

## Penentuan Konsentrasi *Lye* (Larutan Alkali) pada Proses Sintesis *Foaming Agent* Oleat

### Determination of Concentration *Lye* in Synthesis the *Foaming Agent* Oleic Process

Sri Wahyuni<sup>1a</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Sawit, Politeknik Kampar, Jalan Tengku Muhammad KM 2, Bangkinang, Riau

<sup>a</sup>Korespondensi : Sri Wahyuni, E-mail: yuni.tip@gmail.com

(Diterima oleh Dewan Redaksi: 01 - 10 - 2019)

(Dipublikasikan oleh Dewan Redaksi: 30 - 10 - 2019)

#### ABSTRACT

Foaming agents from palm oil began to be developed as an alternative to replacing the use of petroleum-based because it is a renewable material that is non-toxic, environmentally friendly, and easily degraded by nature. In this research, synthesis of the foaming agent was carried out by reacting palm oleic fatty acid with lye or NaOH alkaline solution. This study aims to produce the best foaming agent through the determination of the exact amount of lye or NaOH solution for the needs of the neutralization saponification process. The foaming agent synthesis research was carried out through the process of saponification of oleic acid neutralization with lye NaOH by varying the calculation technique for determining lye requirements. The comparison of molar ratio between oleic acid and lye alkali is 1: 1, the temperature of the neutralization saponification process is 50°C, the speed of stirring is 250 rpm for 90 minutes. Observations were made on the quality and performance of the resulting foaming agent. The results of the analysis of the quality of Na-Oleat foaming agent showed that the concentration of lye or alkaline solution affected the quality and performance of the foaming agent. The best research results were obtained from the use of saponification numbers in the calculation of the amount of alkali used with the following characteristics acidity (pH) value 8.32, density 1.0658 g /cm<sup>3</sup>, viscosity 1.2 cP, foam stability 12.5% and emulsion stability 87.5 %

**Keywords:** foaming agent, oleic acid, lye alkali

#### ABSTRAK

*Foaming agent* dari minyak sawit mulai dikembangkan sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan penggunaan *petroleum based* karena merupakan bahan terbarukan yang tidak beracun, ramah lingkungan, dan mudah didegradasi oleh alam. Pada penelitian ini dilakukan sintesis foaming agent dengan mereaksikan asam lemak oleat sawit dengan *lye* atau larutan alkali NaOH. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *foaming agent* dengan karakteristik terbaik melalui penentuan perhitungan jumlah *lye* atau larutan NaOH yang tepat untuk kebutuhan proses saponifikasi netralisasi. Penelitian sintesis *foaming agent* dilakukan melalui proses saponifikasi netralisasi asam oleat dengan *lye* NaOH dengan memvariasikan teknik perhitungan penentuan kebutuhan *lye*. Perbandingan rasio molar antara asam oleat dengan *lye* alkali adalah 1:1, suhu proses saponifikasi netralisasi 50°C, kecepatan pengadukan 250 rpm selama 90 menit. Pengamatan dilakukan terhadap kualitas dan kinerja *foaming agent* yang dihasilkan. Hasil analisis kualitas *foaming agent* Na-Oleat, menunjukkan bahwa konsentrasi *lye* atau larutan alkali berpengaruh terhadap kualitas dan kinerja lapangan *foaming agent*. Hasil penelitian terbaik diperoleh dari penggunaan bilangan penyabunan dalam perhitungan penentuan jumlah alkali yang digunakan dengan karakteristik sebagai berikut: nilai derajat keasaman (pH) 8.32, densitas 1.0658 g/cm<sup>3</sup>, viskositas 1.2 cP, stabilitas busa 12,5 % dan stabilitas emulsi 87,5 %.

