

Uji Aktivitas Antibakteri Produk Reduksi Asam Palmitat Dalam Sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$ Terhadap *Escherichia coli* Dan *Staphylococcus aureus*

Dina Nufailah*, Pratama Jujur Wibawa*, Wijanarko**

*)Kimia Organik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro Semarang

**) Mikrobiologi Jurusan Biologi Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Reduksi asam karboksilat termasuk asam palmitat cenderung sulit dan membutuhkan reduktor yang sangat kuat, salah satunya boran yang dapat diperoleh dengan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$ sehingga dapat mereduksi asam palmitat menjadi setil alkohol, suatu *fatty alcohol*. *Fatty alcohol* dengan rantai karbon lebih dari 17 telah dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mereduksi asam palmitat menjadi setil alkohol dengan menggunakan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$ serta mengetahui aktivitas antibakteri yang mungkin dimiliki setil alkohol dari produk reduksi terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan metode difusi kertas cakram. Hasil penelitian diperoleh padatan berwarna putih dengan rendemen sebesar 77,51 % dan titik leleh ± 50 °C. Data spektrum FT-IR terlihat bahwa asam palmitat telah tereduksi menjadi setil alkohol, meskipun belum sempurna. Berdasarkan hasil uji antibakteri senyawa produk reduksi dapat berperan sebagai antibakteri. Berdasarkan analisa sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut Duncan, aktifitas antibakteri paling efektif pada bakteri *S. aureus* dibanding dengan *E. Coli*, sedangkan perlakuan konsentrasi tidak menunjukkan pengaruh yang nyata.

Kata kunci : Asam palmitat, Reduksi asam karboksilat, $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$, *Fatty alcohol*, Metode difusi kertas cakram

Antibacterial Activity Test of Product Reduction of Palmitic Acid Using $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$ System against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*

Abstract

Reduction carboxylic acid included palmitic acid is very difficult and need a hard reductor, like borane which is getting from $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$ system, it is can reduce palmitic acid to cetyl alcohol, a fatty alcohol. Fatty alcohols with more than 17 carbon chain are reported had antibacterial activity. Therefore, the purposes of this research are to reduce palmitic acid to cetyl alcohol using $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$ system and to find out the antibacterial activity of cetyl alcohol from reduction product against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* with diffusion agar disc method. A white solid was obtained from the synthesis reaction with rendement and melting point of 77.51% and ± 50 °C respectively. The FT-IR spectra of reduction product showed that palmitic acid had been reduced to cetyl alcohol, though it was not really pure. Furthermore, based on its antibacterial test data, this compound could also play a role as antibacterial. According to ANOVA and Duncan test, *S. aureus* had more effective antibacterial activity than *E. coli*, while concentration did not give a real effect.

Keywords: Palmitic acid, Reduce carboxylic acid, $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$, *Fatty alcohol*, Diffusion agar disc method

PENDAHULUAN

Reduksi asam palmitat yang termasuk golongan asam karboksilat menjadi alkohol yakni setil alkohol cenderung sulit dan membutuhkan agen pereduksi yang sangat kuat seperti LiAlH_4 . Namun tingginya kereaktifan LiAlH_4 ini menyebabkan perlakuan dalam penggunaannya sulit serta memiliki keterbatasan seperti membutuhkan pelarut anhidrat dan mahal. Di sisi lain, NaBH_4 merupakan agen pereduksi yang baik, tidak mahal dan aman dalam penggunaannya, tetapi NaBH_4 kurang mampu mereduksi asam karboksilat serta derivatnya (Saeed, A., 2006). Untuk memperluas penggunaan NaBH_4 , kereaktifannya dapat ditingkatkan dengan beberapa zat tambahan seperti ZnCl_2 menghasilkan $\text{Zn}(\text{BH}_4)_2$ (Narasimhan, S., 1998) dan juga dengan penambahan asam lewis seperti dimetil sulfat, boron trifluorida dan trifenil borat. Namun pada penelitian ini akan digunakan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ untuk mereduksi asam palmitat, dimana sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ akan menghasilkan boran sebagai reduktor yang sangat baik, misalnya dalam mereduksi asam karboksilat aromatik dan derivatnya menjadi alkohol secara langsung (Cho, S., *et al.*, 2004). Selain itu, persen produk reduksi asam karboksilat dengan penambahan boron trifluorida lebih tinggi dibandingkan penambahan asam lewis lainnya (Cho, B.T., 1982). Sedangkan preparasi $\text{Zn}(\text{BH}_4)_2$ untuk mereduksi asam palmitat menjadi setil alkohol membutuhkan waktu lama (72 jam). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ guna mereduksi asam palmitat yang termasuk asam karboksilat rantai panjang untuk menghasilkan setil alkohol.

