

STUDI PENURUNAN KONSENTRASI SURFAKTAN DENGAN METODE PENGENDAPAN MENGGUNAKAN $\text{Ca}(\text{OH})_2$

REMOVAL OF SURFACTANTS USING CALCIUM HYDROXIDE WITH SETTLING METHOD

Azis Susanto¹⁾ dan JB Widiadi¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

Abstrak

Penelitian ini untuk mengetahui kelayakan penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk menurunkan konsentrasi surfaktan dalam konsentrasi besar dengan metode pengendapan. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah konsentrasi surfaktan, yang dilakukan dalam sistem *batch* menggunakan alat *jar test*. Perlakuan yang digunakan terhadap sistem adalah dengan memvariasikan konsentrasi awal surfaktan dan pH awal sampel. Hasil analisis data penelitian menunjukkan bahwa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat menurunkan konsentrasi surfaktan sampai dengan 95,16%. Dari hasil penelitian ini terbukti bahwa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mempunyai potensi untuk digunakan dalam proses pengolahan limbah yang mempunyai konsentrasi surfaktan cukup besar.

Kata kunci : $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pengendapan, sistem *batch*, surfaktan

Abstract

This research aim to settled high concentrated surfactants using calcium hydroxide. Using a jar test, the concentration of surfactants were measured. The batch test was started using a low concentration of surfactants at low pH. The results showed that calcium hydroxide was able to remove 95.16 % of surfactants. Which proved good performance of the chemical agent. This indicated that the chemical can be used to treat detergent rich content water or other effluent rich in surfactant content.

Keywords : $\text{Ca}(\text{OH})_2$, settling, batch system, surfactants

1. PENDAHULUAN

Pemakaian detergen semakin meningkat dengan pesat sejalan dengan laju pertumbuhan penduduk dan industri. Dampak yang ditimbulkan bila air buangan yang mengandung detergen dibuang ke perairan adalah terjadinya pencemaran dan mengganggu ekosistem biota yang terdapat di perairan.

Selama ini di Indonesia belum banyak upaya untuk menangani masalah pencemaran perairan yang disebut detergen. Di negara-negara maju, upaya yang telah dilakukan adalah dengan mengganti rantai bercabang dari *Alkyl Benzene Sulfonat* (ABS) menjadi rantai lurus *Linear Alkyl Sulfonat* (LAS) yang dapat biodegradasi. Surfaktan jenis LAS ini harganya mahal, sehingga industri detergen yang ada di Indonesia hanya menggunakan sedikit LAS untuk campuran dalam produk detergennya, sedangkan bagian terbesar dari produk detergennya masih menggunakan ABS.

Metode pengolahan yang umum digunakan untuk menurunkan detergen adalah dengan adsorpsi. Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa senyawa HDBS yang merupakan senyawa dalam detergen menjadi penyebab utama terjadinya pencemaran perairan dapat bereaksi dengan logam alkali tanah dan logam transisi membentuk endapan garam. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penurunan surfaktan dengan metode pengendapan dengan pereaksi dari golongan logam alkali tanah relatif lebih murah dan mudah didapat (Fressenden dan Fressenden, 1986).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam menurunkan konsentrasi surfaktan.

Detergen didefinisikan sebagai produk pencuci atau pembersih yang mengandung sejumlah komponen yang diantaranya adalah surfaktan yang mempunyai sifat mampu menghilangkan kotoran dengan proses fisik kimia dari unsur-unsur penyusunnya terhadap kotoran. Unsur yang digunakan untuk

proses pembasahan dan pengikatan kotoran adalah suatu zat yang mempunyai sifat aktif permukaan atau disebut surfaktan (*surface active agent*) (Kee-mer dkk, 1986).

Formula detergen sangat banyak tergantung pada maksud penggunaannya. Perbedaan yang mendasar ada pada jenis surfaktan yang dipergunakan dan zat tambahan yang dicampurkan. Detergen sintetis yang dijual di pasaran mengandung 20-30% surfaktan, sedangkan sisanya adalah bahan kimia yang disebut sebagai *additives* atau sering juga disebut detergen *builders* yang fungsinya adalah untuk meningkatkan daya bersih detergen.

