

KARAKTERISTIK PROSES KRISTALISASI MINYAK SAWIT MENTAH

Diwan Prima Ariana dan Purboyo Guritno

ABSTRAK

Fraksinasi kering minyak sawit dengan cara kristalisasi adalah cara yang paling banyak digunakan. Hasil fraksinasi minyak sawit adalah stearin (fraksi padat) dan olein (fraksi cair). Banyak faktor yang mempengaruhi proses kristalisasi diantaranya adalah pengadukan dan laju pendinginan minyak sawit. Percobaan ini merupakan lanjutan penelitian sebelumnya yaitu bertujuan mendapatkan kondisi optimum proses kristalisasi. Minyak sawit yang dikristalisasi, dalam percobaan ini, tidak dirafinasi terlebih dahulu.

Dalam percobaan ini dipelajari pengaruh kondisi pengadukan terhadap perolehan olein di dalam alat kristalisasi berkapasitas 3 liter dengan menggunakan metode pemisahan vakum. Pengaduk yang digunakan adalah sigmoid dan waktu pendinginan tahap pertama adalah 90 menit. Kecepatan putar pengaduk 30 rpm pada pendinginan tahap pertama dan kecepatan putar pengaduk 15 rpm pada pendinginan tahap ke dua merupakan kondisi yang memberikan perolehan olein terbesar yaitu 67.8%.

Kata kunci : Fraksinasi, kristalisasi, pengadukan, minyak sawit mentah, olein, stearin

PENDAHULUAN

Minyak sawit mengandung trigliserida baik dengan titik leleh (*melting point*) tinggi maupun rendah yang keduanya dapat dipisahkan dengan metode pendinginan terkendali. Stearin adalah fraksi padat minyak sawit dengan titik leleh rendah sedangkan olein adalah fraksi cair minyak sawit dengan titik leleh tinggi. Fraksinasi minyak sawit dapat dilakukan dengan metode kering (*dry crystallization*), metode basah (*detergent or wet fractionation*) dan dengan menggunakan pelarut (*solvent fractionation*). Kristalisasi kering adalah yang paling ekonomis dan banyak digunakan.

Kristalisasi kering merupakan metode pemisahan trigliserida pada minyak atau lemak ke dalam dua fraksi atau lebih, berdasarkan perbedaan karakteristik fisik masing-masing fraksi tersebut. Kristalisasi kering memanfaatkan perbedaan karakteris-

tik fisik yaitu titik leleh sehingga nantinya akan dihasilkan fraksi cair (olein) dan fraksi padat (stearin). Pemisahan kedua fraksi tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan filtrasi secara vakum atau *membrane press filter*. Penggunaan *membrane press filter* dapat memberikan perolehan olein sebesar 72% - 78% (5).

Kristalisasi minyak pada dasarnya adalah proses pendinginan minyak sampai mencapai suhu tertentu dimana terbentuk kristal. Kristalisasi dapat dibagi menjadi 2 tahap, yaitu pembentukan nuklei dan perkembangan kristal. Pembentukan nuklei melibatkan formasi awal embrio kristal yang disebut nuklei sedangkan perkembangan kristal melibatkan difusi trigliserida dari larutan melewati *boundary layer* dan bergabung ke dalam struktur *lattice* kristal. (6).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kristal, pertumbuhan, dan pemisahan antar fraksi adalah suhu awal

minyak, suhu akhir fraksinasi, kecepatan pendinginan, kecepatan agitasi dan metode pemisahan. Faktor-faktor ini mempengaruhi ukuran dan bentuk kristal, perolehan dan kecepatan filtrasi (2). Jenis pengaduk juga mempengaruhi perolehan olein (9). Ada tiga jenis pengaduk yaitu *sigmoid*, *rectangle*, dan *ellipsoid* yang digunakan dalam percobaan terdahulu. Pengaduk sigmoid memberikan perolehan olein terbesar. Hal ini disebabkan oleh konfigurasi bentuknya yang dapat memberikan gaya gesek terkecil terhadap Minyak Sawit Mentah (MSM) dan mengaduk secara lebih merata selama proses kristalisasi (9).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik proses kristalisasi MSM.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah MSM yang diperoleh dari PT Pamina (PTP Nusantara IV). Alat yang digunakan adalah alat kristalisasi dengan kapasitas tiga liter (Gambar 1), *refrigerated bath*, *data logger* untuk pengumpulan data suhu dari termokopel, serta *transistor inverter* AF500 untuk mengatur kecepatan putaran pengaduk. Pengaduk yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbentuk *sigmoid*. Peralatan tersebut dirangkaikan seperti terlihat pada Gambar 2.

