

Profil Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air dengan Penambahan Surfaktan Anionik dan Laju Pengadukan

Charlena, Ahmad Sjahrizal, Roni

*Departemen Kimia FMIPA IPB
Gedung Fakultas Peternakan W2, Jl Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Telp/Fax : 0251-8633579
Email: karlena_22@yahoo.co.id*

Abstract- Petroleum waste is a major problem in environmental impact control. Just a few microbial species could be used to degraded hydrocarbon compound in petroleum waste due to the fact that water (containing microbes) does not perfectly mix with petroleum waste. However, this problem could be solved by adding surfactant into the system. Addition of surfactant would make oil dispersed into water, facilitating good contact between microorganism and petroleum carbon source as its feed. In this research, Linear Alkylbenzene Sulphonate (LAS) and Natrium Dodecyl Sulphate (NDS) were used as surfactants. The observed parameters were surfactant concentrations and stirring rates. Surfactant concentration was determined from surface tension value and emulsion stability. The highest emulsion stability for LAS observed was 1.58 % at concentration of 0.04%, while for NDS equal to 0.45% at concentration of 0.15%. Stirring rates were applied 100, 120, and 140 rpm, successively based on liquid total petroleum hydrocarbon (TPH) value. Liquid TPH value at rate 100, 120, and 140 rpm for LAS and NDS were 0.68, 0.72, 1.33 and 0.80, 1.01, 1.68%, successively. Liquid TPH value depicted much oils was dispersed into water. The other parameter such as solid TPH and chemical oxygen demand (COD) obtained for 140 rpm rate was 10.20% and 33258 mg/L for LAS while for NDS equal to 9.12% and 35909 mg/L. In this research can be concluded that the use of LAS is better than the NDS because LAS is higher emulsion stability (1:58%) compared to the NDS (0.45%) and based on ANOVA, LAS and NDS resulted not significantly different.

Keywords: Petroleum waste, surfactant, solubility, stirring.

I. Pendahuluan

Kegiatan usaha minyak bumi mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Minyak bumi merupakan komoditas ekspor utama Indonesia yang digunakan sebagai sumber bahan bakar dan bahan dasar bagi industri petrokimia. Proses distribusi, kegiatan pengeboran, produksi, pengilangan, transportasi, perembesan dari penampungnya, serta kegiatan pemuatan dan pembongkaran di pelabuhan dapat berpotensi menimbulkan pencemaran minyak ke lingkungan. Bila hal ini tidak segera ditanggulangi, maka diperkirakan dalam waktu singkat laju pencemaran akan menjadi tidak terkendali. Berbagai kasus pencemaran limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari kegiatan penambangan minyak bumi yang terjadi di Indonesia memerlukan perhatian yang lebih serius. Kasus pencemaran seperti yang terjadi di Tarakan (Kalimantan Timur), Riau, Sorong (Papua), dan Indramayu seharusnya menjadi catatan penting

bagi para pengelola penambangan minyak akan pentingnya penanganan pencemaran minyak di Indonesia.

Limbah minyak bumi tersebut mengandung senyawa organik dan anorganik yang terdapat di dalam tanah. Tanah merupakan salah satu komponen utama bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi tanah yang subur dan bebas pencemar sangatlah diperlukan. Adanya kontaminasi senyawa organik maupun senyawa kimia lainnya yang sulit didegradasi dan bersifat toksik di tanah menjadi pengganggu pertumbuhan tanaman dan organisme lain yang ada di dalamnya. Dengan kata lain pencemaran pada lingkungan akan mengurangi kualitas dan daya dukung lingkungan terhadap makhluk hidup. Oleh sebab itu, pemerintah mengatur masalah tersebut melalui Undang-undang No. 22 tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi mensyaratkan pengelolaan lingkungan hidup, yakni pencegahan dan penanggulangan pencemaran serta pemulihan atas terjadinya kerusakan lingkungan hidup sebagai akibat kegiatan pertambangan, bagi badan usaha yang menjalankan usaha di bidang eksploitasi minyak bumi [7].

Penanggulangan limbah minyak bumi tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain secara fisika, kimiawi, dan biologi. Penanggulangan tumpahan minyak bumi secara fisika biasanya digunakan pada awal penanganan. Pada penanganan ini, tumpahan minyak bumi diatasi secara cepat sebelum menyebar kemana-mana. Minyak bumi yang terkumpul di permukaan dapat diambil kembali, misalnya dengan *oil skimmer*, sedangkan yang mengendap sulit diambil secara fisika. Penanggulangan secara kimia dilakukan dengan mencari bahan kimia yang mempunyai kemampuan mendispersi minyak, tetapi pemakaiannya dapat menimbulkan masalah baru seperti penggunaan koagulan yang dapat menghasilkan limbah baru. Sedangkan penanggulangan secara biologis dilakukan melalui proses bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses detoksifikasi dan degradasi limbah minyak. Proses bioteknologi ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme sehingga teknologi ini bersifat ramah lingkungan, ekonomis, serta cukup efektif dan efisien dalam menurunkan kadar polutan atau pencemar di lingkungan [9].