Setil alkohol merupakan salah satu senyawa golongan alkohol rantai panjang atau sering disebut *fatty alcohol* karena diperoleh dari turunan asam lemak. Togashi, N., *et al.*, 2007 melaporkan bahwa beberapa *fatty alcohol* dengan rantai karbon lebih dari 17 memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai sifat antibakteri yang mungkin dimiliki setil alkohol (C16) sebagai zat antara dalam sintesis *cetyl pyridinium chloride*, suatu agen antibakteri, terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan asam palmitat yang termasuk hidrokarbon rantai panjang (C16) juga dapat direduksi menjadi setil alkohol dengan menggunakan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ dan produk yang diperoleh diuji aktifitas antibakterinya terhadap *Staphylococcus aureus* (gram positif) dan *Escherichia coli* (gram negatif).

BAHAN DAN CARA KERJA

Alat. Seperangkat alat refluks, labu leher tiga, corong penambah, penangas listrik, termometer, pengaduk magnetik, gelas beker, pengaduk gelas, erlemeyer, kaca arloji, tabung reaksi, labu ukur, botol vial, timbangan analit, kertas saring, kertas aluminium foil, corong kaca, corong pisah, pipet tetes, autoklaf, inkubator, kawat ose, petridis, spiritus, jangka sorong dan spektrofotometri FT-IR.

Bahan. Asam palmitat p.a, NaBH_4 p.a., THF p.a., $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ p.a., diklorometan p.a., kloroform teknis dan akuades yang dapat diperoleh dari toko-toko bahan kimia, *nutrien Broth (NB)* dan *nutrien Agar (NA)* yang diperoleh dari laboratorium Biologi FMIPA UNDIP, bakteri *Staphylococcus aureus* yang

diperoleh dari laboratorium Biokimia FMIPA UNDIP dan *Escherichia coli* yang diperoleh dari laboratorium Biologi FMIPA UNDIP.

Cara Kerja

1. Reduksi Asam Palmitat

Kedalam labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan pengaduk magnet, corong penetes, pendingin bola dan tabung berisi silika, dimasukkan 2 gram asam palmitat ditambahkan ke dalam NaBH_4 1,1369 gram setelah masing-masing dilarutkan dalam 20 mL THF. Larutan $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$ sebanyak 4 mL dalam THF ditambahkan perlahan-lahan ke dalam larutan NaBH_4 dan asam karboksilat (asam palmitat) dalam THF pada temperatur kamar dan kondisi inert dengan mengalirkan gas N_2 . Campuran diaduk terus menerus dengan magnetik stirer selama 60 jam. Kemudian campuran reaksi ditambahkan H_2SO_4 2M sebanyak 4 mL dalam THF. Selanjutnya ditambah NaOH 2M sebanyak 8 mL. Setelah 10 menit, THF dibuang dengan rotary evaporator. Produk yang telah mengental ditambahkan 25 mL diklorometan dan dilakukan pengadukan selama ± 1 jam. Lapisan organik dipisahkan dan dievaporasi untuk memperoleh produk bebas pelarut.

2. Analisis Produk Reduksi

Hasil sintesis dianalisa titik leburnya dan diidentifikasi dengan menggunakan spektrofotometri FT-IR. Kemudian spektra yang dihasilkan dibandingkan dengan spektra asam palmitat dan spektra setil alkohol dari literatur.

3. Uji Aktifitas Antibakteri dari Produk Reduksi

a. Sterilisasi alat dan bahan

Cawan petri, erlenmeyer, tabung reaksi, penjepit, spatula, sprider, kertas saring, *Nutrient Broth (NB)*, *Nutrient Agar (NA)*, dan seluruh alat dan bahan (kecuali setil alkohol) yang akan digunakan disterilisasi di dalam autoklaf setelah sebelumnya dicuci bersih, dikeringkan, dan dibungkus dengan kertas (Pelczar, 2005).

b. Pembuatan stok kultur murni dan suspensi bakteri uji

Sebelum dipakai dalam uji antibakteri, bakteri *S. aureus* dan *E. coli* yang akan dipakai harus diregenerasi terlebih dahulu (umur 24 – 48 jam). Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat biakan agar miring yaitu menggoreskan biakan dari stok bakteri ke media *Nutrient Agar (NA)* miring yang masih baru. Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Biakan tersebut merupakan aktivitas awal dari stok bakteri yang telah disimpan pada suhu $4 - 5^\circ\text{C}$.