**Kata kunci:** *foaming agent*, asam oleat, lye NaOH

## PENDAHULUAN

Produksi CPO setiap tahun mengalami peningkatan seiring dengan semakin meningkatnya luas areal perkebunan sawit di Indonesia. Pada tahun 2016, produksi CPO mencapai 31,3 juta ton dan meningkat menjadi 41,9 juta ton tahun 2017 (GAPKI 2017). Namun, peningkatan kapasitas produksi CPO ini tidak diiringi dengan perluasan peruntukannya selain untuk produk pangan dan bioenergi. Lebih dari 70% diekspor hanya dalam bentuk *crude oil* dan hanya sebagian kecil dalam bentuk produk turunan. Oleh karena itu, diperlukan upaya diversifikasi produk hilir berbasis minyak sawit seperti menjadi agen pembusa (*foaming agent*).

*Foaming agent* dari minyak sawit saat ini sudah mulai dikembangkan sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan penggunaan petroleum karena merupakan bahan terbarukan yang tidak beracun, ramah lingkungan, dan *biodegradable* (Mizuki *et al.* 2007). Minyak sawit terdiri dari sekumpulan asam lemak yang memiliki daya deterjensi yang tinggi dan keberadaannya yang juga berlimpah, sehingga berpotensi dijadikan sebagai bahan baku *foaming agent*.

Asam lemak sawit dapat diproses lebih lanjut menjadi berbagai produk oleokimia seperti *fatty alcohol*, metil ester, gliserol, sukrosa ester, dan metil ester sulfonat. Produk kosmetik dan *personal care* berbasis oleokimia memanfaatkan asam lemak untuk pembuatan sabun (*foaming agent*), *shower gel/bath foam*, sabun cair, suplemen pemerkaya sabun dan sediaan-sediaan produk perawatan diri. Bahan baku dasar dari produk tersebut adalah asam lemak yang dapat berasal dari *Crude Palm Oil* (CPO), *Palm Kernel Oil* (PKO), olein, stearin dan *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) (Ketaren 2012).

*Foaming agent* merupakan salah satu jenis bahan pembentuk busa seperti surfaktan yang berfungsi mengurangi tegangan antarmuka gas/cairan sehingga mempermudah dispersi gas dalam cairan untuk pembentukan busa (Exerowa dan Kruglyakov 1998). Busa pada *foaming agent* hampir sama seperti sabun. Sabun

merupakan surfaktan yang dapat dimanfaatkan sebagai *foaming agent*.

*Foaming agent* dapat disintesis dengan mereaksikan minyak atau asam lemak dengan *caustic soda*, *soda ash* atau garam kalium. Saponifikasi adalah reaksi yang terjadi ketika trigliserida (minyak atau lemak) dicampur dengan *lye*/larutan alkali dan akan menghasilkan sabun (agen pembusa) sebagai produk utama dan gliserol sebagai hasil samping ( $\text{RCOOR}' + 3(\text{Na/K})\text{OH} \rightarrow 3(\text{Na/K})\text{RCOO} + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ). Apabila saponifikasi dilakukan dengan mereaksikan asam lemak dengan alkali maka yang akan dihasilkan adalah sabun (agen pembusa) dan air ( $\text{RCOOH} + \text{NaOH/KOH} \rightarrow \text{RCOONa/RACOOK} + \text{H}_2\text{O}$ ). Proses saponifikasi asam lemak lebih dikenal dengan istilah saponifikasi netralisasi dan tidak menghasilkan produk samping gliserol (Spitz 1996; Ophardt 2003).

Beberapa penelitian tentang sintesis *foaming agent* telah dilakukan dari beberapa bahan terbarukan seperti protein, resin, dan saponin (Amran *et al.* 2015). Namun protein kebutuhannya sangat diperlukan untuk produksi pangan. Beberapa asam lemak sawit yang telah mulai diteliti menjadi *foaming agent* adalah (laurat, palmitat, dan oleat) (Amran *et al.* 2015; Pradesi *et al.* 2017).

Pengembangan produk turunan dari minyak sawit berupa bahan *foaming agent* ini harus terus ditingkatkan karena Indonesia memiliki bahan baku yang berlimpah dan peruntukannya juga telah jelas untuk industri surfaktan dan bahan formula racun api untuk pemadam kebakaran hutan dan lahan yang selalu terjadi setiap tahun di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *foaming agent* dengan karakteristik terbaik melalui penentuan perhitungan jumlah *lye* yang tepat untuk kebutuhan proses saponifikasi.