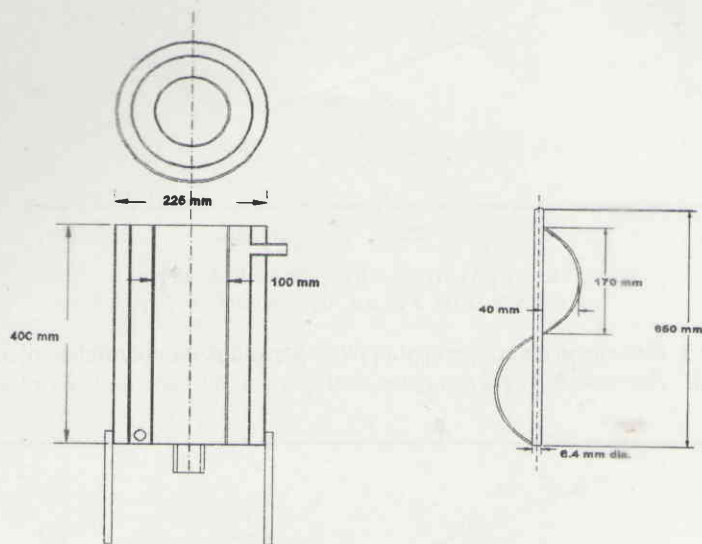
Contoh MSM sebanyak tiga liter dipanaskan sampai 70°C, kemudian dimasukkan ke dalam alat kristalisasi dan didinginkan dengan air yang mengalir. Alat kristalisasi dilengkapi dengan pengaduk yang dapat diatur kecepatan putarannya. Bentuk pengaduk yang digunakan adalah *sigmoid*. Pendinginan tahap pertama dilakukan dengan menggunakan air bersuhu 35°C selama 90 menit dan kemudian pada pendinginan tahap kedua menggunakan air

bersuhu 25°C. Pada pendinginan tahap pertama putaran pengaduk adalah 30 rpm, sedangkan pada pendinginan tahap ke dua putaran pengaduk divariasikan sebanyak empat jenis yaitu 30, 25, 20, dan 15 rpm. Proses kristalisasi berakhir setelah suhu MSM mendekati suhu air pada pendinginan ke dua. Setelah proses selesai, dilakukan filtrasi menggunakan pompa vakum pada kertas saring Whatman No 40 di ruangan bersuhu 24°C. Peubah yang diamati adalah suhu MSM dan air selama proses, perolehan olein, titik keruh (*cloud point*), bilangan iod (uji Wijs), dan kadar asam lemak bebas (1).

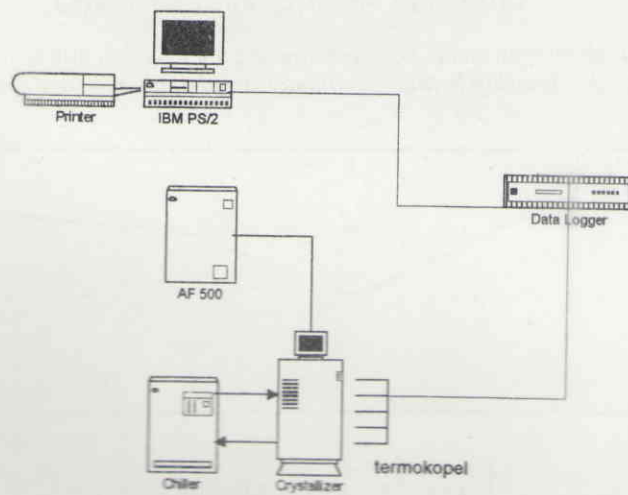
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3, 4, dan 5 memperlihatkan pengaruh kecepatan putar pengaduk terhadap perolehan olein, titik keruh, dan kadar asam lemak bebas. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa perlakuan putaran pengaduk mempengaruhi hasil perolehan olein, akan tetapi tidak berpengaruh terhadap titik keruh dan kadar asam lemak bebas. Rata-rata nilai perolehan olein untuk putaran pengaduk 15, 20, 25, dan 30 rpm berturut-turut adalah sebesar 67.8%, 65.5%, 63.3%, dan 67.4%. Nilai titik keruh dan kadar asam lemak bebas tidak terlalu banyak berubah jika dibandingkan antara sebelum dan sesudah proses fraksinasi.

