

Pengaruh Penambahan Natrium Tripolifosfat dan pH terhadap Detergensi Surfaktan Hasil Sublasi

Chandra Ady Nugroho^a, Arnelli^{a*}, Ahmad Suseno^a

^a Physical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

* Corresponding author: arnelli@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:

Sublation, detergency, STPP, Surfactant, LAS, ABS

Kata kunci:

Sublasi, detergensi, STPP, Surfaktan, LAS, ABS

Abstract

Research on the effect of addition of sodium tripolyphosphate and pH to surfactant detergency obtained from sublation of washing liquid waste. The main ingredients for the detergent are surfactants that can contaminate the environment, including branched-alkylbenzen sulphonate (ABS) and linear-alkylbenzen sulfonate (LAS). ABS surfactants with branched alkyl chains are not biodegradable hence they cannot be decomposed by microorganisms and cause pollution in the waters. One of surfactant recovery method is sublation. The research was carried out through three stages (1) sublation of washing liquid waste (2) characterization of sublation resulted surfactant and (3) detergency test for sublation resulted surfactant. The sublation of washing liquid waste was performed by addition of NaCl and NaHCO₃. Sublation resulted surfactant was characterize by FTIR (Fourier Transform Infrared). Whereas sublation resulted surfactant detergency test was carried out using Sodium Tripolyphosphate (STPP) builder and pH adjustment. The results showed that sublation resulted surfactants obtained has a white-gray colour. The FTIR spectra showed the presence of an alkyl group which appears at 2931,80 cm⁻¹, sulphonate at 1411,89 cm⁻¹, aromatic rings at 1573,91 cm⁻¹ and benzene at 1118,71 cm⁻¹ which indicate the sublation result was a LAS. From the detergency test, it was obtained the optimum detergency was 74.51% at 23% surfactant concentration, 60% (w / w) STPP concentration and pH of 11.5.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan natrium tripolifosfat dan pH terhadap detergensi surfaktan hasil sublasi limbah cair cucian. Bahan utama penyusun detergen adalah surfaktan yang dapat mencemari lingkungan, antara lain *branched*-alkilbenzen sulfonat (ABS) dan *linier*-alkilbenzen sulfonat (LAS). Surfaktan ABS dengan rantai alkil bercabang, bersifat tidak terbiodegradasi, yaitu tidak dapat diurai oleh mikroorganisme dan menyebabkan polusi pada perairan di lingkungan. Metode pengambilan surfaktan salah satunya dapat dilakukan dengan metode sublasi yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap yaitu sublasi limbah cair cucian, karakterisasi surfaktan hasil sublasi dan detergensi surfaktan hasil sublasi. Sublasi limbah cair cucian dilakukan dengan penambahan garam NaCl dan NaHCO₃. Karakterisasi surfaktan hasil sublasi menggunakan metode FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Detergensi surfaktan hasil sublasi dengan menggunakan builder Natrium Tripolifosfat (STPP) dan pengaturan pH. Hasil penelitian menunjukkan surfaktan yang diperoleh dari hasil sublasi berwarna putih keabu-abuan. Spektra FTIR menunjukkan adanya gugus alkil, terdapat pada bilangan gelombang 2931,80 cm⁻¹, sulfonat pada 1411,89 cm⁻¹, cincin aromatis pada 1573,91 cm⁻¹ dan benzena pada 1118,71cm⁻¹ yang menunjukkan hasil sublasi adalah surfaktan LAS. Hasil detergensi diperoleh detergensi optimum 74,51 % pada konsentrasi surfaktan 23 %, konsentrasi STPP sebesar 60 % (b/b) dan pH sebesar 11,5.