Pada dasarnya surfaktan adalah suatu senyawa organik yang mengandung dua bagian, yaitu hidrofobik dan hidrofilik. Surfaktan memiliki berbagai macam struktur kimia yang berbeda dan dapat diklasifikasikan menurut sifat dasar dari bagian hidrofiliknya (Cullum, 1994), yaitu surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan nonionik serta surfaktan yang bagian hidrofiliknya mengandung muatan positif dan negatif.

Surfaktan anionik ini bagian hidrofiliknya mempunyai muatan negatif dan umumnya merupakan grup sulfat ($-\text{OSO}_3^-$) dan grup sulfonat ($-\text{SO}_3^-$). Surfaktan kationik ini bagian hidrofiliknya mempunyai muatan positif dan pada umumnya merupakan senyawa amonium. Sedangkan surfaktan nonionik ini bagian hidrofiliknya tidak mempunyai muatan dan biasanya berasal dari turunan struktur polihidroksi atau polietoksi (Cullum, 1994).

Keberadaan surfaktan dalam air dapat menyebabkan menurunnya tegangan permukaan karena adanya proses pematihan ikatan hidrogen pada lapisan permukaan air. Hal ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan sifat antara gugus molekul penyusun surfaktan, yaitu gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik. Penurunan tegangan permukaan yang disebabkan keberadaan surfaktan tersebut merupakan salah satu faktor utama terbentuknya lapisan atau buih pada permukaan air. Hal ini akan mempersulit proses transfer oksigen ke dalam air.

Pengaruh lain yang ditimbulkan oleh surfaktan dalam air adalah pada konsentrasi lebih besar dari 0,3 mg/L dapat menyebabkan buih yang stabil, kombinasi antara polifosfat dengan surfaktan dalam detergen dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Sedangkan pada konsentrasi yang melebihi

ambang batas dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan kematian beberapa jenis hewan dan tumbuhan.

Surfaktan anionik merupakan jenis surfaktan yang paling sering digunakan. Surfaktan jenis ini mempunyai daya bersih yang kuat, murah dan mudah untuk diperoleh. Bila berada dalam air dapat terionisasi menjadi Na^+ dan gugus aktif permukaan yang berada pada rantai panjang permukaan negatif. Gugus aktif permukaan yang banyak digunakan berasal dari sulfat dan sulfonat tetapi dapat juga berasal dari senyawa karboksilat komersial (Cullum, 1994).

Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) biasa disebut kapur mati adalah senyawa yang berwarna putih dan umum dijumpai di masyarakat. Kalsium hidroksida merupakan senyawa yang sulit larut dalam air, sehingga untuk pelarutannya perlu dibantu dengan pengadukan atau pemanasan. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ merupakan peraksi yang baik untuk menurunkan kadar surfaktan dalam air limbah (Sumarni dan Nugroho, 1997).

Faktor-faktor penting yang mempengaruhi kelarutan zat padat kristalin ada lima sebab; *kesatu* temperatur, karena kebanyakan garam kelarutannya meningkat bila temperaturnya dinaikkan; *kedua* pengaruh ion sekutu, suatu endapan umumnya lebih dapat larut dalam air murni daripada dalam suatu larutan yang mengandung salah satu ion endapan. Penambahan suatu zat pengendap agak berlebihan seringkali dilakukan untuk memastikan bahwa reaksi pengendapan berlangsung sampai lengkap; *ketiga* pengaruh aktifitas, banyak endapan menunjukkan kelarutan yang meningkat dalam larutan yang mengandung ion-ion yang tidak bereaksi secara kimia dengan ion-ion endapan. Efek ini seringkali disebut dengan berbagai macam nama seperti efek ion aneka, efek garam netral atau efek aktifitas; *keempat* pengaruh pH, kelarutan garam dari asam lemah bergantung pada pH larutan; dan yang *kelima* pengaruh kompleks, kelarutan garam yang sedikit sekali dapat larut juga bergantung pada konsentrasi zat-zat yang membentuk kompleks dengan kation garam itu.

Unsur golongan alkali tanah dapat bereaksi dengan HDBS (hidrogen dodecyl benzen sulfonat) membentuk endapan kristal garam $\text{M}(\text{DBS})_2$. HDBS bila berada dalam air akan akan terurai menjadi DBS yang bermuatan negatif satu dan hi-

drogen yang bermuatan positif satu. Reaksi yang terjadi adalah reaksi mathatesis (Solomon, 1988), dimana kation dari senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bergabung dengan senyawa anion dari senyawa HDBS dan anion dari senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bergabung dengan kation dari senyawa HDBS. Reaksi yang terjadi seperti pada Persamaan 1.