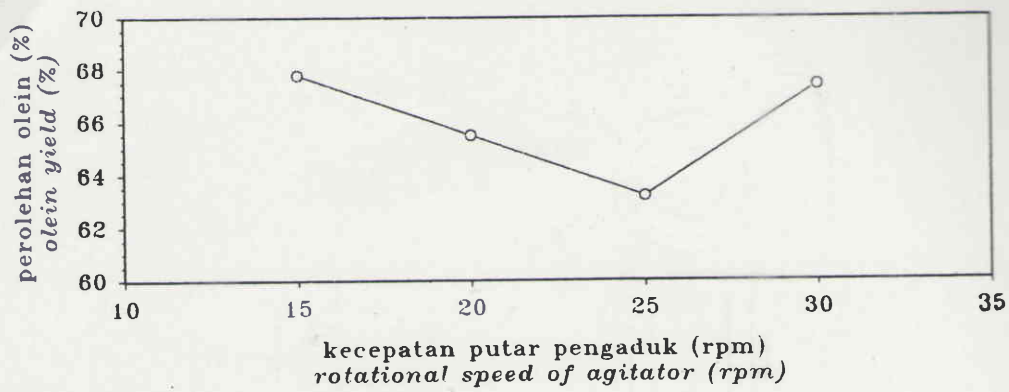
Perolehan olein yang dihasilkan dari penelitian ini relatif rendah, karena filtrasi yang digunakan adalah proses penyaringan vakum. Proses ini sebenarnya mirip dengan proses penyaringan dengan menggunakan *vacuum drum filter* yang digunakan secara komersial. Nilai titik keruh yang dihasilkan relatif tinggi dibandingkan dengan nilai standar maksimum (9°C). Hal ini disebabkan MSM yang digunakan tidak diberikan perlakuan pendahuluan yaitu *degumming* dan *bleaching* sebelum difraksinasi.



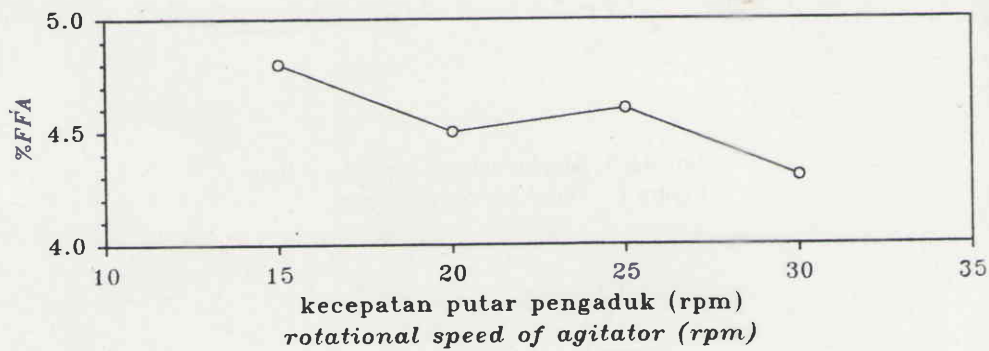
Gambar 1. Alat kristalisasi kapasitas 3 liter
Figure 1. Three liters crystallizer



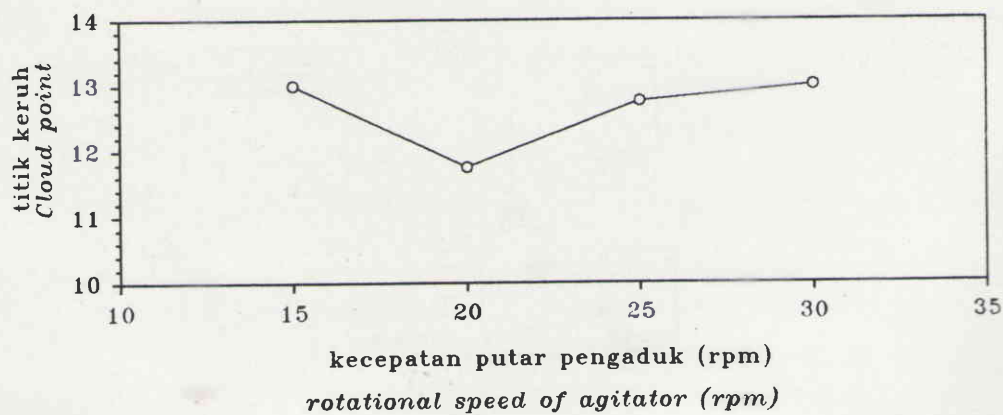
Gambar 2. Bagan hubungan peralatan percobaan
Figure 2. Experimental device connection scheme