1. Pendahuluan

Salah satu jenis pencemaran yang terjadi di perairan adalah hasil buangan limbah detergen. Pencemaran limbah detergen baik yang berasal dari industri maupun rumah tangga sangat membahayakan karena detergen yang digunakan dapat terurai dalam jangka waktu 30 tahun. Indonesia dengan jumlah penduduk 220 juta jiwa atau sekitar 40 juta rumah tangga, bila diasumsikan bahwa setiap rumah tangga menggunakan 50 gram detergen/ hari, maka setiap tahunnya sebanyak 720 ribu ton detergen yang akan mencemari lingkungan dan jumlah ini belum termasuk aktivitas industri detergen. Bahan utama penyusun detergen adalah surfaktan yang dapat mencemari lingkungan, terdiri atas *branched-alkilbenzen sulfonat* (ABS) dan *linier-alkilbenzen sulfonat* (LAS). Surfaktan ABS dengan rantai alkil bercabang, bersifat tidak terbiodegradasi, yaitu tidak dapat diurai oleh mikroorganisme dan menyebabkan polusi pada perairan di lingkungan [1]. Tidak demikian dengan surfaktan LAS, rantai alkil lurus yang dimilikinya menyebabkan surfaktan dapat didegradasi oleh mikroorganisme dan mengurangi masalah lingkungan [2]. Surfaktan ABS tidak terdegradasi secara sempurna oleh bakteri, hanya terdegradasi 17,9 %, sedangkan LAS terdegradasi 96,8 % [3]. Salah satu cara mengatasi permasalahan lingkungan dari limbah detergen adalah dengan pengambilan kembali surfaktan dari larutannya [4]

Metode yang telah dikembangkan dalam pengambilan surfaktan adalah metode adsorpsi, metode ekstraksi pelarut, metode pertukaran ion dan metode kromatografi kolom. Penggunaan metode ekstraksi pelarut membutuhkan waktu yang relatif lama dan biaya yang cukup mahal, sedangkan dengan metode adsorpsi hasil yang didapatkan bukan merupakan surfaktan murni dan karena telah diadsorpsi maka kadang sulit dilakukan pengambilan dari adsorbennya. Penggunaan metode pertukaran ion lebih spesifik digunakan untuk pemisahan surfaktan jenis nonionik dari larutannya [5]. Berdasarkan kelemahan dari berbagai metode tersebut maka perlu alternatif penggunaan metode dalam pengambilan kembali surfaktan dari larutannya yaitu dengan menggunakan metode sublimasi yang dapat memisahkan surfaktan dengan material non surfaktan. Metode sublimasi memiliki keunggulan yaitu khusus digunakan untuk surfaktan. Adanya sifat hidrofob dan hidrofil menyebabkan surfaktan terkumpul pada antar muka cair dengan fase lainnya, sehingga dengan metode sublimasi diharapkan surfaktan dapat teradsorpsi pada antar muka cair-gas dan surfaktan dapat dipisahkan dari larutannya dan akan didapatkan padatan surfaktan dengan penguapan dari pelarut organik yang digunakan [6]. Sebelum dilakukan detergensi terlebih dulu dilakukan penentuan konsentrasi misel kritis (CMC), karena CMC merupakan konsentrasi minimal dari pemakaian surfaktan sehingga proses detergensi akan optimal dan efisien [7]. Proses detergensi dapat ditingkatkan dengan penambahan optimum Natrium Tri Polifosfat (STPP) sebagai builder. STPP merupakan unsur penting kedua dalam detergen setelah surfaktan karena kemampuannya untuk mengurangi kesadahan sehingga

detergen dapat bekerja dengan optimal [8]. Selain itu juga dilakukan penentuan pH optimum detergensi yang berkisar antara 8–12 [9] sehingga dapat menentukan pengaruh penambahan STPP dan pH terhadap detergensi surfaktan hasil sublimasi.