## MATERI DAN METODE

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan baku utama dan

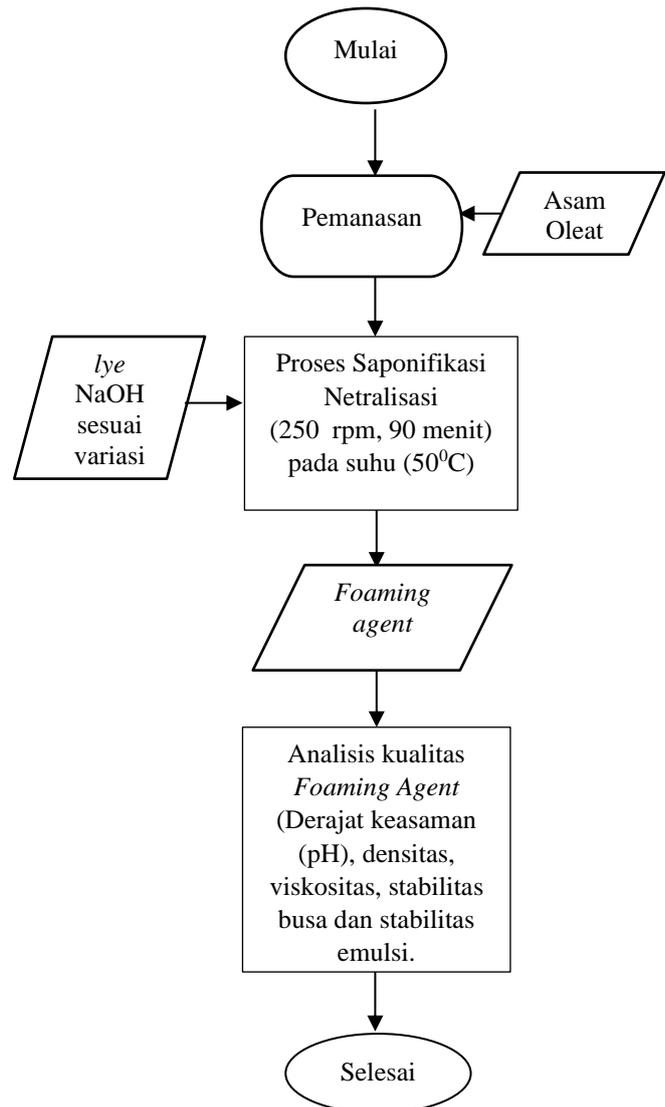
bahan untuk analisis. Bahan baku utama berupa asam oleat, alkali (NaOH dan KOH), dan *aquadest*. Asam oleat digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan *foaming agent* yang bertindak sebagai asam lemak, sedangkan alkali (NaOH dan KOH) berfungsi sebagai bahan penetral pada reaksi saponifikasi (netralisasi) dalam pembuatan *foaming agent* dan *aquadest* digunakan sebagai bahan pelarut untuk melarutkan alkali.

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan *foaming agent* adalah mesin pengaduk, *mixer*, *beaker glass*, spatula, gelas ukur, *thermometer*, dan *hot plate*. Sedangkan alat yang digunakan untuk pengujian *foaming agent* adalah piknometer, viskometer, pH meter, homogenizer, tabung reaksi dan rak, penggaris dan pipa kapiler

### Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan sintesis *foaming agent* melalui proses saponifikasi netralisasi asam lemak oleat dengan *lye* / larutan alkali NaOH sesuai variasi metode perhitungan untuk menentukan kebutuhan alkali. Selanjutnya dilakukan proses *saponifikasi* netralisasi  $C_{18}H_{34}O_2 + NaOH/KOH \rightarrow C_{18}H_{34}O_2Na/C_{18}H_{34}O_2K + H_2O$  pada suhu  $50^\circ C$  selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Diagram alir proses sintesis *foaming agent* disajikan pada Gambar 1.