Dari biakan tersebut diambil satu ose untuk setiap bakteri uji (*S. aureus* dan *E. coli*) dan diinokulasikan ke dalam 100 mL *Nutrient Broth (NB)* steril pada erlemeyer ukuran 250 mL. Selanjutnya erlemeyer tersebut diinkubasi di dalam inkubator bergoyang (*shaker*) dengan kecepatan 150 rpm.

c. Pengujian Aktivitas Antibakteri

Satu mililiter suspensi *S. aureus* dan *E. coli* yang telah dibuat tadi, diinokulasikan pada 15 mL medium NA cair (pour plate) kemudian diratakan dan dibiarkan memadat. Cakram kertas steril dengan diameter 0,6 cm dicelupkan ke dalam larutan setil alkohol hasil sintesis selama 2 detik. Setelah itu cakram diangkat dan dilewatkan di atas lampu spiritus, kemudian diletakkan di atas permukaan medium NA yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri. Tiap

cawan petri yang berisi 3 – 5 buah cakram kertas dari konsentrasi setil alkohol yang sama, diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37 °C. (Brooks, *et al*, 2001; Nester, *et al.*, 1982 ; Pelczar, 1988).

d. Parameter

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah diameter zona hambat (mm) dari masing-masing perlakuan, pengukuran dilakukan dengan penggaris. (Pelczar, 1988).

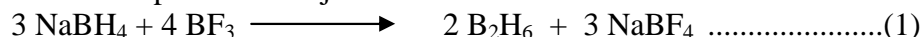
e. Rancangan percobaan

Rancangan dasar penelitian ini adalah RAL faktorial. Faktor yang dicoba pada penelitian ini adalah konsentrasi setil alkohol 1%, 1,5%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% (b/v) dan macam bakteri yang digunakan *S. aureus* (B1) dan *E. Coli* (B2). Semua perlakuan dilakukan 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis of variance (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikan 5% dan 1%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Reduksi Asam Palmitat

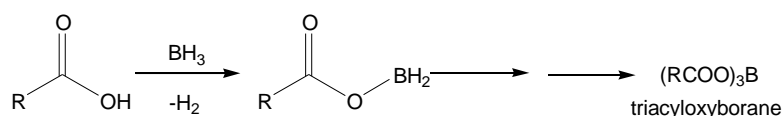
Penelitian reduksi asam palmitat dilakukan dengan menggunakan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$. Menurut Cho, S., 2004, perlakuan *sodium borohydride* dengan *boron trifluoride etherate* akan menghasilkan boran. Boran inilah yang akan mereduksi asam palmitat menjadi setil alkohol.



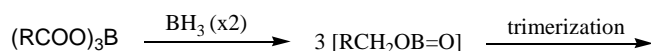
Gas diboran tersebut akan terdisosiasi menjadi monomernya (BH_3) dalam pelarut THF (*Tetrahydrofuran*), dimana boran yang terbentuk akan terstabilkan oleh oksigen dalam sistem THF.

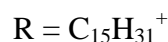
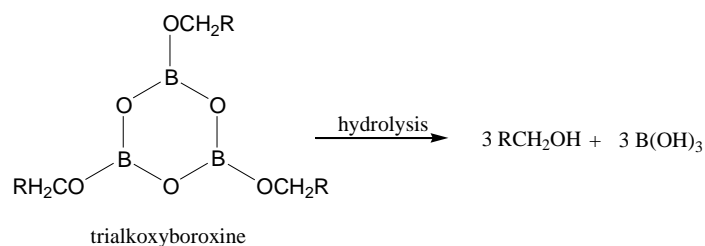


Boran dengan tiga buah hidridanya akan mereduksi asam palmitat melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah pembentukan *triacyloxyborane* dengan penambahan 3 ekuivalen dari asam karboksilat untuk tiap molekul boran.

