

KONSEP AGROINDUSTRI UNTUK PRODUKSI PLASTICIZER DARI MINYAK SAWIT SECARA TERPADU

Supriyadi Sadi dan Purboyo Guritno

ABSTRAK

Penganekaragaman produk ke arah non pangan perlu dikaji, dalam upaya mengantisipasi meningkatnya produksi minyak sawit mentah Indonesia, dan sebagai penghasil minyak sawit terbesar di dunia di masa mendatang. Salah satu alternatifnya yaitu untuk industri plasticizer dengan bahan baku fraksi oleat dan palmitat atau fraksi olein dan stearin.

Jenis plasticizer yang dapat diperoleh dari minyak sawit ini, antara lain butil oleat, amil oleat, metoksi etil oleat, phenoksi etil oleat, tetrahidrofurfuril oleat, butil epoksi stearat, butil hidroksi-asetoksi stearat, butil poli asetoksi stearat, iso-propil palmitat dan iso-oktil palmitat. Di samping itu juga turunan dari produk epoksi ester lemak yang saat ini sedang dikembangkan oleh berbagai negara.

Kata kunci : *Plasticizer*, turunan oleat, palmitat, stearat dan epoksi

PENDAHULUAN

Pada tahun 1995 produksi minyak sawit mentah (MSM) Indonesia sekitar 4,7 juta ton dan tahun 2005 diperkirakan sekitar 9,9 juta ton, yang hampir dapat menyamai produksi minyak sawit Malaysia (4). Pada tahun berikutnya, diharapkan Indonesia menjadi produsen MSM terbesar di dunia. Namun demikian, penganekaragaman produk minyak sawit di Indonesia masih terbatas. Pada umumnya produsen minyak sawit hanya menjual produknya dalam bentuk MSM dan minyak/lemak makan. Berdasarkan beberapa hasil penelitian mengenai *plasticizer*, baik dari dalam negeri maupun luar negeri, maka perlu dikaji lebih lanjut beberapa proses produksi *plasticizer* dari minyak sawit yang dapat memberikan nilai tambah. Dengan demikian, nilai tambah ini tidak hanya dinikmati oleh negara pengimpor minyak sawit tetapi juga oleh Indonesia.

Pada akhir-akhir ini, industri *plasticizer* dunia berkembang sangat cepat dengan sum-

ber bahan baku minyak nabati dan turunan minyak bumi. Hingga saat ini sebagian besar bahan bakunya masih didominasi oleh turunan minyak bumi sedangkan yang berasal dari minyak nabati sebagai bahan *plasticizer*, antara lain *safflower oil*, *rice oil*, *menhaden oil*, oleat, dan minyak kedelai (19). Produksi minyak bumi makin lama makin menipis dan minyak sawit merupakan minyak yang dapat diperbaharui (*renewable*), bersahabat (*friendly*) dan tidak bertentangan dengan semua agama, sehingga *plasticizer* berbahan baku minyak sawit akan mempunyai peluang di pasaran dan mempunyai prospek yang bagus. *Plasticizer* dalam industri kimia memegang peranan yang sangat penting terutama dalam mengubah sifat bahan resin sintetik yang dikehendaki supaya bisa diperoleh derajat kekerasan atau kelunakan tertentu.

Plasticizer dalam konsep sederhana ialah pelarut organik dengan titik didih tinggi atau suatu padatan dengan titik leleh rendah. Apabila ditambahkan ke dalam resin yang

keras atau kaku seperti karet dan plastik polyvinyl klorida (PVC), maka akumulasi gaya intermolekular pada rantai panjang akan menurun sehingga kelenturan atau fleksibilitas (16), kelunakan (*softness*), dan pemanjangan (*elongation*) bertambah (19,23).

Pada kajian ini, ada beberapa *plasticizer* penting yang dapat dibuat dari minyak sawit. Berdasarkan komposisi asam lemak minyak sawit yang unik dengan kandungan asam lemak utama, yaitu asam oleat dan palmitat atau fraksi olein dan stearin, kedua fraksi tersebut dapat dikonversi menjadi *plasticizer* tanpa adanya produk samping, seperti stearin, yang selama ini mempunyai nilai ekonomi rendah.

