

ASPEK KIMIAWI DAN PERKEMBANGAN TEKNOLOGI EKSTRAKSI SENYAWA KAROTENOID DARI MINYAK SAWIT

Endang Susilawati dan Eka Nuryanto

ABSTRAK

Pada masa yang akan datang, minyak sawit akan menghadapi persaingan yang ketat dengan minyak nabati lainnya di pasar internasional. Hal ini mengingatkan produksi minyak nabati dunia akan melebihi daya serap terhadap minyak nabati tersebut. Untuk itu perlu dicari alternatif lain untuk mempertinggi daya saing minyak sawit terhadap minyak nabati lainnya. Tingginya daya saing minyak sawit dewasa ini sebagian besar masih bertumpu pada biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Daya saing minyak sawit masih berpeluang untuk dapat ditingkatkan lagi, salah satunya adalah dengan cara memanfaatkan salah satu kandungan komponen minor yang terdapat di dalam minyak sawit yaitu senyawa karotenoid. Ada beberapa cara yang mungkin digunakan untuk mengekstraksi senyawa karotenoid dari minyak sawit, yaitu dengan metode penyabunan, iodin, ekstraksi pelarut, adsorpsi, urea, distilasi molekuler, dan membran. Dari sekian banyak metode yang perlu diteliti lebih lanjut yaitu metode distilasi molekuler melalui jalur metil ester dengan pengaturan suhu sedemikian rupa sehingga di samping diperoleh hasil recovery yang tinggi, juga konsentrat yang diperoleh mengandung karoten dengan nilai aktivitas biologi yang tidak banyak berubah. Di samping itu metode ekstraksi karoten dengan menggunakan membran merupakan suatu terobosan baru yang menjanjikan hasil yang baik.

Kata kunci : minyak sawit, karotenoid, ekstraksi, distilasi molekuler, membran

PENDAHULUAN

Pada masa yang akan datang, minyak sawit akan menghadapi persaingan yang ketat dengan minyak nabati lainnya di pasar internasional. Hal ini terlihat dari perkiraan produksi minyak sawit dunia pada tahun 2005 adalah 24,24 juta ton, sedangkan produksi minyak nabati lainnya (kedelai, kacang tanah, bunga matahari, rape, kopra, dan inti sawit) akan mencapai 255 juta ton. Sementara itu konsumsi dunia pada tahun yang sama hanya 118 juta ton (15). Maka akan terjadi kelebihan pasokan minyak nabati. Untuk itu perlu dicari alternatif lain untuk mempertinggi daya saing minyak sawit terhadap minyak nabati lainnya.

Tingginya daya saing minyak sawit dewasa ini sebagian besar masih bertumpu pada biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan dengan minyak nabati lainnya, terutama minyak kedelai, minyak biji bunga matahari dan minyak biji rape. Biaya produksi minyak sawit rendah terutama disebabkan tingginya hasil produksi minyak sawit dibandingkan minyak nabati lainnya. Sebagai gambaran kelapa sawit pada 1996 dapat menghasilkan 4.000 kg minyak ha⁻¹ th⁻¹ (6), sedangkan kedelai hanya dapat menghasilkan 1.000 kg minyak ha⁻¹ th⁻¹ (16).

Sebenarnya daya saing minyak sawit masih berpeluang untuk dapat ditingkatkan lagi, salah satunya adalah dengan cara me-

