Kinerja Dietanolamida dengan *Scale-up* Reaktor Amidasi dan Perbaikan Kondisi Operasi

Diethanolamide Performance by Scaling-up of Amidation Reactor and Improved Operating Conditions.

Nobel Christian Siregar, Enny Hawani Loebis, dan Santi Ariningsih

Balai Besar Industri Agro (BBIA)
Jl. Ir. H. Juanda No, 11 Bogor 16122

nobel_7@yahoo.com

Riwayat Naskah:

Diterima 12, 2017
Direvisi 05, 2018
Disetujui 05, 2018

ABSTRAK: Minyak inti sawit, asam lemak sawit destilat, dan minyak kelapa merupakan bahan nabati yang sangat berpotensi dalam pembuatan surfaktan Dietanolamida. Penelitian ini mengembangkan lebih lanjut proses pembuatan dietanolamida skala lab yang pernah dilakukan menjadi skala pilot dengan kapasitas 25 Liter. Optimasi yang dilakukan adalah perancangan dan pembuatan reaktor amidasi sehingga kondisi operasi dalam proses amidasi tercapai. Hasil menunjukkan bahwa terdapat peningkatan efektivitas kemampuan menurunkan tegangan permukaan sebesar 4,93% dibanding skala lab dengan tegangan permukaan terbaik adalah 37,77 dyne/cm untuk dietanolamida yang berasal dari campuran metil ester ALSD dan metil ester Minyak Kelapa dengan perbandingan 1:3 (mol/mol). Tegangan antarmuka pada skala pilot juga mengalami peningkatan efektivitas sebesar 69,26% dengan tegangan antar muka terbaik sebesar 1,91 dyne/cm untuk surfaktan yang berasal dari metil ester minyak kelapa. Kondisi operasi terbaik yang dilakukan adalah pada suhu 160 °C dengan kecepatan putaran 200 rpm selama 4 jam.

Kata kunci: Dietanolamida, tegangan permukaan, tegangan antar muka, reaktor amidasi, bahan nabati

ABSTRACT: Palm kernel oil, palm fatty acid distillate, and coconut oil are very potential biomaterial to produce Diethanolamide surfactant. This research further develops the process of production lab-scale Diethanolamide ever done into pilot scale with capacity of 25 Liter. The optimization was the design and manufacture of the amidation reactor so that the operating conditions in the amidation process was achieved. The results showed that there was an increase in the effectiveness of the ability to reduce surface tension by 4.93% compared to the lab scale with the best surface tension was 37.77 dyne / cm for diethanolamide derived from a mixture of ALSD methyl ester and coconut oil methyl ester at a ratio of 1: 3 (mol / mol). The effectiveness of interface tension on the pilot scale also improved by 69.26% with the best interface tension of 1.91 dyne / cm for surfactants derived from coconut oil methyl esters. The best operating conditions performed was at a temperature of 160 °C with agitation speed of 200 rpm for 4 hours.

Keywords: Diethanolamide, surface tension, interface tension, amidation reactor, biomaterial

1. Pendahuluan

Surfaktan merupakan suatu senyawa yang memiliki gugus polar dan nonpolar yang membuat air dan minyak dapat bercampur. Kelompok gugus polar ini merupakan bagian hidrofilik dan yang non polar merupakan bagian lipofilik (hidrofobik) (Nisya *et al.*, 2017). Menurut Jungermann (1979), surfaktan digunakan sebagai komponen bahan perekat, zat koagulasi, agen pembasah, pembusa, pengemulsi, agen penetrasi, dan pendispersi. Piispanen (2002)

menyatakan bahwa sifat kimia permukaan dari surfaktan terdiri dari sifat pengemulsi, pendispersi, kemampuan membasahi, kelarutan, dan sifat pembusa. Salah satu surfaktan yang dikenal adalah Dietanolamida (DEA) yang merupakan salah satu surfaktan non-ionik yaitu surfaktan yang tidak memiliki muatan, tetapi memiliki afinitas tinggi terhadap air (Hambali *et al.*, 2012). Keunggulan surfaktan ini adalah tidak terpengaruh oleh adanya air sadah ataupun perubahan pH sehingga cocok untuk diaplikasikan pada detergen untuk suhu rendah. Proses yang dilalui dalam pembuatan

surfaktan DEA adalah amidasi. Amidasi adalah reaksi pembentukan senyawa amida seperti dietanolamida (Rahmi D dan Yunilawati R, 2011; Clason, W.E., 1968).