Bioremediasi memiliki kemampuan yang baik dalam aplikasinya di lapangan. Dengan memanfaatkan sumber mikroorganisme lokal dan penanganan limbah langsung di lingkungan yang tercemar, biaya investasi untuk suatu proyek bioremediasi bisa dihemat. Untuk mendukung aplikasi bioremediasi perlu dilakukan eksplorasi untuk memperoleh jenis mikroorganisme lokal yang dapat aktif dan potensial dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi dengan cara mengkondisikan kehidupan mikroorganisme tersebut pada lingkungan mengandung minyak [11].

Proses degradasi minyak bumi tidak dapat dilakukan oleh semua mikroorganisme, hanya mikroorganisme yang dapat beradaptasi dengan minyak bumi yang dapat melaksanakan biodegradasi. Biodegradasi akan lebih mudah dan cepat terjadi bila minyak dalam bentuk terdispersi, karena mikroorganisme seperti bakteri lebih mudah melakukan proses degradasi. Dispersi minyak bumi ke dalam medium air akan lebih mudah bila ditambahkan surfaktan. Surfaktan adalah senyawa organik yang memiliki gugus polar dan non-polar sekaligus dalam satu molekulnya. Surfaktan dapat mengikat minyak yang bersifat non-polar dan di sisi lain surfaktan juga dapat mengikat air yang bersifat polar, sehingga surfaktan dapat memudahkan kontak antara mikroorganisme dengan sumber karbon dari minyak bumi sebagai makanannya. Dalam penelitian ini akan digunakan surfaktan anionik karena surfaktan anionik umumnya bersifat biodegradabel, tidak bersifat toksik terhadap mikroorganisme, dan harganya relatif murah [2],[12] jika dibandingkan dengan surfaktan kationik yang bersifat toksik terhadap mikroorganisme.

Penelitian ini bertujuan menentukan konsentrasi surfaktan anionik sebagai pengemulsi limbah minyak bumi dalam air dan menentukan laju pengadukan untuk mendukung kelarutan limbah minyak bumi dalam air.

II. Metodologi Penelitian

A. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah surfaktan anionik, yaitu *Linear Alkylbenzene Sulphonate* (LAS) dan Natrium Dodecyl Sulphate (NDS), *n*-heksana, silika gel, Na_2SO_4 anhidrat, tanah tercemar minyak bumi berasal dari Riau, larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, ferroamonium sulfat, H_2SO_4 pekat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-HgSO}_4$, $\text{AgSO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$. Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, *hot plate*, *Waterbath*, *Ultrasonic Homogenizer*, oven, *magnetic stirrer* dan *Surface Tensiometer* Model 20.

B. Metode Penelitian

1) Pengukuran bobot jenis akuades dan surfaktan

Piknometer kosong ditimbang, lalu diisi dengan akuades sampai penuh dan ditimbang kembali. Bobot akuades merupakan selisih antara bobot piknometer yang berisi akuades dengan bobot piknometer kosong. Untuk penentuan bobot jenis surfaktan dilakukan dengan prosedur yang sama seperti bobot jenis akuades.

2) Pengukuran Tegangan Permukaan Surfaktan [4].

Surfaktan LAS dilarutkan dalam akuades dengan ragam konsentrasi 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.06, 0.13, 0.25, dan 0.50 (% b/v). Surfaktan NDS dilarutkan dalam akuades dengan ragam konsentrasi 0.00, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, dan 0.40 (% b/v). Cincin Pt-Ir yang bersih dicantelkan pada kail. Sebanyak 40 mL dispersi dipindahkan ke dalam gelas kimia dan ditempatkan pada meja sampel. Meja sampel digerakkan sampai cairan ada di bawah cincin Pt-Ir. Cincin tercelup sekitar 1/8 inchi. Tangan torsi dilepaskan dan alat diatur ke posisi nol, posisi diatur dengan sekrup kanan sampai garis dan jarum penunjuk berimpit. Sekrup di bawah skala depan diputar sampai skala *vernier* pada skala luar dimulai dari nol. Meja sampel diturunkan sampai cincin ada di permukaan cairan. Permukaan cairan akan menjadi gelembung, kemudian dilanjutkan dengan dua pengaturan bersama sampai lapisan gelembung pada permukaan cairan pecah. Skala yang terbaca pada titik pecah lapisan gelembung adalah tegangan permukaan terukur.

3) Pengukuran Busa Larutan Surfaktan [4].

Dari stok surfaktan anionik LAS dan NDS dibuat lima konsentrasi yang memiliki nilai tegangan permukaan mendekati konsentrasi misel kritis (KMK). Konsentrasi LAS yang dibuat adalah 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 dan 0.1% dan konsentrasi NDS adalah 0.15, 0.175, 0.2, 0.225 dan 0.25%, kemudian 20 mL surfaktan dengan masing-masing konsentrasi dimasukkan ke dalam botol khusus (volume 500 mL). Botol tersebut ditempatkan dalam *waterbath* ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) selama 1 jam. Suhu dalam penangas diukur dan diatur menjadi ($25 \pm 1^\circ\text{C}$). Botol dikeluarkan dari penangas dan ditandai tinggi cairan 1 mm di atas permukaan cairan (I). Lalu tanda kedua dibuat 10 mm lebih tinggi dari tanda pertama. Botol tersebut dikocok dengan kuat (minimal 40 kali) dalam waktu kurang dari 10 detik. Tinggi total busa ditandai (1 mm di atas permukaan busa), tinggi ini disebut dengan tinggi total busa pada waktu nol (M). Pencatat waktu dinyalakan. Botol diletakkan di meja dan dicatat waktu turunnya busa sampai tanda kedua. Jika tinggi busa melebihi tanda 10 mm tersebut, tinggi busa dicatat sebagai tinggi total setelah 5 menit (R). Suhu pengukuran dicatat.

