

SENYAWA DAN AKTIVITAS ANTIMIKROBA GOLONGAN ASAM LEMAK DAN ESTERNYA DARI TANAMAN

[Antimicrobial Activity of Fatty Acids and Its Ester Forms of Plant Materials]

Murhadi¹⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145
Telp. 0721-781823; e-mail: murhadi_thp@unila.ac.id

ABSTRACT

Problems in food preservation have grown to be more complex as new food products are continuously introduced onto the market. They require longer shelf life and greater assurance of protection from microbial spoilage. There are several chemicals that can be used as antimicrobial agents. For instance, acetic acid and sulfur dioxide are widely used as food preservatives. However, these chemicals required caution in handling since they are corrosive and their vapors can irritate the eyes and respiratory tract. Although conventional synthetic antimicrobial agents have excellent activities, their safety in human body has been considered doubtful. Since it is known that antimicrobial agents are contained in natural materials, many research studies have been carried out to improve the shelf stability of foods and cosmetics using natural antimicrobial agents. Many naturally occurring compounds found in edible and medicine plants, herbs, and spices have been shown to possess antimicrobial function and could serve as a source of antimicrobial against food pathogens. Recently the interest in the biological activities of plant extracts has been rekindled and has been the subject of intense scientific investigation. Fatty acid and its ester forms as monoglyceride and or diglyceride of plant materials, especially from palm kernel oil and coconut oil such as lauric acid (12:0), miristic acid (14:0) and capric acid (10:0) have antimicrobial function. The antimicrobial activities of monolaurin, monomiristin and or monocaprin and its diglyceride's forms are well recognized and showed a wide spectrum of antimicrobial activities toward several microbes.

Keywords: Fatty acids, monolaurin, monomiristin, monocaprin, antimicrobial activities

PENDAHULUAN

Sejak dahulu hingga sekarang, kecenderungan penggunaan senyawa antimikroba sintetis di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun, terutama dalam hal penggunaan sodium benzoat, asam benzoat, senyawa fenolik sintetis, asam sorbat, sulfur dioksida, sulfat, nitrat, dimetil dikarbonat, dan dietil dikarbonat. Kecenderungan tersebut sejalan dengan ketersediaan pengawet sintetis tersebut di Indonesia dalam jumlah lebih dari cukup, harganya relatif murah, mudah didapat, dan

tentunya dengan daya pengawet yang tinggi dan efektif. Hal inilah yang menjadi salah satu faktor tumbuh dan berkembangnya beragam produk-produk pangan baru yang diproduksi dalam jumlah besar oleh para produsen industri pangan, baik industri kecil (rumah tangga), menengah, maupun beberapa industri besar.

Dengan ketatnya persaingan di antara produk-produk pangan pabrikan yang menuntut persyaratan waktu simpan yang lebih lama dan tidak mudah rusak atau busuk, maka penggunaan pengawet kimia sintetis baik yang diizinkan dan atau dilarang

(senyawa kinia obat) semakin “merajalela” untuk diaplikasikan pada produk-produk pangan hasil pabrikasi. Namun, tanpa disadari akumulasi dari konsumsi beberapa bahan pengawet kimia sintetik dalam jenis dan jumlah tertentu diduga kuat dapat mengganggu kesehatan manusia dari skala ringan bahkan sampai berat, contohnya penumpukan substansi karsinogenik (penyebab kanker) dalam tubuh, misalnya nitrosoamin yang dihasilkan dari reaksi antara pengawet sodium nitrat dengan amin-amin sekunder atau tersier dalam produk pangan (Farak *et al.*, 1989).

