

SINTESIS SELULOSA ESTER LEMAK SAWIT DARI SELULOSA ASETAT DAN EPOKSI ESTER LEMAK SAWIT

SYNTHESIS OF PALM FATTY CELLULOSE ESTER FROM CELLULOSE ACETATE AND PALM FATTY EPOXY ESTER

Eka Nuryanto, Basuki Wirjosentono¹, Tjahjono Herawan, dan Harry Agusnar¹

Abstrak Tandan Kosong Sawit (TKS) merupakan salah satu limbah padat Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang jumlahnya hampir sama dengan jumlah Minyak Sawit Mentah/*Crude Palm Oil* (CPO) yang dihasilkan. TKS mengandung selulosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan turunan selulosa seperti selulosa asetat. Asam lemak sawit distilat (ALSD) merupakan hasil samping dari Pabrik Minyak Goreng Kelapa Sawit yang jumlahnya sekitar 3,5 % dari CPO yang diolah. ALSD mengandung asam lemak sawit tak jenuh yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan senyawa epoksi. Reaksi antara selulosa asetat dengan epoksi ester lemak sawit diharapkan diperoleh selulosa ester lemak sawit yang merupakan biopolimer. Proses epoksidasi asam lemak sawit tak jenuh telah berhasil dilakukan ditandai dengan turunnya Bilangan Iod dari 64,5 menjadi 2,0 g I₂/100 g sampel dan adanya kandungan Bilangan Oksiran 2,23 g O/100g sampel. Reaksi epoksidasi ini optimum pada waktu reaksi 6 jam. Reaksi antara selulosa asetat dari TKS dengan senyawa epoksi ester lemak sawit dilakukan didalam 100 ml pelarut metanol kering dengan katalis natrium metoksi 0,02 gr. Produk hasil reaksi adalah selulosa ester lemak sawit merupakan padatan berwarna putih

dengan perolehan sebesar 47 % dan kadar asetil 1,76 % serta Bilangan Oksirannya 0. Ada perbedaan yang nyata pada spektrum FTIR dari selulosa asetat dengan selulosa ester lemak sawit. Pada spektrum selulosa ester lemak sawit terlihat serapan pada 2.918 dan 2.849 cm⁻¹ yang merupakan serapan dari gugus -C-H dengan intensitas yang sangat kuat. Serapan lain yang membedakan dari ke dua senyawa ini adalah adanya serapan pada bilangan gelombang 721 dan 688 cm⁻¹ yang merupakan serapan dari gugus -(CH₂)_n. Sementara itu perbedaan antara spektrum FTIR selulosa ester lemak sawit dengan epoksi ester asam lemak sawit adalah adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3.447 cm⁻¹ yang menunjukkan serapan dari gugus -OH pada spektrum selulosa ester lemak sawit, sedangkan pada epoksi ester lemak sawit tidak ada.

Kata kunci : Tandan Kosong Sawit, selulosa, selulosa asetat, Asam Lemak Sawit Distilat, epoksi, selulosa ester lemak sawit.

Abstract Oil Palm Empty Fruit Bunch (EFB) is one of the palm oil mill solid waste which amount almost equal to the amount of Crude Palm Oil (CPO) produced. EFB containing cellulose that can be used as raw material for the manufacture of cellulose derivatives such as cellulose acetate. Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) is a byproduct of Palm Oil Cooking Factory which account for about 3.5 % of the CPO is processed. PFAD contains unsaturated fatty acids that can be used as raw material for the epoxy compounds. The reaction

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Eka Nuryanto (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: eka_nuryanto_ppks@yahoo.com

¹ Jurusan Kimia, Fakultas MIPA,
Universitas Sumatera Utara, Medan



between the cellulose acetate with palm fatty ester epoxy are expected to fatty acid cellulose ester its biopolymer product. Epoxidation process unsaturated fatty acids have been successfully characterized with lower Iod Numbers from 64.5 to 2.0 g I₂/100 g sample and the Oxirane Numbers 2.23 O/100g sample. Epoxidation reaction is optimum at 6 hours of reaction time. The reaction between the cellulose acetate of EFB with palm fatty ester epoxy compounds performed in 100 ml dry methanol in the presence of 0,02 g sodium methoxy. Reaction products is fatty acid cellulose ester is a white solid with the yield of 47% and acetyl content of 1.76 % and the oxirane number 0. There is a marked difference in the FTIR spectrum of cellulose acetate with fatty acid cellulose ester. In the FTIR spectrum of epoxy cellulose at 2,918 and 2,849 cm⁻¹ which is the absorption of -CH group with a very strong intensity. Another distinguishing uptake of the two compounds is the presence of absorption at wave numbers 721 and 688 cm⁻¹ which is the absorption of the group - (CH₂)_n. While the difference between the FTIR spectra of fatty acid cellulose ester with epoxy fatty acid ester is the absorption band at wave number 3447 cm⁻¹ which shows the absorption of the -OH group on the spectrum of fatty acid cellulose ester, while the epoxy ester fatty ester no.

Keywords : Empty Fruit Bunch, cellulose, cellulose acetate, Palm Fatty Acid Distillate, epoxy, fatty acid cellulose ester.

PENDAHULUAN

Proses pembuatan minyak goreng kelapa sawit akan menghasilkan produk samping asam lemak sawit distilat (ALSD) dengan jumlah sekitar 3,5 % dari jumlah CPO yang diolah (Naibaho, 1998). Pada tahun 2010 produksi ALSD yang dihasilkan Indonesia mencapai 585.200 ton (Amalia, et. al., 2012). Jumlah ini tidak sedikit, sementara pemanfaatan ALSD tersebut umumnya hanya digunakan sebagai bahan pembuatan sabun dengan kualitas rendah. Ada beberapa peneliti yang memanfaatkan ALSD ini sebagai objek penelitiannya, diantaranya adalah (Chu, et.al., 2003 dan Chu, et.al., 2009), yang memanfaatkan ALSD ini sebagai sumber tokoferol, tokotrienol, dan sumber vitamin E.

ALSD mengandung asam lemak tak jenuh yang dapat dioksidasi menghasilkan senyawa epoksi.

Senyawa epoksi ini merupakan senyawa yang mempunyai kereaktifan yang tinggi karena mengandung cincin 3 oksigen yang tidak stabil, sehingga dapat direaksikan dengan senyawa lain untuk memperoleh produk-produk turunan yang mempunyai manfaat dan nilai lebih tinggi.