2. Metode

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah sublimasi model limbah cair cucian, tahap kedua adalah karakterisasi surfaktan hasil sublimasi, tahap ketiga adalah uji detergensi, sebelum detergensi dilakukan terlebih dahulu dilakukan penentuan konsentrasi misel kritis (CMC). Uji detergensi dilakukan dengan membuat kotoran standar yang dibubuhkan pada kain katun putih kemudian dicuci dengan surfaktan ditambah STPP dan diatur pH nya, kemudian ditimbang berat kain sebelum dan sesudah dicuci dengan zat aditif. Untuk proses sublimasi surfaktan dan detergensinya dilakukan di laboratorium kimia fisik Universitas Diponegoro sedangkan karakterisasi surfaktan hasil sublimasi dilakukan di laboratorium kimia organik Universitas Gajah Mada.

Alat

Alat-alat gelas standar penelitian, neraca analitik, seperangkat alat sublimasi, pH meter, serta spektrofotometer FTIR Shimadzu 8210PC di laboratorium Kimia Organik UGM.

Bahan

Bahan yang dibutuhkan untuk proses sublimasi adalah etil asetat, gas N₂, asam sulfat 18 M, NaOH kristal, NaCl Kristal, NaHCO₃ kristal, akuades, NaH₂PO₄·H₂O, kaolin, feriklorida, bensin, karbon hitam, aseton, lemak sapi dan STPP.

Cara Kerja

Pembuatan kotoran standar

Menimbang sebanyak 19,32 gram kaolin, 600 mg feriklorida, 80 mg karbon hitam, 5 gram bensin mobil, 10 gram lemak sapi. Masing-masing disuspensikan dengan aseton kedalam gelas piala 25 mL. Larutan kemudian dimasukkan kedalam gelas ukur 500 mL dan ditambahkan aseton hingga tanda batas. Labu ditutup dan dikocok selama 5 menit hingga benar-benar bercampur.

Pembuatan substrat

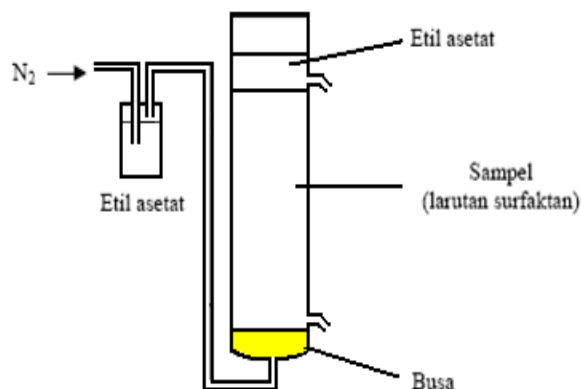
Kain katun putih dipotong-potong dengan ukuran 10x10 cm kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu pemanasan kira-kira 105 °C selama ± 3 jam hingga dicapai berat kain yang konstan. Kain katun dimasukkan ke dalam desikator ± 1 jam. Kain kering kemudian ditimbang dan dicatat sebagai bobot bersih, yang kemudian kain ini disebut substrat.

Pembuatan model limbah cair cucian

Pelarutan 30 gram detergen dalam 10 liter akuades. Pakaian seberat 1 kg direndam selama 15 menit. Pakaian dicuci dan air limbah ditampung. Diambil 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades sampai 1 liter.

Proses sublimasi

Larutan surfaktan hasil pemodelan dialirkan secara perlahan ke dalam tabung sublimator. Ditambah garam NaCl seberat 80 gram dan NaHCO₃ seberat 4 gram. Sebanyak 50 mL etil asetat dialirkan secara perlahan melalui dinding tabung sublimator hingga terbentuk lapisan di atas larutan surfaktan. Gas N₂ dialirkan ke dalam larutan etil asetat yang berada pada tabung lain (Gambar 1).



Gambar 1 Seperangkat alat sublimasi

Proses tersebut dilakukan pada tekanan optimum (0.5 N/cm²). Dilakukan sublimasi 3 kali, masing-masing 1x10 menit. Selanjutnya dilakukan pengulangan proses limbah cair cucian rumah tangga.