Tinggi busa maksimal (F_M) dan tinggi busa setelah 5 menit (F_R) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F_M = M - I \quad \dots(4)$$

$$F_R = R - I \quad \dots(5)$$

4) Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Stabilitas Emulsi

Dari stok surfaktan anionik LAS dan NDS dibuat lima konsentrasi yang memiliki nilai tegangan permukaan mendekati konsentrasi misel kritis (KMK). Konsentrasi LAS yang dibuat adalah 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 dan 0.1% dan konsentrasi NDS adalah 0.15, 0.175, 0.2, 0.225 dan 0.25%, kemudian 50 mL surfaktan dengan masing-masing konsentrasi tersebut dicampurkan dengan 14.7059 gram tanah tercemar minyak bumi. Lalu larutan tersebut diemulsikan dengan memakai *Ultrasonic Homogenizer* masing-masing selama 5 menit pada frekuensi 25 kHz, kemudian diukur turbiditasnya dengan menggunakan turbidimeter. Setiap emulsi yang sudah dibuat dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse dan disentrifuse selama 45 menit pada kecepatan 2000 rpm, kemudian diukur kembali turbiditasnya dengan menggunakan turbidimeter. Stabilitas emulsi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Stabilitas emulsi} = \frac{\text{turbiditas akhir}}{\text{turbiditas awal}} \times 100\% \dots(6)$$

5) Pengaruh Laju Pengadukan Terhadap Analisis TPH Padat dan cair, COD, serta pH

Sebanyak 200 mL larutan surfaktan LAS dan NDS dengan konsentrasi stabilitas emulsi paling tinggi lalu dicampur dengan 58.8235 gram tanah tercemar minyak bumi kemudian diatur pengadukan dengan laju 100, 120, dan 140 (rpm) selama 1 jam. Masing-masing perlakuan dianalisis TPH padat, TPH cair, pH, dan CODnya.

6) Pengukuran TPH Padat [6]

Tanah tercemar minyak bumi sebanyak 5 gram diekstraksi dengan soxhlet menggunakan 100 mL *n*-heksana. Kandungan air pada ekstrak dihilangkan dengan menambahkan Na_2SO_4 anhidrat, kemudian disaring. Pelarut diuapkan setelah itu dipanaskan dalam oven selama 45 menit pada suhu 70°C. Sampel hasil pengeringan dilarutkan kembali dengan 100 mL heksana dan ditambahkan silika gel untuk menghilangkan senyawa-senyawa polar dan disaring. Pelarut diuapkan kembali dan dipanaskan dalam oven selama 45 menit pada suhu 70°C, bobot yang terukur merupakan residu minyak (nilai TPH). Nilai TPH dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{TPH (g/g)} = \frac{\text{bobot minyak}}{\text{bobot sampel awal}} \times 100\% \dots(7)$$

7) Pengukuran TPH Cair [7]

Sebanyak 50 mL larutan surfaktan yang telah dicampur dengan tanah tercemar minyak bumi disaring kemudian diekstrak dengan corong pisah menggunakan 25 mL *n*-heksana sebanyak dua kali. Kandungan air pada ekstrak dihilangkan dengan menambahkan Na_2SO_4 anhidrat, kemudian disaring. Pelarut diuapkan setelah itu dipanaskan dalam oven selama 45 menit pada suhu 70°C. Sampel hasil pengeringan dilarutkan kembali dengan 50 mL heksana dan

ditambahkan silika gel untuk menghilangkan senyawa-senyawa polar dan disaring. Pelarut diuapkan kembali dan dipanaskan dalam oven selama 45 menit pada suhu 70°C, bobot yang terukur merupakan residu minyak (nilai TPH). Nilai TPH dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{TPH (g/mL)} = \frac{\text{bobot minyak}}{\text{volume sampel}} \times 100\% \dots(8)$$

8. Pengukuran pH

Sebanyak 100 mL larutan surfaktan yang telah dicampur dengan tanah tercemar minyak bumi dimasukkan ke dalam gelas piala 100 mL kemudian dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan indikator pH universal. Pengukuran pH dilakukan sebelum dan sesudah pengadukan.

9. Pengukuran COD [3]

Sebanyak 10 mL sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung KOK. Kemudian 5 mL larutan campuran kalium dikromat-merkuri sulfat dipipet ke dalam sampel. Setelah itu, ditambahkan 10 mL larutan campuran asam sulfat-perak sulfat dan campuran diaduk kemudian ditutup. Tahap diatas diulangi pada 10 mL air suling sebagai blanko. Setelah masing-masing unit pengaman pada tutup dipasang, tabung dimasukkan ke dalam oven pada suhu 150°C. Setelah 2 jam, tabung KOK dikeluarkan dari dalam oven dan dibiarkan hingga dingin. Campuran dari tabung KOK dipindahkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL dan dibilas dengan 10 mL air suling. Lalu, 2 mL asam sulfat pekat dan 3 tetes larutan indikator ferroin ditambahkan secara berturut-turut ke dalam campuran. Campuran dititrasi dengan larutan baku ferro amonium sulfat 0,05 N yang telah distandardisasi sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah coklat lalu dicatat volume pemakaian larutan baku ferro amonium sulfat.