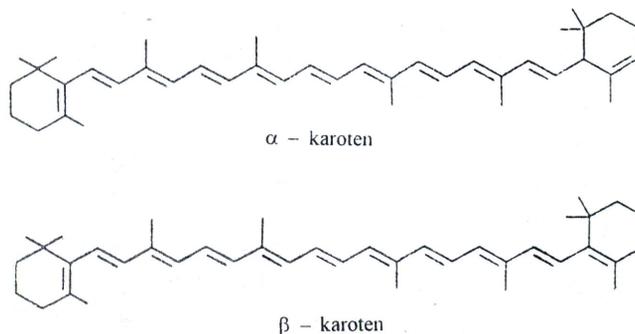
manfaatkan salah satu kandungan komponen minor yang terdapat di dalam minyak sawit yaitu senyawa karotenoid. Dalam perkembangannya, karotenoid makin dipandang sebagai suatu produk yang penting dan bernilai ekonomis tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya hasil penelitian yang memperlihatkan pengaruh positif karotenoid terhadap kesehatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak sawit merupakan salah satu sumber senyawa karotenoid. Konsentrasi karotenoid bervariasi dengan kisaran 500 - 700 ppm dimana lebih dari 80% dalam bentuk α -, β -, dan γ - karoten (4, 8). β - karoten mempunyai aktivitas vitamin A dua kali lebih besar dari α - dan γ - karoten. Minyak sawit mentah mempunyai aktivitas provitamin A, 10 kali lebih besar dari wortel dan 300 kali lebih besar dari tomat (21). Apabila senyawa karotenoid yang terdapat di dalam minyak sawit dapat diekstrak, maka hal tersebut akan memperkuat daya saing minyak sawit di pasar internasional dan akan memberikan nilai tambah terhadap minyak sawit tersebut. Tulisan ini membahas tentang aspek kimiawi dan perkembangan teknologi ekstraksi senyawa karotenoid yang diharap-

kan dapat digunakan dalam upaya pemanfaatan karotenoid yang terdapat di dalam minyak sawit.

SIFAT KIMIA KAROTENOID

Senyawa karotenoid didefinisikan sebagai suatu senyawa yang larut di dalam lemak, berwarna kuning sampai merah, dan mempunyai struktur alifatik atau alisiklik yang pada umumnya disusun oleh delapan unit isopren atau 2-metil butadiena (Gambar 1). Kedua gugus metil yang dekat pada molekul pusat terletak pada posisi C-1 dan C-6, sedangkan gugus metil lainnya terletak pada posisi C-1 dan C-5, serta di antara kedua gugus metil tersebut terdapat ikatan ganda terkonyugasi. Ikatan ganda terkonyugasi adalah dua ikatan ganda yang diselingi oleh ikatan tunggal. Ikatan ganda terkonyugasi ini merupakan penyusun kromofor yang bertanggung jawab atas kecerahan atau kegelapan pigmen-pigmen karotenoid. Makin banyak ikatan ganda makin pekat warna karotenoid tersebut, artinya semakin mengarah ke warna merah (10, 19).



Gambar 1. Struktur kimia α - dan β -karoten

Secara kimiawi, senyawa karotenoid dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu karoten dan xantofil. Karoten adalah senyawa hidrokarbon yang tersusun oleh unsur-unsur C dan H, sedangkan xantofil adalah senyawa turunan dari karoten yang mengandung oksigen di dalam struktur molekulnya. Sehingga unsur penyusun xantofil adalah C, H, dan O. Contoh senyawa yang termasuk karoten misalnya α -, β -, dan γ -karoten, sedangkan yang termasuk xantofil misalnya kriptoksantin, kapsantin dan torularodin. Adanya ikatan ganda di dalam struktur molekul karotenoid mengakibatkan senyawa ini mudah mengalami oksidasi. Oksidasi terjadi secara acak pada rantai karbon yang mengandung ikatan ganda (3).

Karoten dapat bereaksi dengan asam kuat dalam kondisi pelarut bukan air menghasilkan kation-kation yang sedikit berwarna biru-hijau yang menyerap sinar pada panjang gelombang maksimum 900 nm. Kation-kation ini diduga terbentuk dari protonasi dari α - dan β - karoten pada atom karbon yang ke tujuh. Kation-kation ini bersifat tidak stabil pada suhu kamar dan dapat membentuk senyawa karotenoid lainnya dengan kandungan ikatan ganda yang lebih sedikit melalui proses isomerisasi dan oksidasi. Selanjutnya, senyawa ini pun dapat terprotonasi lebih lanjut menjadi senyawa karotenoid lain yang menyerap sinar pada panjang gelombang antara 500 - 900 nm (12). Di samping disebabkan oleh adanya asam dan proses oksidasi, kerusakan karotenoid juga dapat disebabkan oleh panas dan cahaya.