Rancangan penelitian untuk mengetahui pengaruh metode perhitungan pada sintesis *foaming agent* ini menggunakan model rancangan faktorial dengan pola rancangan acak lengkap (RAL). Model yang digunakan tersusun atas 1 faktor perlakuan, yaitu faktor A adalah metode perhitungan untuk penentuan konsentrasi *lye* yang terdiri dari tiga taraf yaitu konsentrasi alkali yang diperoleh berdasarkan perhitungan normal (perhitungan *lye*/larutan alkali 30%, perhitungan kebutuhan alkali yang mengacu pada penelitian Pradesi *et al.* (2017) dan perhitungan dengan menggunakan bilangan penyabunan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Sintesis *Foaming Agent* Oleat

Model matematis dari rancangan percobaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_k(ij)$$

Keterangan:

$Y_{ijk}$  : hasil pengamatan pengaruh metode perhitungan taraf ke- $i$  ( $i=1,2,3$ ) pada ulangan ke- $j$  (1,2)

$\mu$  : nilai rata-rata yang sebenarnya

$A_i$  : pengaruh metode perhitungan (A) taraf ke- $i$  (konsentrasi alkali yang diperoleh berdasarkan metode perhitungan normal 30% *lye*/larutan alkali, metode perhitungan kebutuhan alkali

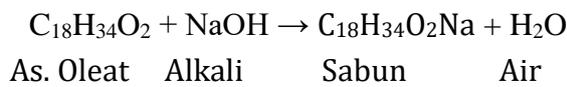
yang mengacu pada penelitian dan metode perhitungan dengan menggunakan bilangan penyabunan

ek(ij) : galat percobaan pada ulangan ke-j karena faktor persentase taraf ke-i

Tahap selanjutnya dilakukan analisis kualitas *foaming agent* yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan melalui karakterisasi sifat fisiko-kimia *foaming agent* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode perhitungan terhadap kualitas dan kinerja lapangan *foaming agent* yang dihasilkan. Adapun kualitas *foaming agent* yang diuji meliputi nilai pH, densitas, stabilitas busa (Goon et al. 1999), dan stabilitas emulsi (Goon et al. 1999).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

*Foaming agent* merupakan bahan penghasil busa apabila dilarutkan ke dalam air pada konsentrasi rendah. *Foaming agent* dihasilkan dari proses saponifikasi-netralisasi antara asam oleat dengan *lye* /larutan alkali. Pada proses ini tidak dihasilkan hasil samping berupa gliserol karena yang digunakan bukan trigliserida. Reaksi saponifikasi netralisasi asam oleat dengan *lye* di sajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi saponifikasi netralisasi asam lemak oleat

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa rasio mol yang digunakan dalam proses netralisasi antara asam lemak dan *lye* (larutan alkali) 30% adalah 1:1. Pada proses ini akan dihasilkan 1 mol sabun sebagai *foaming agent* (R-COONa). Produk *foaming agent* yang dihasilkan dari saponifikasi netralisasi dipengaruhi oleh konsentrasi larutan alkali, suhu reaksi, pengadukan, dan waktu reaksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum, karakteristik sifat fisiko-kimia *foaming agent* yang dihasilkan

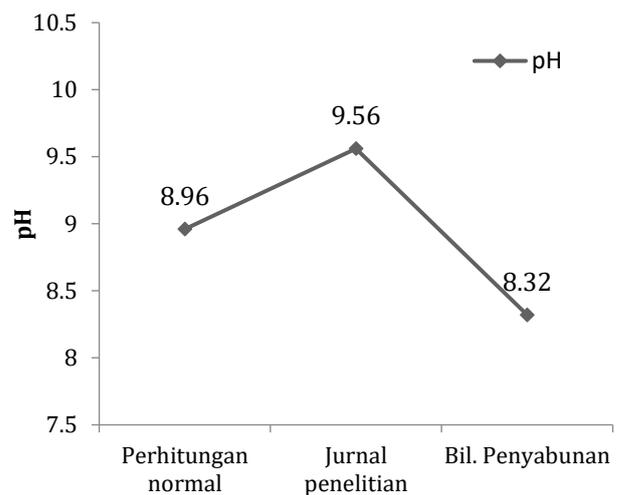
dipengaruhi konsentrasi *lye* / larutan alkali yang digunakan.