Sejalan dengan fenomena yang tidak menyehatkan tersebut, akhir-akhir ini telah banyak dilakukan penelitian dalam rangka eksplorasi bahan-bahan pengawet pangan alternatif yang bersifat alami khususnya dari beragam tanaman. Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (Food and Drug Administration) Amerika Serikat, bahan-bahan yang tidak tergolong ke dalam bahan pengawet kimia sintetik, di antaranya adalah: gula, garam, vinegar, bahan rempah-rempah, ekstrak minyak dari rempah-rempah, dan komponen-komponen pengasapan dari kayu (Brannen dan Davidson, 1983). Salah satu alternatif substansi antibakteri sebagai bahan pengawet pangan adalah dari kelompok senyawa asam-asam lemak dan bentuk ester-esternya yang berasal dari tanaman.

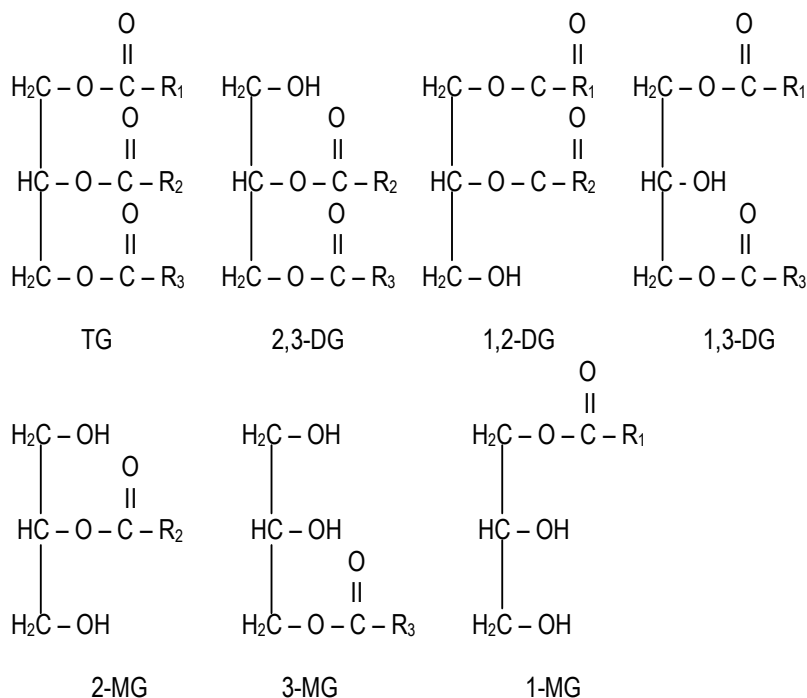
ASAM LEMAK DAN ESTERNYA

Umumnya asam-asam lemak yang ditemukan di alam merupakan asam-asam monokarboksilat dengan rantai yang tidak bercabang dan mempunyai jumlah atom karbon genap. Berdasarkan ada tidaknya ikatan rangkap pada struktur dasar rantai

hidrokarbon suatu asam lemak, maka asam lemak dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya dan umumnya bersifat semi padat sampai padat terutama asam-asam lemak jenuh dengan jumlah karbon di atas 12. Sementara asam-asam lemak tidak jenuh memiliki minimal satu ikatan rangkap yang selanjutnya sangat berbeda sifat kimianya dengan perbedaan jumlah dan posisi ikatan rangkapnya.

Asam lemak tidak jenuh yang terdapat secara alami berbentuk *cis* sehingga molekulnya “bengkok” pada ikatan rangkap tersebut (Gurr, 1992). Secara keseluruhan asam-asam lemak alami mempunyai jumlah atom karbon genap mulai dari C_2 sampai C_{30} (Winarno, 1984), baik dalam bentuk bebas (asam lemak bebas) ataupun dalam bentuk ester dengan gliserol (gliserida). Asam-asam lemak yang paling dominan bersumber dari tanaman adalah: asam palmitat (16:0), asam stearat (18:0), asam oleat (18:1), dan asam laurat (12:0).