Penentuan Critical Misel Consentration (CMC) surfaktan

Penentuan CMC dilakukan dengan menggunakan metode turbidimetri, di mana surfaktan akan divariasi konsentrasinya. Untuk menentukan CMC surfaktan divariasi konsentrasinya dari 2-2,9 g/L, kemudian diukur kekeruhannya dengan turbidimeter.

Proses Detergensi

Uji detergensi dilakukan dengan cara menyiapkan substrat yang terdiri dari kain katun putih. Kain bersih dikeringkan di dalam oven dengan suhu pemanasan kira-kira 105°C selama kurang lebih 3 jam hingga dicapai berat kain yang konstan. Kemudian kain dimasukkan desikator kurang lebih 1 jam. Kain kering ditimbang dan dicatat sebagai bobot kering kain bersih. Kain dimasukkan dalam gelas piala 1000 ml dan kotoran standar dituangkan ke dalamnya sambil diaduk-aduk hingga rata. Setelah kira-kira kotoran menempel pada kain, kain diangkat dan diangin-anginkan selama kurang lebih 30 menit. Setelah kain kering, kain dioven lagi selama 3 jam hingga diperoleh berat yang konstan dalam suhu 105°C. Kain dimasukkan desikator kurang lebih 1 jam. Kain kering ditimbang dan dicatat sebagai berat kain yang telah terkena kotoran, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PK = \frac{BKK - BBB}{BBB} \times 100\%$$

di mana:

PK : Persen kotoran yang menempel

BKK: Berat kain kotor

BBB: Berat kain bersih

Kain dipotong dengan ukuran 10x10 cm dan dioven lagi selama 1 jam. Kemudian kain dicuci dengan larutan pencuci surfaktan yang telah dibuat dengan memvariasikan konsentrasi zat aditifnya (STPP) dan pH selama kurang lebih setengah jam. Setelah dicuci, kain dibilas dengan air kran dan diangin-anginkan selama kurang lebih setengah jam. Kemudian kain dioven selama 3 jam pada suhu 105 °C, dan didesikator selama 1 jam. Kain yang telah bersih ditimbang dan dicatat berat bersihnya.

Persen kehilangan kotoran dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$PK' = \frac{BKK - BBB'}{BBB'} \times 100\%$$

di mana:

PK' : Persen berkurangnya kotoran

BKK : Berat kain kotor

BBB' : Berat kain bersih setelah proses detergensi

Kemudian dari data % berkurangnya kotoran dan % kotoran yang menempel dapat dihitung % hilangnya kotoran (HL)

$$HL = \frac{PK'}{PK} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Sublimasi limbah cair cucian

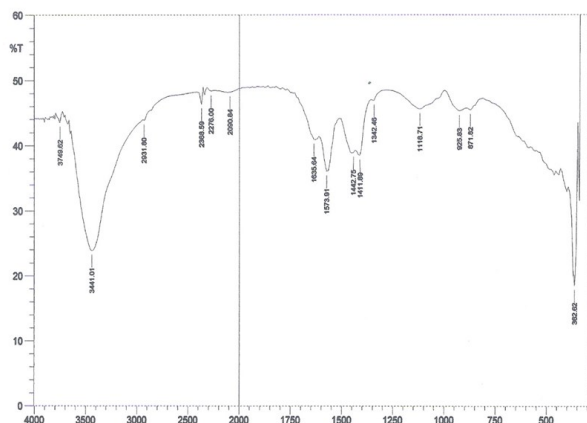
Pada proses sublimasi dipilih gas nitrogen sebagai sumber gelembung karena gas nitrogen bersifat non polar, inert, dan relatif murah. Gas nitrogen dialirkan ke dalam etil asetat kemudian dilewatkan pada busa yang berpori sehingga diperoleh gelembung-gelembung gas nitrogen yang telah bercampur etil asetat, selanjutnya gelembung dilewatkan pada cairan limbah yang mengandung surfaktan. Gelembung gas pecah di lapisan etil asetat yang tidak bercampur dengan limbah cair cucian, sehingga surfaktan berada di lapisan etil asetat dan dapat dipisahkan dengan pemanasan, karena titik didih etil asetat yang jauh lebih rendah dari titik lebur surfaktan. Proses sublimasi dilakukan 3x10 menit.