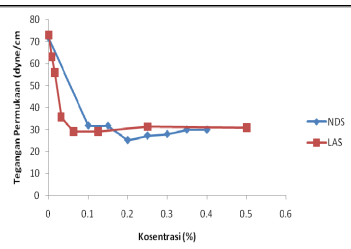
III. Hasil Penelitian

A. Pengukuran Densitas Larutan Surfaktan

LAS 0.00% atau blanko memiliki densitas sebesar 0.9738 g/mL dan NDS 0.00% memiliki densitas sebesar 0.9727 g/mL. Densitas larutan surfaktan LAS dengan konsentrasi terkecil yaitu 0.0078% sebesar 0.9278 g/mL sedangkan untuk konsentrasi terbesar yaitu 0.50% sebesar 1.0080 g/mL. Densitas larutan surfaktan NDS dengan konsentrasi terkecil yaitu 0.10% sebesar 1.0073 g/mL sedangkan untuk konsentrasi terbesar yaitu 0.40% sebesar 1.0078 g/mL. Hasil pengukuran densitas ini akan digunakan pada perhitungan faktor koreksi dalam menentukan nilai tegangan permukaan.

B. Pengukuran Tegangan Permukaan

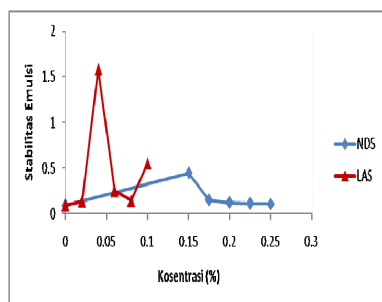
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penurunan tegangan permukaan maksimum untuk LAS diperoleh pada konsentrasi 0.0625% dan 0.20% untuk NDS yang mendekati nilai KMK. Grafik pada Gambar 1 memperlihatkan tegangan permukaan surfaktan LAS dan NDS pada berbagai konsentrasi.



Gambar 1 Tegangan permukaan surfaktan LAS dan NDS
 Dari grafik pada Gambar 1 terlihat terjadi penurunan tegangan permukaan yang cukup besar, yaitu pada saat konsentrasi surfaktan sangat rendah dan tegangan permukaan tanpa penambahan surfaktan adalah yang paling tinggi.

C. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan pada Stabilitas Emulsi

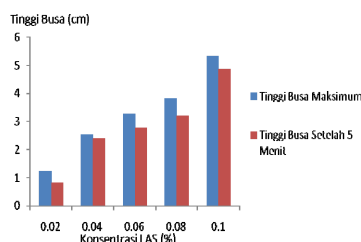
Konsentrasi surfaktan yang digunakan untuk melihat pengaruh stabilitas emulsi didasarkan pada nilai tegangan permukaan yang terkecil, yaitu 28.9931 dyne/cm untuk LAS pada konsentrasi 0.0625% dan 25.0985 dyne/cm untuk NDS pada konsentrasi 0.20%. Untuk surfaktan anionik, stabilitas emulsi maksimum untuk LAS adalah 1.5808% pada konsentrasi 0.0400% dan untuk NDS adalah 0.4452% pada konsentrasi 0.1500%. Jika nilai ini dibandingkan dengan pengukuran tegangan permukaan sebelumnya, yaitu nilai KMK untuk LAS sekitar 0.0625% dan sekitar 0.2000% untuk NDS, hasil yang diperoleh sesuai dengan sifat surfaktan bahwa efektifitas surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan tercapai pada titik KMKnya.



Gambar 2 Stabilitas emulsi LAS dan NDS.

Gambar 2 menunjukkan pada konsentrasi yang rendah terjadi kenaikan stabilitas emulsi, dan kemudian menurun secara drastis pada konsentrasi yang lebih tinggi.

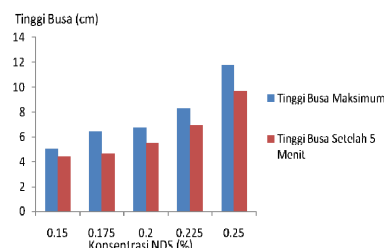
D. Pengukuran Tinggi Busa



Gambar 5 Pembentukan tinggi busa LAS.

Hasil pengukuran tinggi busa dari larutan surfaktan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Dari hasil tersebut

terlihat semakin tinggi konsentrasi surfaktan, maka semakin tinggi busa yang terbentuk. Tinggi busa maksimum untuk LAS yaitu 5.33 cm pada konsentrasi 0.1000%, sedangkan untuk NDS yaitu 11.80 cm pada konsentrasi 0.2500%.



Gambar 6 Pembentukan tinggi busa NDS.

E. Nilai pH

Tabel 1 menunjukkan perubahan pH sebelum dan sesudah proses pengadukan. Nilai pH pada semua tanah yang diberi perlakuan tersebut berkisar antara 5-6.

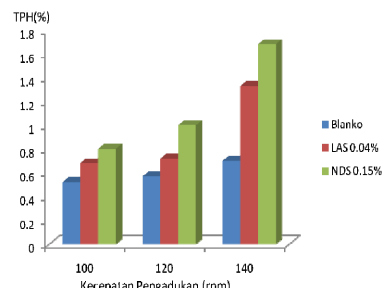
Tabel 1
 Nilai pH sebelum dan sesudah pengadukan

Kecepatan pengadukan (rpm)	pH sebelum pengadukan			pH sesudah pengadukan		
	B	L	N	B	L	N
100	6	5	5	6	5	5
120	5	6	6	5	5	5
140	5	6	6	5	5	5

Keterangan: B = blanko, L = 0.04% LAS, N = 0.15% NDS.