Gliserida sederhana adalah senyawa ester asam lemak dengan gliserol, terdiri dari: triasilgliserol (TAG) atau trigliserida (TG), diasilgliserol (DAG) atau digliserida (DG), dan monoasilgliserol (MAG) atau monogliserida (MG) dengan struktur kimia disajikan pada Gambar 1. Trigliserida merupakan senyawa ester 3 asam lemak dengan gliserol, disebut minyak atau lemak netral (tidak ada muatan + dan -). Trigliserida bersifat hidrofobik (nonpolar), terdiri dari TG sederhana (tristearin, tripalmitin, triolein) dan TG campuran yang asam-asam lemak penyusunnya berbeda, bisa disabunkan oleh basa (KOH atau NaOH).



Gambar 1. Struktur umum trigliserida (TG), digliserida (DG) dan monogliserida (MG)

Digliserida merupakan senyawa ester dua asam lemak dengan gliserol pada posisi 1,2-; 2,3- dan atau 1,3-, yang dapat dihasilkan dari hidrolisis TG oleh panas dan katalis atau oleh enzim lipase atau hasil dari reaksi alkoholisis (metanolisis atau etanolisis), bersifat relatif semipolar dan dapat berfungsi sebagai emulsifier (karena punya gugus polar dan nonpolar). Monogliserida merupakan ester satu asam lemak dengan gliserol, dihasilkan dari hidrolisis TG atau DG atau dari reaksi re-esterifikasi antara asam lemak bebas (ALB) dengan gliserol, bersifat semi polar atau polar, berfungsi sebagai emulsifier dan bahkan sebagai substansi antimikroba khususnya jika dihasilkan dari minyak kelapa (Mappiratu, 1999; Mappiratu *et al.*, 2003) atau dari minyak inti sawit (Murhadi *et al.*, 2007; Murhadi dan Suharyono, 2008; Lestari dan Murhadi, 2008).

Kandungan Minyak dan Asam Lemak dalam Tanaman

Kandungan minyak atau lemak dalam tanaman bervariasi dari jumlah yang sangat rendah sampai sangat tinggi, seperti pada: asparagus (0,25%), beras (1,4%), gandum (1,9%), kacang kedele (17%), biji bunga matahari (28%), kelapa (34%), dan kacang tanah (49%; deMan, 1999). Kandungan minyak dalam beberapa sumber tanaman lain, di antaranya adalah: 50% pada buah sawit (mesocarp), 50% pada inti sawit (kernel), 35-40% pada lobak, 15-23% pada biji kapas, 15% pada buah zaitun, 5% pada jagung, dan 50% pada biji wijen (Gur, 1992).

Perbedaan kandungan dan pola distribusi asam-asam lemak pada minyak alami yang bersumber dari tanaman berbeda-beda, terutama pada jenis komposisi, dan persentasenya, secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan dan pola distribusi asam-asam lemak pada minyak tanaman (g per 100 g asam lemak total)

Asam Lemak	Kelapa	Jagung	Zaitun	Buah Sawit (mesocarp)	Inti Sawit	Kacang Tanah	Kedelai	Biji Bunga Matahari	Biji kapas*
8:0	8	0	0	0	4	0	0	0	***
10:0	7	0	0	0	4	0	0	0	-
12:0	48	0	0	<1	45	<1	<1	<1	-
14:0	16	1	<1	1	18	1	<1	<1	<1
16:0	9	14	12	42	9	11	10	6	12
16:1	<1	<1	1	<1	0	<1	<1	<1	0
18:0	2	2	2	4	3	3	4	6	4
18:1	7	30	72	43	15	49	25	33	23
18:2	2	50	11	8	2	29	52	52	53
18:3	0	2	1	<1	0	1	7	<1	8
20:0	1	<1	<1	<1	0	1	<1	<1	-
20:1	0	0	0	0	0	0	2	3	-
22:0	0	<1	0	0	0	3	<1	<1	-
22:1	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Lain-nya	0	1	1	2	0	2	2	3	-

* Lawson, 1995

** tidak ada data

Sumber: Gurr (1992)