TEKNOLOGI EKSTRAKSI SENYAWA KAROTENOID

Sejalan dengan disadarinya manfaat

dari senyawa karotenoid dan besarnya kandungan senyawa karotenoid di dalam minyak sawit, ekstraksi karotenoid dari minyak sawit mendapat perhatian yang besar dari para peneliti. Sehingga berbagai cara telah dikembangkan untuk mendapatkan karotenoid dari minyak sawit. Senyawa karotenoid yang terdapat di dalam minyak sawit lebih dari 80% dalam bentuk α -, β -, dan γ - karoten (4, 8). Metode ekstraksi yang telah dikembangkan antara lain : metoda penyabunan, adsorpsi, urea proses, ekstraksi menggunakan pelarut dan distilasi molekular (5, 11).

Metode ekstraksi dengan cara mengekstrak langsung karoten dari minyak sawit sangat sulit untuk dilakukan, karena β -karoten memiliki derajat ketidakjenuhan yang tinggi dan ikatan ganda terkonyugasi sehingga mudah terdegradasi oleh cahaya, oksigen, panas dan asam. Kondisi seperti ini menyebabkan diperlukannya perlakuan khusus untuk mengekstrak karoten (suhu rendah, adanya aliran gas inert, keadaan gelap dan lingkungan bebas asam). Perlakuan ini umumnya bertentangan dengan teknik ekstraksi yang biasa dilakukan. Beberapa metoda yang telah dilakukan untuk ekstraksi karoten akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Metode penyabunan

Metode penyabunan ini merupakan teknik isolasi karoten yang sudah cukup lama dikenal. Prinsip dari metode ini adalah memisahkan senyawa karotenoid, yang merupakan senyawa yang tidak tersabunkan dengan senyawa-senyawa yang dapat disabunkan. Pemisahan selanjutnya adalah dengan melarutkan karotenoid tersebut dengan menggunakan pelarut organik, akan

tetapi bahan yang tersabunkan tidak ikut larut.

Namun pelaksanaan metode ini cukup sulit karena sifat-sifat senyawa karotenoid yang mudah mengalami degradasi akibat adanya panas, oksigen, cahaya dan lingkungan asam. Karena itu kondisi ekstraksi harus dipertimbangkan dengan memperhatikan beberapa alasan-alasan yang dikemukakan di atas. Kondisi vakum adalah salah satu kondisi yang dianjurkan untuk mendapatkan konsentrat senyawa karotenoid yang baik, dimana pada kondisi ini diharapkan tidak terjadi kontak senyawa karotenoid dengan udara (O_2) dan suhu yang digunakan tidak terlalu tinggi. Sedangkan untuk mencegah degradasi oleh cahaya, suatu cara telah dikembangkan yaitu dengan menjalankan prosedur saponifikasi dibawah aliran gas Nitrogen, dengan suhu di bawah $80\text{ }^\circ\text{C}$ dan dalam suasana gelap.

Metoda ini tidak dikembangkan lebih lanjut ke dalam skala komersial, karena di samping pelaksanaan prosedur ekstraksi yang cukup sulit, juga konsentrat yang dihasilkan masih mengandung pelarut, meskipun dalam jumlah sedikit. Sehingga hasil ekstrak yang didapat masih memiliki aroma yang tidak diinginkan dan masih disangsikan keamanannya untuk bahan pangan (11).