F. Pengaruh Pengadukan Terhadap Nilai TPH

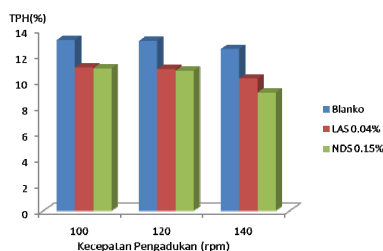
Hasil dari perlakuan pengadukan dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa nilai TPH cair yang ditambah NDS lebih tinggi dibandingkan LAS. Selain itu kecepatan pengadukan juga mempengaruhi nilai TPH cair.



Gambar 5 Pengukuran TPH cair.

TPH cair blanko menunjukkan kenaikan, dengan semakin tingginya kecepatan pengadukan, namun kenaikan ini secara umum tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang ditambahkan surfaktan. Nilai TPH cair yang tertinggi pada surfaktan anionik yaitu pada perlakuan penambahan 0.15% NDS dan kecepatan pengadukan 140 rpm sebesar 1.68%, sedangkan untuk penambahan LAS

0.04% dan kecepatan pengadukan 140 rpm hanya sebesar 1.33%.

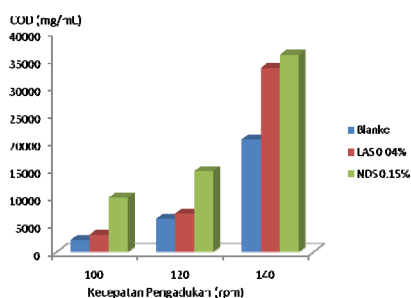


Gambar 6 Pengukuran TPH padat.

Nilai TPH padat hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 6. Dari tabel tersebut, semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka nilai TPH padat akan semakin kecil. Pada penelitian ini, kecepatan 140 rpm belum dapat dikatakan sebagai kecepatan optimum, karena nilai TPH cair yang lebih besar masih mungkin diperoleh pada kecepatan yang lebih tinggi.

G. Pengaruh Pengadukan Terhadap Nilai COD

Semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka nilai CODnya semakin besar seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Pengukuran COD pada surfaktan LAS dan NDS

Gambar 7 menunjukkan nilai COD blanko lebih rendah dibandingkan dengan penambahan surfaktan NDS dan LAS. Nilai COD tertinggi terjadi pada kecepatan pengadukan 140 rpm, yaitu 20485 mg/L untuk blanko, 33499 mg/L untuk 0.04% LAS, dan 35909 mg/L untuk 0.15% NDS.

IV. Pembahasan

Tegangan permukaan disebabkan karena molekul pada permukaan mempunyai energi yang lebih tinggi daripada energi di dalam larutan. Hal ini disebabkan kurangnya gaya tarik-menarik pada sisi permukaan. Molekul di dalam larutan mendapat gaya tarik dari molekul di sekitarnya, tetapi molekul pada permukaan tidak mendapat gaya tarik dari udara di atasnya.

Pengukuran tegangan permukaan larutan surfaktan LAS dan NDS menggunakan metode cincin Du Noüy. Prinsip metode cincin Du Noüy adalah gaya yang diperlukan untuk menarik cincin sebanding dengan tegangan permukaan. Dari grafik pada Gambar 1 terlihat mula-mula terjadi penurunan tegangan permukaan yang cukup besar, yaitu pada saat konsentrasi surfaktan sangat rendah. Hal ini disebabkan

karena molekul-molekul surfaktan teradsorpsi pada permukaan. Jika konsentrasi surfaktan ditingkatkan lagi, maka sebagian molekul-molekul surfaktan akan membentuk misel, yaitu gerombol kecil molekul yang bagian hidrofobiknya (nonpolar) berada di bagian tengah dan bagian hidrofiliknya (polar) berada di bagian luar. Misel-misel itu tersolvasi oleh molekul air. Oleh karena itu, kenaikan konsentrasi surfaktan akan meningkatkan jumlah misel yang terbentuk. Konsentrasi surfaktan pada saat pertama kali terbentuk misel disebut KMK. Pada saat KMK terjadi nilai tegangan permukaan hampir mencapai jenuh. Pada konsentrasi surfaktan yang lebih tinggi, hampir semua molekul surfaktan membentuk misel dan hanya sedikit molekul yang teradsorpsi pada permukaan, hal ini menyebabkan hanya sedikit terjadi penurunan tegangan permukaan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa tegangan permukaan tanpa penambahan surfaktan adalah yang paling tinggi. Hal ini disebabkan karena air memiliki tegangan permukaan yang lebih besar 72.75 dyne/cm [1] dibandingkan larutan surfaktan dan kebanyakan cairan lain karena gaya kohesifnya yang lebih besar berdasarkan ikatan hidrogennya.