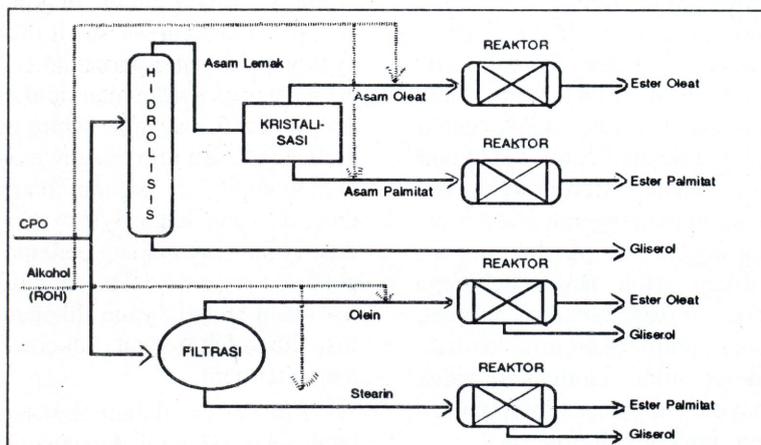
Ester asam lemak epoksi atau trigliserida dapat digunakan sebagai bahan *plasticizer* dan *stabilizer* dalam industri polimer dan plastik. Konsumsi dunia saat ini diperkirakan 150-200 ribu ton setiap tahunnya (27).

Tujuan tulisan ini adalah untuk memberikan gambaran terhadap produsen minyak sawit untuk melangkah ke agroindustri hilir, khususnya aneka ragam *plasticizer* dan turunannya.

SINTESIS DAN PROSES PRODUKSI

Plasticizer yang dapat dibuat dari minyak sawit, secara skala komersial, adalah ester oleat dan palmitat. *Plasticizer* dari fraksi asam oleat, antara lain butil oleat, amil oleat, metoksi etil oleat, fenoksi etil oleat, tetrahidrofurfuril oleat, butil epoksi stearat, butil hidroksi-asetoksi stearat dan butil poli asetoksi stearat. Sedangkan *plasticizer* yang dapat dibuat dari fraksi asam palmitat masih terbatas, yaitu isopropil palmitat dan isokotil palmitat.

Metode sintetis yang digunakan untuk memperoleh *plasticizer* digolongkan menjadi dua katagori, yaitu ester lemak sawit dan turunan epoksi ester. *Plasticizer* dalam bentuk ester-ester ini diperoleh dengan dua cara, yaitu melalui proses hidrolisis (*fat splitting*) dan transesterifikasi. Sedangkan *plasticizer* turunan dari epoksi dibuat melalui proses epoksidasi. Proses produksi ester-ester oleat dan palmitat dari minyak sawit tersebut secara kimiawi dapat dilihat pada Gambar 1.



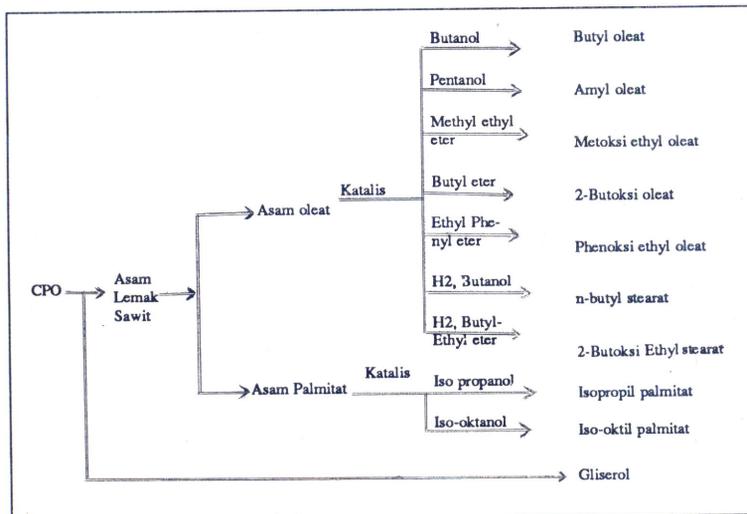
Gambar 1. Diagram proses pembuatan ester oleat dan palmitat dari minyak sawit

Pada alur pertama, yaitu melalui proses hidrolisis, biasanya dilakukan pada suhu dan tekanan medium (200-250°C, 50-60 bar). Setelah asam lemak dipisahkan menjadi oleat dan palmitat, kemudian direaksikan dengan alkohol dalam reaktor esterifikasi. Produk yang dihasilkan selain ester oleat dan palmitat adalah gliserol. Gliserol, setelah melalui proses pemurnian, dapat digunakan untuk keperluan produk oleokimia lain seperti poligliserol, produk-produk farmasi ataupun kosmetik.