Salah satu polimer alam yang jumlahnya sangat melimpah di dunia ini adalah selulosa. Selulosa dapat dimodifikasi dan mempunyai kegunaan yang sangat luas mulai dari bidang industri kertas, film transparan dan fotografi, plastik biodegradable, dan untuk membran di berbagai industri (Klem et al., 2012). Jika dilihat dari komposisinya, tandan kosong sawit (TKS) merupakan limbah padat lignoselulosa yang memiliki kandungan serat dan komposisi bahan organik dan mineralnya yang cukup tinggi. Beberapa peneliti telah melaporkan hasil penelitiannya dengan memanfaatkan TKS ini, di antaranya adalah digunakan sebagai biokomposit dan pemanfaatan TKS sebagai bahan pengisi *High Density Poly Ethylene* (HDPE) (Ewulonu dan Igwe, 2011). Sementara itu Mohd. Salleh, et.al. (2010), melaporkan mengenai gasifikasi TKS serta pemanfaatan TKS sebagai sumber lignophenol dan gula dilaporkan oleh Zainar, et. al. (2011).

Selulosa terdapat di dalam TKS lebih dari 30 %, sehingga TKS merupakan sumber selulosa yang sangat potensial (Nuryanto, 2000). Jumlah TKS yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit di Indonesia sama dengan jumlah produksi CPO Indonesia, yaitu sekitar 21,1 juta ton (Amalia, et.al., 2012). Jumlah yang sangat berlimpah, yang memerlukan penanganan khusus agar tidak menjadi sumber pencemaran lingkungan.

Berdasarkan paparan di atas, maka sangat memungkinkan jika TKS dimanfaatkan sebagai sumber selulosa. Untuk memperoleh selulosa dari TKS dapat dilakukan dengan cara delignifikasi menggunakan asam ataupun basa (Granstrom, 2009 dan Ng, et. al., 2011). Salah satu turunan selulosa yang banyak disintesis adalah selulosa asetat. Selulosa asetat ini dapat digunakan sebagai *filamen yarn*, *cigarettee filter*, dan *surface coating* (Wang et al., 2009).

Gugus fungsi epoksi atau cincin tiga oksiran di dalam epoksi ester lemak sawit merupakan gugus aktif, begitu juga dengan gugus asetat yang terdapat di dalam selulosa asetat. Dengan demikian diharapkan

ke dua gugus aktif ini pada kondisi tertentu dapat bereaksi dan menghasilkan produk selulosa ester lemak sawit. Selulosa ester lemak sawit merupakan biopolimer yang dapat menggantikan polimer sintetik. Biopolimer selulosa ester lemak sawit merupakan produk yang ramah lingkungan karena mudah terbiodegradasi. Pembuatan selulosa ester lemak sawit pada akhirnya akan memberikan nilai tambah ALSD dan TKS, sehingga secara keseluruhan dapat meningkatkan daya saing industri kelapa sawit Indonesia.

BAHAN DAN METODE

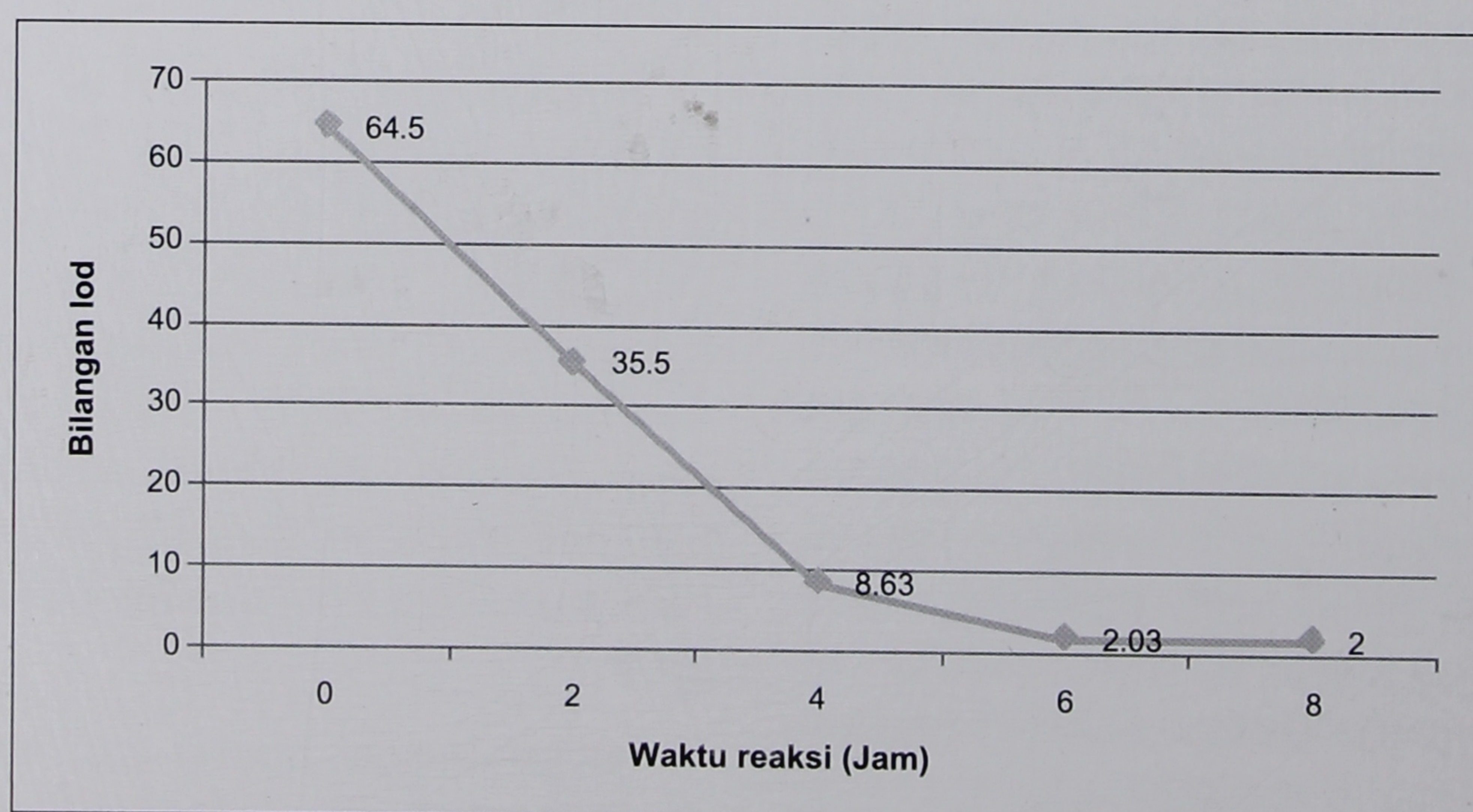
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Oleokimia Kelompok Peneliti Pengolahan Hasil dan Mutu (PAHAM), Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) di Medan. Bahan yang digunakan adalah asam lemak sawit distilat (ALSD) yang merupakan hasil samping pabrik minyak goreng kelapa sawit dari PT. Multimas Nabati Asahan dan bahan-bahan kimia lainnya seperti, metanol, KI, toluena, asam asetat anhidrat, asam sulfat pekat, hidrogen peroksida, asam peroksi asetat, natrium metoksi dengan *grade* teknis dan larutan Wijs, metanol, magnesium sulfat anhidrat dengan *grade* pro analisa. Sementara itu selulosa asetat dari TKS diperoleh dari penelitian sebelumnya (Nuryanto, *et al.*, 2013). Sedangkan peralatan yang digunakan adalah *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) *Alpha-P* merk Bruker, *Scanning Electrone Micriscope* (SEM), dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Optimasi Epoksidasi