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan perolehan olein
Figure 3. Relationship between rotational speed of agitator and olein yield



Gambar 4. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan titik keruh
Figure 4. Relationship between rotational speed of agitator and cloud point



Gambar 5. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan FFA
Figure 5. Relationship between rotational speed of agitator and FFA

Gambar 3 menunjukkan bahwa perolehan olein paling rendah terjadi pada putaran pengaduk 25 rpm. Pengadukan minyak selama proses kristalisasi adalah penting untuk mengendalikan pembentukan nuklei dan perkembangan kristal. Pada tahap awal proses kristalisasi, dimana MSM masih dalam keadaan panas (70°C) dibutuhkan kecepatan pengadukan yang cukup tinggi untuk meningkatkan pindah panas antara minyak dengan media pendingin sehingga akan mempercepat proses pendinginan pertama, yaitu sampai mulai terbentuk nuklei.

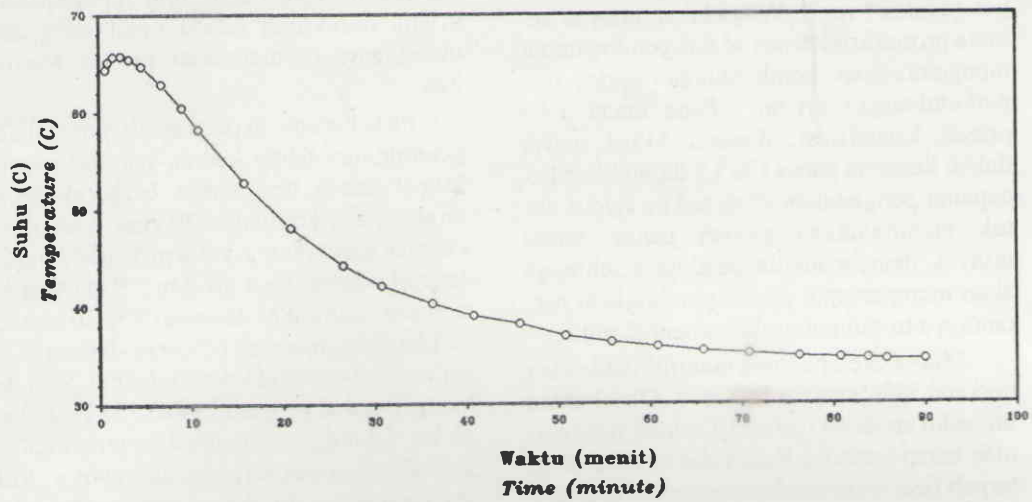
Minyak kelapa sawit memiliki titik leleh berkisar 31°C sampai 38°C (7). Oleh karena itu, suhu air di set pada 35°C untuk pendinginan tahap pertama. Pada suhu tersebut akan terjadi fase *undercooled* atau *supersaturated* yang merupakan kondisi optimum yang dibutuhkan untuk proses kristalisasi. Proses kristalisasi tidak akan terjadi jika belum tercapai fase *supersaturated* (4). Proses kristalisasi MSM termasuk dalam kategori *contact nucleation*, karena proses pembentukan nuklei terjadi pada saat partikel yang berkembang melakukan interaksi dengan dinding tangki dan pengaduk.

Kecepatan pengaduk pada saat mulai terbentuk kristal perlu diatur agar jangan terlalu lambat ataupun terlalu cepat. Jika kecepatan pengaduk terlalu lambat akan terjadi pendinginan yang tidak merata sehingga daerah sekitar dinding pendingin dari alat kristalisasi terjadi pembentukan kristal yang berlebihan sedangkan di daerah sekitar pusat tabung kristalisasi, kristal kurang berkembang dengan baik. Kristal yang terbentuk pada dinding permukaan pendinginan dapat menjadi suatu hambatan dalam pindah panas sehingga menghasilkan proses pendinginan yang buruk (10). Pengadukan yang terlalu cepat akan menyebabkan benturan yang berlebihan antara nuklei dengan pengaduk sehingga akan terbentuk sejumlah besar kristal

