

PENGARUH RASIO MOLAR SUBSTRAT DAN KONSENTRASI KATALIS PADA PEMBUATAN DECYL POLIGLIKOSIDA DARI D-GLUKOSA DAN DEKANOL

Rap Leonon, Walad Wirawan, Zuhrina Masyithah
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia
Email: leanon_lennon@gmail.com

Abstrak

Ada dua macam metode dalam memproduksi alkil poliglikosida (APG) yaitu metode langsung dan metode tak langsung. Pada penelitian ini dilakukan sintesis alkil poliglikosida dengan menggunakan metode langsung yaitu dengan mereaksikan langsung d-glukosa dan dekanol dengan variasi rasio molar d-glukosa:dekanol 1:10, 2:10, 4:10 dan 6:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) serta variasi konsentrasi HCl sebagai katalis 0,5; 1; 1,5 dan 2 (% berat glukosa) selama 3 jam dengan suhu reaksi 95 °C. Proses selanjutnya yaitu netralisasi dengan menggunakan basa kuat (NaOH) sampai pH 8-10 lalu larutan didistilasi dengan menggunakan distilasi vakum. Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa densitas, rendemen dan gugus fungsi. Sintesis decyl poliglikosida dengan hasil densitas terbaik dengan nilai 1,05 gr/mL diperoleh pada rasio molar glukosa:dekanol sebesar 2:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) dengan persen katalis 0,5%. Rendemen terbaik diperoleh dengan rasio molar substrat 2:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) dan konsentrasi katalis 1,5% dengan nilai rendemen sebesar 84,09 %. Analisa gugus fungsi dengan menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) terdeteksi gugus eter (COC) pada panjang gelombang 1032,33 cm^{-1} dan gugus OH terdeteksi pada panjang gelombang 3365,21 cm^{-1} .

Kata kunci: d-glukosa, dekanol, decyl poliglikosida

Abstract

There are two methods to produce alkyl polyglucoside (APG) which are direct method and indirect method. In this research, APG synthesize with direct method that involves by directly reacting d-glucose with decanol with molar ratio variation of d-glucose:decanol are 1:10; 2:10; 4:10 and 6:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) and HCl concentration as catalyst variation are 0,5; 1; 1,5 dan 2 (% based on weight of d-glucose) in 3 hours with temperature reaction is 95 °C. Next process is neutralizing with strong base (NaOH) until pH value is about 8-10 then the aqueous solutions are distilled with vacuum distillation. This research analyze density, yield and wavelength. Decyl polyglycoside synthetic optimum results best density value is 1,05 gr/mL in molar ratio of d-glucose:decanol 2:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) and catalyst concentration 0,5%. Best yield in molar ratio of d-glucose:decanol 2:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) and catalyst concentration 1,5% (% based on weight of d-glucose) with yield value is 84,09 %. Wavelength analysis of ether and OH linkage with *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) spectroscopy detected ether (COC) linkage at wavenumber 1032,33 cm^{-1} and OH groups detected at wavenumber 3365,21 cm^{-1} .

Keywords: d-glucose, decanol, decyl polyglycoside

Pendahuluan

Akhir-akhir ini masyarakat sangat selektif dalam memilih produk kebutuhan sehari-hari dan semakin peduli terhadap lingkungannya. Surfaktan memainkan peranan penting dalam bidang industri maupun produk konsumen. Perkembangan surfaktan tidak hanya dalam pencarian jenis surfaktan yang baru untuk suatu aplikasi tertentu di suatu industri, tetapi aspek keramahan lingkungan menjadi suatu syarat utama. Oleh karena itu penelitian mengenai surfaktan ramah lingkungan terus dilakukan hingga saat ini.