2. Metode iodine

Metode iodine, merupakan suatu metode ekstraksi senyawa karotenoid dengan cara mereaksikan karoten dengan iodin, sehingga terbentuk suatu kompleks senyawa kimia karoten-iodida. Metoda ini diusulkan oleh Barnett (1), yaitu dengan cara menambatkan pereaksi iodin untuk memisahkan

karoten minyak sawit. Prinsip dari metode ini adalah pembentukan senyawa karoten-iodida yang diikuti dengan pembebasan iodin dari karoten menggunakan suatu pereaksi. Endapan yang didapat dipisahkan dengan menggunakan cara filtrasi, kristalisasi, dekantasi atau cara pemisahan lainnya. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pereaksi natrium tiosulfat, pembebasan iodin tersebut akan menghasilkan senyawa iso-karoten atau dehidro-karoten yang tidak memiliki aktifitas biologi, karena terjadinya reaksi kimia antara karoten dengan pereaksi yang digunakan. Sehingga metode ini tidak cocok dilakukan untuk mendapatkan ekstrak karotenoid yang mengandung karoten yang memiliki aktivitas sebagai provitamin A.

3. Metode ekstraksi pelarut

Metode ekstraksi menggunakan pelarut pertama kali diperkenalkan oleh Freeman (7) pada tahun 1937. Prinsipnya adalah pemisahan gliserida menjadi dua atau lebih fraksi yang berbeda yang memiliki nilai iodin spesifik. Proses pemisahan ini tergantung pada penggunaan jenis pelarut yang dapat memisahkan fraksi-fraksi yang diinginkan. Pelarut yang umum digunakan adalah metanol, etanol, asetonitril, dan furfural. Pada awalnya proses ini didasarkan pada derajat ketidakjenuhan suatu campuran gliserida, kemudian dikembangkan juga untuk mendapatkan konsentrat komponen minor dari minyak seperti karoten. Namun metode ini tidak dikembangkan lebih lanjut, karena pelarut yang digunakan dalam jumlah banyak sehingga membutuhkan biaya tinggi. Di samping itu sulit untuk memisahkan komponen dengan struktur kimia dan berat molekul yang relatif sama.

Karena kendala yang dialami oleh metode ekstraksi menggunakan pelarut di atas, maka dilakukan cara kristalisasi (pemisahan bahan padat berbentuk kristal dari suatu larutan) dengan perlakuan pendinginan untuk mengendapkan trigliserida jenuh dan tidak jenuh. Campuran dipisahkan menjadi fase cair minyak dan fase padat yang merupakan kristal gliserida. Dan kedua fraksi yang didapatkan ini dipisahkan dari pelarut dengan cara distilasi. Dimana fase cair merupakan fase yang mengandung karoten (11).

4. Metode adsorpsi

Metode adsorpsi merupakan metode yang banyak diteliti. Terutama untuk mendapatkan karoten dari agen pemucat (*bleaching agent*). Pitoyo (18) menggunakan metode ini untuk mengekstrak karoten dari tanah pemucat, namun hasil karoten yang didapat kecil sekali (4,06%). Hal ini dikarenakan perlakuan panas yang diberikan pada saat proses pemucatan dapat mendeградasi karoten. Menurut Meyer (13) karoten akan mengalami kerusakan pada suhu di atas 60 °C.

Prinsip dari metode ini adalah penyerapan (adsorpsi) komponen minor oleh *adsorbent* dan menarik kembali (desorpsi) komponen minor yang telah terserap tersebut menggunakan pelarut. Metode ini telah dipublikasikan pada tahun 1976 yang menyatakan bahwa karotenoid dapat diekstraksi dari *adsorbent* yang digunakan dalam proses pemucatan minyak sawit. Choo, *et. al.* (5), menggunakan metode adsorpsi fase terbalik (*reverse fase adsorption*) melalui jalur metil ester untuk mendapatkan konsentrat karoten. Hasil yang diperoleh dengan metode ini lebih besar dari 90%. Namun berdasarkan hasil

analisis kimia dan *bioassay* didapatkan bahwa selama proses adsorpsi dan desorpsi pada skala laboratorium, banyak β -karoten yang telah berubah menjadi senyawa karotenoid lain yang tidak memiliki aktivitas sebagai provitamin A. Naibaho (14), telah mengekstrak karoten dari tanah pemucat dengan beberapa tahap yaitu pelunakan tanah pemucat dan penyabunan. Karoten yang dapat diekstraksi dengan cara ini mencapai 40 % dari konsentrasi awal.