### Kualitas Foaming Agent

Analisis karakteristik *foaming agent* diperlukan untuk menentukan kualitas busa yang dihasilkan. Adapun analisis kualitas *foaming agent* yang diuji diantaranya meliputi nilai derajat keasaman (pH), densitas, stabilitas busa dan stabilitas emulsi.

### Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH menyatakan identitas atau derajat keasaman produk, namun tidak mengukur kuantitas asamnya. Rondinini et al. (2002) menjelaskan bahwa nilai pH berkaitan dengan konsentrasi ion hidrogen sebagai bagian komponen keasaman dan konsentrasi ion hidroksil sebagai bagian komponen kebasaan. Pada kondisi pH netral maka konsentrasi kedua ion tersebut seimbang, namun jika konsentrasi ion hidrogen lebih besar dibanding ion hidroksil maka pH cenderung asam dan sebaliknya. NaOH dan KOH sebagai reaktan pada proses pembuatan *foaming agent* bersifat basa kuat, sehingga *foaming agent* yang dihasilkan bersifat basa. Adapun hasil pengujian pH (derajat keasaman) dapat dilihat pada Gambar 3.



### Metode Perhitungan

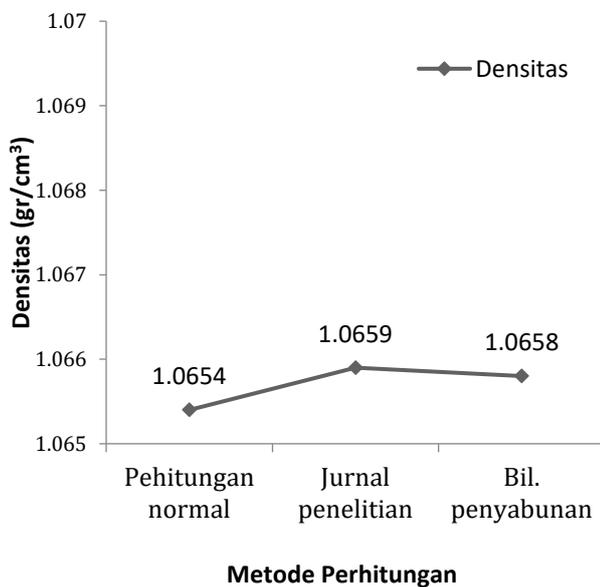
Gambar 3. Derajat keasaman (pH)

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, metode perhitungan alkali yang digunakan berpengaruh pada nilai derajat keasaman

(pH). Pada percobaan ini nilai pH *foaming agent* berkisar antara 8,96 – 9,56. Berdasarkan grafik pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alkali dengan jumlah yang semakin banyak pada pembuatan *foaming agent* dapat meningkatkan nilai pH pada produk yang dihasilkan.

### Densitas

Densitas merupakan salah satu sifat dasar fluida yang didefinisikan sebagai nilai massa per satuan volume. Densitas cairan dipengaruhi oleh temperatur karena cairan akan meregang mengikuti perubahan suhu. Densitas berkaitan dengan viskositas, cairan yang lebih padat akan memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi, dan hal ini berkorelasi dengan kandungan total padatan pada bahan. Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui kerapatan antar molekul dalam sintesis *foaming agent* yang dihasilkan. Adapun hasil pengujian nilai densitas produk *foaming agent* disajikan pada Gambar 4.