Sedangkan pada alur kedua MSM difiltrasi menjadi olein dan stearin. Kedua fraksi ini direaksikan dengan alkohol dalam reaktor transesterifikasi untuk menghasilkan ester yang diinginkan. Pada alur ini, reaksi biasanya dilakukan dua tahap, yaitu esterifikasi asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak, kemudian transesterifikasi olein dan stearin yang bebas asam lemak bebas. Cara ini biasanya kurang disukai, karena

pada proses reaksi setelah produk terbentuk biasanya perlu pencucian ester dan sering terjadi penyabunan karena menggunakan katalis alkalin. Untuk mendapatkan ester oleat dan palmitat diperlukan filtrasi 3 tahap untuk mendapatkan super olein yang bisa mencapai bilangan iod 70-72. Asam lemak sawit dapat menghasilkan bilangan iod 85 dengan cara kristalisasi. Oleh sebab itu untuk memperoleh produk-produk di atas seperti ester oleat dan palmitat, pabrik fraksinasi minyak sawit yang sudah ada biasanya menghasilkan asam lemak sawit distilat (ALSD) sebesar 2-5% dari berat MSM hanya perlu menambah 2 unit alat untuk menghasilkan ester oleat dan palmitat ini, yaitu alat "kristalisasi" dan reaktor yang dilengkapi bejana penguap (*evaporator*).

Proses pembuatan ester-ester tersebut dapat digambarkan dalam skema proses sebagai berikut (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir pembuatan beberapa jenis ester dari minyak sawit mentah (MSM)

SIFAT KIMIA-FISIK *PLASTICIZER*

Sifat kimia fisik dari beberapa jenis ester yang dibuat dari MSM dijelaskan secara rinci sebagai berikut (16, 23) :

1. n-Butil oleat

Butil oleat merupakan ester yang tidak larut dalam air dan gliserol serta sedikit bau lemak. Senyawa ini larut dalam alkohol, keton dan hidrokarbon aromatik. Senyawa dapat bercampur dengan minyak nabati dan minyak mineral dan merupakan pelarut untuk benzil abiataat, resin kumar, kopal dan ester gum. Senyawa ini sesuai dengan etil selulosa, benzil selulosa, nitroselulosa, polystirena, polivinil klorida (PVC), karet hidroklorida, karet terklorinasi, dan resin fenolik. Dengan demikian senyawa ini dapat digunakan sebagai *plasticizer*, tetapi tidak cocok dengan selulosa asetat, selulosa aseto-butirat dan resin metakrilat.

Sifat kimia-fisik : Kadar asam lemak bebas (ALB) sebagai oleat = maks 0,5%; warna (apha) = maks. 500; *fire point* 224°C; *flash point* = 195°C; titik beku = -15°C; bilangan iod (IV) = 71-73; air = maks 0,25%, bilangan penyabunan (SP) = 163-172.

2. Amil oleat

Amil oleat merupakan ester yang tidak larut dalam air dan sedikit berbau alkohol. Senyawa ini larut dalam etil alkohol, etil eter, etil asetat, aseton, minyak mineral, *fixed oil*, asam oleat dan hidrokarbon aromatik serta alifatik. Senyawa larut dalam asam stearat panas, lilin parafin dan carnauba yang beku pada keadaan dingin. Senyawa ini kegunaannya masih terbatas untuk *plasticizer* dalam lak (*lacquer*) dan produk cetakan (*molding product*).

Sifat kimia-fisik : Kadar asam lemak

bebas (ALB) sebagai oleat = maks 1,5%; titik didih pada 20 mm = 224°C; *flash point* (tutup terbuka) = 186°C; titik leleh = -40°C.