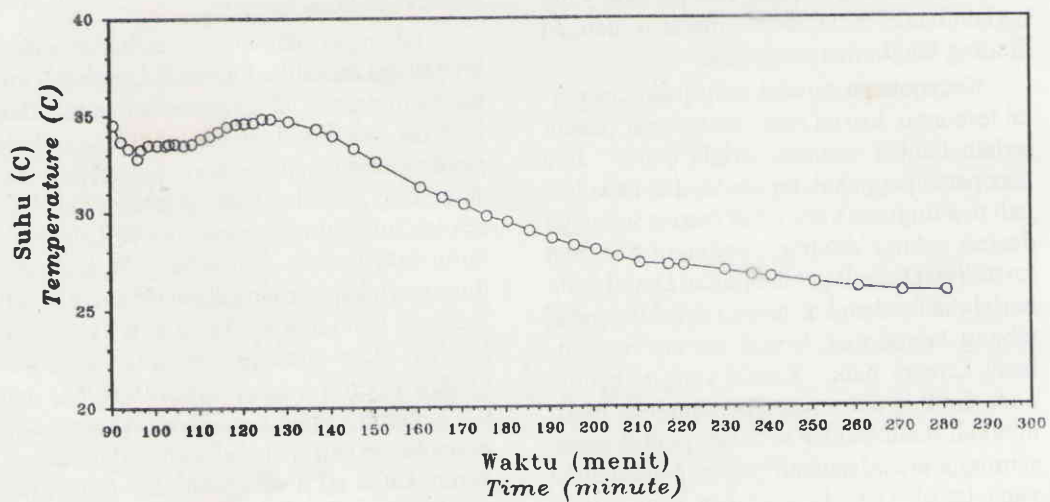
berukuran kecil (8). Pada kecepatan pengaduk 30 rpm cenderung menghasilkan kristal berukuran relatif kecil yang akan mengganggu kelancaran proses pemisahan.

Pada kecepatan putaran 30 rpm di dalam pendinginan tahap kedua, partikel-partikel kristal sudah terorientasi bergerak secara teratur pada kecepatan 30 rpm, karena kecepatan sebelumnya, yaitu pada pendinginan tahap pertama, juga 30 rpm. Pada saat kecepatan diturunkan menjadi 15, 20 atau 25 terjadi gangguan atau benturan-benturan antar partikel-partikel kristal tersebut. Semakin tinggi putaran pengaduk, semakin keras benturan, sehingga menyebabkan terbentuknya kristal yang tidak seragam ukurannya. Ketidakteraturan ini akan menghambat jalannya proses pemisahan. Pada kecepatan pengaduk 15 rpm perolehan olein lebih tinggi dibandingkan dengan pada kecepatan 20, 25 dan 30 (Gambar 3) karena pada kecepatan 15 rpm benturan antar partikel kristal tidak kuat dan gaya gesek pengaduk dengan MSM juga tidak besar.

Hubungan suhu minyak terhadap waktu kristalisasi diperlihatkan pada Gambar 6 untuk pendinginan tahap pertama dan Gambar 7 untuk pendinginan tahap kedua. Pada pendinginan tahap pertama, laju penurunan suhu minyak pada awalnya lebih cepat, dan setelah suhu minyak mencapai 40°C laju penurunannya mulai melambat. Waktu pendinginan tahap pertama dapat dibagi menjadi 3 daerah yaitu 30 menit pertama, kedua dan ke tiga. Rata-rata laju penurunan suhu minyaknya berturut-turut adalah 0,9, 0,2 dan $0,1^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Pada awal pendinginan tahap pertama terjadi peningkatan suhu sesaat. Peningkatan ini disebabkan oleh proses pengadukan awal pada MSM yang masih panas (70°C). Setelah terjadi proses pemerataan, temperatur MSM menurun lagi seiring dengan waktu pendinginan.