Surfaktan Alkil Poliglikosida (APG) merupakan salah satu surfaktan yang banyak dibutuhkan dan berpotensi sebagai surfaktan

yang ramah lingkungan. Salah satu keunggulan dari surfaktan APG antara lain tidak beracun (*non toxic*) sehingga permintaan dunia terhadap surfaktan APG menjadi meningkat. APG biasa digunakan pada formulasi beberapa produk seperti formulasi herbisida, produk-produk perawatan badan, produk kosmetik maupun pemucatan kain tekstil. Saat ini, kebutuhan akan surfaktan APG di Indonesia masih dalam bentuk impor. Impor surfaktan nonionik Indonesia pada tahun 2009 mencapai 18.176 ton [1]. Permintaan surfaktan didunia internasional cukup besar. Pada tahun 2004, permintaan surfaktan sebesar 11,84 juta ton per tahun dan pertumbuhan permintaan surfaktan rata-rata 3 % per tahun [8].

Selama ini alkil poliglikosida banyak diproduksi melalui proses transasetilasi (*indirect method*) antara glukosa dengan alkohol menggunakan proses dua tahap yang memerlukan peralatan dan biaya yang lebih mahal. Atas dasar pemikiran yang telah dipaparkan, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis alkil poliglikosida dengan menggunakan proses asetilasi (*direct method*), dimana alkohol lemak yaitu dekanol (C₁₀) direaksikan dengan D-glukosa menggunakan HCl sebagai katalis dimana prosesnya hanya berlangsung satu tahap.

Teori

Surfaktan merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang dapat diproduksi secara sintesis kimiawi ataupun biokimiawi. Surfaktan memiliki gugus hidrofobik dan hidrofilik dalam satu molekul.

Salah satu surfaktan yang dapat diproduksi dari bahan nabati adalah alkil poliglikosida (APG) dan surfaktan APG ini telah diklasifikasikan di Jerman sebagai surfaktan kelas I yang ramah lingkungan.

Ada dua macam tahapan dalam proses sintesis alkil poliglikosida yaitu dua tahap dan satu tahap. Untuk reaksi satu tahap monosakarida langsung direaksikan dengan alkohol rantai panjang selanjutnya langsung dilanjutkan ke tahap reaksi netralisasi, distilasi, pemucatan dan isolasi APG [3].

Pada proses asetilasi, ikatan antara glukosa dan *fatty alcohol* terbentuk. Secara umum pada tahapan ini ada tiga bahan baku utama yaitu gula, *fatty alcohol* rantai panjang dan katalis asam. Bahan baku gula yang biasa digunakan adalah d-glukosa karena cukup banyak diproduksi dalam skala industri [8]. Sedangkan *fatty alcohol* rantai panjang yang digunakan dalam sintesis APG menurut Hill et al. (1997) ialah *fatty alcohol* dengan rantai panjang C₈ – C₁₆. *Fatty alcohol* dapat diperoleh dari sumber petrokimia ataupun dari bahan alami, sumber terbarukan, seperti lemak dan minyak. Dalam pembuatan alkil poliglikosida (APG), *fatty alcohol* digunakan untuk membangun bagian hidrofobik dari molekul. Sedangkan bagian hidrofilik pada APG didapat dari karbohidratnya.

Pemilihan katalis pada proses sintesis APG juga sangat menentukan keberhasilan terbentuknya ikatan asetal serta memperpendek proses sintesa yang berlangsung. Dari berbagai macam katalis asam dipilih katalis asam klorida (HCl). Kelebihan HCl yaitu dapat larut dalam air dan ketersediaan produksinya yang banyak dalam skala industri. Menurut McCurry et al. (1972) konsentrasi katalis yang digunakan dalam proses sintesis APG sekitar 0,05 – 5%

berdasarkan berat glukosa yang digunakan [10]. Pada penelitian ini, konsentrasi katalis yang dipakai yaitu 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% katalis.

Penentuan rasio molar bahan baku juga berpengaruh terhadap proses asetilasi. Menurut Lew et al. (1972) rasio molar antara *fatty alcohol* dengan monosakarida yaitu sekitar 0,01 sampai 15. Sedangkan menurut Buchanan dan Matthew (2000) rasio molar yang baik dalam pembuatan surfaktan APG berkisar antara 1:3 sampai 1:6 (^{mol GL}/_{mol C₁₀}). Pemilihan rasio mol d-glukosa dengan alkohol lemak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1:10; 2:10; 4:10 dan 6:10 (^{mol GL}/_{mol C₁₀}). Pemilihan rasio molar substrat juga berpengaruh terhadap proses pembuatan surfaktan APG yang akhirnya akan berhubungan dengan biaya sintesa APG [9].