Biosintesa Asam Lemak

Asam lemak, misalnya asam stearat (18:0; jenuh) dan asam oleat (18:1; tidak jenuh) adalah asam karboksilat (mengandung gugus COOH) rantai lurus dalam lipida, yang dibentuk dengan biokatalisator (enzim) melalui kombinasi linier unit-unit asetat (C_2). Khusus pembentukan asam lemak tidak jenuh seperti asam lemak oleat dapat terjadi melalui dua jalur, yaitu aerobik dan/atau anaerobik, keduanya melibatkan desaturasi atas asam lemak jenuh (Herbert, 1988). Selanjutnya terhadap asam-asam lemak tidak jenuh seperti asam oleat (18:1, n-9), asam linoleat (18:2, n-6) dan asam α -linolenat (18:3, n-3), masing-masing dapat terjadi proses desaturasi yang diikuti elongasi atau penambahan C_2 secara berantai, sehingga dimungkinkan terbentuk-

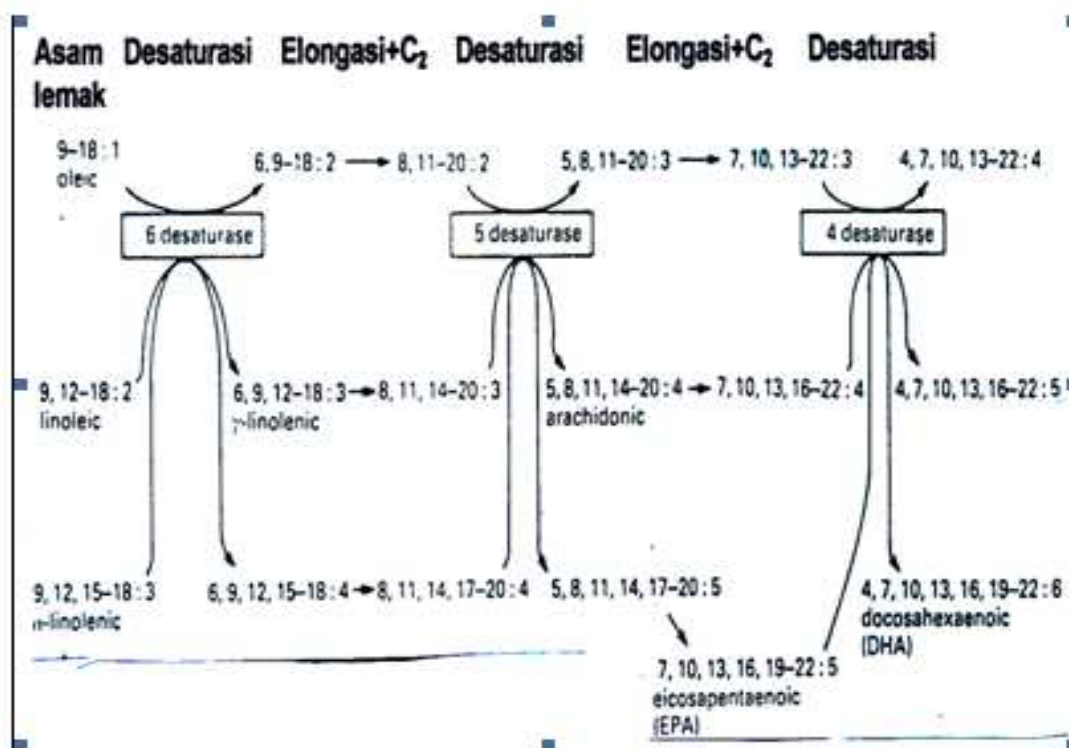
nya asam-asam lemak tidak jenuh seperti: 18:2, 18:3, 18:4, 20:2, 20:3, 20:4, 20:5, 22:3, 22:4, 22:5 dan 22:6 (Gurr, 1992), seperti diperlihatkan pada Gambar 2.