Gambar 6. Suhu MSM selama proses pendinginan tahap pertama
Figure 6. CPO temperature during first stage cooling process



Gambar 7. Suhu MSM selama proses pendinginan tahap kedua
Figure 7. CPO temperature during second stage cooling process

Pada pendinginan tahap kedua, ketika kristal mulai terbentuk, terjadi kenaikan suhu minyak. Kenaikan suhu tersebut disebabkan oleh adanya pelepasan energi dalam bentuk panas. Proses kristalisasi diawali dengan pembentukan inti kristal, yaitu saat molekul-molekul lemak berkumpul membentuk agregat dan energi potensialnya turun mencapai nilai minimum. Inti kristal akan mengabsorpsi molekul-molekul lemak membentuk kristal dengan energi potensial yang relatif rendah. Nuklei (inti kristal) akan terbentuk secara konstan jika menemukan kondisi yang tepat (3). Laju penurunan suhu MSM setelah terjadi kenaikan suhu pada pendinginan tahap kedua ini adalah sekitar $0,1^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ dalam 1,5 jam pertama pendinginan tahap kedua sedangkan pada jam-jam berikutnya sampai proses selesai, laju penurunan suhu MSM adalah sekitar $0,03^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.

Profil suhu minyak untuk setiap perlakuan pengadukan relatif sama. Setiap perlakuan mempunyai profil suhu yang berupa tonjolan pada awal pendinginan tahap kedua yang menandakan adanya pelepasan panas. Perbedaan yang terlihat adalah pada lamanya waktu proses kristalisasi. Dengan menggunakan kecepatan putaran pengaduk 15 rpm, MSM tidak memerlukan waktu yang terlalu lama, yaitu 4,5 jam untuk mencapai suhu air pendinginan terakhir, sedangkan untuk putaran pengaduk lainnya waktu proses berkisar 5 jam. Hal ini disebabkan pada putaran pengaduk 15 rpm panas yang ditimbulkan karena gaya gesek antar pengaduk dengan MSM tidak begitu besar. Panas berlebihan yang ditimbulkan karena pengadukan dapat mempengaruhi proses pendinginan. Walaupun kecepatan pengaduk 15 dan 30 rpm pada pendinginan tahap kedua memberikan perolehan olein berturut-turut sebesar sebesar 67,8% dan 67,4%, yang secara statistik tidak berbeda nyata, akan tetapi dilihat dari

penggunaan energi, kecepatan 15 rpm adalah yang terbaik karena membutuhkan lebih sedikit energi.

KESIMPULAN

Perubahan kecepatan putaran pengaduk pada pendinginan tahap pertama dan pendinginan tahap ke dua memberikan pengaruh yang nyata terhadap perolehan olein. Kecepatan putaran sebesar 15 dan 30 pada pendinginan tahap ke dua tidak memberikan hasil yang berbeda akan tetapi dari segi penggunaan energi kecepatan 15 rpm membutuhkan sedikit energi.

Selama proses kristalisasi, laju penurunan suhu MSM lebih cepat pada proses pendinginan tahap pertama dibandingkan pada pendinginan tahap ke dua. Penurunan suhu MSM tersebut berlangsung secara eksponensial.

DAFTAR PUSTAKA REFERENCES

1. AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. USA.
2. BREEDING, C.J. and R.T. MARSHALL. 1995. Crystallization of butter oil and separation by filter centrifugation. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 72(4):449-453.
3. COULSON, J.M. and J.F. RICHARDSON. 1995. Chemical Engineering "Unit Operation". Vol. 2. Pergamon Press, London.
4. GARSIDE, J. 1987. General principles of crystallization. In *Food Structure and Behavior*. J.M.V. Blashard and Pillford (ed). Academic Press Limited.
5. GIAN, H.L. and N.S. CHUA. 1987. Improvements in palm oil refining. *Proc. of The 1987 Int. Oil Palm/Palm Oil Conf. Progress and Prospects. Technology*:177-184.
6. GRALL, D.S. and R.W. HARTEL. 1992. Kinetics of butterfat crystallization. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 69(8):741-747

7. GUNSTONE, F.D. and F.A. NORRIS. 1983. Lipids in Foods Chemistry, Biochemistry and Technology. Pergamon Press. Oxford.
8. KOKKEN, M.J. 1990. Super oleins from palm oil fractionation. PORIM Bulletin, No. 20:13-20.
9. PUSAT PENELITIAN KELAPA SAWIT. 1995. Laporan Akhir Riset Unggulan Terpadu (RUT) III : Pengembangan Minyak Makan Merah. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
10. WALSTRA, P. 1987. Fat crystallization. In Food Structure and Behavior. J.M.V. Blarshard and Plillford (ed.). Academica Press Limited.