Secara umum, fungsi surfaktan adalah untuk mengurangi tegangan permukaan dan antar muka, untuk meningkatkan stabilitas gumpalan yang terdispersi, dan untuk mengontrol jenis pembentukan emulsi, seperti minyak dalam air atau air dalam minyak (Rieger, 1985). Adewuyi *et al.* (2014) meneliti tanaman bafia atau barwood (*Baphia nitida*) dan mensintesis surfaktan dietanolamida dan mengamati efektifitas tegangan permukaan dari dietanolamida dan dietanolamida terepoksidasi yang dihasilkan.

Pengamatan efektifitas surfaktan ditinjau dari tegangan permukaan juga dilakukan oleh Zhigang *et al.* (2006) dalam mensintesis surfaktan dietanolamida berbasis asam aril oleat. Diperoleh hasil bahwa tegangan permukaan terbesar adalah pada senyawa toluene dari aril yaitu sebesar 39.3 mN/m (dyne/cm). Penelitian yang dilakukan oleh Zhigang dilakukan dengan menggunakan labu leher tiga (skala lab) dengan kapasitas 100 mL.

Penelitian lain adalah pengembangan metode analisis surfaktan alkil glukamida dengan menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi dan spektrometri massa dan juga isolasi metil laurat dari minyak kelapa sebagai bahan baku surfaktan fatty alcohol sulfat (FAS) (Arbianti, Utami, & Astri, 2008). Arbianti *et al.* mencatat konversi asam lemak menjadi metil laurat yang dihasilkan dari proses transesterifikasi. Boshui *et al.* (2013) meneliti efektifitas asam lemak dietanolamida borat dalam mendegradasi minyak pelumas mineral yang disebabkan oleh kemampuan menurunkan tegangan permukaan dari asam lemak dietanolamida borat. Hambali *et al.* (2013) mengamati bahwa perbandingan mol reaktan optimum pada pembuatan dietanolamida dari asam lemak C12 dan dari metil ester C12 dominan dari minyak inti sawit adalah pada rasio mol reaktan metil ester dan dietanolamina 1 : 1 hingga 1 : 2.

Bahan nabati yang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku surfaktan dietanolamida adalah asam lemak sawit destilat yang berkisar 5% dari berat minyak sawit yang diolah (Zulkifli dan Estiasih, 2014). Data statistik perkebunan kelapa sawit yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian menunjukkan bahwa minyak sawit mentah (CPO) yang diproduksi pada tahun 2016 adalah sebesar 33.229.381 ton (Kementerian Pertanian, 2016), sehingga ALSD yang dihasilkan berkisar 1,5 juta ton.

Penelitian pembuatan dietanolamida skala lab telah dilakukan oleh Ariningsih *et al.* (2016). Untuk pengaplikasian ke skala industri perlu dilakukan

peningkatan skala (*scale-up*) ke skala pilot. Hal ini bertujuan mengoptimasi kondisi operasi yang sebelumnya tidak tercapai pada kondisi laboratorium. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan proses pembuatan surfaktan Dietanolamida dari skala lab (kapasitas 2 Liter) menjadi skala pilot (kapasitas 25 Liter) berbasis nabati (minyak inti sawit, asam lemak sawit destilat, dan minyak kelapa), mengetahui peningkatan efektifitas DEA dalam menurunkan tegangan permukaan dan antarmuka setelah berada pada lingkungan pilot plant.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak inti sawit, asam lemak sawit destilat, dan minyak kelapa. Bahan kimia yang digunakan antara lain metanol teknis, H₂SO₄ pekat, dietanolamina, dan Na-metoksid sebagai katalis. Asam lemak sawit destilat dibeli dari PT. Panca Nabati Prakasa di Cakung Jakarta Timur dan minyak inti sawit (PKO) dibeli dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan.

2.2. Alat

Peralatan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah reaktor tangki berpengaduk dengan kapasitas 25 L. Penggunaan peralatan ini merupakan pengembangan metode dari penelitian yang dilakukan Ariningsih dkk. (2016) yang telah melakukan pembuatan dietanolamida dengan skala laboratorium dengan volume total 1,5 L dengan menggunakan labu leher tiga sebagai reaktor amidasi, pendingin sebagai kondensor, dan *hot plate* sebagai pemanas.