Aktivitas Antimikroba Asam Lemak

Beberapa jenis asam lemak bebas telah terbukti memiliki daya antibakteri sangat kuat terhadap *Clostridium welchii*, diantaranya adalah: linoleat (18:2), arakhidonat (20:4), dan linolenat (18:3) dengan nilai konsentrasi penghambatan minimum (MIC) antara 0.06-0.28 mg/mL. Selanjutnya asam lemak seperti: miristoleat (14:1), palmitoleat (16:1), linolenat (18:3), kaprat (10:0), laurat (12:0), dan miristat (14:0), juga terbukti memiliki aktivitas antibakteri (*S. aureus*), masing-masing dengan nilai MIC rata-rata di bawah

1.0 mg/mL; sementara asam lemak kaproat (6:0), kaprilat (8:0), stearat (18:0), elaidat (18:1-t), dan arakhidonat (20:4), tidak memiliki aktivitas penghambatan terhadap *S.*

aureus pada konsentrasi ≤ 1.00 mg/mL di dalam medium uji (Kabara di dalam Branen dan Davidson, 1983).



Gambar 2. Metabolisme dari tiga kelompok asam-asam lemak tidak jenuh (oleat, n-9; linoleat, n-6 dan α -linolenat, n-3; Gurr, 1992)

Sehubungan dengan aktivitas antibakteri asam-asam lemak dari tanaman, diketahui bahwa: (1) Lemak (triasilgliserol), tidak memiliki efek penghambatan terhadap kelompok bakteri Gram negatif, kecuali yang mengandung asam-asam lemak berantai karbon rendah ($< C_8$) terutama dalam bentuk monoasilgliserol; (2) Secara umum, asam lemak jenuh yang paling aktif sebagai senyawa antibakteri adalah asam laurat (12:0), sedangkan untuk asam lemak tidak jenuh tunggal dan asam lemak tidak jenuh ganda/jamak, masing-masing adalah asam palmitoleat (16:1) dan asam linolenat (18:3);

(3) Letak dan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak C_{12} - C_{22} , lebih mempengaruhi aktivitas antibakteri asam lemak tersebut, dibandingkan pada asam lemak dengan jumlah atom C kurang dari 12; (4) Konfigurasi geometri struktur asam lemak yang aktif (antimikroba) adalah bentuk *cis*, sementara bentuk isomer *trans* tidak aktif; dan (5) Asam lemak dalam bentuk ester alkohol monohidrat mengakibatkan inaktivasi sifat antibakteri, sementara dalam bentuk ester polizol dapat meningkatkan aktivitas antibakterinya (Kabara di dalam Branen dan Davidson, 1983).

Asam lemak parinarat atau *parinaric acid*, belum banyak dikenal dan oleh karena itu disebut *natural unusual fatty acid*. Belakangan diketahui bahwa asam lemak parinarat banyak terkandung di dalam biji atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk), seperti hasil penelitian Skalar *et al.* (1979), Skalar *et al.* (1981) dan Beisson *et al.* (1999). Menurut Greshoff seperti yang dikutip oleh Heyne (1987), kandungan minyak biji atung sekitar 31% dengan beberapa jenis asam lemak rantai panjang termasuk asam parinarat (*parinaric acid*), yaitu asam lemak tidak jenuh C_{18:4} dengan empat ikatan rangkap terkonjugasi pada posisi ikatan 9, 11, 13, dan 15 dalam bentuk struktur dua isomer geometris yaitu: (1) *cis*-asam parinarat (9,11,13,15-*cis,trans,trans,trans*, *cis*-asam oktadekatetraenoat) atau disingkat *cis-PnA* dan (2) *trans*-asam parinarat (9,11, 13, 15-*trans,trans,trans,trans*-asam oktadekatetraenoat) disingkat *trans-PnA* (Skalar *et al.*, 1979; Skalar *et al.*, 1981; Welte dan Silbert, 1982; Kuypers *et al.*, 1987; Rogel *et al.*, 1989). Menurut Cherny *et al.* yang dikutip oleh Higuchi *et al.* (1982), keberadaan asam parinarat di dalam minyak biji-bijian tanaman seringkali terdeteksi sebagai asam lemak rantai panjang C₂₀, jika dianalisa menggunakan alat kromatografi gas.