Characteristics of crude palm oil crystallization process

Diwan Prima Ariana and Purboyo Guritno

Abstract

Dry fractionation of palm oil by crystallization was widely used. The products are stearin (solid) and olein (liquid). Many factors affecting crystallization process are agitation and cooling rate of palm oil. This experiment was a continuation of the previous work which was to obtain the optimal condition of crystallization process. There was no pretreatment before crude palm oil was crystallized (degumming and bleaching).

This experiment studied the effect of agitation condition on olein yield. The crude palm oil was crystallized in a three liters reactor. The sigmoid type of agitator was used. The first stage of cooling process was 90 minutes. The rotational speed of agitator was at 30 rpm in the first stage of cooling and 15 rpm in the second stage of cooling. This condition was found to produce the highest olein yield, i.e. 67.8%.

Key words : Fractionation, crystallization, agitation, crude palm oil, olein, stearin

Introduction

Palm oil contains both low and high melting triglycerides, which can be fractionated by controlled cooling methods. Stearin is palm oil solid fraction which has a low melting point and olein is palm oil liquid fraction which has a high melting point. Palm oil can be fractionated by dry crystallization, detergent fractionation or solvent fractionation. Dry crystallization is the most economical method and widely used.

Dry crystallization is the method for triglycerides separation of oil or fat into two or more fractions, based on the differences

on physical characteristics among the fractions. Dry crystallization was based on physical characteristic differences of crude palm oil fractions, i.e. melting point which produces olein and stearin fractions. Vacuum or membrane press filtration is then applied to separate these two fractions. The use of membrane press filter yield 72 % - 78 % olein (5).

Oil crystallization is an oil cooling process until crystal is formed in a certain temperature. Crystallization can generally be classified into two steps i.e. nucleation and growth. Nucleation involves the initial formation of tiny embryonic crystals referred to

as a nuclei. Crystal growth involves diffusion of the flexible triacylglycerols from the bulk solution across a boundary layers, and incorporation into the crystal lattice structure of an existing crystal or nucleus (6).

Factors affecting on crystal formation, growth, and separation are the initial temperature of the oil, final temperature of crystallization, rate of cooling, rate of agitation, and method of separation. These factors affect the size and shape of the crystals, yield, and filtration rate (2).

Types of agitator also affect on the crude olein yield (9). There were three types of agitator namely, sigmoid, rectangle, and ellipsoid used in the previous experiment. The sigmoid type of agitator gave the highest crude olein yield. This was because the sigmoid configuration gave least friction force to the Crude Palm Oil (CPO) during crystallization process and it uniformly agitated (9).

The objective of the research is to obtain characteristics of CPO crystallization process.

Materials and methods

The materials used in this research was CPO obtained from PT. Pamina (PTPN Nusantara IV). The experiment used a three liters crystallizer designed by the Indonesian Oil palm Research Institute (Figure 1), refrigerated bath, data logger for temperature data collection, and AF 500 transistor inverter to control agitator speed. The sigmoid agitator was used in this experiment. All these devices are connected as shown in Figure 2.

Three liters of CPO was heated until 70°C, poured into the crystallizer, and cooled with chilled water. The crystallizer was equipped with speed-controllable agitator. First stage of cooling ran with 35°C chilled water during 90 minutes and then the chilled water was set at 25°C for the second

stage of cooling process. The rotational speed of agitator in the first stage of cooling process was 30 rpm and in the second stage of cooling process was varied at 30, 25, 20, and 15 rpm. The crystallization process was terminated if the temperature of CPO close to the chilled water of 25°C. Filtration using vacuum pump with Whatman No. 40 filter paper was carried out at room temperature of 24°C. The observed variables were CPO and water temperature during process, olein yield, cloud point, iodine value, and FFA content (1).

Results and discussions

Figures 3, 4 and 5 show the effects of agitator rotational speed on olein yield, cloud point, and FFA content. Statistical analysis shows that agitator speed significantly affected on the olein yield but it didn't affect cloud point and FFA content. The average of olein yield due to agitator speed of 15, 20, 25, and 30 rpm during the second stage of cooling period was 67.8 %, 65.5 %, 63.3 %, and 62.4 % respectively. Cloud point and FFA content did not change too much before and after fractionation process.

The olein yield obtained from this experiment was relatively low because filtration of product used a simple filtration process. However, this process actually is similar to the filtration process using vacuum drum filter which is commercially used. The cloud point of the olein was relatively high compared to the maximum standard, i.e. 9°C. The high cloud point was because the CPO was not degummed and bleached before it was fractionated.