Gambar 1. Skema Sistem Reaktor Amidasi

Reaktor yang digunakan merupakan hasil *scaling-up* dengan kapasitas 25 L dengan diameter reaktor (Ø) 30 cm dan tinggi 45 cm yang berada di

Laboratorium Proses BBIA. Reaktor ini dilengkapi dengan pemanas bertipe *ceramic heater band* untuk kondisi operasi dengan suhu tinggi, koil pendingin untuk mendinginkan suhu produk dalam waktu yang relatif singkat, dan solenoid untuk mengendalikan suhu. Sistem reaktor juga dilengkapi dengan kondensor (pendingin) tipe *shell and tube* yang berfungsi untuk menjaga agar sistem tidak *over heating* serta tangki penampung yang bertujuan untuk menjebak (*trapping*) air yang telah mengalami kondensasi.

Hasil pengembangan reaktor amidasi skala 25 Liter dan sistem reaktor amidasi yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Gambar 2. Sistem Reaktor Amidasi

Kinerja surfaktan dilihat dengan melihat perbandingan tegangan permukaan dan tegangan antar muka surfaktan yang dihasilkan antara skala lab dan skala pilot (*scale-up*).

2.2.1. Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan dengan menggunakan perbandingan mol metil ester dari asam lemak dengan dietanolamina sebesar 1 : 1. Metil ester asam lemak yang digunakan adalah metil ester asam lemak sawit destilat (ME ALSD); metil ester minyak inti sawit (ME PKO); dan metil ester minyak kelapa (ME MK).

Metil ester asam lemak yang digunakan pada beberapa perlakuan adalah campuran metil ester ALSD : metil ester PKO sebesar 1 : 1 (mol/mol); metil ester ALSD : metil ester MK sebesar 1 : 3; metil ester PKO : metil ester MK sebesar 1 : 1; metil ester ALSD : metil ester MK : metil ester PKO sebesar 1 : 1 : 1. Dilakukan juga percobaan dengan konsentrasi metil ester PKO, ALSD dan MK masing-masing 100%.

2.2.2. Proses Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan untuk memperoleh metil ester dari asam lemak. Esterifikasi dilakukan dengan mencampurkan ALSD, PKO, atau MK dengan metanol dengan perbandingan 1:2. Campuran kemudian ditambahkan dengan katalis H_2SO_4 pekat sebanyak

0,8% dari jumlah metanol. Kondisi operasi yang digunakan adalah suhu 60 °C, tekanan atmosferik 1 atm, kecepatan pengadukan 200 rpm selama 1 jam. Metil ester yang dihasilkan kemudian dipisahkan, dicuci pada suhu 50 °C sebanyak 3 kali, dan divakum untuk menghilangkan sisa air dan metanol.

2.2.3. Proses Amidasi

Proses amidasi dilakukan dengan mereaksikan metil ester atau campuran metil ester dan dietanolamina dengan perbandingan 1:1. Pencampuran dilakukan ke dalam reaktor amidasi kapasitas 25 L. Reaktan berupa dietanolamina dimasukkan terlebih dahulu ke dalam reaktor amidasi dan dipanaskan pada suhu 60°C sambil diaduk dan kemudian ditambahkan katalis Na-metoksid sebanyak 0,04 %. Metil ester atau campuran metil ester dimasukkan ke dalam reaktor amidasi setelah suhu mencapai 60 °C. Proses amidasi kemudian dilakukan pada suhu 160 °C selama 4 jam. Setelah proses amidasi selesai diperoleh produk dietanolamida melalui lubang pengeluaran produk pada tangki reaktor amidasi.

2.2.4. Metode Analisis

Analisis yang dilakukan meliputi analisis metil ester, DEA, dan viskositas. Analisis komposisi metil ester dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) (AOAC, 2005). Analisis metil ester meliputi bilangan penyabunan, bilangan Asam, dan asam lemak bebas (FFA) (SNI 01-3555-1998). Analisis DEA meliputi: kadar air, pH dan densitas (SNI 01-2891-1992), Viskositas (Brookfield), tegangan permukaan (metode SOP TX 500D Full Range Interfacial Tensiometer) (ASTM D-1331.200) dan tegangan antar muka (metode SOP TX 500D Full Range Interfacial Tensiometer) (ASTM D-1331.2001).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Analisis Bahan Baku PKO, ALSD dan Minyak Kelapa

Hasil analisis bahan baku yaitu minyak inti sawit (PKO), asam lemak sawit destilat (ALSD) dan minyak kelapa dapat dilihat pada Tabel 1.