Konsentrasi misel kritis LAS terjadi pada konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan KMK NDS. Hal ini disebabkan perbedaan struktur LAS dan NDS. Struktur LAS mengandung cincin benzena sedangkan NDS strukturnya hanya berupa rantai alkil linier. Struktur LAS lebih meruah (*bulk*) dibandingkan dengan NDS, sehingga jumlah molekul LAS yang diperlukan untuk mencapai keadaan jenuh pada permukaan yang memiliki luas permukaan yang sama lebih sedikit, sehingga nilai KMK untuk LAS lebih rendah dibandingkan NDS.

A. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan pada Stabilitas

Emulsi

Kenaikan stabilitas emulsi (Gambar 2) disebabkan karena molekul-molekul surfaktan teradsorpsi pada antarmuka air dan minyak. Adsorpsi ini terjadi berdasarkan pergerakan gugus hidrofobik untuk mencegah kontak dengan air dan mengarah ke minyak karena tarik-menarik antara minyak dan gugus hidrofobik, sedangkan gugus hidrofilik dari molekul surfaktan tarik-menarik dengan air. Adsorpsi yang terjadi ini menurunkan tegangan permukaan antarmuka minyak-air sehingga meningkatkan kestabilan emulsi yang terbentuk. Pada saat misel terbentuk, tegangan antarmuka minyak-air telah jenuh sehingga yang teradsorpsi pada antarmuka minyak-air juga lebih sedikit. Akibatnya kemampuan dalam menurunkan tegangan antarmuka juga lebih kecil atau tidak mampu lagi menurunkan tegangan antarmuka sehingga stabilitas emulsi tetap setelah mencapai maksimum.

Surfaktan LAS memiliki stabilitas emulsi yang lebih tinggi dibandingkan NDS, hal ini disebabkan karena nisbah gugus hidrofobik surfaktan LAS lebih besar daripada NDS sehingga minyak yang teremulsi dalam surfaktan LAS lebih stabil.

B. Pengukuran Tinggi Busa

Pengukuran tinggi busa dari larutan surfaktan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan, maka semakin tinggi busa yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena semakin rendah konsentrasi, maka nilai viskositas larutan akan semakin kecil, faktor inilah yang menyebabkan pembentukan busa pada konsentrasi rendah semakin sedikit. Nilai viskositas yang rendah akan mempermudah tumbukan antar lapisan tipis yang berdekatan.

Jika diperhatikan tinggi busa antara LAS dan NDS pada konsentrasi 0.10%, maka tinggi busa untuk LAS lebih tinggi dibandingkan NDS. Tinggi busa untuk LAS yaitu 5.3 cm, sedangkan untuk NDS yaitu 5.0 cm. Hal ini disebabkan perbedaan jumlah atom karbon pada kedua surfaktan. LAS memiliki atom karbon sebanyak 18 buah, sedangkan NDS hanya 12 buah. Jumlah atom karbon yang semakin banyak akan menyebabkan semakin banyak jumlah lapisan tipis yang terbentuk dan hal ini akan berakibat pula pada semakin banyaknya jumlah gas atau udara yang terperap dalam lapisan tipis tersebut, sehingga busa yang terbentuk akan semakin banyak.

C. pH

Tabel 1 menunjukkan perubahan pH sebelum dan sesudah proses pengadukan. Biodegradasi minyak bumi dipengaruhi oleh nilai pH yang terjadi pada lingkungan tersebut [10]. Nilai pH berhubungan dengan jumlah asam yang terkandung dalam tanah.

Mayoritas mikroorganisme tanah akan tumbuh dengan subur pada pH antara 6 sampai 8. Nilai pH pada semua tanah yang diberi perlakuan tersebut hanya berkisar antara 6–5. Pada rentang pH ini, mikroorganisme yang berada pada tanah tetap dapat mendegradasi walaupun tidak menutup kemungkinan ada beberapa jenis bakteri yang dapat mati pada pH 5 [8].

D. Pengaruh Pengadukan Terhadap Nilai TPH

Parameter yang paling tepat untuk menggambarkan proses biodegradasi limbah minyak bumi ialah TPH. TPH menggambarkan jumlah hidrokarbon dengan berbagai macam panjang rantainya tanpa melihat jenisnya yaitu alisiklik, aromatik atau alifatik.

Kandungan hidrokarbon pada tanah yang digunakan dalam penelitian ini tergolong tinggi yaitu 17.22 %. Tingginya nilai TPH awal proses biodegradasi ini membuat laju degradasi tidak optimum karena menurut Vidali (2001) kondisi optimum biodegradasi terjadi pada total kontaminan (TPH) sebesar 5–10 %. Untuk mengoptimalkan proses biodegradasi, maka minyak yang ada pada tanah harus terdispersi ke dalam media air sehingga mikroorganisme dapat mendegradasi minyak tersebut. Salah satu caranya yaitu dengan menambahkan surfaktan dan melakukan pengadukan.

Surfaktan yang ditambahkan dalam penelitian ini adalah LAS dan NDS, serta laju pengadukan yang digunakan adalah 100, 120, dan 140 rpm. Pemilihan laju pengadukan ini didasarkan pada kemampuan alat untuk mendeteksi laju putaran *stirrer*. Hasil dari perlakuan tersebut dapat dilihat

pada Gambar 5 dan 6. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan surfaktan NDS lebih baik daripada LAS, hal ini ditandai dengan nilai TPH cair yang ditambah NDS lebih tinggi dibandingkan LAS. Selain itu laju pengadukan juga mempengaruhi nilai TPH cair.