Sumarni dkk. (1997) menyatakan bahwa kondisi pembatas untuk penurunan konsentrasi surfaktan adalah hasil kali kelarutan (pK_{sp}) garam $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ yang relatif besar, yaitu 11,23, sehingga konsentrasi HNBS yang masih tersisa dalam larutan cukup tinggi. Kondisi tersebut mengakibatkan prosentase penurunan konsentrasi surfaktan terbatas. Kisaran besarnya konsentrasi surfaktan yang dapat diendapkan tertentu dan penggunaan larutan elektrolit menjadi lebih banyak.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini menggunakan sampel buatan dari aquades yang telah diberi senyawa HDBS sesuai dengan konsentrasi awal yang diinginkan. HDBS digunakan karena merupakan jenis surfaktan yang tidak dapat diuraikan secara biologis, sehingga penurunan konsentrasi surfaktan yang terjadi benar-benar karena proses pengendapan bukan karena proses biologis.

Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu kadar surfaktan dalam sampel. Sedangkan variasi penelitian yang digunakan meliputi konsentrasi awal surfaktan yaitu 0,1 gr/L, 0,5 gr/L, 1 gr/L, 1,5 gr/L dan 2 gr/L. Sedangkan variabel lain yang digunakan yaitu pH yang meliputi 3, 5, 7 dan 11.

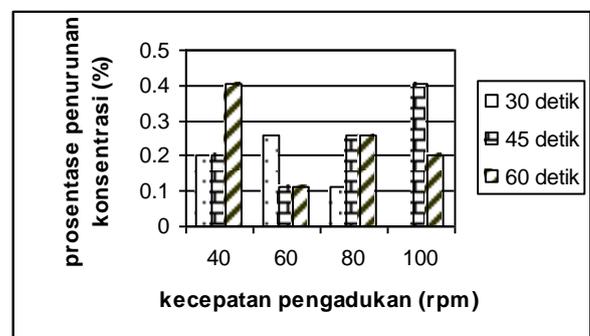
Percobaan ini dilakukan secara *batch* yang dibantu dengan pengadukan dengan menggunakan peralatan *jar test* untuk mempercepat terjadinya pencampuran antara surfaktan dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Sedangkan kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 100 rpm selama 30 detik.

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap kecepatan pengendapan dari endapan yang terbentuk untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk terjadinya klarifikasi setelah penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Untuk itu dilakukan percobaan dengan menggunakan kolom pengendapan dengan tinggi

1,8 m untuk mengetahui kecepatan pengendapan yang terjadi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari pengadukan sampel pada penurunan konsentrasi surfaktan. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan volume sampel 500 ml dengan konsentrasi awal detergen adalah 100 mg/L dan suhu sampel rata-rata 29°C. Semua sampel tidak diberi penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Perlakuan yang digunakan adalah dengan malakukan variasi terhadap kecepatan pengadukan dan lama pengadukan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penurunan Konsentrasi Surfaktan Tanpa Pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Dengan Variasi Kecepatan Dan Lama Pengadukan Pada Konsentrasia 100 mg/L

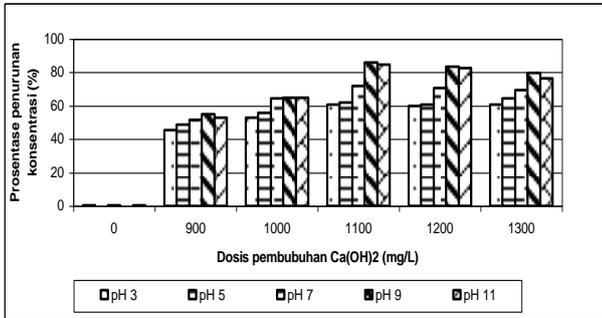
Dari Gambar 1 diatas terlihat bahwa sampel yang tidak dibubuhi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan dilakukan variasi terhadap kecepatan dan lama pengadukan, tidak terjadi perubahan konsentrasi surfaktan yang berarti.

Maka dengan demikian pengadukan tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi surfaktan jenis HDBS yang mempunyai rantai bercabang, Sehingga untuk menurunkan diperlukan pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Dari hasil percobaan yang menggunakan volume sampel 500 ml dan suhu sampel rata-rata 29°C serta variasi terhadap konsentrasi awal surfaktan dan pH sampel didapatkan beberapa hasil.