Epoksidasi dilakukan dengan cara mencampurkan sebanyak 50 ml ester lemak sawit tak jenuh dengan 20 ml asam peroksi asetat, dan 5 ml toluena. Campuran ini dipanaskan pada suhu 55°C dan ditambahkan 0,05 ml asam sulfat pekat (Goud, *et al.*, 2006). Reaksi dibiarkan berlangsung selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam sesuai lama reaksi yang telah ditentukan. Setelah reaksi selesai akan terjadi pemisahan fasa organik dan fasa air yang dapat dipisahkan dengan cara sedimentasi. Untuk menetralkan sisa-sisa asam sulfat, campuran dicuci dengan aquades sampai netral dan didekantasi untuk menghilangkan fasa air. Air yang masih tersisa diuapkan dengan cara penguapan vakum. Selanjutnya dilakukan identifikasi kualitatif gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) pada hasil reaksi yang terbentuk dan analisis Bilangan Iod dan Bilangan Oksiren, anonim (2011).

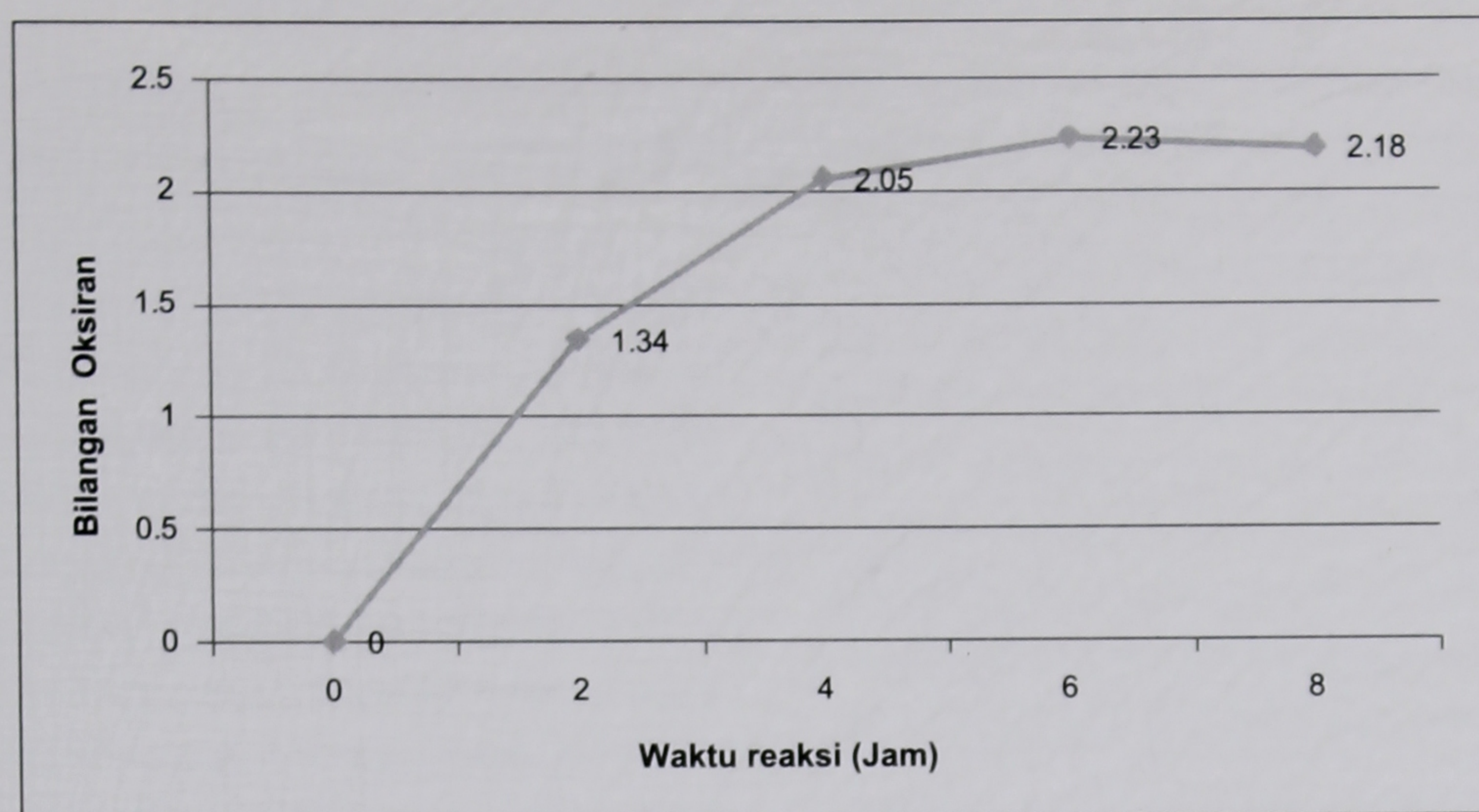
Reaksi Antara Senyawa Epoksi Dengan Selulosa Asetat

Selulosa asetat dari TKS sebanyak 2 g ditambah 100 ml metanol kering (metanol p.a dijerap airnya dengan magnesium sulfat anhidrat) dan 0,02 g natrium metoksi, kemudian ditambahkan 15 ml senyawa epoksi ester lemak sawit tetes demi tetes sambil terus diaduk. Campuran reaksi direfluks selama 30 jam pada suhu 70°C. Hasil reaksi dipisahkan dengan *rotary evaporator* dan dicuci dengan metanol 20 ml sebanyak 3 kali, kemudian dikeringkan dengan divakum



Gambar 1. Pola penurunan Bilangan Iod selama reaksi epoksidasi.

Figure 1. Iodine value decrease while epoxidation.