Penggunaan busa digunakan busa yang perpori kecil, hal ini dimaksudkan agar semakin banyak gelembung gas yang dihasilkan, sehingga lebih banyak surfaktan yang teradsorpsi pada permukaan gas nitrogen-etil asetat. Penambahan garam akan mengurangi gaya tolak menolak ujung hidrofil satu dengan ujung hidrofil lainnya, sehingga adsorpsi surfaktan pada gelembung gas nitrogen-etil asetat lebih baik.

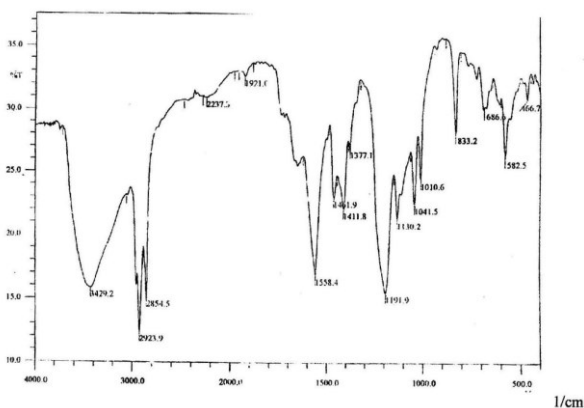
Karakterisasi Surfaktan Hasil Sublimasi dengan FTIR

Metode analisis menggunakan spektrofotometer FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus-gugus

fungsi yang terdapat pada sampel surfaktan hasil sublimasi, sehingga dapat diketahui apakah zat yang terambil pada proses sublimasi benar-benar surfaktan atau tidak dan mengetahui jenis dari surfaktan tersebut dengan membandingkan dengan contoh spektra surfaktan murni.



Gambar 1 Spektra FTIR surfaktan hasil sublimasi



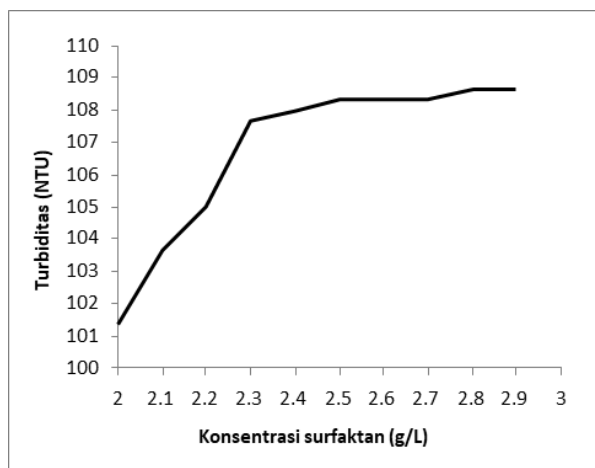
Gambar 2 Spektra LAS pasaran

Tabel 1. Perbandingan spektra FTIR surfaktan hasil sublimasi dan LAS perdagangan

No	Gugus Fungsi	Surfaktan hasil sublimasi	LAS perdagangan
1	Csp ₂ -H	2931,80 cm ⁻¹	2923,9 cm ⁻¹
2	C=C aromatik	1573,91 cm ⁻¹	1558,4 cm ⁻¹
3	S=O	1411,89 cm ⁻¹	1411,8 cm ⁻¹
4	Benzena	1118,71 cm ⁻¹	1191,9 cm ⁻¹