3. Metoksi etil oleat

Metoksi etil oleat merupakan ester yang tidak larut dalam air dan berwarna kuning serta sedikit bau lemak. Senyawa ini larut dalam metanol, etanol, aseton, etil asetat, hidrokarbon bensin, minyak nabati dan minyak mineral serta sedikit larut dalam gliserin, glikol dan beberapa senyawa amina. Senyawa ini merupakan pelarut etil selulosa, selulosa aseto butirat, ester kopal, damar, parlon dan vinsol, akan tetapi di samping itu senyawa ini merupakan pelarut yang kurang baik untuk nitro selulosa, selulosa asetat dan asetopropionat. Senyawa ini sesuai atau cocok dengan resin polivinil bila digunakan dengan *plasticizer* yang lain, senyawa ini juga cocok dengan nitro selulosa. Metoksi etil oleat digunakan sebagai *plasticizer* primer dalam karet sintetik, karet terklorinasi, etil selulosa dan resin polivinil butiral. Pada umumnya dilakukan dengan mencampurkan *plasticizer* lain yaitu *plasticizer* phtalate atau fosfat.

Sifat kimia-fisik : ALB (sebagai asetat) = maks 0,1%; warna (apha, Pt-Co) = maks 500; titik didih pada 1 atm = 360°C *fire point* 228°C; *flash point* (tutup terbuka) = 197°C; titik beku = -20°C; air = maks 0,05%.

4. 2-Butoksi oleat

2-Butoksi oleat merupakan ester yang tidak larut dalam air dan berwarna kuning muda serta sedikit bau lemak. Senyawa ini larut dalam iso-propanol, aseton, etil asetat, hidrokarbon bensin, minyak nabati dan mineral oil. Senyawa ini larut dalam etil selulosa, polivinil butiral tetapi dalam alkid resin, polistirena, dan polivinil asetat larut sedikit. Senyawa ini cocok dengan nitroselulosa, resin polivinil klorida dan poli-

vinil klorida-asetat, tetapi tidak cocok dengan selulosa asetat.

Sifat kimia-fisik : ALB (sebagai asetat) = maks 0,2%; titik didih pada 3 mm = 125°C; *flash point* = 225°C; *fire point* = 202°C; titik beku = -19°C; air = maks 0,1%; SP = 143- 153.

5. Fenoksi etil oleat

Fenoksietil oleat merupakan ester yang tidak larut dalam air dan sedikit berbau. Senyawa ini larut dalam alkohol, keton, eter, ester alifatik rendah, hidrokarbon alifatik dan aromatik, serta minyak nabati. Senyawa ini cocok dengan selulosa asetobutirat, nitroselulosa dan karet sintetis serta bila digunakan *plasticizer* pelarut aktif yang lain senyawa ini akan cocok dengan resin poli vinil klorida. Fenoksietil oleat digunakan sebagai *plasticizer* primer dalam selulosa asetobutirat, yang bisa memberikan kekuatan bahan yang tinggi, stabilitas panas dan dimensional yang baik.

Sifat kimia-fisik : ALB (sebagai asetat) = maks 0,3%; warna (apha) = maks 400; titik didih awal pada 4 mm Hg = 240 °C.

6. Tetrahidrofurfuril oleat

Tetrahidrofurfuril oleat merupakan ester yang tidak larut dalam air dan berwarna kuning serta sedikit bau lemak. Senyawa ini larut sempurna dalam metanol, etanol, aseton, etil asetat, hidrokarbon, minyak nabati dan mineral oil. Senyawa ini cocok dengan nitroselulosa, etil selulosa, selulosa asetobutirat, polimer dan ko-polimer vinil klorida, polisitirena, dan resin akrilat. Senyawa ini tidak cocok dengan selulosa asetat dan selulosa asetopropionat.

Sifat kimia-fisik : ALB (sebagai oleat) = maks 0,1%; titik didih pada 5 mm Hg = 240°C; *flash point* = 213°C; titik beku = -30°C; air = maks 0,1%; SP = 147-155; IV = 65- 74.

7. Isopropil palmitat

Isopropil palmitat biasanya tidak berwarna seperti ester ester turunan oleat. Ester ini larut dalam aseton, *castor oil*, kloroform, minyak biji kapas, etil asetat, etanol dan *minterol oil*. Ester ini tidak larut dalam air, gliserol dan propilen glikol. Isopropil palmitat biasanya digunakan sebagai *plasticizer* dan emolien dalam kosmetik.