5. Metode urea

Metode urea juga salah satu cara yang digunakan untuk ekstraksi karoten. Metode ini didasarkan atas perbedaan kelarutan metil ester atau asam lemak dan karoten dengan adanya urea, dimana metil ester dan asam lemak tidak larut dengan penambahan urea sedangkan karoten dapat larut. Untuk mendapatkan asam lemak dilakukan reaksi hidrolisa atau metanolisis terhadap minyak sawit. Asam dan ester yang terbentuk ditambahkan urea murni dalam bentuk suspensi atau dalam larutan yang sesuai seperti metanol. Kemudian campuran tersebut didinginkan dan endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara filtrasi. Fraksi cair yang mengandung pelarut, kelebihan urea, sedikit asam lemak dan ester termasuk ke dalam konsentrat karotenoid. Pelarut dihilangkan dengan cara distilasi, kemudian dilakukan pencucian menggunakan aquades yang mengandung alkali lemah untuk menghilangkan kelebihan urea. Konsentrat karoten yang diperoleh bebas urea dan hanya mengandung bahan yang tak tersabunkan (11).

6. Metode distilasi molekuler

Metode distilasi molekuler, merupakan metode yang banyak dipublikasikan dan

dikembangkan lebih lanjut. Prinsipnya, metode distilasi adalah suatu teknik yang digunakan untuk memisahkan suatu komponen dari suatu campuran dengan cara penguapan, yaitu dengan cara mengubah-ubah bagian yang sama dari keadaan cair menjadi bentuk uap. Persyaratannya adalah kemudahan menguap (*volatilitas*) dari komponen yang akan dipisahkan berbeda satu dengan lainnya. Berbeda dengan distilasi biasa, distilasi molekuler tidak hanya menggunakan panas, tetapi juga menggunakan kondisi vakum untuk memisahkan suatu komponen dalam suatu campuran. Tekanan yang digunakan dalam metode ini berkisar antara 0,01 - 0,001 mmHg.

Pada distilasi molekuler, jarak antara permukaan penguapan (lapisan cairan yang terbentuk secara mekanis) dengan permukaan kondensasi hanya beberapa cm, sehingga molekul-molekul mempunyai energi yang cukup untuk terpisah dari campuran senyawa ke permukaan kondensasi tanpa bertabrakan dengan molekul lainnya (1). Teknik ini baik digunakan untuk senyawa-senyawa yang mempunyai tekanan uap kurang lebih 10^{-3} mmHg dengan kisaran suhu yang digunakan sebesar 25 - 350 °C dan berat molekul antara 15 - 122. Tekanan uap adalah suatu ukuran kecenderungan molekul cairan untuk berubah jadi fase uap, sehingga merupakan ukuran kemudahan menguap (*volatilitas*) senyawa yang bersangkutan. Tekanan uap suatu cairan tergantung dari suhu, dimana semakin tinggi suhu suatu cairan maka akan semakin banyak molekul berenergi tinggi yang dapat meninggalkan permukaan cairan persatuan waktu sehingga tekanan uapnya semakin tinggi. Komposisi distilat dalam distilasi molekuler tergantung dari kecepatan relatif penguapan masing-masing komponen (2).

Tipe distilasi molekuler yang banyak digunakan adalah tipe film tipis, dimana meskipun suhu yang digunakan cukup tinggi namun waktu yang dibutuhkan hanya beberapa detik sehingga diharapkan tidak terjadi degradasi dari senyawa karotenoid. Penerapan metode ini secara langsung pada minyak sawit sulit dilakukan, karena karoten mempunyai berat molekul yang tidak jauh berbeda dengan berat molekul trigliserida, sehingga sulit mendapatkan konsentrasi karoten dengan kemurnian yang tinggi. Sehingga diterapkan metode distilasi molekuler melalui jalur metil ester, yang mempunyai sifat fisiko kimia berbeda dengan trigliserida minyak sawit.