Nilai TPH cair yang semakin besar menggambarkan proses dispersi minyak ke dalam air semakin baik. NDS memiliki nilai TPH cair yang lebih besar dibandingkan LAS, hal ini disebabkan karena konsentrasi NDS lebih tinggi dibandingkan konsentrasi LAS sehingga menyebabkan semakin banyak minyak yang berinteraksi dengan NDS.

Laju pengadukan memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap nilai TPH cair, seperti terlihat pada Gambar 5. Semakin tinggi laju pengadukan, maka semakin banyak minyak yang terlepas dari tanah dan terdispersi ke dalam air. TPH cair blanko menunjukkan kenaikan dengan semakin tingginya laju pengadukan, namun kenaikan ini secara umum tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang ditambahkan surfaktan. Semakin tinggi laju pengadukan, maka nilai TPH padat akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pengadukan dan penambahan surfaktan menyebabkan minyak dari limbah minyak bumi terdispersi ke dalam air sehingga nilai TPH padat berkurang dan nilai TPH cair meningkat.

Nilai TPH cair untuk penambahan LAS dan NDS menghasilkan data yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji ANOVA (*analysis of variance*). Uji ANOVA dilakukan pada data perlakuan laju 140 rpm karena data ini memiliki nilai TPH terbesar.

Pada penelitian ini, laju 140 rpm belum dapat dikatakan sebagai laju optimum, karena nilai TPH cair yang lebih besar masih mungkin diperoleh pada kecepatan yang lebih tinggi.

E. Pengaruh Pengadukan Terhadap Nilai COD

Pengukuran COD dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode refluks tertutup yang diikuti dengan metode titrimetri. Semakin tinggi laju pengadukan, maka nilai CODnya semakin besar pula. Hal ini disebabkan semakin tinggi laju pengadukan, maka semakin banyak senyawa organik yang terkandung dalam limbah minyak bumi masuk ke media air. Nilai ini menunjukkan bahwa limbah minyak bumi tersebut banyak mengandung senyawa organik berupa hidrokarbon, nitrogen, sulfur, dan oksigen. Sehingga jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa tersebut menjadi senyawa yang lebih sederhana semakin tinggi.

Gambar 7 menunjukkan nilai COD blanko lebih rendah dibandingkan dengan penambahan NDS dan LAS. Hal ini memperlihatkan bahwa penambahan surfaktan mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap nilai COD. Penambahan surfaktan akan menambah senyawa organik yang harus dioksidasi, karena surfaktan sendiri adalah senyawa organik. Penambahan NDS memiliki nilai COD yang lebih tinggi dibandingkan LAS, hal ini terkait dengan konsentrasi surfaktan yang ditambahkan, konsentrasi NDS yaitu sebesar 0.15% sedangkan konsentrasi LAS sebesar 0.04%. Nilai COD tertinggi terjadi pada laju pengadukan 140 rpm, yaitu 20485 mg/L untuk blanko, 33499 mg/L

untuk 0.04% LAS, dan 35909 mg/L untuk 0.15% NDS. Nilai COD ini berada di atas ambang batas yang ditentukan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 1998 untuk limbah cair yaitu sebesar 100 mg/L, sehingga perlu adanya perlakuan tambahan untuk menurunkan nilai COD tersebut sehingga dapat langsung dibuang ke lingkungan secara aman.

V. Kesimpulan

Penambahan surfaktan dan pengaruh laju pengadukan terbukti mampu meningkatkan kelarutan limbah minyak bumi dalam media air. Semakin tinggi laju pengadukan, kelarutan limbah minyak bumi dalam media air akan semakin besar, hal ini dapat dilihat pada laju pengadukan 140 rpm nilai TPH cair LAS sebesar 1.33% dan untuk NDS sebesar 1.68%. Namun, selain meningkatkan kelarutan, laju pengadukan yang semakin tinggi akan berpengaruh juga pada nilai COD yang akan semakin tinggi. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan LAS lebih baik dibandingkan NDS karena stabilitas emulsi LAS lebih tinggi (1.58%) dibandingkan NDS (0.45%) dan berdasarkan uji ANOVA penambahan LAS dan NDS memberikan hasil yang tidak berbeda nyata.

Daftar Pustaka

1. P.W. Atkins. Kimia Fisik Edisi keempat Jilid 1. Irma I. Kartohadiprodjo, penerjemah. Jakarta : Erlangga. Terjemahan dari: *Physical Chemistry*.1999.
2. F.T.Tharwat. *Applied Surfactants: Principles and Applications*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2005.
3. L.C. Clesceri, A.E. Greenberg AE, A.D. Eaton. Standard Method for Examination of Water and Wastewater 21th