Sifat kimia-fisik : ALB (sebagai palmitat) = maks 0,5%; titik didih pada 20 mm Hg = 212-241°C; warna (apha) = maks 50.

8. Iso-oktil palmitat

Iso-oktil palmitat adalah ester yang cukup jernih dan hampir tidak berwarna. Iso-oktil palmitat ini umumnya dapat larut dalam pelarut organik dan cocok dengan resin sintetis dan alami. Senyawa ini merupakan *plasticizer* sekunder yang jenuh, dalam plastik PVC dapat bertindak sebagai anti-bloking dan meningkatkan stabilitas panas yang dapat berfungsi sebagai pelumas internal. Dalam organosol dan plastisol, senyawa ini dapat mengurangi viskositas awal dan cenderung meningkatkan stabilitas viskositas dalam penyimpanan (*storage*).

Sifat kimia-fisik : ALB (sebagai palmitat) = maks 0,2%; titik didih pada 5 mm Hg = 218-235°C; *flash point* = 400°C; titik beku = 6-9°C; warna (apha) = maks 100.

HASIL PENELITIAN DALAM DAN LUAR NEGERI

1. Hasil penelitian dalam negeri

Pembuatan ester asam lemak bukanlah merupakan teknologi yang baru, tapi sudah sejak lama dikenal orang. Di Indonesia baik di lembaga penelitian dan universitas, seperti Universitas Sumatera Utara (USU), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) atau Institut Teknologi Bandung (ITB) maupun Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS)

ester-ester asam lemak sawit dalam skala laboratorium sudah banyak dibuat tetapi umumnya masih terbatas dalam metil ester (11, 20). Sedangkan ester-ester oleat dan palmitat lainnya yang masih dapat diturunkan dari minyak sawit masih terbatas. Walaupun demikian, secara dasar teknologi pembuatan ester-ester ini hampir sama, hanya berbeda sedikit dalam kondisinya. Hal ini tergantung pada bahan baku yang akan diproses. PPKS sendiri saat ini sudah mengembangkan *plasticizer* dan produk oleokimia lainnya dengan bahan baku dari metil oleat dan butil oleat dari minyak sawit (21, 22). Butil epoksi stearat dari asam lemak sawit tidak jenuh mempunyai kandungan oksiren oksigen 3,86% sedangkan dari minyak sawit fraksi olein yang sudah dipucatkan, dimurnikan, dan dideodorisasi (RBDO) mempunyai kandungan oksiren yang lebih rendah yaitu 2,98%. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa butil epoksi stearat cocok dengan polivinil asetat.

Minyak sawit epoksi dapat digunakan sebagai aditif anti karat pada fluida pendingin untuk pemotongan logam (*water based cutting fluid*) dan produk antara untuk menghasilkan asam dihidroksistearat. Akan tetapi, produk ini masih dalam bentuk trigliserida yang masih mempunyai kandungan epoksi (oksigen oksiren) yang rendah sehingga masih perlu dilakukan pemisahan asam lemaknya untuk dapat menghasilkan asam lemak tidak jenuh yang tinggi, salah satunya dengan cara filtrasi atau fraksionasi 2 atau 3 tahap agar diperoleh super olein atau top olein. Sedangkan hidroksi stearat dari asam tidak jenuh telah dibuat dengan cara oksidasi kromat (17) dengan spesifikasi produk yaitu IV = 0,63, titik leleh 79-81°C dan bilangan hidroksi 87,04.

2. Hasil penelitian luar negeri

Untuk menghasilkan epoksida (oksiren) dengan cara reaksi epoksi antara olefin dengan asam peroksi sudah dikenal lebih dari 90 tahun yang lalu. Reaksi epoksidasi menggunakan hidrogen peroksida atau asam perasetat sebagai oksidan telah dilakukan Gall dan Greenspan (7, 8) untuk membuat epoksi ester minyak kedelai. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kandungan epoksida atau oksigen oksiren yang diperoleh sangat bagus, yaitu 6,5%, dengan IV = 3,4 selama 7 jam. Perolehan epoksi ini sekitar 75-85% dengan residu asam lemak tidak jenuh yang rendah. Epoksidasi juga dilakukan terhadap *menhadden oil* (oksiren = 6,4%, IV = 9,1), *rice oil* (oksiren = 4,5%, IV = 1,1), *safflower oil* (oksiren = 6,9%, IV = 4,5), asetilasi monogliserida *lard oil* (oksiren = 2,5%, IV = 1,0), asetilasi monogliserida minyak biji kapas (oksiren = 3,7%, IV = 7). Kandungan oksiren yang tinggi ini tergantung dari jenis minyak yang diproses. Semakin tinggi bilangan iodnya semakin tinggi kadar epoksinya atau kadar oksirenya.