Gambar 2. Pola peningkatan Bilangan Oksiran selama reaksi epoksidasi.
Figure 2. Oxyrame number uncrease while epoxydation.

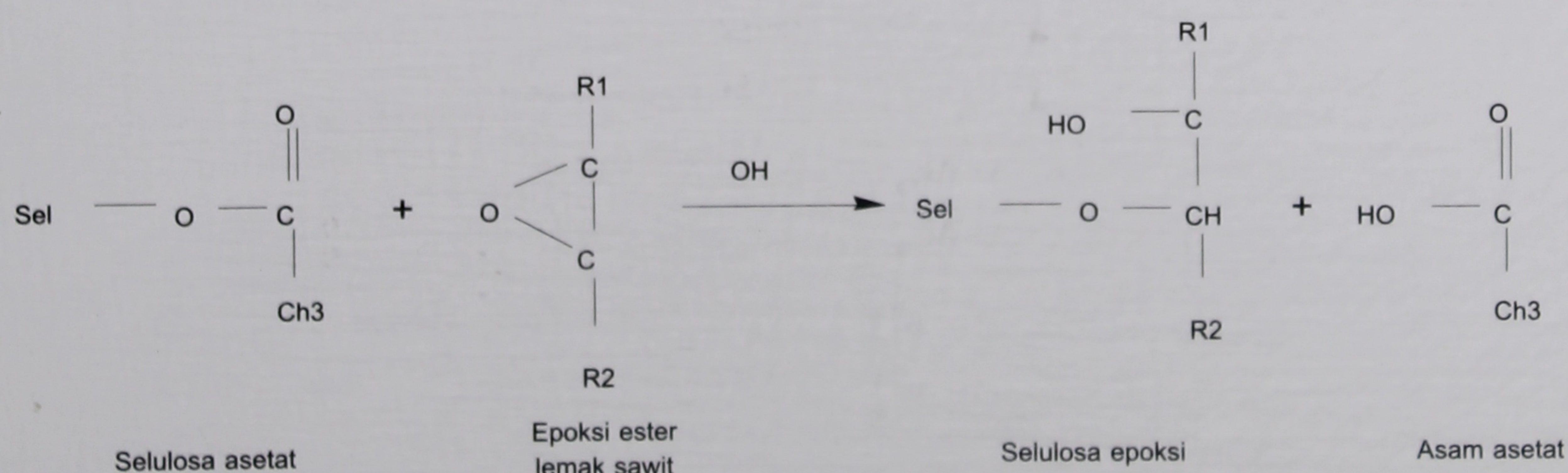
(Misdawati, 2005). Produk hasil reaksi dianalisis dengan FTIR (untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat di dalam material), *Scanning Electron Microscope* (untuk menggambarkan penampakan permukaan dari material), dan *X-Ray Diffraction* (untuk menggambarkan morfologi dari material) (Fessenden dan Fessenden, 1989; Echlin, 2009; dan Connolly, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Epoksidasi

Kondisi optimum reaksi epoksidasi metil ester lemak sawit distilat (MELSD) telah dipelajari dengan variabel waktu reaksi terhadap karakteristik produk yang dihasilkan. Waktu reaksi divariasikan selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam pada suhu 55°C. Reaksi epoksidasinya menggunakan asam asetat dan hidrogen peroksida secara *in situ* (Sinaga, 2005).

Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa Bilangan lod mengalami penurunan selama waktu reaksi berlangsung. Bilangan lod ME-LSD 64,5 g I₂/100 g sampel, setelah mengalami reaksi epoksidasi selama 2 jam, Bilangan lod berkurang menjadi 35,5 I₂/100 g. Sedangkan setelah reaksi berjalan selama 4, 6, dan 8 jam, Bilangan lod yang diperoleh berturut-turut adalah 8,63; 2,03, dan 2,00 g I₂/100 g sampel. Data-data ini menunjukkan bahwa selama berlangsungnya reaksi epoksidasi terjadi penurunan jumlah ikatan rangkap yang terdapat di dalam MELSD yang ditunjukkan dengan semakin berkurangnya Bilangan lod. Penurunan jumlah ikatan rangkap ini disebabkan ikatan rangkapnya teroksidasi menjadi cincin tiga oksigen. Bilangan lod menurun secara drastis pada waktu reaksi 4 jam pertama, sedangkan setelah 6 jam reaksi dan seterusnya penurunan Bilangan lod tidak terlalu tinggi.



Gambar 3. Reaksi antara selulosa asetat dengan epoksi ester lemak sawit.
Figure 3. Reaction of cellulose acetate with palm fatty epoxy ester.