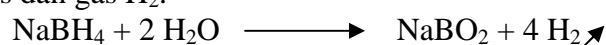


Tahap kedua adalah pembentukan trialkoxyboroxine dengan penambahan 2 akuivalen dari boran, sehingga akan menyempurnakan reduksi asam karboksilat tersebut. Tahap ketiga adalah hidrolisis, alkohol akan dibebaskan, sedangkan boron berada dalam bentuk asam borat.





Selain itu, penambahan air bertujuan untuk menghilangkan $NaBH_4$ yang masih tersisa. Larutan $NaBH_4$ jika bereaksi dengan air akan terdekomposisi membentuk boraks dan gas H_2 .

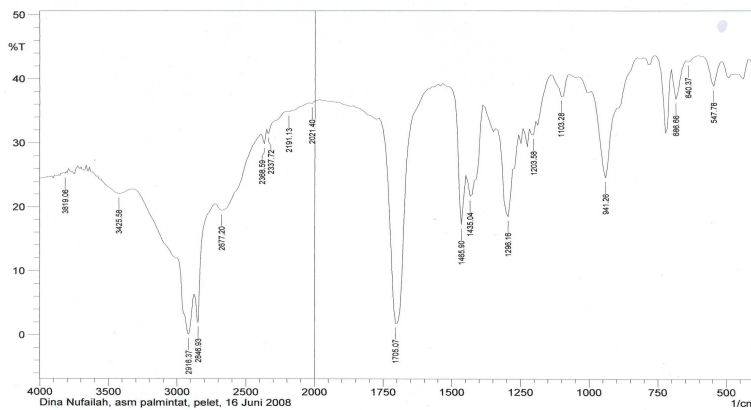


Langkah selanjutnya adalah pemurnian dan ekstraksi. Pelarut THF dipisahkan dengan *rotary evaporator* sehingga diperoleh produk yang pekat. Produk ini diekstraksi dengan diklorometan dan akan terbentuk dua lapisan, yaitu fasa air dan fasa organik. Kemudian, fasa organik dipisahkan lalu dievaporasi dengan *rotary evaporator* sehingga senyawa yang dihasilkan sudah terbebas dari zat-zat pengotor. Padatan yang terbentuk dikeringkan dalam desikator. Kemudian ditimbang, ditentukan titik lelehnya, dan dianalisis dengan spektrofotometer FT-IR.

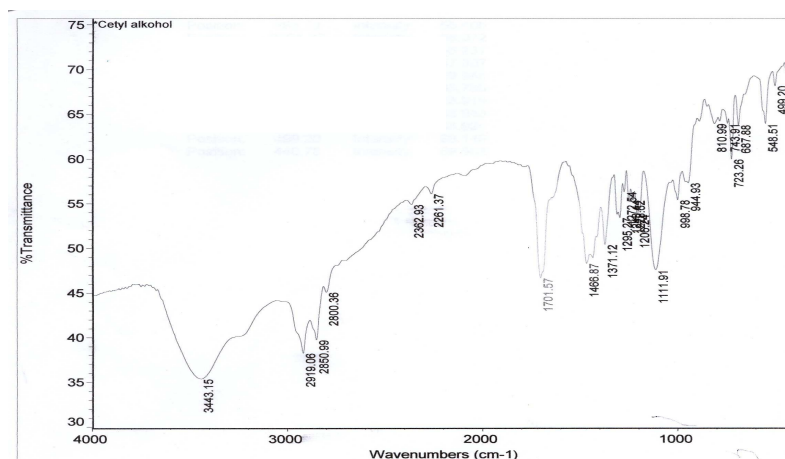
Hasil reaksi yang didapatkan berupa padatan putih seperti lilin dengan rendemen sebesar 77,51 % dengan titik leleh ± 50 °C sedangkan asam palmitat sebagai bahan awal memiliki titik leleh 62 °C. Hal ini menunjukkan bahwa bahan awal asam palmitat telah berubah atau menghasilkan senyawa baru. Berdasarkan Budavari (1989) titik leleh setil alkohol sebesar 49 °C, hal ini membuktikan bahwa produk yang diperoleh kemungkinan besar adalah setil alkohol.