Sampai saat ini telah diketahui bahwa asam parinarat khususnya dalam bentuk *cis*-asam parinarat memiliki fungsi bioaktif sebagai antitumor/antikanker khususnya terhadap sel-sel leukemia pada manusia (Cornelius *et al.*, 1991). Selain itu asam parinarat atau ester asam parinarat yang diisolasi dari biji atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk) juga telah terbukti memiliki daya aktivitas antibakteri yang kuat

terutama terhadap *Staphylococcus aureus* (Murhadi, 2002).

Aktivitas Antimikroba Monoasilgliserol

Monoasilgliserol atau monogliserida merupakan bentuk ester satu asam lemak tertentu dengan gliserol yang umumnya pada posisi ikatan ester 1 atau 3. Kato dan Shibasaki (1975) seperti yang dikutip oleh Kabara *di dalam* Branen dan Davidson (1983), melaporkan bahwa ester monoasilgliserol dalam bentuk monolaurin dan monokaprin memiliki daya antibakteri yang kuat terutama terhadap *S. aureus*, *B. cereus*, dan *B. subtilis* dengan nilai MIC rata-rata, masing-masing adalah 17 dan 123 µg/mL, relatif lebih tinggi dibandingkan dengan asam sorbat dan butil-p-hidroksibenzoat yang umum digunakan sebagai pengawet pangan. Selanjutnya ester asam lemak dengan gliserol dalam bentuk monoasilgliserol terutama yang berasal dari minyak kelapa telah terbukti juga memiliki aktivitas antimikroba (Wang *et al.*, 1993; Mappiratu, 1999). Aktivitas antibakteri (*B. cereus* dan *S. aureus*) MAG hasil reaksi gliserolisis minyak kelapa dengan biokatalis dedak padi, dipengaruhi oleh kandungan asam laurat (12:0) dalam bentuk *monolaurin* (Mappiratu, 1999).

Monoasilgliserol dari asam-asam lemak rantai sedang terbukti memiliki daya antimikroba, sedangkan dari asam-asam lemak jenuh rantai panjang diketahui tidak memiliki aktivitas antimikroba (Wang *et al.*, 1993). Secara umum aksi penghambatan pertumbuhan bakteri oleh asam-asam organik erat kaitannya dengan kemampuan asam-asam organik yang tidak terdisosiasi untuk menembus membran sel bakteri, lalu mengganggu keseimbangan asam-basa,

proton dan produksi energi di dalam sel bakteri (Doores di dalam Branen dan Davidson, 1983).

Seperti diketahui bahwa lemak (triasilgliserida) tidak memiliki efek penghambatan terhadap kelompok bakteri Gram negatif, kecuali yang mengandung asam-asam lemak berantai karbon rendah (< C₈) khususnya dalam bentuk monoasilgliserol (Kabara di dalam Branen dan Davidson, 1983). Hal ini erat kaitannya dengan ketidakmampuan triasilgliserol (asam lemak rantai panjang) berinteraksi atau menembus sistem dinding/membran sel untuk mengacaukan sistem permeabilitas dinding/membran sel bakteri, karena bentuk struktur triasilgliserol besar dan panjang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk reaksi gliserolisis dari minyak inti sawit (palm kernel oil; PKO) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli* dengan diameter zona hambat tertinggi dan terendah masing-masing adalah 7,16 dan 5,91 mm/10 mg fraksi serta 8,33 dan 5,07 mm/10 mg fraksi (Murhadi *et al.*, 2007). Komposisi media gliserolisis PKO yang menghasilkan rendemen fraksi massa MG/DG yang optimum adalah dengan rasio PKO/dedak padi/gliserol/heksana = 0.75 : 2.5 : 0.3 : 10.0, b/b/b/v. Perlakuan perbedaan media komposisi produk gliserolisis PKO relatif tidak berpengaruh terhadap daya antibakteri pada *S. aureus* maupun *E. coli* (Murhadi *et al.*, 2007).