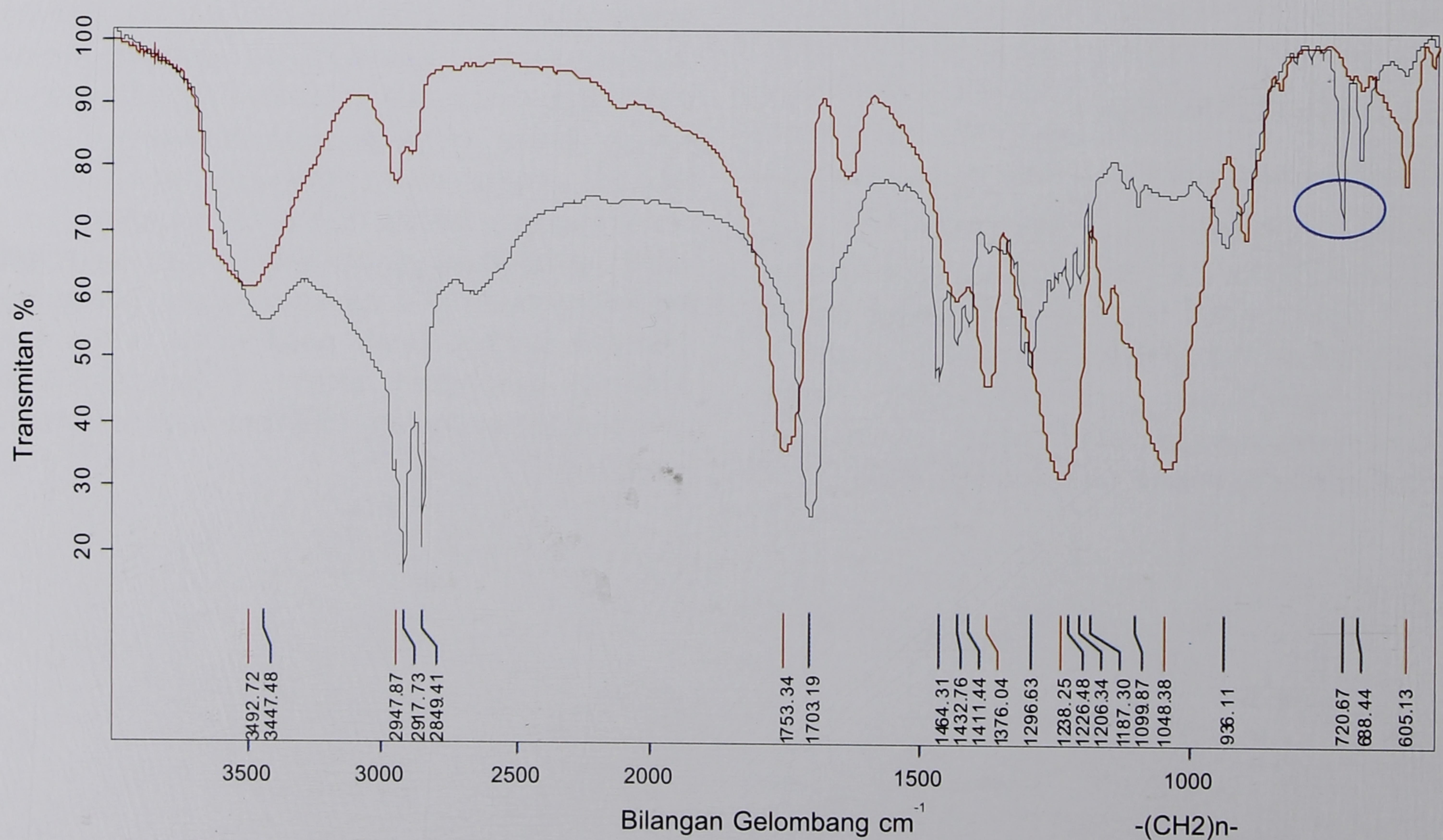
Gambar 2 menunjukkan bahwa Bilangan Oksiran meningkat seiring dengan berlangsungnya waktu reaksi. Pada waktu reaksi epoksidasi berlangsung 2 jam Bilangan Oksiran yang diperoleh sebesar 1,34 g O/100 g sampel dan pada 4 jam bilangan oksiran yang diperoleh 2,05 g O/100 g. Bilangan Oksiran tertinggi dicapai setelah reaksi berjalan selama 6 jam, yaitu sebesar 2,23 g O/100 g. Setelah itu terjadi penurunan Bilangan Oksiran, pada waktu epoksidasi 8 jam Bilangan Oksiran yang diperoleh turun menjadi 2,18 g O/100 g.

Bilangan Oksiran yang semakin lama semakin naik dikarenakan kesempatan molekul-molekul zat pereaksi untuk saling bertumbukan semakin sering seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Setelah melewati waktu reaksi 6 jam, Bilangan Oksiran mengalami penurunan dikarenakan reaksi epoksidasi merupakan reaksi bolak-balik dan produk senyawa epoksida merupakan senyawa yang reaktif sehingga berpotensi untuk diikuti reaksi samping seperti menghasilkan senyawa hidroksi yang lebih stabil (Kirk and Othmer, 1982).

Reaksi Selulosa Asetat dengan Senyawa Epoksi

Selulosa asetat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari asetilasi selulosa dari Tandan Kosong Sawit (TKS) dengan kandungan asetil 43,05%, Nuryanto, *et.al.*, (2013). Reaksi antara selulosa asetat dengan senyawa epoksi ester lemak sawit dilakukan di dalam pelarut metanol kering dengan bantuan katalis natrium metoksi (Misdawati, 2005). Gugus asetil yang terdapat di dalam selulosa akan digantikan dengan gugus epoksi lemak sawit dengan hasil samping metil asetat. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan kemungkinan reaksi yang terjadi antara selulosa asetat dengan senyawa epoksi ester lemak sawit (Underwood dan Day, 1987).

Reaksi di atas memperlihatkan bahwa gugus asetil dari selulosa asetat telah digantikan oleh senyawa epoksi ester lemak sawit. Dengan demikian apabila dilakukan analisis gugus fungsi dengan FTIR, maka pada produk hasil reaksi akan muncul serapan pada sekitar 1.460 cm^{-1} dan 720 cm^{-1} yang khas dari



Gambar 4. Spektrum FTIR senyawa selulosa ester lemak sawit (hitam) dan spektrum FTIR selulosa asetat (merah).

Figure 4. FTIR spectrum Palm Fatty Cellulose Ester (black) and cellulose acetate (red)

gugus $-(CH_2)_n-$. Sementara itu, spektrum FTIR dari selulosa asetat tidak ada serapan pada daerah tersebut karena tidak mengandung gugus $-(CH_2)_n-$.