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan spektrofotometer FT-IR untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada pada senyawa produk (senyawa setil alkohol), kemudian dibandingkan dengan spektra asam palmitat (*material start*) dan spektra setil alkohol dari literatur. Ketiga spektra dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Dari spektra produk yang dihasilkan terdapat serapan lebar kuat pada $3443,15\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus hidroksil. Serapan pada daerah $2919,06\text{ cm}^{-1}$ dan $2850,99\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus alkil $C_{sp^3}\text{-H}$ diperkuat dengan serapan di daerah $743,91\text{ cm}^{-1}$ dan $723,26\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan senyawa mengandung rantai alkil yang panjang. Serapan pada panjang gelombang $1111,91\text{ cm}^{-1}$ berasal dari gugus C-O. Sedangkan serapan pada panjang gelombang $1701,57\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan masih adanya gugus karbonil (C=O). Hal ini kemungkinan disebabkan karena masih adanya asam palmitat yang belum tereduksi.



Gambar 1: Spektra FT-IR senyawa asam palmitat



Gambar 2: Spektra FT-IR produk reduksi

Bila dibandingkan dengan spektra FT-IR produk sintesis terlihat jelas bahwa *material start* asam palmitat telah berubah menjadi setil alkohol. Hal ini jelas terlihat pada serapan disekitar 3000 cm^{-1} dimana serapan produk setil alkohol lebih tajam dan melebar dibanding asam palmitat. Selain itu, pada spektra setil alkohol terlihat serapan gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) pada panjang gelombang $1701,57\text{ cm}^{-1}$ yang lebih rendah dibandingkan serapan $\text{C}=\text{O}$ pada spektra asam palmitat di sekitar $1705,07\text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan bahwa produk setil alkohol telah terbentuk meskipun masih mengandung asam palmitat atau belum benar-benar murni. Oleh karena itu dapat disimpullkan bahwa asam palmitat telah berhasil direduksi menjadi setil alkohol dalam sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3\cdot\text{Et}_2\text{O}$.

2. Uji Aktifitas Antibakteri dari Produk Reduksi

Uji ini dilakukan dengan variasi konsentrasi produk reduksi (setil alkohol) 1%, 1,5%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% (b/v) dalam pelarut kloroform. Dalam uji antibakteri ini, digunakan metode difusi agar dengan menggunakan cakram kertas. Metode ini digunakan karena cukup sederhana dan efektif untuk mengetahui

aktifitas antibakteri suatu sampel (Brooks *et al.*, 2001). Cakram kertas yang digunakan memiliki diameter 0,6 cm.

Larutan kloroform digunakan sebagai pelarut produk reduksi tersebut (setil alkohol), tetapi ternyata kloroform memberikan hambatan, sehingga lebar zona hambat untuk produk dihitung dengan mengurangi lebar zona hambat larutan dengan lebar zona hambat pelarut (kloroform). Lebar zona hambat dari senyawa setil alkohol terhadap *S. aureus* dan *E. coli* dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam penelitian ini, sebagai kontrol positif uji antibakteri digunakan tetrasiklin 0,1%. Dipilih tetrasiklin sebab tetrasiklin memiliki spektrum antibakteri yang luas karena telah teruji mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram positif maupun bakteri gram negatif. Dalam penelitian ini digunakan konsentrasi tetrasiklin 0,1% karena tetrasiklin merupakan senyawa yang telah murni dan telah teruji kemampuannya sebagai antibakteri.

Tabel 1: Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat Pertumbuhan *S. aureus* dan *E. coli* Setelah Inkubasi 24 Jam (mm)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	U1	U2	U3		
B1 K1	1,50	0,50	1,00	3,00	1,000
B1 K2	2,00	1,00	1,00	4,00	1,333
B1 K3	0,00	2,00	1,50	3,50	1,167
B1 K4	0,50	1,50	2,00	4,00	1,333
B1 K5	2,50	1,00	0,50	4,00	1,333
B1 K6	1,00	0,50	1,00	2,50	0,833
B1 K7	2,00	2,00	3,00	7,00	2,333
B2 K1	0,00	0,25	1,00	1,25	0,417
B2 K2	0,30	0,00	1,00	1,30	0,433
B2 K3	0,00	0,50	1,00	1,50	0,500
B2 K4	0,50	0,50	0,00	1,00	0,333
B2 K5	2,00	1,00	0,50	3,50	1,167
B2 K6	1,00	0,50	0,50	2,00	0,667
B2 K7	1,00	0,50	1,50	3,00	1,000

Keterangan :