Dibandingkan dengan metode distilasi vakum hasil yang didapat dengan metode distilasi molekuler jauh lebih besar, hal ini dikarenakan kontak terhadap panas pada waktu distilasi molekuler lebih singkat dibandingkan dengan distilasi vakum. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa metode distilasi molekuler melalui jalur metil ester ini cukup efektif dilakukan untuk mendapatkan ekstrak karoten dengan kemurnian dan hasil yang tinggi.

Ooi, *et. al.* (17), melakukan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi karoten dengan cara menambahkan *Refined Deodorized Red Palm Oil* ke dalam senyawa metil ester yang didapat dari reaksi transesterifikasi trigliserida minyak sawit. Setelah dilakukan pemisahan menggunakan metode distilasi molekuler, konsentrasi karoten yang diperoleh melalui distilasi satu tahap bervariasi antara 50 - 90 %, tergantung pada suhu distilasi. Namun jika dilakukan distilasi dua tahap maka didapatkan hasil karoten sebesar 75 %.

Berdasarkan pertimbangan untuk mendapatkan hasil *recovery* karoten yang cukup tinggi dan memiliki aktivitas sebagai provitamin A, maka metode ini baik untuk diteliti lebih lanjut, misalnya dalam industri pembuatan minyak makan merah ataupun dalam bentuk konsentrat karoten yang dapat digunakan untuk produk olahan lainnya seperti mentega, keju, produk emulsi dan lain sebagainya.

7. Metode membran

Teknologi ini telah cukup lama dikenal terutama untuk bahan-bahan yang tidak mengandung minyak. Saat ini penerapan metoda ini pada produk pangan telah dikembangkan secara luas seperti untuk pemisahan protein, produk minyak dan lemak, gula, jus sayur dan buah (9). Metoda ini dinilai sederhana dan efektif. Dari hasil penelitian diketahui bahwa metoda ini mampu menghilangkan sebagian besar fosfor dari minyak sawit (sekitar 62 %) sedangkan kandungan karoten tidak berbeda nyata (20). Pada pembuatan minyak makan, metoda ini juga telah diaplikasikan dalam berbagai proses seperti, penghilangan gum, penghilangan asam lemak bebas dan pemisahan tokoferol. Oleh karena itu metoda ini dinilai mempunyai prospek untuk isolasi karoten dari minyak sawit. Isolasi karoten dari minyak sawit dengan teknologi membran diharapkan dapat memberikan hasil yang memuaskan, karena tidak memerlukan suhu tinggi dan adanya asam yang dapat mendegradasi karoten.

Sejalan dengan aspek pentingnya senyawa karotenoid dalam minyak sawit, maka Pusat Penelitian Kelapa Sawit telah melakukan beberapa penelitian yang berhubungan dengan ekstraksi dan cara mem-

pertahankan kandungan karoten yang ada dalam minyak sawit. Cara tersebut antara lain adalah dengan cara mengekstrak karoten dari tanah pemucat, pembuatan minyak makan merah dan pembuatan produk emulsi sejenis *scott's emulsion* yang kaya akan karoten. Produk minyak makan merah dan produk emulsi yang dihasilkan tersebut masih dalam tahap pengembangan. Penelitian untuk mendapatkan konsentrat karoten dari minyak sawitpun sudah mulai dikembangkan. Diharapkan pada masa yang akan datang dapat ditemukan teknologi yang tepat, murah, dan sederhana agar kandungan karoten di dalam minyak sawit dapat dipertahankan semaksimal mungkin.

KESIMPULAN

Minyak sawit merupakan sumber karotenoid alami yang terbesar dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Mengingat Indonesia merupakan produsen utama minyak sawit, maka perlu dipikirkan lebih lanjut metode ekstraksi yang tepat untuk mendapatkan konsentrat karotenoid, sehingga dapat meningkatkan daya saing minyak sawit dibandingkan minyak nabati lainnya dan memberikan nilai tambah terhadap minyak sawit tersebut.