Pada proses asetilasi, temperatur yang rendah (<100 °C) menghasilkan APG dengan sedikit produk samping. Bagaimanapun, temperatur rendah berhubungan dengan lamanya waktu reaksi (tergantung panjangnya ikatan alkohol). Jika temperatur yang digunakan terlalu tinggi (>100 °C, biasanya sekitar 110-120 °C) maka warna karbohidrat mudah berubah [4]. Proses asetilasi pada penelitian ini berlangsung selama 3 jam dengan temperatur reaksi 95 °C.

Tahapan proses setelah asetilasi adalah proses netralisasi. Netralisasi bertujuan untuk menghentikan proses asetilasi agar tidak terjadi hidrolisis lanjut yang dapat menyerang glukosa. Pada proses netralisasi ditambahkan basa hingga tercapai suasana basa yaitu pada pH sekitar 7,5-12 [4]. Basa yang digunakan pada penelitian ini adalah sodium hidroksida (NaOH). Penggunaan larutan NaOH sangat dianjurkan karena NaOH tidak bereaksi terhadap alkohol atau produk. Proses netralisasi dilakukan pada suhu 70 °C dan pada tekanan normal. Pengukuran pH diukur sebelum dan sesudah proses netralisasi.

Tahapan distilasi bertujuan untuk menghilangkan *fatty alcohol* yang tidak bereaksi. Proses distilasi dilakukan dengan temperatur tinggi dan tekanan rendah atau vakum untuk dapat menguapkan *fatty alcohol* yang tidak bereaksi. Hasil akhir proses distilasi akan diperoleh *alkyl polyglucosides* (APG) kasar berbentuk cair atau pasta yang berwarna coklat dan berbau kurang enak.

Metodologi Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah d-glukosa, dekanol, asam klorida (HCl), aquadest dan Natrium Hidroksida (NaOH).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini *magnetic stirrer*, *hot plate*, termometer, selang, gabus, refluks kondensor, *rotary vacuum evaporator*, gelas ukur, statif dan klem, pipet

tetes, beaker glass, erlenmeyer dan indikator universal.

D-glukosa ditambahkan dekanol dengan variasi rasio perbandingan glukosa dan dekanol 1:10; 2:10; 4:10 dan 6:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$). Kemudian cairan dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan *magnetic stirrer*, termometer dan refluks kondensor. Ditambahkan HCl 0,6 M sebagai katalis dengan variasi konsentrasi katalis 0,5; 1; 1,5 dan 2 (% berat glukosa). Setelah itu campuran dipanaskan hingga suhu 95 °C sambil diaduk selama 3 jam. Hasil reaksi didinginkan hingga suhu 80-90 °C kemudian ditambahkan NaOH 50 % hingga pH 8-10 dengan menggunakan indikator universal. Larutan didistilasi dengan *rotary vacuum evaporator* selama 10 menit. Kemudian lapisan surfaktan dianalisa.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Rasio Molar Substrat dan Konsentrasi Katalis Terhadap Densitas Decyl Poliglukosida

Salah satu sifat fisika dari suatu benda adalah densitas. Densitas bahan merupakan salah satu parameter yang dapat memberikan informasi keadaan fisika dan kimia suatu bahan [12]. Pada Gambar 1 terlihat bahwa terjadi kenaikan densitas (Z) pada hampir setiap variasi rasio molar substrat (Y). Terlihat pada rasio molar 2:10; 4:10 dan 6:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) densitas decyl poliglukosida semakin meningkat dengan bertambahnya rasio molar substrat.