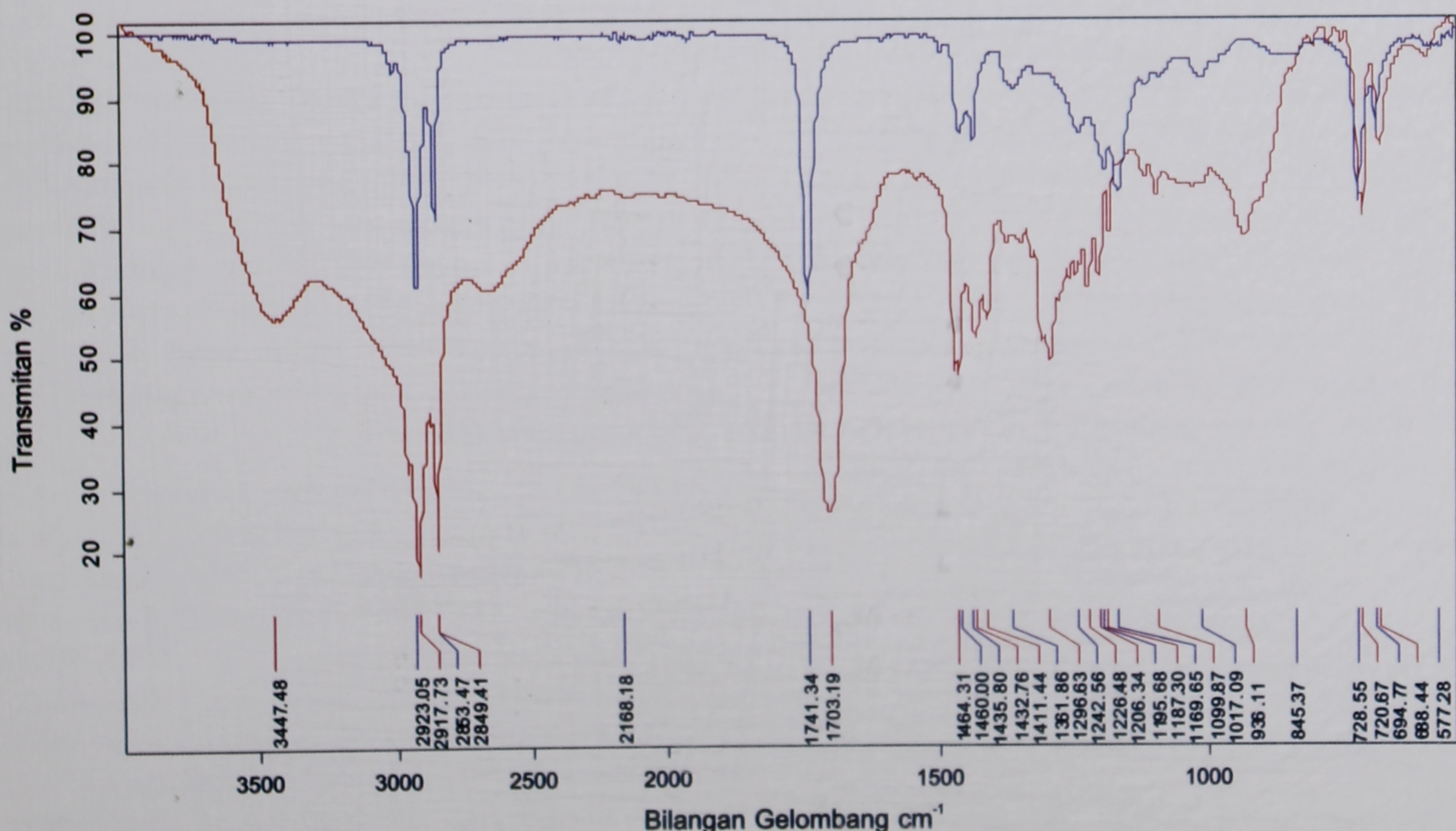
Hasil reaksi antara selulosa asetat dan epoksi metil stearat adalah berupa padatan berwarna putih seberat 0,94 g atau perolehan dari reaksi ini adalah 47% yang merupakan selulosa ester lemak sawit. Kandungan asetil dari padatan ini adalah 1,76 % atau terjadi penurunan sebesar 95,91 % dibandingkan dengan kandungan asetil dari selulosa asetat TKS yang digunakan untuk reaksi. Sedangkan Bilangan Oksiran dari produk reaksi ini adalah 0 yang menunjukkan bahwa produk tidak mengandung senyawa epoksi.

Gambar 4 menyajikan spektrum FTIR dari produk selulosa ester lemak sawit yang ditumpang tindihkan dengan spektrum FTIR dari selulosa asetat. Hal ini untuk memperlihatkan adanya perbedaan gugus fungsi yang terdapat di dalam ke dua senyawa tersebut.

Gambar 4 tersebut menunjukkan bahwa serapan pada 2.918 dan 2.849 cm^{-1} yang merupakan serapan

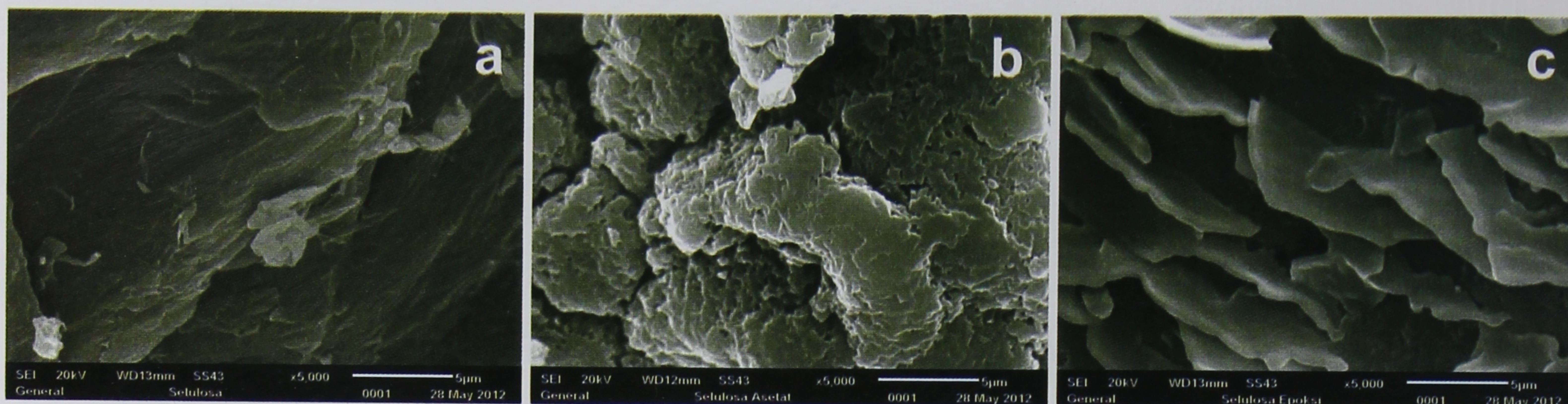
dari gugus $-C-H$, intensitasnya semakin kuat pada spektrum FTIR dari selulosa ester lemak sawit. Hal ini disebabkan adanya rantai karbon yang panjang dari epoksi ester lemak sawit. Serapan lain yang membedakan dari ke dua senyawa ini adalah adanya serapan pada bilangan gelombang 721 dan 688 cm^{-1} yang merupakan gugus $-(CH_2)_n-$. Pita serapan ini hanya muncul pada spektrum FTIR senyawa selulosa ester lemak sawit dengan intensitas yang kuat, sedangkan pada selulosa asetat hampir tidak ada atau dengan intensitas yang sangat kecil.

Asam lemak tak jenuh yang terdapat di dalam ALSD dapat dipisahkan dengan metode distilasi molekular (Nuryanto, dkk., 2012). Kondisi reaksi optimum epoksidasi MELSD menggunakan asam peroksi asetat tercapai pada waktu reaksi 4 jam dengan Bilangan Iod $8,63\text{ g I}_2/100\text{ g}$ sampel dan Bilangan Oksiran $2,23\text{ g O}/100\text{ g}$ sampel. Sementara itu, reaksi antara selulosa asetat dengan senyawa epoksi dapat diikuti dengan analisis FTIR. Pada spektrum FTIR produk reaksi (selulosa ester lemak sawit) ada serapan pada Bilangan Gelombang 1.4560 cm^{-1} dan 720 cm^{-1} yang khas untuk gugus $-(CH_2)_n-$,



Gambar 5. Spektrum FTIR senyawa selulosa ester lemak sawit (merah) dan spektrum FTIR epoksilemak sawit (biru)

Figure 5. FTIR spectrum palm fatty cellulose ester (red) and palm fatty epoxy.