Asam laurat dengan konsentrasi paling tinggi terdapat pada minyak inti sawit (PKO) dan minyak kelapa yaitu masing-masing 53,3% dan 45,90%. Gugus karboksil dan metil pada asam laurat menyebabkan turunan dari senyawa ini sering digunakan pada industri pencuci seperti sampo dan industri kosmetik. Dengan demikian, asam laurat sangat cocok digunakan untuk membuat senyawa-senyawa untuk produk pembersih. Pencampuran

dengan asam lemak sawit destilat (ALSD) dapat menimbulkan efek sinergi dikarenakan asam palmitat dan stearat dari asam lemak sawit destilat menimbulkan efek pembersih yang tinggi dan aktivitas permukaan yang baik jika digunakan pada produk pembersih.

Tabel 1

Hasil analisis bahan baku ALSD dan minyak kelapa

Parameter	PKO	ALSD	Minyak Kelapa
Asam Lemak Jenuh			
Butirik (C4)	0	0	0
Kaproik (C6)	0.28	0	0.19
Kaprilat (C8)	2.26	0.05	8.78
Kaprat (C10)	4.10	0.07	8.42
Laurat (C12)	53.3	0.52	45.90
Miristat (C14)	17.4	1.30	17.4
Palmitat (C16-0)	7.02	48.1	8.66
Stearat (C18-0)	2.34	4.39	2.91
Asam Lemak Tak Jenuh			
Oleat (C18-1)	10.6	36.0	5.99
Linoleat (C18-2)	2.56	9.35	1.75
Linolenat (C18-3)	0.22	0.33	0

3.2. Metil Ester

Pada penelitian ini, bahan baku yang digunakan untuk mendapatkan metil ester berasal dari minyak inti sawit (PKO), asam lemak sawit destilat (ALSD), dan minyak kelapa seperti Tabel 2.

Tabel 2

Hasil analisis karakteristik metil ester PKO, ALSD dan minyak kelapa

Parameter	Metil Ester PKO	Metil Ester ALSD	Metil Ester Minyak Kelapa
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	204	198	257
Bilangan asam (mg KOH/g)	0,07	2,48	1,20
Asam lemak bebas (dihitung sebagai asam oleat (%))	0.04	1.4	0.60

Bilangan penyabunan bertujuan untuk melihat banyaknya bahan yang mampu dikonversi menjadi sabun. Bilangan penyabunan ini menggambarkan jumlah milligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram material minyak atau metil ester. Dalam pengujian penyabunan, material metil ester akan bereaksi dengan larutan KOH dalam alkohol yang mampu membentuk sabun kalium. Bilangan penyabunan ini biasanya dipengaruhi oleh berat molekul bahan. Berat molekul lebih rendah akan memiliki nilai penyabunan yang tinggi (Ketaren, 2008). Nilai bilangan asam metil ester yang tinggi menunjukkan terjadinya kerusakan atau penurunan mutu metil ester akibat terjadinya oksidasi. Bilangan

asam metil ester yang dihasilkan berkisar antara 0,07 – 2,48 mg KOH/g sampel. Asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) merupakan asam lemak yang tidak terikat pada molekul lain seperti trigliserida dan fosfolipid. Nilai bilangan asam merupakan salah satu indikator mutu pada metil ester. Hal ini disebabkan peningkatan bilangan asam seperti halnya peningkatan viskositas dan bilangan peroksida adalah hasil aktivitas oksidasi pada metil ester (Canacki et al, 1999). Griffin (1954) sebelumnya menyebutkan bahwa bilangan asam mempengaruhi keseimbangan hidrofilik dan lipofilik atau Hydrophilic - Lipophilic (HLB). Griffin selanjutnya mengemukakan suatu persamaan yang menunjukkan hubungan antara HLB dan bilangan asam. Semakin besar bilangan asam, maka nilai HLB yang diperoleh semakin tinggi.

3.3. Dietanolamida

Dietanolamida (DEA) yang diproduksi terdiri dari beberapa perlakuan untuk mengkombinasikan bahan nabati dengan asam laurat yang tinggi dan asam palmitat yang tinggi. Hasil analisis fisiko-kimia terhadap surfaktan Dietanolamida (DEA) yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 3.