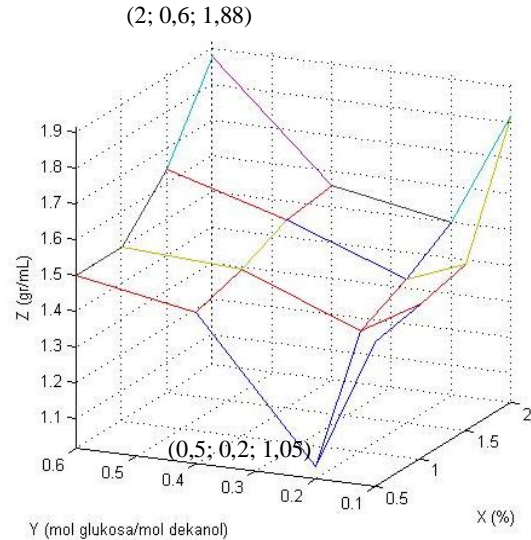
Berdasarkan literatur, bertambahnya konsentrasi padatan terlarut dapat meningkatkan densitas suatu cairan. Rasio molar glukosa – *fatty alcohol* yang semakin besar akan memperbesar peluang *fatty alcohol* untuk berikatan dengan gugus aldehid pada glukosa untuk membentuk gugus asetal [8]. Densitas dan mol suatu zat dihubungkan oleh persamaan (1) dan (2) [14] :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (1)$$

$$m = n.BM \dots\dots\dots (2)$$

dimana ρ = densitas partikel, m = massa partikel, BM = bobot molekul, V = volume, n = jumlah mol zat terlarut.

Dari persamaan (1) dan (2) dapat disimpulkan bahwa densitas berbanding lurus dengan massa partikel. Semakin tinggi perbandingan rasio molar substrat maka semakin besar massa partikel APG yang terbentuk sehingga semakin tinggi pula densitasnya.



Gambar 1. Pengaruh Rasio Molar Substrat dan Konsentrasi Katalis Terhadap Densitas Decyl Poliglukosida

Dari Gambar 1 juga terlihat bahwa bertambahnya konsentrasi katalis (X) meningkatkan densitas alkil poliglukosida. Hal ini sesuai dengan literatur dimana penambahan jumlah katalis akan semakin mengaktifkan zat-zat pereaksi sehingga semakin memperbesar peluang reaktan untuk saling bertumbukan menghasilkan produk [11].

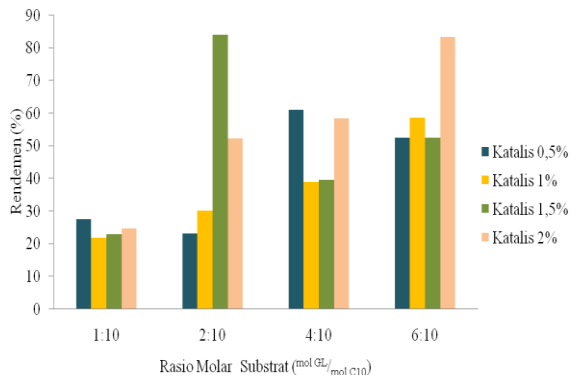
Reaksi asetalisasi dilakukan dengan menggunakan katalis asam selama 3 jam. Jika reaksi dilakukan tanpa menggunakan katalis maka reaksi berlangsung sangat lambat hingga memakan waktu 6 jam atau lebih. Densitas yang dihasilkan dari reaksi glukosa dan dekanol dengan perbandingan 2:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) tanpa katalis yaitu sebesar 1,40 gr/mL dan rendemen yang dihasilkan masih kecil yaitu sebesar 22,3%. Berdasarkan Wang *et al.* (2015) reaksi tanpa menggunakan katalis lebih sulit dilakukan karena laju reaksi yang sangat lambat dan glukosa terkumpul menghasilkan ukuran partikel yang lebih besar sehingga dapat menyebabkan terjadinya karamelisasi. Selain itu, reaksi pembentukan asetal (glikosida) terjadi karena salah satu oksigen diprotonasi oleh katalis asam. Jadi proses sintesis alkil poliglukosida memerlukan katalis asam pada pembuatannya [13].