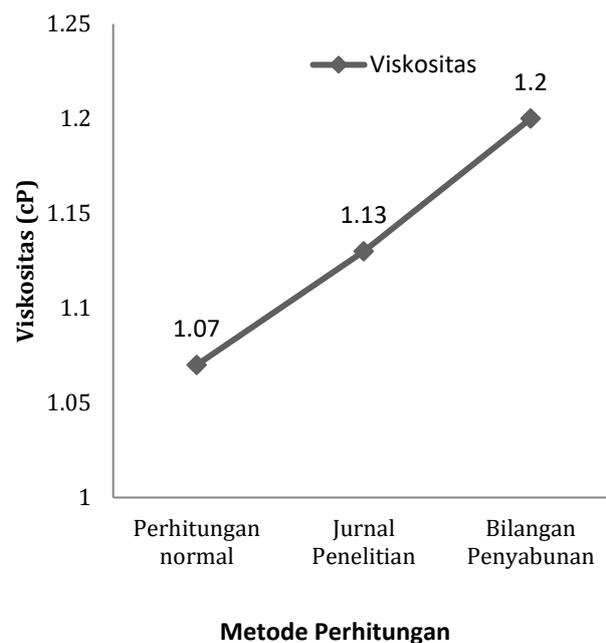
Gambar 4. Densitas *foaming agent*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, bahwa jenis perhitungan alkali yang digunakan tidak berpengaruh besar pada nilai densitas *foaming agent* yang dihasilkan. Pada percobaan ini nilai densitas tertinggi diperoleh pada pengamatan *foaming agent* menggunakan perhitungan dari jurnal penelitian yaitu 1,0659 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan

densitas terendah diperoleh pada pengamatan *foaming agent* perhitungan normal yaitu 1,0654 gr/cm<sup>3</sup>. Namun berdasarkan data keseluruhan dapat disimpulkan bahwa densitas tidak dipengaruhi oleh jumlah alkali yang digunakan dalam proses *saponifikasi* netralisasi

### Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan yang lain di dalam fluida. Makin besar viskositas suatu fluida, maka makin sulit suatu fluida mengalir dan makin sulit suatu benda bergerak di dalam fluida tersebut atau sebaliknya. Adapun hasil pengujian viskositas *foaming agent* dapat dilihat pada Gambar 5.



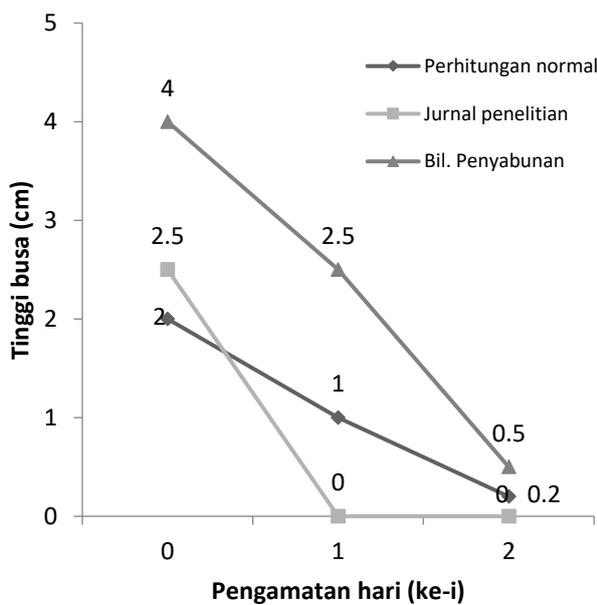
Gambar 5. Viskositas *foaming agent*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat dilihat nilai viskositas tertinggi diperoleh pada pengamatan *foaming agent* dengan menggunakan metode perhitungan bilangan penyabunan yaitu 1.2 cP, sedangkan viskositas terendah diperoleh pada pengamatan *foaming agent* menggunakan perhitungan normal yaitu 1,07 cP. Berdasarkan grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa konsentrasi *lye* mempengaruhi nilai viskositas *foaming agent*. Kenaikan viskositas

suatu bahan disebabkan oleh peningkatan konsentrasi partikel di dalam bahan tersebut, sedangkan sifat alir bahan tergantung pada viskositas dan densitas (Holmberg *et al.* 2002). Bahan (cairan) yang mudah mengalir menunjukkan bahwa cairan tersebut memiliki viskositas rendah (encer) dan sebaliknya bahan cairan yang sulit mengalir menunjukkan bahwa bahan tersebut memiliki viskositas yang tinggi (kental).