Produk etanolisis kasar (gabungan monogliserida dan digliserida) dari campuran PKO dengan minyak biji mengkudu (MBM) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli*, *S. aureus*, *B. cereus* dan *S. enteritidis* dengan kisaran nilai diameter (mm) zona penghambatan antara 2,27 (*B. cereus*; 9

menit) sampai 3,87 (*E. coli*; 9 menit) untuk campuran PKO dengan MBM = 25 : 1 (b/b), sedangkan untuk perbandingan 50 : 1 (b/b) adalah 0,93 (*B. cereus*; 3 menit) sampai 3,12 (*S. aureus*; 6 menit). Selanjutnya aktivitas antibakteri Fraksi 1, lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas antibakteri produk etanolisis kasarnya, dengan kisaran nilai diameter (mm) zona penghambatan Fraksi 1 antara 2,91 (*B. cereus*; 12 menit) hingga 5,63 (*E. coli*; 9 menit) untuk campuran PKO dengan MBM = 25 : 1 (b/b), sedangkan untuk perbandingan 50 : 1 (b/b) adalah 1,20 (*B. cereus*; 9 menit) sampai 3,75 (*S. aureus*; 12 menit). Sebaliknya Fraksi 2 relatif tidak memiliki aktivitas antibakteri untuk semua perlakuan (Murhadi dan Suharyono, 2008).

Nisbah etanol 96% dengan PKO (0,4; 0,7; 1,0; 1,3 dan 1,6; v/b) dan waktu reaksi etanolisis (4, 6, 8 dan 10 menit) PKO berpengaruh nyata terhadap aktivitas anti-*Staphylococcus aureus* dan aktivitas anti-*Escherichia coli*. Kondisi optimum produksi produk etanolisis PKO khususnya Fraksi 1 melalui reaksi etanolisis yakni pada waktu reaksi 10 menit dan pada nisbah etanol 96% terhadap PKO adalah 1,3 (v/b). Namun, rata-rata daya antibakteri produk etanolisis PKO terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* relatif masih rendah dengan kekuatan diameter zona hambat < 6 mm (Lestari dan Murhadi, 2008). Untuk itu masih perlu dilakukan modifikasi etanolisis PKO, terutama pada tahapan teknik pemisahan dan pemurnian produk etanolisis kasar sehingga diharapkan akan dapat meningkatkan daya antibakteri produk etanolisis (monogliserida dan digliserida) dari PKO.