Pada penelitian ini perbandingan glukosa dengan dekanol yang menghasilkan densitas paling tinggi didapat dari rasio molar substrat 6:10 ($\text{mol}^{\text{GL}}/\text{mol}^{\text{C10}}$) dengan konsentrasi katalis 2% dimana nilai densitasnya sebesar 1,88 gr/mL. Namun berdasarkan Fiume dan Bart (2011) densitas produk decyl poliglukosida berkisar 1,14 gr/mL pada suhu 20 °C [6]. Hasil yang mendekati dengan literatur tersebut adalah pada

saat rasio 2:10 dan katalis 0,5% dengan nilai densitas sebesar 1,0513 $\frac{gr}{mL}$.

Pengaruh Rasio Molar Substrat dan Konsentrasi Katalis Terhadap Rendemen Decyl Poliglukosida

Rendemen surfaktan alkil poliglukosida (APG) merupakan salah satu parameter untuk mengetahui jumlah surfaktan APG yang dihasilkan pada proses sintesis. Rendemen dihitung dengan membandingkan bobot APG murni yang dihasilkan dibandingkan total bobot bahan baku. Rasio molar yang menghasilkan rendemen tinggi diperoleh dari rasio molar substrat 6:10 ($\frac{mol\ GL}{mol\ C_{10}}$) dimana nilai rendemen berkisar antara 52,51-83,33%.



Gambar 2. Pengaruh Rasio Molar Substrat Terhadap Rendemen Decyl Poliglukosida

Pada Gambar 2 terlihat bahwa rendemen semakin meningkat dengan bertambahnya rasio molar substrat glukosa. Semakin banyak perbandingan rasio molar substrat maka semakin banyak pula bobot bahan baku sehingga semakin banyak pula glukosa yang bereaksi dengan dekanol membentuk decyl poliglukosida.

Penambahan jumlah katalis akan semakin mengaktifkan zat-zat pereaksi sehingga semakin memperbesar peluang reaktan untuk saling bertumbukan menghasilkan produk [11]. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi katalis (%) dapat meningkatkan rendemen.

Rendemen paling tinggi diperoleh dari perbandingan rasio glukosa:dekanol sebesar 2:10 ($\frac{mol\ GL}{mol\ C_{10}}$) dan persen katalis 1,5% dengan nilai rendemen sebesar 84,09 % kemudian rendemen menurun pada kenaikan rasio molar substrat. Hal ini disebabkan oleh karena katalis yang dilemahkan oleh banyaknya alkohol dan menyebabkan kecepatan reaksi menurun dan menurunkan rendemen yang dihasilkan.

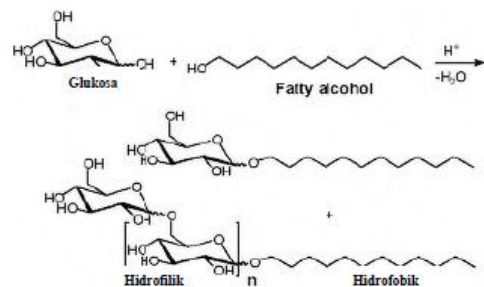
Rata-rata rendemen yang dihasilkan pada penelitian Indrawanto (2008) berkisar antara

41,5-66,8%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan rasio molar 6:10 ($\frac{mol\ GL}{mol\ C_{10}}$) dengan konsentrasi katalis 0,5-2% dapat menghasilkan decyl poliglukosida dengan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan rasio molar lainnya.

Analisa Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Spektroskopi FTIR merupakan alat untuk mendeteksi gugus fungsi dari suatu senyawa dengan menggunakan spektrum infra merah dari senyawa organik yang mempunyai sifat fisik yang khas. Energi radiasi infra merah akan diadsorpsi senyawa organik, sehingga molekulnya akan mengalami rotasi atau vibrasi. Ikatan kimia yang berbeda seperti C-C, C-H, C=O, O-H dan sebagainya mempunyai frekuensi vibrasi yang berbeda.