Metode yang perlu diteliti lebih lanjut yaitu metode distilasi molekuler melalui jalur metil ester dengan pengaturan suhu sedemikian rupa sehingga di samping diperoleh hasil *recovery* yang tinggi, juga konsentrat yang diperoleh mengandung karoten dengan nilai aktivitas biologi yang tidak banyak berubah. Di samping itu metode ekstraksi karoten dengan menggunakan membran merupakan suatu terobosan baru yang menjanjikan hasil yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. BARNETT, H. M. 1934. Method of preparing carotene pigment material. *In* LENFANT, C. and F. C. THYRIAN. 1996. Extraction of carotenoids from palm oil. II. Isolation methods. OCL 3(4):294-307.
2. BERNASCONI. 1987. Teknologi kimia (Terjemahan HENDRA HANDOJO). Bagian 2. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
3. CHICESTER, C. D. and Mc. FEETERS. 1970. Pigment degeneration during processing and storage. *In* A.C.Hulme (ed.). 1970. Biochemistry of Fruits and Vegetable. Vol. I. Food Science & Technology, London.
4. CHOO, Y. M. 1995. Carotenoids from palm oil. *Palm Oil Dev.* 22:1-6.
5. CHOO, Y. M., S.C. YAP, A.S.H. ONG, S.H. GOH, and C.K. OOI. 1989. Extraction of Carotenoid from Palm Oil. *In* World Conference Proceeding, Edible Fat and Oil Processing.
6. DIRJENBUN. 1996. Statistik Perkebunan Indonesia. *Statiscal crops of Indonesia 1995-1997*. Kelapa Sawit.
7. FREEMAN, S. E. 1940. Processes of extracting and refining glicerides and products resulting therefrom. USP 2200390.
8. GOH, S. H., Y. M. CHOO, and A. S. H. ONG. 1985. Minor constituents of palm oil. *JAOCS*, 62(2):239-241.
9. KASEOGLU, S. S. 1996. Current status of membrane technology in the edible oil industry. *Proc. of the 1996 PORIM Int. Palm Oil Congress*.
10. LENFANT, C. and F. C. THYRIAN C. 1996. Extraction of Carotenoids from palm oil. I. Physical and chemical properties of β -karoten. OCL 3(3):220-226.
11. LENFANT, C. and F. C. THYRIAN C. 1996. Extraction of Carotenoids from palm oil. II. Isolation methods. OCL 3(4):194-207.
12. LIEW, K. Y., M.R. NORDIN and S. H. GOH. 1994. Reaction of Carotenes in palm oil with acid. *JAOCS*, 71(3):303-306.
13. MEYER, L. H. 1960. Food Chemistry. Reinhold Publishing Corporation, New York.
14. NAIBAHO, P. M. 1983. Pemisahan karoten (provitamin A) dari minyak sawit dengan metoda adsorpsi. Disertasi, IPB, p.221.
15. NIELSEN, B. B. 1997. Current global and regional outlook for the palm oil industry. 1997/1998 Palm & Lauric Oils Price Outlook Forum, Kuala Lumpur, Malaysia.
16. Oil World. 1996. Annual.
17. OOI, C. K., Y. M. CHOO, S. C. YAP, A.N. MA and Y. BASIRON. 1993. Production of palm oil carotene concentrate. *Proc. PIPOC 1993*, Malaysia.
18. PITOYO. 1988. Kemungkinan ekstraksi B-karotena dari tanah pemucat limbah proses pemurnian minyak kelapa sawit. Skripsi. Jurusan Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM, Yogyakarta.
19. RAW, L. 1980. Textbook of Biochemistry. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
20. RUSNANI, A. M. and M. S. AFFANDI. 1994. Membrane technology for crude palm oil refining. National Palm Oil Milling and Technology Conference.
21. TAN, B. 1987. Novel aspects of palm oil carotenoid analytical biochemistry. *Proc. of the 1987 Int. Oil Palm / Palm Oil Conf.* p. 370-376.