Detergensi surfaktan hasil sublimasi

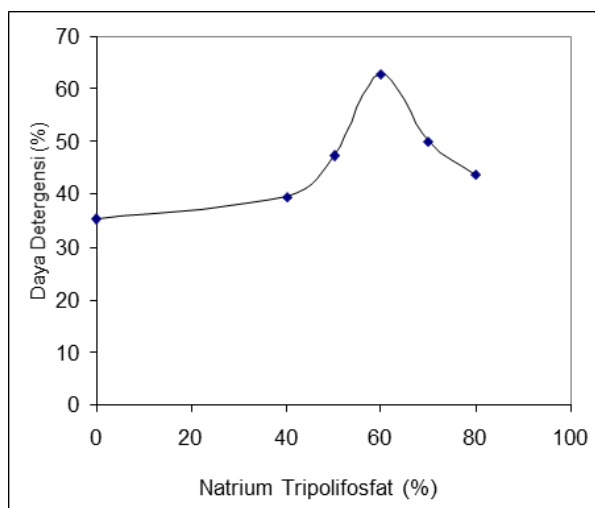
Setelah didapatkan padatan surfaktan hasil sublimasi, maka dilakukan penentuan Critical Missel Concentration (CMC). Penentuan CMC dilakukan untuk mengetahui efektifitas pemakaian surfaktan. Pada penelitian ini penentuan CMC dilakukan dengan menggunakan metode turbidimetri. Untuk mengetahui nilai CMC dilakukan pembuatan grafik antara konsentrasi surfaktan dengan turbiditasnya.



Gambar 3 Grafik penentuan nilai CMC (Critical Missel Concentration)

Berdasar Gambar 3 nilai turbiditas naik tajam pada konsentrasi surfaktan 2-2,2 g/mL di mana pada konsentrasi tersebut adalah saat surfaktan mulai membentuk missel, pada nilai 2,3-2,9 kenaikan cenderung kecil karena missel telah terbentuk pada konsentrasi 2,3 g/L sehingga nilai CMC surfaktan sebesar 2,3 g/L, nilai CMC merupakan konsentrasi surfaktan yang optimal untuk proses detergensi sehingga detergensi yang dilakukan juga akan optimal.

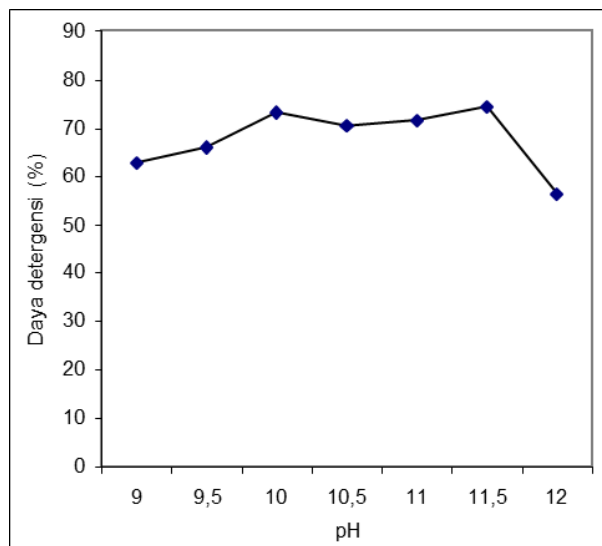
Detergensi merupakan sifat spesifik dari zat aktif permukaan untuk membersihkan suatu permukaan dari kotoran [9]. Pada penelitian ini untuk membersihkan permukaan digunakan surfaktan hasil sublimasi limbah cair cucian yang ditambahkan dengan *builder* dan *filler* dengan berbagai konsentrasi. Kemudian setelah didapat konsentrasi optimum *builder* (STPP) dilakukan penentuan pH optimum detergensi.