Dari bahan baku yang sama, yaitu dari minyak kedelai, Silbert (24) membuat epoksi minyak kedelai dan butil epoksi stearat. Di samping itu juga butil hidroksi-asetostearat dan poliasetoksi stearat dari minyak jarak. Hasil percobaan menunjukkan bahwa epoksi-epoksi tersebut cocok dengan polivinil asetat.

Watanabe *dkk.* dari Jepang (25) telah menggunakan metil epoksi dari berbagai asam lemak seperti undesilenat, oleat, risinoleat, linoleat dan erukat untuk aditif anti karat sebagai fluida pendingin untuk pemotongan logam (*water based cutting fluid*). Proses epoksidasi yang dibuat menggunakan m-klorobenzoat dalam dikloroetana. Hasil percobaan menunjukkan bahwa de-

ngan penambahan 1-4% epoksi-epoksi lemak tersebut anti korosi bekerja secara efektif.

Gan *dkk.* (6) telah menggunakan metil ester dari olein untuk mempelajari studi kinetika epoksidasi dan pemutusan oksiren atau gugus epoksi pada suhu 25°C-80°C menggunakan peroksiformat dan peroksiasetat sebagai oksidator. Berdasarkan hasil studi ini diperoleh bahwa persamaan laju reaksi yaitu laju pengurangan epoksida berbanding lurus dengan konsentrasi epoksi dan kuadrat konsentrasi asam asetat. Sedangkan studi analisis epoksi minyak kedelai dengan GC telah dipelajari oleh Han (10) dan studi menggunakan ¹³C Nuclear Magnetic Resonance terhadap epoksi minyak super olein sawit, *linseed* dan kedelai telah dilakukan Guston (9).

Asam lemak hidroksi dapat diperoleh dari turunan asam oleat dan kegunaannya dalam industri mempunyai prospek yang baik karena mempunyai sifat yang khusus, di samping sebagai *plasticizer* juga dapat digunakan untuk kosmetik, surfaktan dan anti karat sebagai bahan tambahan pelumas serta produk komersial lainnya yang terkait (3, 13, 26). Sedangkan konversi gugus epoksi menjadi senyawa hidroksi sudah banyak dipublikasi, terutama yang berkaitan dengan jenis katalis kimia, antara lain berupa aktinida ataupun lantanida (1, 2, 5, 12, 14, 15, 18). Saat ini kajian lebih lanjut senyawa hidroksi melalui hidroksilasi crude olein epoksi dan sintetik secara kimiawi sedang dilakukan di PPKS.

3. Skala laboratorium

Sifat kimia-fisik yang penting dalam ester antara lain ALB, titik didih, *flash point*, titik beku, warna IV dan SP. Pembuatan ester-ester ini telah dilakukan di PPKS dalam skala laboratorium dan telah ditingkatkan skalanya ke tingkat *bench-scale* dengan ka-

pasitas alat sekitar 50 l. Untuk kajian awal produksi ester palmitat sudah dihasilkan antara lain metil palmitat, etil palmitat, propil palmitat dan butil palmitat. Sedangkan ester oleatnya antara lain adalah metil oleat dan butil oleat. Pada saat ini, kedua ester oleat ini digunakan sebagai komponen dasar untuk bahan baku produk oleokimia yang mempunyai potensi besar. Selain untuk *plasticizer*, senyawa ester ini dapat digunakan untuk sintesis oleokimia lanjut, seperti antimikrobia, epoksi stearat, hidroksi ester, dan pelumas (21, 22).