- 5220.C- Closed Reflux, Titrimetri Method. APHA, AWWA, WEF. 2005.
4. [ASTM] American Society for Testing and Materials.. D 1331-89. Standard Test Methods for Surface and Interfacial Tension of Solutions of Surface Active Agents. West Conshohocken, PA19428-2959, West Conshohocken: ASTM.2001.
5. [ASTM] American Society for Testing and Materials. D 3601-88. Standard Test Methods for Foam In Aqueous Media. West Conshohocken, PA19428-2959, West Conshohocken: ASTM. 2002.
6. [US EPA] United States Environmental Protection Agency. Method 1664, Revision A: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. Washington DC: U.S.EPA. 1998.
7. [Kementerian Lingkungan Hidup]. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup. 1998.
8. M. Vidali. 2001. Bioremediation. An Overview. Department of Inorganic Chemical. University of Padova, Padova. 2001.
9. M. Udiarto. Bioremediasi Minyak Bumi. Di dalam: *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya “Peran Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan”*; Cibinong, 24-28 Juni 1996. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi – Hans Seidel Foundation Jerman hlm: 24-39. 1996.
10. X. Zhu, A. D. Venosa, M. T. Suidan, K. Lee. Guidelines For The Bioremediation of Marine Shorelines and Freshwater Wetlands. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati. 2001.
11. D. Angraeni. Isolasi dan Karakterisasi Mikroorganisme Pendegradasi Minyak Diesel dari Kotoran Sapi dan Ayam. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. 2002.
12. [HERA] Human & Environmental Risk Assessment.. LAS. Version 3. http://www.heraproject.com/files/4-F_HERA_LASFinalReport2007revision10_07.pdf [18 April 2009].

Pertanyaan dan Jawaban waktu Presentasi

Judul Makalah	:	Profil Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air dengan Penambahan Surfaktan Anionik dan Laju Pengadukan
No Kode	:	-
Penulis	:	Charlena, Ahmad Sjahrizal, Roni
Pertanyaan	:	1. Dari faktor jenis surfaktan, Apakah dari uji ANOVA dan stabilitas emulsi dapat disimpulkan bahwa LAS lebih baik dari NDS? Mohon dijelaskan perhitungan dan analisa ANOVA? 2. Dari faktor pengadukan diketahui bahwa semakin tinggi laju pengadukan, kelarutan limbah minyak bumi dalam media air akan semakin besar, akan tetapi pada pengadukan 140rpm nilai COD ini berada di atas ambang batas yang ditentukan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 3 Tahun 1998. Mohon dijelaskan perlakuan apa yang mungkin bisa dilakukan agar limbah cair tersebut aman apabila dibuang ke lingkungan!
Jawaban	:	1. Dalam studi komparasi CCQM-P64.1 ini hanya diuji mengenai kesetaraan kemampuan Laboratorium Metrologi Nasional (<i>National Measurement Institute-NMI</i>) dalam hal analisis logam-logam nutrient (Fe, Zn,Cu, dan Ca) pada konsentrasi runtu dalam produk pangan. Sebetulnya masih banyak studi komparasi lainnya yang menguji kesetaraan kemampuan dalam analisis logam lainnya, baik dalam produk pangan maupun produk lainnya. Pihak penyelenggara studi komparasi ini memilih logam Fe, Zn, Cu, dan Ca untuk dianalisis karena logam-logam tersebut merupakan mineral nutrient yg terdapat di dalam kacang-kacangan termasuk kacang kedelai/<i>soybean</i>. Studi ini merupakan kelanjutan dari studi komparasi sebelumnya yang telah berhasil dilakukan yaitu analisis logam nutrient Fe, Zn, Cu, dan Ca, namun untuk matrik <i>non fat soybean powder</i>.

Uji ANOVA

```
MTB > AOVOneway 'LAS' 'NDS';
SUBC> CIMEan 99.0.
One-way ANOVA: LAS, NDS
Source DF    SS    MS    F    P
Factor   1 0.1258 0.1258 4.35 0.172
Error    2 0.0579 0.0289
Total    3 0.1837
S = 0.1701  R-Sq = 68.49%  R-Sq(adj) = 52.73%
Individual 99% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level N   Mean   StDev  -----+-----+-----+-----+
LAS   2   1.3265 0.2369  (-----*-----)
NDS   2   1.6812 0.0421  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                0.70   1.40   2.10   2.80
```

Pooled StDev = 0.1701

Hipotesis: H0 : LAS = NDS
 H1 : LAS ≠ NDS

$\alpha = 1\%$

H0 diterima jika p value > α

H1 diterima jika p value < α

Nilai p value = 0.172

Nilai p value > α (0.172 > 0.01), sehingga H0 diterima.

Simpulan: Nilai TPH cair LAS dan NDS memberikan hasil yang tidak berbeda nyata.

Karena dari nilai TPH cair LAS dan NDS memberikan hasil yang tidak berbeda nyata, maka efektifitas surfaktan dilihat dari stabilitas emulsi. Stabilitas emulsi LAS (1,58%) lebih tinggi daripada NDS (0,45%). Stabilitas emulsi yang tinggi dari LAS juga didapatkan pada konsentrasi yang rendah yaitu 0.04%, sedangkan untuk NDS didapatkan pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 0.15%. LAS memiliki emulsi yang lebih stabil pada konsentrasi yang lebih rendah, sehingga LAS bekerja lebih baik dalam mendispersi limbah minyak bumi ke dalam air (walaupun dalam konsentrasi yang lebih rendah) dibandingkan dengan NDS.

2. Penelitian ini dilakukan sebelum ditambahkan mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon yang terdapat dalam limbah minyak bumi. COD yang tinggi menandakan bahwa senyawa hidrokarbon semakin banyak yang terdispersi kedalam fasa cair. Sehingga untuk menangani masalah ini ditambahkan mikroorganisme pendegradasi senyawa hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam limbah minyak bumi (yang menyebabkan COD tinggi) dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energinya, sehingga COD akan menjadi turun dan aman apabila dibuang ke lingkungan.