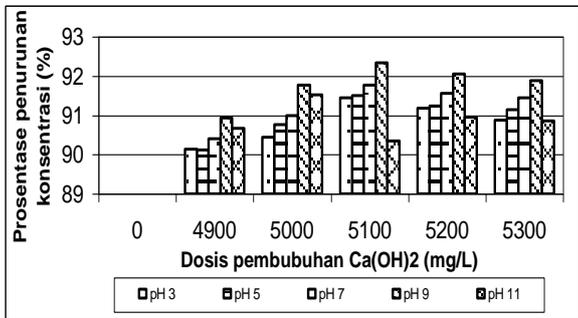
Pada konsentrasi awal surfaktan dengan volume 100 mg/l didapatkan hasil bahwa dosis pembubuhan optimum $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah 1100 mg/l, dimana prosentase penurunan konsentrasi surfaktan ter-

besar terjadi pada pembubuhan dengan dosis ini. Gambar 2 menunjukkan bahwa prosentase penurunan yang terjadi cenderung lebih kecil pada pembubuhan dosis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang lebih besar dari 1100 mg/l.

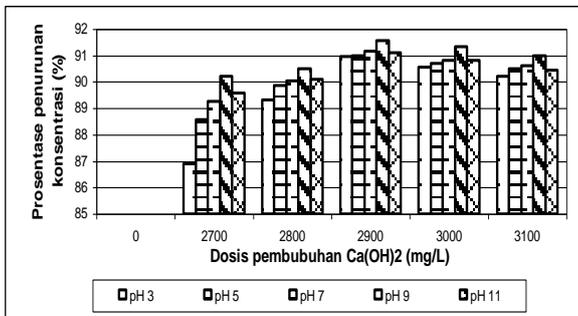


Gambar 2. Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Konsentrasi 100 mg/L.

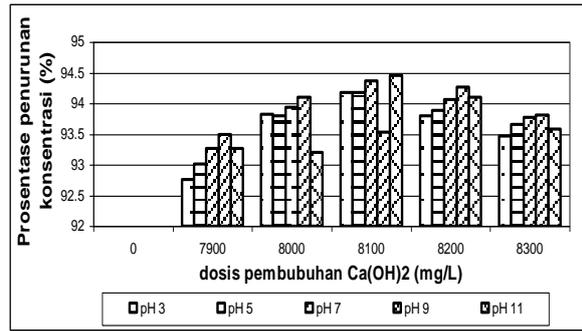
Gambar 3 menunjukkan kecenderungan prosentase penurunan konsentrasi surfaktan untuk konsentrasi awal surfaktan sebesar 500 mg/l. Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 masing-masing menunjukkan kecenderungan prosentase penurunan konsentrasi surfaktan untuk konsentrasi awal surfaktan sebesar 1000 mg/l, 1500 mg/l dan 2000 mg/l.



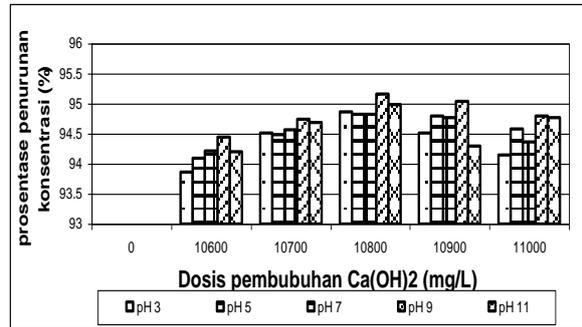
Gambar 3. Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Konsentrasi 500 mg/l.



Gambar 4. Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Konsentrasi 1000 mg/l.



Gambar 5. Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Konsentrasi 1500 mg/l.



Gambar 6. Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Konsentrasi 2000 mg/l.

Berdasarkan Gambar 2 sampai Gambar 6 terlihat bahwa semua sampel yang dibubuhi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ telah terjadi penurunan konsentrasi surfaktan. Penurunan ini disebabkan karena senyawa ion DBS^- berikatan dengan ion logam Ca^+ membentuk endapan garam. Senyawa ion DBS^- ini berperan sebagai pengendap organik yang mengikat ion logam. Pada kontrol (tidak dibubuhi $\text{Ca}(\text{OH})_2$) tidak terjadi penurunan konsentrasi surfaktan. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi tidak terjadi hanya dengan pengadukan.