3.3.1 Kadar Air

Kadar air dari DEA yang dihasilkan berada pada kisaran 0,59% - 3,18%. Proses pembuatan DEA menghasilkan hasil samping masing-masing yaitu air dan metanol (alkohol) yang memiliki gugus -OH yang dapat berikatan membentuk air. Proses pemisahan antara DEA dan hasil samping menyebabkan menyebabkan kadar air relatif tinggi.

3.3.2 pH (Derajat Keasaman)

pH antara berbagai jenis DEA yang terbentuk dari campuran metil ester dari berbagai jenis bahan baku berkisar dari 9,50 – 11,50. pH pada DEA komersial yang berada di pasaran adalah 11,4. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi proses yang sama menyebabkan pH yang terbentuk tidak berbeda jauh atau sama.

3.3.3 Densitas

Dietanolamida mempunyai densitas yang lebih kurang sama dengan nilai densitas air (1 g/cm³). Pada Tabel 3, densitas pada DEA hasil dari metil ester ALSD 100% paling rendah daripada DEA dari metil ester lainnya yaitu sebesar 0,9655. Hasil ini dikarenakan cairan metil ester yang terbentuk dari persentase ALSD yang lebih tinggi lebih mudah

Tabel 3.

Hasil Analisis produk DEA dengan perbandingan campuran metil ester PKO, ALSD, dan Minyak Kelapa

Parameter	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Kadar Air (%)	2,02	1,58	1,70	2,90	0,59	3,18	2,83
Asam lemak bebas (%)	5,39	8,15	7,61	1,95	1,98	2,13	4,22
pH	9,50	9,69	9,50	10,0	11,5	11,1	10,8
Bj	0,9804	0,9902	0,9997	0,9936	0,9986	0,9655	0,9985
Viskositas (cP)	720	940	810	760	1020	580	620

Keterangan :

F 1 = {Metil ester ALSD : M.E Inti Sawit (1:3)} : Dietanolamina (1:1)

F 2 = {Metil ester ALSD : M. Kelapa (1: 3)} : Dietanolamina (1:1)

F 3 = {Metil ester M.Inti sawit : M. Kelapa (1:1)} : Dietanolamina (1:1)

F 4 = { Metil Ester ALSD: M.E M. Kelapa : Me Inti Sawit (1:1:1)} : Dietanolamina (1:1)

F 5 = Metil ester Inti sawit : Dietanolamina (1 : 1)

F 6 = Metil ester ALSD : Dietanolamina (1 :1)

F 7 = Metil ester Minyak kelapa : Dietanolamina (1:1)

Meregang (mencair) pada suhu tertentu sehingga menyebabkan densitas lebih rendah.

3.3.4 Viskositas

Hasil analisis viskositas DEA seperti ditunjukkan pada Tabel 3 menunjukkan nilai antara 580 – 1020 cP. Nilai viskositas lebih ditunjukkan pada persentase metil ester ALSD pada pembentukan DEA. Semakin besar persentase metil ester pembentuk DEA, maka viskositas DEA yang terbentuk semakin besar. Hal ini kemungkinan disebabkan sifat fluida DEA yang terbentuk dari metil ester ALSD lebih sulit mengalir. Sifat ini disebabkan tahanan gerakan molekul-molekul di dalam metil ester ALSD lebih besar daripada tahanan gerakan molekul apabila dicampurkan metil ester bahan lain dengan persentase lebih besar. Aisyah meneliti bahwa semakin tinggi viskositas maka interaksi antar molekul semakin besar, sehingga diperoleh dugaan bahwa rendemen surfaktan berbasis molekul C yang lebih besar menjadi semakin besar (Aisyah, 2011). Tidak terdapat hubungan yang begitu nyata antara viskositas dan densitas pada penelitian ini. Viskositas juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi rendemen surfaktan yang dihasilkan (Johansson dan Svensson, 2001).