Pada sintesa alkil poliglukosida (APG) satu tahap terjadi reaksi seperti yang digambarkan pada Gambar 3 [7]. Ikatan hidrofilik dibentuk dari glukosa sedangkan ikatan hidrofobik atau lipofilik dibentuk oleh *fatty alcohol*. Hasil sintesa decyl poliglukosida dengan menggunakan kedua bahan baku tersebut di analisa dengan spektroskopi FTIR seperti pada Gambar 4

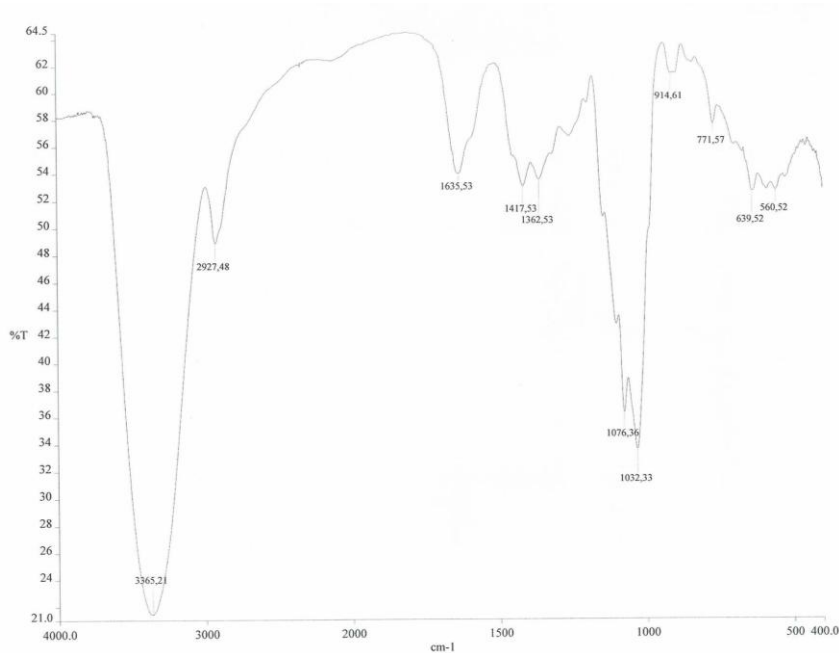


Gambar 3. Reaksi Sintesis APG Satu Tahap

Pada data analisis spektroskopi FTIR surfaktan APG hasil penelitian yang dilakukan oleh El-Sukkary *et al.* (2008) dan Amin *et al.* (2013) memiliki panjang gelombang yang tidak jauh berbeda sebagaimana tercantum dalam Tabel 1. Terbentuknya gugus eter (C-O-C) pada Gambar 4 menandakan bahwa sintesis antara gugus hidroksil dari d-glukosa dengan dekanol telah terbentuk, yang berarti struktur gugus hidrofobik dari surfaktan APG telah terbentuk.

Tabel 1. Karakteristik Panjang Gelombang Surfaktan APG dari Alkohol Lemak C₁₀

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		
	El-Sukkary <i>et al.</i> (2008) [5]	Amin <i>et al</i> (2013) [2]	APG hasil sintesis
CH ₂	1466	1458	1417,53
Aromatis	721	721	771,57
CH ₃	2961	2924	2927,48
O-H	3200-3400	3391	3365,21
C-O	1056		1076,36
CHO	1731		1635,53
Eter (C-O-C)	1152	1034-1051	1032,33



Gambar 4. Hasil Analisa Spektroskopi FT-IR Decyl Poliglucosida Hasil Sintesis

Kesimpulan

Hasil penelitian dari pengaruh rasio molar dan persen katalis dalam pembuatan surfaktan decyl poliglucosida dari d-glukosa dan dekanol, dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Pengaruh rasio molar substrat dan konsentrasi katalis terhadap densitas dan rendemen decyl poliglucosida yaitu:
 - a. Besarnya perbandingan rasio molar substrat berpengaruh terhadap densitas dan rendemen decyl poliglucosida yang dihasilkan karena semakin besar rasio molar substrat maka semakin banyak gugus asetal yang terbentuk.
 - b. Konsentrasi katalis berpengaruh terhadap densitas dan rendemen decyl poliglucosida yang dihasilkan karena penambahan jumlah katalis akan semakin mengaktifkan zat-zat pereaksi sehingga semakin memperbesar peluang

reaktan untuk saling bertumbukan menghasilkan produk.