Dari data hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengendapkan HDBS membutuhkan dosis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang cukup besar dan konsentrasi surfaktan yang masih tersisa dalam sampel masih cukup besar. Hal ini disebabkan karena nilai pKsp $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ relatif besar, yaitu 11,23, sehingga untuk dapat melampaui nilai pKsp tersebut dibutuhkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam jumlah yang cukup besar supaya tidak terjadi pengendapan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan dosis pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ akan meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi awal surfaktan.

Berdasarkan Gambar 2 sampai Gambar 6 terlihat bahwa untuk masing-masing variasi konsentrasi awal surfaktan, kenaikan prosentase removal konsentrasi maningkat seiring dengan kenaikan pH sampel. Penurunan konsentrasi terbesar terjadi pada pH 9 dan selanjutnya cenderung menurun pada pH 11. Hal ini disebabkan karena kondisi optimum untuk terjadinya endapan adalah pada pH 9, sedangkan pada pH lebih besar dari 9 terjadi kejenuhan.

Disamping itu, endapan garam yang terbentuk adalah antara asam organik lemah dan basa kuat, sehingga untuk mencapai reaksi pengendapan yang baik diperlukan suasana basa. Walaupun demikian pengaruh variasi pH terhadap kenaikan dan penurunan prosentase penurunan konsentrasi surfaktan tidak terlalu besar untuk dosis pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang sama.

Prosentase penurunan surfaktan terbesar dapat dilihat pada Gambar 7. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi awal 2000 mg/L dan dosis pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 10800 mg/L, terjadi penurunan konsentrasi surfaktan sampai dengan 95,16% dengan pH awal sampel 9.

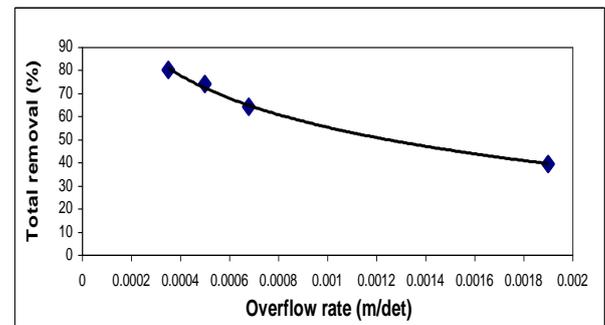
Konsentrasi surfaktan yang tersisa dalam sampel pada masing-masing variasi konsentrasi awal yang berbeda, masih cukup besar dan relatif sama. Hal ini disebabkan karena sisa surfaktan tersebut merupakan sisa konsentrasi DBS^- yang bila bereaksi dengan ion Ca^+ berdasarkan persamaan stokiometri, hasil kali kelarutannya tidak melampaui nilai K_{sp} $\text{Ca}(\text{DNS})_2$, sehingga tidak dapat mengendap (Keemer dkk, 1988).

Prosentase penurunan konsentrasi surfaktan tidak meningkat terus dengan pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berlebihan, tetapi terdapat titik optimumnya untuk masing-masing konsentrasi awal surfaktan. Hal ini disebabkan karena pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berlebihan akan meningkatkan jumlah ion sekutu (Ca^{2+}) dalam larutan. Penambahan reaksi yang berlebihan lebih banyak buruknya daripada baiknya, karena ia akan memperbesar kelarutan endapan dan pembentukan kompleks.

Keberadaan ion Ca^{2+} yang berlebih itu akan meningkatkan kelarutan dari endapan $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ yang telah terbentuk, dengan membentuk kompleks yang dapat larut. Sehingga hasil kali kelarutan $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ dapat menjadi lebih besar daripada nilai

yang diramalkan oleh tetapan hasil kali kelarutan dan konsentrasi DBS^- dalam larutan akan meningkat

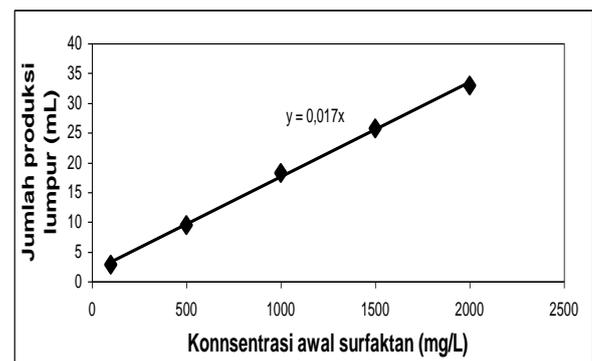
Dari hasil percobaan yang menggunakan kolom pengendapan didapatkan hasil seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Total Removal Dengan Overflow Rate

Dari Gambar 7 diatas dapat dikatakan bahwa untuk mengendapkan $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ (terjadinya klarifikasi) tidak membutuhkan waktu yang terlalu lama.