Gambar 4 Grafik daya detergensi dengan variasi konsentrasi Natrium Tripolifosfat

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa penggunaan natrium tripolifosfat sangat berpengaruh terhadap daya detergensi surfaktan. Jika detergensi hanya menggunakan surfaktan hasil sublimasi saja, detergensinya hanya 35,27 %, dengan penambahan natrium tripolifosfat daya detergensinya meningkat. Penggunaan

natrium tripolifosfat (*builder*) bertujuan untuk mengurangi kesadahan pada air yang dipakai yaitu $MgCO_3$ dan $CaCO_3$. Kesadahan ini dapat mengganggu kerja surfaktan (zat aktif permukaan) dalam proses detergensi karena dapat bereaksi dengan surfaktan sehingga menghasilkan endapan yang tidak aktif lagi. Penambahan STPP sebesar 60 % menghasilkan detergensi sebesar 62,37 % merupakan detergensi optimal.



Gambar 5. Grafik detergensi pada konsentrasi STPP 60% dan variasi pH

Dari Gambar 5 dapat dilihat pH akan mempengaruhi daya detergensi surfaktan hasil sublimasi. Semakin tinggi pH detergensi semakin meningkat. Kondisi basa akan mendukung detergensi karena adanya sumbu muatan negatif terhadap substrat dan kotoran. Dengan muatan sama antara substrat dan kotoran maka dapat saling tolak menolak, menyebabkan ikatan keduanya lemah dan surfaktan dapat melepaskan kotoran dari substrat dengan mudah.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai pH optimum untuk detergensi sebesar 74,51 % pada pH 11,5. Pada pH 12 daya detergensi menurun drastis, hal ini disebabkan karena surfaktan terhidrolisis, menyebabkan kereaktifan surfaktan dalam proses detergensi berkurang.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai dari Konsentrasi Misel Kritis (CMC) surfaktan hasil sublimasi adalah 2,3 g/L.
2. Detergensi optimum adalah 74,51 % dengan kadar surfaktan, STPP dan pH berturut-turut 23 % (b/b), 60% (b/b), dan 11,5.

5. Daftar Pustaka

[1] Jesús Campos-García, Abraham Esteve, Rafael Vázquez-Duhalt, Juan Luis Ramos, Gloria Soberón-Chávez, The branched-chain dodecylbenzene sulfonate degradation pathway of *Pseudomonas aeruginosa* W51D involves a novel route for

degradation of the surfactant lateral alkyl chain, *Applied and environmental microbiology*, 65 (1999) 3730-3734.

- [2] R. A. Bailey, H. M. Clark, C. P. Feris, S. Krause, R. L. Strong, *Chemistry of the Environment*, in, Academic Press, New York, 1978.
- [3] Pornsawan Visoottiviset, Siwilai Ekachote, E. Suchart Upatham, *Microbial Degradation of Anionic Detergent in Natural Water*, *Journal of The Science Society of Thailand*, 14 (1988).
- [4] Lenore S Clesceri, *American Public Health Association, Standard methods for the examination of water and wastewater*, 17 ed., American Public Health Association Washington, DC, 1996.
- [5] George Frederick Longman, *Analysis of Detergents and Detergent Products*, Wiley, 1976.
- [6] S Pastewski, K Medrzycka, *Monitoring surfactant concentrations in surface waters in Tricity agglomeration*, *Polish Journal of Environmental Studies*, 12 (2003) 643-646.
- [7] Mazen Ahmed Muherei, Radzuan Junin, *Investigating synergism in critical micelle concentration of anionic-nonionic surfactant mixtures before and after equilibration with shale*, *Journal Of Applied Sciences Research*, 5 (2009) 181-189.
- [8] Parichat Tanthakit, Ampika Nakrachata-Amorn, John F Scamehorn, David A Sabatini, Chantra Tongcumpou, Sumaeth Chavadej, *Microemulsion formation and detergency with oily soil: V. Effects of water hardness and builder*, *Journal of surfactants and detergents*, 12 (2009) 173-183.
- [9] Milton J. Rosen, *Surfactants and interfacial phenomena*, Wiley, 1978.