B1 : bakteri *Staphylococcus aureus*

B2 : bakteri *Escherichia coli*

K1 : 1% setil alkohol

K2 : 1,5% setil alkohol

K3 : 2% setil alkohol

K4 : 4% setil alkohol

K5 : 6% setil alkohol

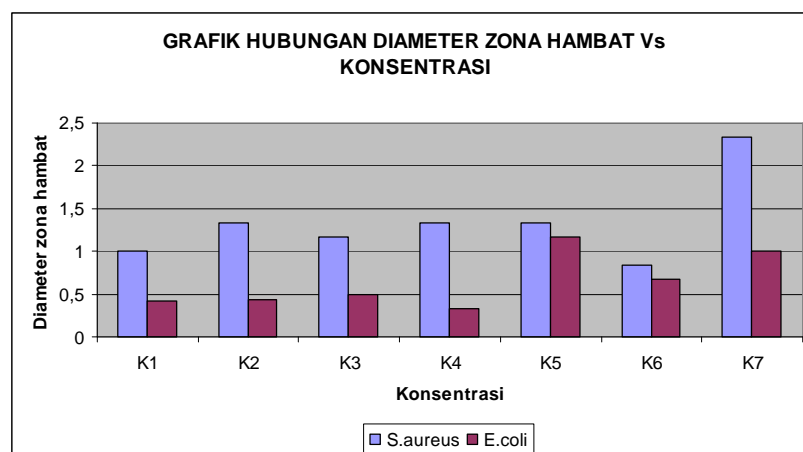
K6 : 8% setil alkohol

K7 : 10% setil alkohol

Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa produk reduksi (setil alkohol) memiliki aktifitas antibakteri meskipun sangat kecil, baik terhadap bakteri gram positif yakni *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan rata-rata zona hambat masing-masing sebesar 1,33mm dan 0,65mm.

Kemampuan penghambatan setil alkohol ini disebabkan karena setil alkohol memiliki sifat hidrofil maupun hidrofobik, tetapi sifat hidrofobiknya jauh lebih besar dibandingkan sifat hidrofiliknya. Struktur yang demikian ini akan menyebabkan terganggunya proses osmosis maupun difusi pada membran sel mikrobial tersebut (Faatih, 2005).

Data diameter zona hambat pertumbuhan bakteri dianalisis dengan uji ANOVA, kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan. Berdasarkan analisa sidik ragam (ANOVA), pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* terhadap perlakuan jenis bakteri menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($F_{hitung} > F_{Tabel}$; $\alpha = 0,01$). Hal ini menunjukkan bahwa produk reduksi (setil alkohol) memiliki aktifitas antibakteri yang berbeda terhadap pertumbuhan kedua bakteri. Sedangkan pada perlakuan macam konsentrasi dan interaksi antara perlakuan jenis bakteri dan macam konsentrasi, masing-masing tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$; $\alpha = 0,05$).



Gambar 3: Grafik hubungan antara diameter zona hambat dengan konsentrasi produk reduksi (setil alkohol)

Uji lanjut Duncan terhadap hasil pengukuran diameter zona hambat pertumbuhan bakteri menunjukkan bahwa produk reduksi (setil alkohol) mempunyai aktivitas yang berbeda terhadap bakteri uji (Beda riil $>$ Beda baku JNTD 0,01). Perbedaan reaksi bakteri uji terhadap senyawa setil alkohol (produk reduksi) disebabkan oleh adanya perbedaan struktur dinding sel pada kedua bakteri uji. Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri gram positif yang memiliki struktur dinding sel yang relatif sederhana dibandingkan dengan bakteri gram negatif (Bibiana, 1992). *E. coli* adalah bakteri gram negatif yang memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks dan berlapis tiga, yaitu lapisan luar yang berupa lipoprotein, lapisan tengah yang berupa peptidoglikan yang tebal dan lapisan dalam lipopolisakarida (Pelczar, 1988). Struktur dinding sel bakteri gram positif yang lebih sederhana tersebut memudahkan senyawa antibakteri untuk

masuk ke dalam sel dan menemukan sasaran untuk bekerja. Sedangkan dinding sel yang kompleks menimbulkan hambatan bagi senyawa bioaktif seperti alkohol untuk menembus membran sel bakteri, sehingga *E. coli* kurang peka terhadap senyawa bioaktif tersebut, hal ini dapat dilihat dari perbedaan lebar zona hambat antara bakteri *S. aureus* dan *E. coli*.