**Stabilitas Busa**

Stabilitas busa adalah kemampuan busa untuk mempertahankan parameter utamanya (ukuran gelembung, kandungan cairan, total volume busa) dalam keadaan konstan selama waktu tertentu. Analisis stabilitas busa dilakukan dengan tujuan mengetahui kemampuan busa untuk bertahan atau tidak hilang selama jangka waktu 2 hari. Nilai stabilitas busa didapatkan dari selisih tinggi busa pada menit ke-0 setelah dihomogenizer dengan tinggi busa pada hari ke-2 yang dinyatakan dalam satuan cm lalu dipersentasekan. Hasil pengujian nilai stabilitas busa memberikan kisaran 0-100%. Adapun hasil pengujian stabilitas busa *foaming agent* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Stabilitas busa *foaming agent*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, hasil analisis stabilitas busa menunjukkan bahwa, nilai stabilitas busa tertinggi

diperoleh dari *foaming agent* dengan perlakuan yang menggunakan bilangan penyabunan dalam perhitungan kebutuhan alkali (12,5%) dan *foaming agent* dengan perhitungan normal (10%). Sementara untuk stabilitas busa terendah diperoleh pada perlakuan *foaming agent* jurnal penelitian (0%) pada hari ke-2.

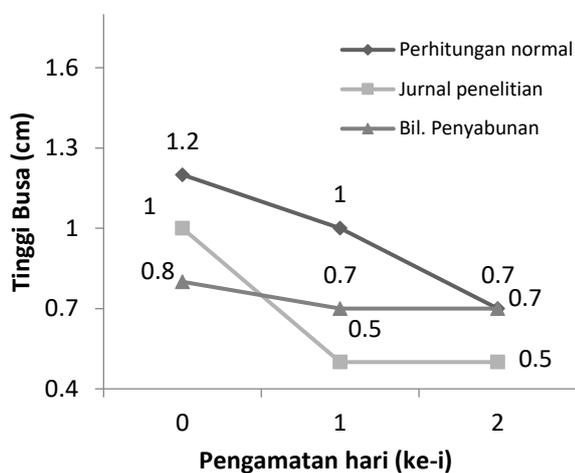
Hasil analisis menunjukkan bahwa stabilitas busa dipengaruhi oleh penggunaan NaOH pada pembuatan *foaming agent*, penggunaan NaOH yang terbaik untuk mendapatkan busa yang stabil diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan bilangan penyabunan. Bilangan penyabunan merupakan miligram kalium hidroksida (KOH) yang diperlukan untuk menyabunkan 1gram lemak atau minyak pada kondisi tertentu. Dengan dimasukkannya bilangan penyabunan ke dalam perhitungan penentuan kebutuhan alkali maka kebutuhan alkali untuk proses saponifikasi netralisasi menjadi lebih tepat sehingga asam oleat tersabunkan seluruhnya. Hal tersebut berpengaruh pada hasil pembusaan yang ditunjukkan oleh produk *foaming agent*.

**Stabilitas Emulsi**

Emulsi merupakan sistem dispersi yang terdiri atas dua cairan yang imisibel (tidak dapat bercampur), yaitu pada kondisi droplet suatu cairan (fase terdispersi) terdispersi pada cairan media yang lain (fase kontinyu). Untuk mendispersikan dua cairan yang imisibel diperlukan komponen ketiga, yaitu emulsifier. Nilai stabilitas emulsi didapatkan dari selisih tinggi emulsi pada menit ke-0 setelah dihomogenizer dengan tinggi emulsi pada hari ke-2 yang dinyatakan dalam satuan cm lalu dipersentasekan. Hasil pengujian nilai stabilitas emulsi memberikan kisaran 0-100%. Adapun hasil pengujian stabilitas emulsi *foaming agent* dapat dilihat pada Gambar 7.