4. Skala pabrik

Untuk memproduksi ester ini dalam skala pabrik sudah ada di Indonesia akan tetapi masih terbatas dalam produksinya, yaitu berdasarkan bahan baku yang diolah dan hasil produksi yang diinginkan. PT Aribhawana milik Salim Grup, masih terbatas memproduksi *fatty alcohol* dengan bahan baku minyak inti sawit (PKO) atau minyak kelapa (CNO). Sedangkan PT Cisadane Raya, Tangerang, Jawa Barat masih terbatas di bidang produksi asam lemak seperti asam stearat dengan berbagai jenis atau tipe yang tergantung pada komposisi palmitat dan oleatnya. Sampai saat ini Indonesia masih belum memasuki industri ester-ester lemak sawit yang berbahan baku minyak sawit.

Dengan demikian untuk memproduksi ester-ester tersebut masih perlu dikaji kelaikannya, terutama yang mempunyai potensi besar seperti metil oleat dan butil oleat. Pada saat ini, produksi metil ester dari minyak sawit untuk digunakan sebagai bahan bakar biodiesel pada skala Pilot plant, seperti yang ada di PORIM, Malaysia, masih belum layak secara ekonomis (11, 20), tetapi kalau difraksinasi menjadi ester yang lebih spesifik akan mempunyai nilai tambah apalagi kalau dikonversi menjadi produk setengah jadi atau produk jadi, sebagai con-

toh yang saat ini sudah dikembangkan pada skala komersial di Amerika Serikat adalah epoksi minyak kedelai dan juga turunan epoksi tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Di masa mendatang minyak sawit dapat digunakan sebagai bahan baku yang mempunyai potensi tinggi untuk industri oleokimia, salah satunya adalah untuk *plasticizer* dan turunannya. Jenis *plasticizer* yang dapat diperoleh dari minyak sawit ini antara lain butil oleat, amil oleat, metoksi etil oleat, phenoksi etil oleat, tetrahidrofurfuril oleat, butil epoksi stearat, butil hidroksi-asetoksi stearat, butil poli-asetoksi stearat, iso-propil palmitat dan iso-oktil palmitat. Di samping itu juga turunan dari produk epoksi ester lemak yang saat ini sedang dikembangkan oleh berbagai negara, sehingga minyak sawit mempunyai peluang dan prospek yang cukup baik.

Saat ini hasil samping industri fraksinasi minyak sawit yang berupa asam lemak sawit distilat (ALSD) masih mempunyai nilai jual yang rendah karena asam lemak tersebut masih berupa campuran. Untuk memperoleh nilai tambah, ALSD tersebut masih dapat dibuat asam oleat dan palmitat, sekaligus dibuat ester-esternya sebagai bahan *plasticizer*. Alih teknologi untuk pengembangan proses produksi ini dapat diperoleh melalui PPKS.

DAFTAR PUSTAKA

- BROWN, H.C., S. IKEGAMI, and J.H. KAWAKAMI, 1970. Addition to bicyclic olefin. IV. The facile reduction of labile epoxides of bicyclic by lithium in ethylene diamine. *J. Org. Chem.*, 35 (10) : 3243-3245
- CHONG, J.M. and K.B. SHARPLESS, 1985. Regioselective opening of 2,3-epoxy acids with organocuprates. *Tetrahedron Letter*, 26 (39) : 4683-4686
- DAHLKE, B., S. HELLBARDT, M. PAETOW and W.H. ZECH, 1995. Polyhydroxy fatty acid and their derivatives from plant oils, *JAOCs*, 72 (3) : 349-353.
- deMAN, J.M., 1996. Sources of fats and oil. Paper is presented at MOSTA Course 1 : Chemistry, Technology and End-Uses of Oils and Fats, 1-2 April 1996, Genting Highland, Malaysia, 12p.
- FORT, Y., R. VANDERESSE, and P. CAUBERE, 1985. Activation of reducing agents. Sodium hydride containing complex reducing agents 21. Regioselective reduction of alkene oxides. *Tetrahedron Letter*, 26 (26) : 3111-3114
- GAN, L.H., S.H. GOH and K.S. OOI, 1992. Kinetic studies of epoxidation and oxirane cleavage of palm olein methyl ester, *JAOCs*, 69(4) : 347-351.
- GREENSPAN, P. F., and R. J. GALL, 1956a. Epoxy compounds from unsaturated fatty acids esters, *Ind. Eng. Chemistry*, 47 : 147-148
- GREENSPAN, P.F. and R.J. GALL, 1956b. Epoxy compounds from unsaturated esters plasticizer. *JAOCs*, 33 : 393-394
- GUSTONE, D. F., 1992. The study of epoxy oil and epoxidized vegetable oils by ¹³C NMR spectroscopy. *JAOCs*, 70 (11) : 1139- 1143.
- HAN, T. L., 1994. Analysis of epoxidized soybean oil by gas chromatography. *JAOCs*, 71(6): 669-670.
- HARYATI, T., T. HERAWAN, S. SADI, dan P.M. NAIBAHU, 1993. Biodiesel dari minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif. *Berita Perkebunan, PPKS*, 1(1) :65-73
- KAGAN, H.B. and J.L. NAMI, 1986. Lantanides in organic synthesis. *Tetrahedron*, 42 (24) : 6573-6614
- KNOTHE, B. DAHLKE, S. HELLBARDT, M. PAETOW, and W.H. ZECH, 1995. Polyhydroxy fatty acid and their derivatives from plant oils, *JAOCs*, 72(3) : 349-353.
- KRISHNAMURTHY, S., R. M. SCHUBERT, H. C. BROWN, 1973. Lithium triethyl-borohydride as a convenient reagent for the facile reduction of both hindered and bicyclic epoxides prone to electrophilically induced rearrangement. *J. Am. Chem. Soc.*, 95 (25) : 8486-8487
- LIPSHUSTZ, B.H., R.S. WILHELM, and J.A. KOZLOWSKI, 1984. The chemistry of higher order organocuprates. *Tetrahedron*, 40 (24) : 5005-5038.