Gambar 6. Hasil analisis SEM pada perbesaran 5.000 x dari selulosa TKS (a); selulosa asetat TKS (b); dan selulosa ester lemak sawit (c).

Figure 6. SEM analysis of (a) EFB; (b) Cellulose acetat; and (c) Palm fatty cellulose ester.

sedangkan pada selulosa asetat tidak ada serapan pada daerah tersebut (Gambar 4).

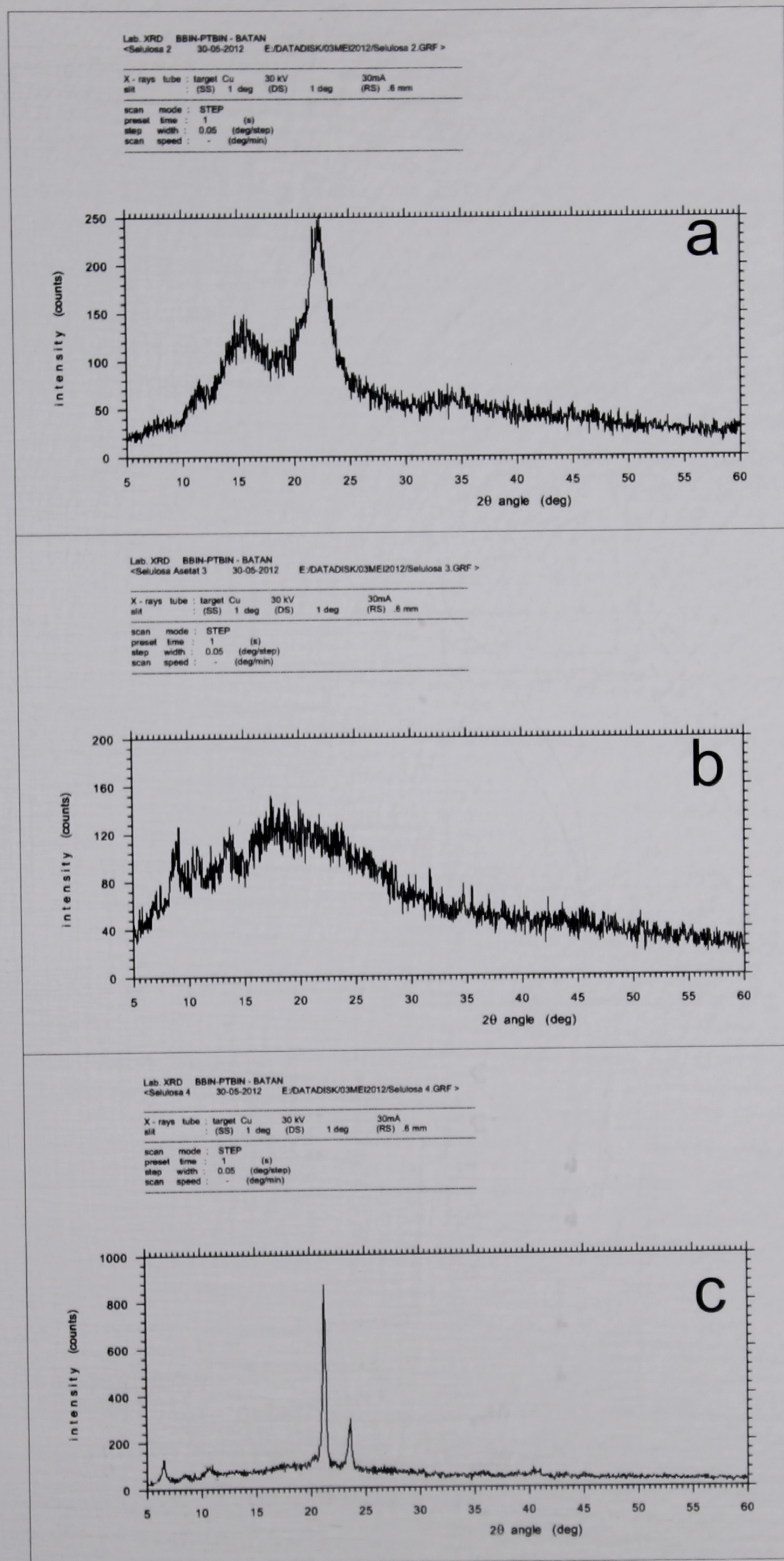
Sementara itu jika spektrum FTIR senyawa selulosa ester lemak sawit dibandingkan dengan spektrum FTIR senyawa epoksi ester lemak sawit ternyata terdapat perbedaan. Gambar 5 di bawah ini menyajikan spektrum FTIR senyawa selulosa ester lemak sawit yang ditumpang tindihkan dengan spektrum FTIR senyawa epoksi ester lemak sawit. Pita-pita serapan yang muncul dari ke dua spektrum ini secara keseluruhan hampir sama yang berarti gugus-gugus fungsi yang ada di kedua senyawa ini hampir sama. Akan tetapi ada satu pita serapan yang menunjukkan perbedaan dari ke dua senyawa ini, yaitu pita serapan pada bilangan gelombang 3.447 cm^{-1} . Serapan ini hanya muncul pada spektrum selulosa ester lemak sawit, sedangkan pada spektrum senyawa epoksi ester lemak sawit tidak muncul. Serapan pada bilangan gelombang ini menunjukkan adanya serapan dari gugus -OH . Hal ini membuktikan bahwa pada senyawa selulosa ester lemak sawit mengandung gugus -OH yang berasal dari pembukaan cincin epoksi saat bereaksi dengan selulosa asetat. Sedangkan pada senyawa epoksi ester lemak sawit tidak terdapat serapan pada daerah 3.447 cm^{-1} karena di dalam senyawa tersebut memang tidak mengandung gugus -OH .

Serapan lain yang muncul dari selulosa ester lemak sawit adalah pada Bilangan Gelombang 3.447 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus -OH ,

sedangkan pada senyawa epoksi tidak ada serapan pada daerah ini karena memang tidak mengandung gugus -OH (Gambar 5). Dari ke dua spektrum FTIR ini memperlihatkan bahwa produk reaksi (selulosa ester lemak sawit) berbeda dengan selulosa asetat dan senyawa epoksi yang merupakan reaktan. Hasil analisis XRD semakin menguatkan berbedanya antara hasil reaksi dengan selulosa asetat.