3.3.5 Tegangan Permukaan dan Tegangan Antar Muka

Kemampuan menurunkan tegangan permukaan air dan tegangan antar muka merupakan indikator kinerja surfaktan dietanolamida yang dihasilkan. Hal ini seperti dinyatakan oleh Mimi Nurminah (Nurminah, 2005) ketika mengkaji surfaktan dietanolamida berbasis C12 minyak inti sawit. Pada penelitian ini akan dibandingkan kinerja surfaktan yang dihasilkan pada skala laboratorium seperti yang dilakukan oleh Ariningsih dkk. (Ariningsih, Loebis, & Siregar, 2016) dengan skala pilot seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Hasil analisis tegangan permukaan dan tegangan antar muka produk DEA dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Nilai tegangan permukaan yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai tegangan permukaan air dengan udara setelah penambahan dietanolamida. Hasil pengukuran tegangan permukaan air tanpa penambahan surfaktan adalah 72 dyne/cm. Hasil pengukuran tegangan permukaan setelah penambahan dietanolamida pada skala laboratorium berkisar antara 39,13 dyne/cm sampai 42,51 dyne/cm. Sedangkan pada skala pilot (*scale-up*) berkisar antara 38,35 dyne/cm sampai 39,57%. Diperoleh hasil bahwa pada pembuatan DEA skala pilot terjadi peningkatan efektivitas sebesar 1,09% sd 4,93%. Nilai ini diperoleh dalam kemampuannya menurunkan tegangan permukaan air yang adalah sebesar 72 dyne/cm. Hal ini sangat signifikan jika surfaktan diproduksi dalam jumlah yang sangat besar. Tegangan permukaan terbaik pada skala pilot adalah pada pencampuran metil ester asam lemak sawit destilat dan metil ester minyak kelapa dengan perbandingan 1:3 yaitu sebesar 37,77 dyne/cm.

Indikator kinerja yang lain yaitu tegangan antar muka juga akan dibandingkan dengan membandingkan efektivitasnya pada produksi skala laboratorium dan skala pilot.

Tegangan permukaan terjadi akibat tidak seimbangnya gaya pada molekul-molekul di permukaan cairan. Surfaktan dietanolamida yang ditambahkan ke dalam cairan memiliki gugus hidrofilik. Gugus hidrofilik berikatan dengan molekul-molekul cairan, termasuk dengan molekul-molekul di permukaan cairan. Dengan berikatannya gugus hidrofilik dari surfaktan dietanolamida dengan molekul-molekul di permukaan cairan, maka gaya-gaya yang terdapat pada permukaan cairan menjadi seimbang. Selain itu gugus hidrofilik dari surfaktan dietanolamida juga berikatan dengan molekul-molekul dalam cairan, sehingga energi ikatan molekul cairan menjadi terbagi. Molekul cairan tidak hanya berikatan dengan molekul-molekul dari cairan sejenis tetapi berikatan pula dengan gugus hidrofilik surfaktan dietanolamida.

Tabel 4

Hasil analisis tegangan permukaan skala lab dan skala pilot dari produk DEA

Sampel (V/V)	Tegangan Permukaan		Peningkatan efektivitas (%)
	Skala Lab (dyne/cm)	Skala Pilot (dyne/cm)	
Air	72	-	
DEA 1 (ME ALSD 100%)	39,13	38,35	1,09
DEA 2 (ME ALSD : ME MK 1 : 1)	41,37	37,82	4,93
DEA 3 (ME ALSD : ME MK 1 : 3)	41,07	37,77	4,58
DEA 4 (ME MK 100%)	42,51	39,57	4,08

Tabel 5

Hasil analisis tegangan antar muka skala lab dan skala pilot dari produk DEA

Sampel (V/V)	Tegangan Antar Muka		Peningkatan efektivitas (%)
	Skala Lab (dyne/cm)	Skala Pilot (dyne/cm)	
DEA 1 (ME ALSD 100%)	11,89	5,94	50,04
DEA 2 (ME ALSD : ME MK 1 : 1)	8,20	2,52	69,26
DEA 3 (ME ALSD : ME MK 1 : 3)	5,57	4,72	15,26
DEA 4 (ME MK 100%)	3,67	1,91	4,08

Hal ini menyebabkan energi ikatan antara molekul-molekul sejenis menurun (Kruglyakov, 2000).

Suatu surfaktan tersusun atas gugus hidrofilik dan hidrofobik pada molekulnya memiliki kecenderungan untuk berada pada bagian antar muka antar dua fasa yang berbeda polaritasnya, atau surfaktan dapat membentuk film pada bagian antar muka dua cairan yang berbeda fasa. Pembentukan film tersebut mengakibatkan turunnya tegangan permukaan kedua cairan yang berbeda fasa tersebut, sehingga mengakibatkan turunnya tegangan antar muka. Menurut Swern (1979) tegangan antar muka suatu fasa yang berbeda derajat polaritasnya akan menurun jika gaya tarik menarik antar molekul yang berbeda dari kedua fasa (adhesi) lebih kuat daripada gaya tarik menarik antara molekul yang satu fasa (kohesi).