Figure 3 shows that the lowest olein yield occurred on agitation speed of 25 rpm. Agitation of the oil during crystallization is important to properly control the nucleation and crystal growth. At the beginning of the

crystallization process, when the oil is at a high temperature (70°C), the high speed agitation is used to speed up the heat transfer between the oil and the cooling medium, thereby it will shorten the first stage of cooling time.

Oil palm has melting point around 31-38°C (7). Therefore, the cooling water temperature was set at 35°C for the first stage of cooling. In this temperature setting, it will occur undercooled or supersaturated phases which is required for optimum crystallization process (4). Crystallization process will not occur if supersaturated phase has not yet reached (4). Crystallization process of CPO is categorized as contact nucleation because nucleation occurs when the growing particle interacts with wall and agitator.

As nucleation start to grow, the agitator rotational speed needed to be controlled to an appropriate speed. Too low agitation speed can lead to unequal temperature distribution. The area near the cooling wall will lead to higher degree of crystal formation than that of the area around the center of the crystallizer. The crystal which grows near the cooling wall could become a resistance of heat transfer causing poor cooling process (10). Too fast agitation will cause excessive collision between nuclei and agitator so that it will produce small size crystal (8). At the speed of 30 rpm, it tends to produce relatively small crystal. Therefore, many small crystals will disturb filtration process.

In the second stage of cooling process when the agitator speed was set at 30 rpm, crystal particles has been oriented uniformly at 30 rpm because of the similar setting speed with the first stage of cooling process. When the agitation speed was reduced to 15, 20, or 25, it caused disturbances or collisions among crystal particles. The higher agitation speed, the harder collision became. Thus, it formed non uniform crystal size.

Non uniformity of crystal size will cause inefficient filtration process. At agitator speed of 15 rpm, the olein yield was higher compared to agitation speed of 20, 25, and 30 rpm (Figure 3), because at 15 rpm, the collision among crystal particles wasn't so hard and the friction of agitator with CPO was also not so severe.

Figure 6 and 7 show the relationship between CPO temperature and crystallization time for the first and second stage of cooling process, respectively. In the beginning of first stage of cooling, the CPO temperature declined sharply. However, after CPO temperature reached 40°C, the CPO temperature declined not so sharp. The first stage of cooling can be divided into three regions i.e. first, second, and third 30 minutes. The CPO temperature of the first, second, and third 30 minutes declined at the rate of 0.9, 0.2, and 0.1°C/minutes, respectively. In the beginning of first stage of cooling process, the temperature increased in very short time. This increase was caused by the initial agitation process of CPO at 70°C. After this stage, the CPO temperature went down along with the cooling time.

In the second stage of cooling, as the crystal start to form, temperature of CPO increased. This increase was caused by an energy release in the form of heat dissipation. Crystallization process is started with the formation of crystal nucleus when fat molecules form an aggregate and their potential energy reaches a minimum value. Crystal nucleus will absorb fat molecules forming a crystal with relatively low potential energy, and will be formed constantly with an appropriate condition. The rate of CPO temperature decreased after temperature increased in second stage of cooling was about 0.1°C/minutes during the first 1.5 hours of the second stage of cooling, while in the next

hours until process was finished, the rate was about $0.03^{\circ}\text{C}/\text{minutes}$.

In general, CPO temperature profiles for each treatment was the same (Figure 6 and 7). Each profile has temperature increase in the early second stage of cooling process, meaning there was heat dissipation. The difference of each treatment was the required time for crystallization process. At the agitation speed of 15 rpm, the required time was 4.5 hours while for other speeds the required time was 5 hours. The shorter time was due to lower heat dissipation as a result of friction force between agitator and CPO. This heat dissipation can affect the cooling process. Statistical analysis shows that the agitator speed of 15 and 30 rpm give non significant result of olein yield, i.e. 67.8% and 67.4%, respectively, but from energy consumption

point of view, the speed of 15 rpm consumed lower energy.

Conclusion

The change of agitation speed between the first and the second stage of cooling shows the significant affects on olein yield. The olein yield due to agitator rotational speed of 15 and 30 rpm during the second stage of cooling period was not significant. However, among the agitator speed setting, the agitator speed of 15 rpm requires the least energy consumption.

During crystallization, the cooling rate of CPO was faster in the first stage than that of the second stage of cooling. The CPO temperature distribution decreased exponentially.

ooOoo