Untuk melihat perbedaan permukaan dari selulosa, selulosa asetat, dan selulosa ester lemak sawit yang dihasilkan telah dilakukan analisis menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Gambar 6 memperlihatkan penampakan permukaan pada perbesaran 5.000 x dari selulosa TKS (a), selulosa asetat TKS (b), dan selulosa ester lemak sawit (c). Hasil SEM memperlihatkan bahwa permukaan selulosa ester lemak sawit jauh lebih teratur dibandingkan dengan permukaan selulosa TKS maupun selulosa asetat TKS.

Analisis lain yang dilakukan terhadap produk adalah dengan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat morfologinya. Gambar 7 menyajikan hasil analisis dengan XRD untuk selulosa TKS, selulosa asetat TKS, dan selulosa ester lemak sawit. Pada gambar tersebut terlihat perbedaan dari ketiga senyawa tersebut. Dari analisis XRD ini juga dapat dilihat bahwa selulosa TKS dan selulosa asetat TKS struktur padatnya berupa amorf, sedangkan selulosa ester lemak sawit padatan kristal walaupun masih mengandung amorf.



Gambar Gambar 7. Hasil analisis XRD terhadap a. selulosa TKS, b. selulosa asetat TKS, dan c. selulosa ester lemak sawit.

Figure 7. XRD analysis result of a. EFB cellulose, b. EFB acetate cellulose, and c. Palm fatty cellulose ester.



KESIMPULAN

Proses epoksidasi metil ester lemak sawit optimum pada waktu reaksi 6 jam ditandai dengan turunnya Bilangan Iod dari 64,5 menjadi 2,0 g I₂/100 g sampel dan adanya Bilangan Oksiran 2,23 g O/100 g sampel.

Reaksi antara selulosa asetat dari TKS dengan senyawa epoksi ester lemak sawit di dalam pelarut metanol kering dan katalis natrium metoksi menghasilkan selulosa ester lemak sawit yang berupa padatan berwarna putih dengan perolehan sebesar 47%. Selulosa ester lemak sawit yang diperoleh mempunyai kandungan kadar Asetil 1,76 % dan Bilangan Oksiran 0.

Analisa menggunakan instrumen Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan Scanning Electron Microscope (SEM) memperlihatkan perbedaan antara selulosa TKS, selulosa asetat TKS, dan selulosa ester lemak sawit.

PUSTAKA

- Amalia, R., M. A. Agustira, dan T. Wahyono. 2012. Statistik industri kelapa sawit 2012. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Anonim. 2011. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. Sixth Edition, AOCS. Urbana, Illinois USA.
- Chu, B.S., B.S. Baharin, S.Y. Quek, and Y.B. Che Man. 2003. Separation of tocopherols and tocotrienols from palm fatty acid distillate using hydrolysis-neutralization-adsorption chromatography method. *Journal of Food Lipids*. Vol 10, issue 2, p.141-152.
- Chu, B.S., B.S. Baharin, Y.B. Che Man, and S.Y. Quek. 2009. Selective adsorption of vitamin E from palm fatty acid distillate on silica-packed fixed-bed columns. *International Journal of Food Engineering*. Vol 5, issue 5.
- Connolly, J.R. 2007. Introduction to X-Ray Powder Diffraction. UK.
- Echlin, P. 2009. Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. Springer, UK.
- Ewulonu, C.M. and I.O. Igwe. 2011. Properties of oil palm empty fruit bunch fibre filled high density polyethylene. *International of Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3(6).
- Fessenden, R.J. dan J.S. Fessenden. 1989. Kimia Organik (Alih bahasa A. H. Pudjaatmaka). Edisi ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Goud, V.V., N.C. Pradhan, and A.V. Patwardhan. 2006. Epoxidation of Karanja (*Pongamia glabra*) Oil by H₂O₂. *JAOCS*, Vol. 83, no. 7.
- Grastrom, M. 2009. Cellulose derivatives: synthesis, properties and application. Helsinki University, ISBN. 978-952-10-5485-3.
- Kirk, R.E. and D.F. Othmer. 1982. Encyclopedia of chemical technology. Vol. 8-9. Third Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Klem, D., H.P. Schmauder, and T. Heinze. 2012. Cellulose. Diunduh dari http://www.wiley-vch.de/books/biopoly/pdf_v06/bpol6010_275_287.pdf, pada 9 Februari 2012.
- Misdawati. 2005. Sintesis selulosa kaproat melalui reaksi interesterifikasi antara selulosa asetat dengan metal kaproat. *Jurnal Sains Kimia*. Vol. 5, No. 1, p. 38-45.
- Mohd. Salleh, M.A., N.H. Kisiki, H.M. Yusuf, dan W.A. Wan Ab Karim Ghani. 2010. Gasification of biochar from empty fruit bunch in a fluidized bed reactor. *Energies*, Vol. 3, p. 1344-1352.
- Naibaho. 1998. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa sawit.
- Ng, S.H., A. Ghazali, and C.P. Leh. 2011. Anthraquinon-aided hydrogen peroxide reinforced oxygen delignification of oil palm (*Elaeis guineensis*) EFB pulp: A
- Nuryanto, E. 2000. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber bahan kimia. *WARTA PPKS*, Vol. 8, no. 3.
- Nuryanto, E., B. Wirjosentono, T. Herawan, dan H. Agusnar. 2012. Pemisahan asam lemak sawit distilat (ALSD) dengan metode distilasi molekuler. *Jurnal PPKS*, Vol. 20, no. 3.
- Nuryanto, E., B. Wirjosentono, H. Agusnar, dan T. Herawan. 2013. Ekstraksi dan karakterisasi



selulosa dari tandan kosong sawit serta pemanfaatannya untuk produksi selulosa asetat. Jurnal, Vol. 21, no. 1.

Sinaga, M.S. 2005. Epoksidasi minyak sawit dengan proses in-situ. Jurnal Teknologi Proses. Vol.4, No. 2.

Underwood, A.L. dan R. A. Day. 1987. Kimia analitik kuantitatif. Edisi keempat, Penerbit Ganesha, Bandung.

Wang, Y., L. Yang, G. Luo, and Y. Dai. 2009. Preparation of cellulose acetate membrane

filled with metal oxide particles for the prevaporation separation on methanol/methyl tert-butyl ether mixtures. Chemical Engineering Journal, Vol. 146. p. 6-10.

Zainar, N. H., Md.Z. Alam, and M.F. Al-Khatib. 2011. Production of sugar by hydrolysis of empty fruit bunches using palm oil mill effluent (POME) based celluloses : Optimization study. African Journal of Biotechnology, Vol. 10 (81).