Terdapat peningkatan efektivitas kemampuan menurunkan tegangan permukaan sebesar 4,93% pada skala pilot dibanding skala lab dengan tegangan permukaan terbaik adalah 37,77 dyne/cm untuk dietanolamida yang berasal dari campuran metil ester ALSD dan metil ester minyak kelapa dengan perbandingan 1:3 (mol/mol). Peningkatan kinerja surfaktan yang signifikan adalah dalam penurunan tegangan antar muka pada skala pilot sebesar 4,08% sampai dengan 50,04%. Tegangan antar muka

terbaik diperoleh pada surfaktan berbasis metil ester minyak kelapa sebesar 1,91 dyne/cm. Namun peningkatan efektivitas terbaik adalah sebesar 69,29% yaitu pada surfaktan dari metil ester asam lemak sawit destilat : metil ester minyak kelapa sebesar 1:3. Peningkatan kemampuan menurunkan tegangan antarmuka pada penelitian skala pilot sangat signifikan dibandingkan dengan skala laboratorium.

Hal yang menyebabkan perbedaan tegangan permukaan dan antar muka antara skala lab dengan skala pilot plant (*scale-up* dengan bejana tertutup) dapat disebabkan oleh kondisi operasi dan pencampuran dalam proses amidasi yang tidak tercapai. *Ceramic heater band* yang digunakan dalam proses *scale-up* menyebabkan kondisi operasi pada suhu 140 °C – 160 °C segera tercapai. Sistem pengadukan yang menggunakan pengaduk jangkar dan *blade* dalam reaktor juga menyebabkan pencampuran yang cukup merata dalam reaktor. Hal ini tidak terjadi pada labu leher tiga (skala lab). Percobaan dengan skala lab dengan kapasitas 2 L masih menggunakan *magnetic stirrer* dalam proses pengadukan sehingga pencampuran dan luas kontak antara reaktan tidak berjalan dengan sempurna. Hal yang lain juga kemungkinan disebabkan oleh sifat *viscous* dari reaktan dan produk yang dihasilkan, sehingga pembuatan surfaktan dengan *magnetic stirrer* kurang efektif. Kondisi operasi yang berada pada suhu tinggi (140-160 °C) juga menyebabkan kemungkinan bagian *coating* dari *magnetic stirrer* terdegradasi walaupun *magnetic stirrer* bersifat inert. Kelemahan dalam skala lab juga adalah sifat produk yang dihasilkan memerlukan pendinginan yang cukup lama dibandingkan dengan skala pilot dalam penelitian ini. Hal ini dikarenakan reaktor skala pilot dilengkapi dengan koil pendingin yang dapat secara langsung mendinginkan suhu produk surfaktan dietanolamida yang terbentuk. Suhu produk yang lebih cepat mengalami pendinginan diperkirakan dapat menghindari pembentukan hasil samping yang tidak diinginkan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan efektivitas kemampuan menurunkan tegangan permukaan sebesar 4,93% pada skala pilot dibanding skala lab dengan tegangan permukaan terbaik adalah 37,77 dyne/cm untuk dietanolamida yang berasal dari campuran metil ester ALSD dan metil ester Minyak Kelapa dengan perbandingan 1:3 (mol/mol). Tegangan antarmuka pada skala pilot juga mengalami peningkatan efektivitas sebesar 69,26% dengan tegangan antar muka terbaik sebesar 1,91 dyne/cm untuk surfaktan yang berasal dari metil ester minyak kelapa. Kondisi operasi terbaik

yang dilakukan adalah pada suhu 160 °C dengan kecepatan putaran 200 rpm selama 4 jam.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Industri Agro atas dana penelitian yang diberikan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ibu Prof. Dr. Erliza Hambali dan Bapak Dade atas bantuan dan diskusinya dalam perancangan reaktor bersama tim BBIA. Demikian juga kepada Bapak H. Guring Pohan, Bapak Lukman Junaidi, Bapak Dedi Kusmayadi, dan Bapak Dede Abdurakhman, penulis mengucapkan terimakasih atas bantuannya selama kegiatan penelitian ini berlangsung.