16. MELLAN, I., 1963. *Industrial Plasticizer*, Pergamon Press Book, New York, 302p.
17. NURJANTO, E., T. HERAWAN, and S. SADI, 1995. Pembuatan asam hidroksi stearat dari asam lemak sawit tidak jenuh. Makalah disajikan dalam Seminar Himpunan Kimia Indonesia, di Yogyakarta, 1995.
18. OTSUBO, K., J. INANAGA, and M. YAMAGUCHI, 1987. SmI₂-induced highly regioselective reduction of α,β -epoxy esters and gamma, δ - epoxy- α , β -unsaturated esters. An efficient route to optically active beta-hydroxy and delta-hydroxy esters. *Tetrahedron Letters*, 28 (38) : 4437-4440
19. SADI, S., 1992. Proses *in-situ* epoksidasi minyak sawit, *Buletin perkebunan*, RISPA, 23 (2) : 115-124
20. SADI, S. 1993. Minyak sawit sebagai bahan alternatif diesel dalam *Laporan Hasil Pertanian, Proyek ARMP* tahun 1992/93, hal : 70-76
21. SADI, S., K. PAMIN and SUBRANTO, 1994. Synthesis of antimicrobial compound from epoxidized palm fatty acid methyl ester. Paper presented at *Oils and Fats International Congress*, Kuala Lumpur, 5-8 September 1994.
22. SADI, S., K. PAMIN and DARNOKO, 1995. Preparation of butyl epoxystearate from palm oil and palm fatty acid. Paper presented at *21st World Congress and Exhibition of International for Fat Research (ISF)*, Den Haag, Netherland, 1-6 October 1995.
23. SEARS, J.K. and J.R. DARBY, 1982. *The Technology of Plasticizer*, John Willey & Sons, New York, 1166p.
24. SILBERT, L. S., and W. S. PORT, 1957. Epoxidized ester of fatty acids as internal and external plasticizer for polyvinyl acetate. *JAOCS*, 34 (1) : 9-11.
25. WATANABE, S., T. FUJITA and M. SAKAMOTO, 1988. Epoxides of unsaturated fatty acids as an anti-rust additives in water-based cutting fluids. *JAOCS*, 65 (8) : 1311-1312
26. WEBER, N., K. VOSMANN, E. FEHLING, K.D. MUKHERJEE, and D. BERGENTHAL, 1995. Analysis of hydroxylated fatty acids from plant oils, *JAOCS*, 72 (3) : 361-368
27. WERDELMANN, B., 1994. Exotic oils and fats in South East Asia. *Malaysian Oil Science Technology*, 3 (2) : 13-21.

ooOoo

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

1955

RESEARCH REPORT

BY

ROBERT M. HAYES

AND

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

1955

RESEARCH REPORT

BY

ROBERT M. HAYES

AND

