Surface Active Compounds by Foam Fractionation, *Journal of Chemical Education*, 40, 470.
- Sudijanto, A. (1993). Uji tingkat biodegradasi limbah deterjen metode *activated sludge*, *Skripsi*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya
- Suryapranata, E. (1997). Pemilihan elektroda logam untuk reduksi limbah deterjen system elektroflotasi, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA Unair, Surabaya