- c. Densitas terbaik dengan nilai 1,05 gr/mL diperoleh pada rasio molar glukosa : dekanol sebesar 2:10 (mol^{GL}/mol C₁₀) dengan persen katalis 0,5%.
 - d. Rendemen tertinggi yang dihasilkan dari proses sintesis decyl poliglucosida diperoleh dengan rasio molar substrat 2:10 (mol^{GL}/mol C₁₀) dan persen katalis 1,5% dengan nilai rendemen sebesar 84,09 %.
2. Sintesis decyl poliglucosida dari d-glukosa dan dekanol terbentuk gugus eter (COC) yang menandakan bahwa struktur gugus hidrofobik dari surfaktan telah terbentuk pada panjang gelombang 1032,33 cm⁻¹ dan terbentuk gugus OH yang menandakan bahwa struktur gugus hidrofilik dari surfaktan telah terbentuk pada panjang gelombang 3365,21 cm⁻¹.

Daftar Pustaka

- [1] Aisyah, Siti, "Produksi Surfaktan Alkil Poliglukosida (APG) dan Aplikasinya pada Sabun Cuci Tangan Cair", Tesis, Program Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Agrikultur IPB, Bogor, 2011.
- [2] Amin, Izazi Azzahidah, Mohd Ambar Yarmo, Nik Idris Nik Yusoff, Nor Asikin Mohamad Nordin, Wan Nor Roslam Wan Isahak, "Synthesis of Alkyl Polyglucoside from Dextrose-Decanol in The Presence of Silicotungstic Acid Sol-Gel Catalyst", *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 17(1), 96-97, 2013.
- [3] Bastian, Februadi, "Pemurnian Surfaktan Nonionik Alkil Poliglukosida (APG) Berbasis Tapioka dan Dodekanol", Tesis, Program Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Agrikultur IPB, Bogor, 2011.
- [4] Buchanan Charles Michael dan Matthew Davie Wood, "Process For Making Alkylpolyglycosides", *United States Patent*. No. 6,077,945.
- [5] El-Sukkary, M. M. A, Nagla A. Syed, Ismail Aiad dan W. I. M. El-Azab, "Synthesis and Characterization of Some Alkyl Polyglycosides Surfactants", *Journal of Surfactant Detergency*, 11, 129-137, 2008.
- [6] Fiume Monic M dan Bart A. Heldreth, "Decyl Glucoside and Other Alkyl Glucoside as Used in Cosmetics", *Cosmetics Ingredient Review*, Washington, 2011.
- [7] Hill, Karlheinz, *Fats and Oils as Oleochemical Raw Materials*, Pure Appl. Chem. Vol.72, No.7, IUPAC, 2000.
- [8] Indrawanto, Rochmad, "Optimasi Nisbah Mol Glukosa-Fatty Alcohol C₁₂ dan Suhu Asetilasi pada Proses Pembuatan Surfaktan Nonionik Alkyl Polyglycosides (APG)", Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2008.
- [9] Lew Baak W, Ardentown, Del, "*Process for Preparing Mono- and Polyglycosides*", Atlas Chemical Industries, Wilmington. 1972.
- [10] McCurry Patrick M., Carl E. Pickens, both of Decatur, Ill, "Process for Preparation of Alkylglycosides", *United States Patent*, No. 4,950,743, 1990.
- [11] Mudjijono dan Sasanti Utami, "Pengaruh Parameter Reaksi terhadap Rendemen Polioli dari Minyak Biji Karet", *Jurnal Penelitian Kimia*, 9(2), 46, 2013.
- [12] Sucipto David Adi, Gancang Saroja dan Lailatin Nuriyah, "Pengukuran Densitas Bahan Organik Berskala Mili-Liter (mL) dengan Metode Levitasi Magneto-Archimedes Menggunakan Sumber Magnet Tunggal", Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang, 2014.
- [13] Wang Jigang, Yongle Xin, Danting Fan dan Sitong Chen, "Synthesis and Characterization of APG-12", *Open Journal of Composite Materials*, 5, 2015.
- [14] Yang Wen-Ching, *Handbook of Fluidization and Fluid-Particle Systems* (Pennsylvania: Marcel Dekker Inc., 2003), hal.17.