DAFTAR PUSTAKA

- Beisson, F., N. Ferte, J. Nari, G. Noat, V. Arondel, and R. Verger. 1999. Use of naturally fluorescent triacylglycerols from *Parinari glaberrimum* to detect low lipase activities from *Arabidopsis thaliana* seedlings. *J. Lipid Res.* 40(12): 2313-2321.
- Branen, A.L. Introduction to Use of Antimicrobials. *In* Branen, A. L. and P.M. Davidson. 1983. Antimicrobials in Foods. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Cornelius, A.S., N.R. Yerram, D.A. Kratz, and A.A. Spector. 1991. Cytotoxic effect of cis-parinaric acid in cultured malignant cells. *Cancer Res.* 51(22): 6025-6030.
- deMan, J.M. 1999. Principles of Food Chemistry (3rd Ed.). A Chapman & Hall Food Science Book. Maryland.
- Doores, S. Organic acids. *In* Branen, A. L. and P.M. Davidson. 1983. Antimicrobials in Foods. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Farag, R.S., Z.Y. Daw, F.M. Hewedi, and G.S.A. El-Baroty. 1989. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J. Food Protec.* 52(9): 665-667.
- Gurr, M.I. 1992. Role of Fats in Food and Nutrition (2nd Ed.). Elsevier Appl. Sci. London.
- Herbert, R.B. 1988. Biosynthesis of Secondary Metabolites. Chapman & Hall. London.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia (Penerjemah: Badan Litbang Kehutanan). Jilid II. Koperasi Karyawan Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Higuchi, M., J. Terao, and K. Iwai. 1982. Gas chromatography-mass spectrometric determination of fatty acids in seed oil of winged bean [*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC]. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* (Tokyo). 28(5): 511-518.
- Kabara, J.J. Medium-chain fatty acids and esters. *In* Branen, A. L. and P.M. Davidson. 1983. Antimicrobials in Foods. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Kuypers, F.A., J.J. Van den Berg, C. Schalkwijk, B. Roelofsen, and J.A. Opden Kamp. 1987. Parinaric acid as a sensitive fluorescent probe for the determination of lipid peroxidation. *Biochem. Biophys. Acta.* 921(2): 266-274.
- Lawson H. 1995. Food Oils and Fats, Technology, Utilization, and Nutrition. Chapman & Hall. An International Thomson Publ. Co., New York – Washington.
- Lestari, M. dan Murhadi. 2008. Pengaruh nisbah etanol – PKO dan waktu reaksi terhadap rendemen dan aktivitas antibakteri produk etanolisis minyak inti sawit (PKO). *J. Teknologi & Industri Hasil Pertanian.* 13(2): 95-107.
- Mappiratu. 1999. Penggunaan Biokatalis Dedak Padi dalam Biosintesis Antimikro-ba Monoasilgliserol dari Minyak Kelapa. Disertasi S3. PPs IPB. Bogor.
- Mappiratu, D. Fardiaz, dan A. Hasanuddin. 2003. Produksi dan aplikasi produk monoasilgliserol dari minyak kelapa dalam pengolahan santan awet. *J.*

- Teknologi & Industri Pangan, XIV(3):233-240.
- Murhadi. 2002. Isolasi dan Karakterisasi Komponen Antibakteri dari Biji Atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk). Disertasi. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Murhadi, A. Rangga, dan F. Nuraini. 2007. Produksi dan kajian aktivitas antibakteri produk gliserolisis dari minyak inti sawit (*Elaeis guineensis* JACQ). J. Agritek Malang. 15(5): 1171-1177.
- Murhadi dan Suharyono AS. 2008. Kajian aktivitas antibakteri produk etanolisis dari campuran minyak inti sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan minyak biji mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). J. Teknologi & Industri Hasil Pertanian. 13(2): 47-58.
- Rogel, A.M., W.L. Stone, and F.O. Adebonojo. 1989. A novel spectrophotometric assay for lipase activity utilizing cis-parinaric acid. Lipids. 24(6): 518-525.
- Skalar, L.A., G.P. Miljanich, and E.A. Dratz. 1979. Phospholipid lateral phase separation and the partition of cis-parinaric acid and trans-parinaric acid among aqueous, solid lipid, and fluid lipid phases. Biochemistry. 18(9): 1707-1716.
- Skalar, L.A., B.S. Hudson, and R.D. Simoni. 1981. Parinaric acid from *Parinarium glaberrimum*. Methods Enzymol. 72: 479-482.
- Wang, L.L., B.K. Yang, K.L. Parkin, and E.A. Johnson. 1993. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by monoacylglycerols synthesized from coconut oil and milk fat by lipase-catalyzed glycerolysis. J. Agric. Food Chem. 41: 1000-1005.
- Walti, R. and D.F. Silbert. 1982. Partition of parinaroyl phospholipid probes between solid and fluid phosphatidylcholine phases. Biochemistry. 21(22): 5685-5689.
- Winarno, F.G. 1984. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia. Jakarta.