Sedangkan pada perlakuan macam konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($F_{hitung} < F_{tabel}$; $\alpha = 0,05$). Hal ini kemungkinan produk reduksi asam palmitat ini belum benar-benar murni seperti yang digambarkan pada spektra FT-IR produk reduksi di atas. Selain itu juga, kemungkinan konsentrasi uji yang dilakukan kurang tinggi, sehingga potensi antibakteri yang dimiliki setil alkohol (produk reduksi) belum optimal. Namun, dari grafik hubungan diameter zona hambat dan konsentrasi (gambar 3), terlihat jelas aktivitas tertinggi dari konsentrasi setil alkohol yang diujikan adalah pada konsentrasi 10% untuk *S. aureus* dengan lebar zona hambat sebesar 2,33 mm, sedangkan untuk *E. coli* pada konsentrasi 6% dengan lebar zona hambat sebesar 1,167mm tidak jauh beda pada konsentrasi 10% dengan lebar zona hambat 1,00 mm. Hal ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi yang diujikan untuk *E.coli* masih kurang optimal untuk mengetahui konsentrasi optimum yang dapat menghambat pertumbuhan *E.coli*.

KESIMPULAN

1. Reduksi asam palmitat menjadi setil alkohol dapat dilakukan dengan sistem $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$.
2. Produk reduksi (setil alkohol) memiliki aktivitas sebagai antibakteri. Berdasarkan analisa sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut Duncan, aktifitas antibakteri paling efektif pada bakteri *S. aureus* dibanding dengan *E. Coli*, sedangkan perlakuan konsentrasi tidak menunjukkan pengaruh yang nyata.

UCAPAN TERIMAKASIH

1. Drs. Pratama Jujur W., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dan semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
2. Drs. Wijanarka, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi masukan dan bimbingan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Bibiana, W. dan Hastowo, S., 1992., *Mikrobiologi*, Rajawali Pers, Jakarta, hal. 47, 59.
- Brooks, G.F., Butel, J. S. and Morse, S. A., 2001, *Jawetz, Melnick & Adelbergh's: Mikrobiologi Kedokteran*. Buku I, Edisi I, Alih bahasa: Bagian Mikrobiologi, FKU Unair, Salemba Medika, Jakarta, hal. 224 – 235, 277 – 279, 317 – 359.
- Budavari, S., O'Neil, Maryadele, J., Smith, A., and Heckelman, P. E., 1989, *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemical, Drugs and Biological*, Eleventh edition, Merck & Co. Inc, New Jersey.

- Cho, B.T. and Yoon, N.M., 1982, Convenient Procedure for the Reduction of Carboxylic Acid via Acyloxyborohydrides, *Bulletin of Korean Chemical Society*, Vol. 3, No. 4.
- Cho, S., Park, Y., Kim, J., Falck, J.R., and Yoon, Y., 2004, Facile Reduction of Carboxylic Acids, Ester, Acid Chlorides, Amides and Nitriles to Alcohols or Amines Using $\text{NaBH}_4/\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **25** (3), 407 – 409.
- Faatih, M., Aktivitas Anti-mikrobia kokon *Attacus atlas*, L., *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol. 6, No. 1, 2005: 35 – 48.
- Narasimhan, S. and Balakumar, R., 1998, Synthetic Applications of Zinc Borohydride, *Aldrichimica Acta*, Vol. 31, No. 1.
- Nester, E. W., Pearsall, N. A., Roberts, J. B., and Robert, C. E., 1982, *The Microbial Perspective*, CBS College Publishing, USA, p. 30 – 32, 40, 186.
- Pelczar, M. J. dan Chan, E. C. S., 1988, *Dasar-dasar Mikrobiologi 2*, Alih bahasa: Hadioetomo, R. S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S. dan Angka, S. L., UI Press, Jakarta, hal. 456-537.
- Pelczar, M. J. dan Chan, E. C. S., 2005, *Dasar-dasar Mikrobiologi 1*, Alih bahasa: Hadioetomo, R. S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S. dan Angka, S. L., UI Press, Jakarta, hal. 5 - 6, 189 – 190.
- Saeed, A. and , Ashraf, Z., 2006, Sodium borohydride reduction of aromatic carboxylic acids via methyl esters, *J. Chem. Sci.*, Vol. 118, No. 5, pp. 419–423.