Untuk mengetahui jumlah endapan lumpur yang terbentuk dari hasil reaksi, digunakan peralatan kerucut inhoff. Dari percobaan yang dilakukan pada masing-masing konsentrasi awal surfaktan, didapatkan hasil seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Jumlah Produksi Lumpur Dengan Variasi Konsentrasi Awal Surfaktan

Dari Gambar 8 dapat diketahui bahwa jumlah endapan lumpur yang dihasilkan sebagai hasil dari reaksi pengendapan antara HDBS dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah tidak terlalu besar, sehingga tidak akan menimbulkan masalah besar dalam pembuangannya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) mempunyai kemampuan yang baik untuk menurunkan kadar surfaktan yang relatif tinggi dengan prosentase penurunan mencapai 45,29%-85,98% untuk konsentrasi awal surfaktan 100 mg/L dan 93,865%-95,16% untuk konsentrasi awal surfaktan 2000 mg/L. Konsentrasi surfaktan yang tersisa dalam sampel setelah pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ relatif masih besar, sampai mencapai 14,02 mg/L untuk konsentrasi awal 100 mg/L dan 96,82 mg/L untuk konsentrasi awal 2000 mg/L. pH optimum untuk penurunan konsentrasi surfaktan pada semua konsentrasi awal sekitar 9. Pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang berlebihan akan menyebabkan hasil penurunan konsentrasi surfaktan menjadi kurang baik. pH akhir sampel terbesar setelah penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah 13,4, yaitu pada konsentrasi awal surfaktan 2000 mg/L dan dosis pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 10800 mg/L serta 12,4 untuk konsentrasi awal surfaktan 100 mg/L dan dosis pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebesar 1100 mg/L. Waktu yang dibutuhkan untuk mengendapkan $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ (terjadinya klarifikasi) adalah tidak terlalu lama, dimanapun untuk waktu pengendapan selama 2 jam, didapatkan removal sebesar 88%. Jumlah endapan lumpur yang dihasilkan tidak terlalu besar. Untuk konsentrasi awal surfaktan 100 mg/L endapan lumpur yang dihasilkan 2,875 ml/1000 ml sampel, sedangkan untuk konsentrasi awal 2000 mg/L menghasilkan lumpur sebesar 33 ml/1000 ml sampel.

4.2. Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui mekanisme lain selain presipitasi, yang terjadi pada

penurunan konsentrasi surfaktan dengan pembubuhan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Perlu dicoba penelitian lanjutan dengan mengkombinasikan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan koagulan, seperti alum (Al_2SO_4) atau FeCl_3 . Karena konsentrasi surfaktan akhir masih lebih besar dari yang diijinkan untuk dibuang di perairan dan pH akhir diatas kisaran pH netral, maka perlu dilakukan pengolahan lanjutan, yaitu dengan metode ko-presipitasi menggunakan koagulan atau adsorpsi untuk menurunkan konsentrasi surfaktan serta dilakukan netralisasi (penurunan pH) sebelum masuk ke unit pengolahan selanjutnya atau sebelum di buang ke perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cullum. D.C. (1994). **Introducing to Surfactant Analysis**. Chapman & Hall, New Zealand.
- Fressenden. R.J. dan Fressenden. J.S. (1986). **Organic Chemistry**. Brook/Cole Publishing Co. Pacific Grove. California
- Keemer. W.D., Kleinferder. D.C. dan Wood. J.H. (1988). **Kimia Untuk Universitas**. Harper dan Row Publisher Inc. New York
- Sumarni I. dan Nugroho. A. (1997). **Penurunan Kadar Detergen Dalam Limbah Cair Dengan Pengendapan Secara Kimiawi**. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, Vol.17.(1). Hal. 26-34.
- Solomon. S. (1988). **Introduction to General, Organic and Biological Chemistry**. McGraw-Hill. Inc. New York