Daftar Pustaka

- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Benjamin Franklin Station, Washington.
- Aisyah, S (2011). *Produksi surfaktan alkil poliglikosida (APG) dan aplikasinya pada sabun cuci tangan cair*. Tesis, Institut Pertanian Bogor.
- Ariningsih, S., Loebis, E.H., dan Siregar, N.C. (2016). Pembuatan dietanolamida dari asam lemak sawit destilat dan minyak kelapa untuk sabun transparan., *Warta Industri Hasil Pertanian (IHP)*, 33(2), 82-92.
- Adewuyi, A., Oderinde, R. A., & Ayodele, G. A. (2012). Antimicrobial activity of diethanolamide: A nonionic surfactant from *Calophyllum inophyllum* and *Cyperus esculentus*. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 89(2), 112–116.
- Arbianti, R., Utami, T. S., dan Astri N (2008). Isolasi metil laurat dari minyak kelapa sebagai bahan baku surfaktan fatty alcohol sulfate (FAS). *Makara Teknologi*, 12(2), 61-64.
- Boshui, C., Nan, Z., Jiang, W., Jiu, W., Jianhua, F., & Kai, L. (2013). Enhanced biodegradability and lubricity of mineral lubricating oil by fatty acidic diethanolamide borates. *Green Chemistry*, 15(3), 738. <https://doi.org/10.1039/c3gc36774f>
- Canacki, M., A. Monyem and J. Van Gerpen (1999). Accelerated Oxidation Processes in Biodiesel. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers* 42(6) : 1565-1572.
- Clason, W.E. (1968). *Elsevier's Dictionary of Chemical Engineering*. Amsterdam : Elsevier's. Publ. Co.
- Kementerian Pertanian (2016). *Statistik perkebunan Indonesia komoditas kelapa sawit 2015-2017*. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Griffin, W.C., (1954). *J. Cosmetic Chem.*, (5) 249.
- Hambali, E., Suryani, A., Rivai, M. (2012). *Teknologi surfaktan dan aplikasinya*. Bogor : IPB Press.
- Hambali, E., et al. (2013) *Pengembangan teknologi proses produksi surfaktan dietanolamida (DEA) dari metil ester olein sawit dan aplikasinya untuk personal care products*. Kegiatan Insentif Penelitian Hilirisasi Produk Minyak Sawit di Pusat Inovasi Sei Mengkei, Ditjen PPI, Kemenperin - SBRC IPB.
- Jungermann, E. (1979). *Bailey's industrial oil and fat products* Vol 1, 4th ed (John Wiley and Son, New York)
- Ketaren, S. (2008). *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. Jakarta : Universitas Indonesia (UI-Press).
- Kruglyakov, P.M. (2000). *Hydrophile - lipophile balance of surfactants and solid particles, volume 9: physicochemical aspects and applications (studies in interface science)*. Netherland.Elsevier Science B.V.
- Nisya, F. N., Prijono, D., & Nurkania, A. (2017). Application of diethanolamide surfactant derived from palm oil to improve the performance of biopesticide from neem oil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 65). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012005>.
- Nurminah, M.(2005) *Kajian pengaruh rasio mol reaktan, suhu, dan lama reaksi dalam pembuatan surfaktan dietanolamida dari metil ester dominan C12 minyak inti sawit*. Tesis, Institut Pertanian Bogor.
- Piispanen, P.S. (2002, May). *Synthesis and Characterization of Surfactants Based on Natural Products*. Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm.
- Rahmi D dan Yunilawati, R. (2011). Pembuatan coco diethanolamida dengan reaktor *high mixing* homogenizer, *Jurnal Hasil Pertanian Industri* Vol. 24, No. 1.
- Rieger, M. M. (1985) *Surfactant in cosmetic. surfactant science series*. New York .,Marcel Dekker Inc.
- Swern D. (1979). *Bailey's industrial oil and fat products*. 14 th ed. New York: John Wiley and Son Inc.
- Zhigang, X., Dongliang, L., Weihong, Q., Zongshi, L., & Lubo, C. (2006). Synthesis and surface active properties of novel nonionic aryl oleic diethanolamide surfactants. *Petroleum Science and Technology*, 24(11), 1363–1370. <https://doi.org/10.1080/10916460500292717>.
- Zulkifli, M., & Estiasih, T. (2014) Sabun dari Asam Lemak Sawit : Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agro Industri* Vol. 2 No. 4, p 170-177.