Kestabilan emulsi merupakan kekuatan sistem emulsi yang berfungsi untuk mempertahankan kestabilannya dalam berbagai kondisi. Emulsi yang baik tidak membentuk lapisan, warna tidak berubah dan konsistensi tetap (Suryani *et al.* 2002). Berdasarkan grafik pada Gambar 7, hasil

analisis menunjukkan bahwa, nilai kestabilan emulsi *foaming agent* tertinggi diperoleh dari perlakuan *foaming agent* perhitungan bilangan penyabunan (87,5%) dan perhitungan normal (58%). Sementara itu, kestabilan emulsi terendah diperoleh pada perhitungan jurnal penelitian (50%).



Gambar 7. Stabilitas emulsi *foaming agent*

Hasil analisis menunjukkan bahwa stabilitas emulsi dipengaruhi oleh konsentrasi alkali yang digunakan, dimana semakin tinggi penggunaan alkali maka akan menyebabkan semakin rendah emulsi yang dihasilkan. Dimana semakin tinggi perbandingan rasio molarnya, maka nilai tegangan permukaan akan semakin rendah (Rivai *et al.* 2017). Stabilitas emulsi berhubungan dengan tegangan permukaan dan tegangan antarmuka. Dimana semakin kecil tegangan permukaan dan tegangan antarmuka maka akan meningkatkan stabilitas emulsi (Hasenhuetti 2000).

## KESIMPULAN

Konsentrasi *lye* atau larutan alkali berpengaruh terhadap kualitas *foaming agent* dan kualitas kinerja lapangan. Hasil penelitian terbaik diperoleh dari penggunaan bilangan penyabunan dalam perhitungan penentuan jumlah alkali yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

Amran YHM, Farzadnia N, Ali AAA. 2015. Properties and applications of foamed concrete; a review. *Constr Build Mater.*

101(1):990-1005.

doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.10.112

Exerowa D dan Kruglyakov PM. 1998. *Foam and Foam Films: Theory, Experiment, Application.* 1-3, 494. Netherlands (NL): Elsevier.

Hasenhuetti GH. 2000. *Design and Application of Fat-Based Surfactans dalam Introduction to Fats and Oils Technologies.* 2<sup>nd</sup> editions. Editors: O'Brien RD, Farr Wan PJ AOCs Press. Champaign-Illinois: USA.

Holmberg K, Jonsson B, Kronberg B, Lindman B. 2002. *Surfactants and Polymers in Aqueous Solution.* London (GB): John Wiley & Sons Ltd.

[GAPKI] Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia. 2017. *Reflection palm oil industri outlook for 2016 and 2017 Indonesian Palm Oil Association (reflection 2016).*

Goon P, Bhirud RG, Kumar VV. 1999. Detergency and foam studies on linear alkylbenzene sulfonate and secondary alkyl sulfonate. *J Surfactant Deterg.* 2(4):489-493. doi:10.1007/s11743-999-0097-0.

Ketaren S. 2012. *Pengantar Teknologi Minyak Lemak Pangan.* Jakarta (ID): UI Pr.

Mizuki H, Kazuya U, Tomonori K, Takashi K, Masataka K, Shuichi H, Yoshihiko O, Shinji I, Shota M, Yoshio N. 2007. Novel environmental friendly soap-based fire-fighting agent. *J Environ Eng Manage.* 17(6): 403-408.

Ophardt Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian.* Yogyakarta (ID): UGM.

Pradesi J, Hambali E, Warsiki E. 2017. Sintesis *foaming agent* asam laurat sawit dan karakteristik sifat fisikokimia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian.* 27(3): 291-297. doi:10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.3.291

Rivai M, Hambali E, Suryani A, Fitria R, Firmansyah S, Pradesi J. 2017. Synthesis of palm oil fatty acid as foaming agent for firefighting agent application. *IOP Conf*

- Ser: Earth Environ Sci. 65.doi:10.1088/17551315/65/1/012047.
- Rondinini S, Buck RP, Covington AK. 2001. The measurement of pH-definition, standards and procedures. *Journal Pure Applied Chemistry*. 74 (11): 2169-2200
- Spitz L. 1996. *Soaps and Detergents: A Theoretical and Practical Review*. Illinois (US): AOAC Pr.
- Suryani A, Sailah I, Hambali E. 2002. *Teknologi Emulsi*. Bogor (ID): IPB Pr