

PRARANCANGAN PABRIK COCOA BUTTER SUBSTITUTES (CBS) DARI PALM KERNEL OIL (PKO) MENGGUNAKAN METODE HIDROGENASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Dimas Arif Setiawan^{1,*}, Merymistika Yufrani Afred¹,
Ansori¹, Bakti Palupi¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember Jl. Kalimantan No. 37,
Jember Jawa Timur, 68121

*E-mail: dimasarif014@gmail.com

Abstrak

Cocoa Butter Substitutes (CBS) merupakan lemak nabati alternatif pengganti lemak kakao yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan aplikasi luas pada industri pangan, kosmetik, dan farmasi. Saat ini, kebutuhan lemak kakao global maupun domestik terus meningkat namun terkendala oleh pasokan alami yang terbatas dan harga yang fluktuatif. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dilakukan prarancangan pabrik CBS dengan memanfaatkan Palm Kernel Oil (PKO) sebagai bahan baku utama, mengingat posisi Indonesia sebagai produsen sawit terbesar dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah. Pabrik dirancang menggunakan proses hidrogenasi dengan bantuan katalis nikel (Ni), yang dipilih karena pertimbangan kondisi operasi yang lebih rendah, ekonomis, dan menghasilkan produk dengan stabilitas tinggi. Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 10.000 ton per tahun dengan lokasi pendirian di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Maloy Batuta Trans Kalimantan, Kutai Timur, Kalimantan Timur. Proses produksi meliputi tahap pretreatment biji sawit (mekanik), pemurnian minyak melalui degumming dan bleaching, reaksi hidrogenasi untuk menjenuhkan ikatan rangkap, serta tahap pemurnian akhir melalui deodorization dan kristalisasi. Analisis ekonomi menunjukkan total investasi modal (Total Capital Investment) sebesar Rp 220.925.411.480, biaya operasional tahunan (Total Production Cost) sebesar Rp 759.977.797.989, dan laba bersih (Net Profit After Tax) sebesar Rp 64.323.274.525. Masa pengembalian modal (Pay Out Time) sesudah pajak adalah 2,42 tahun, Rate of Return (ROR) sesudah pajak adalah 32,35%, dan titik impas (Break Even Point) 37,07%. Berdasarkan hasil evaluasi menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan secara teknis dan ekonomis serta berpotensi mendukung program hilirisasi industri kelapa sawit nasional untuk meningkatkan nilai tambah komoditas dalam negeri.

Kata kunci : Cocoa Butter Substitutes (CBS), Palm Kernel Oil (PKO), hidrogenasi, perancangan pabrik, analisa ekonomi

1. Pendahuluan

Lemak kakao merupakan komponen vital dalam produk cokelat, namun ketersediaannya yang terbatas dan fluktuasi harga global mendorong penggunaan lemak alternatif yang dikenal sebagai *Cocoa Butter Substitutes* (CBS). CBS dikembangkan untuk meniru karakteristik fisik lemak kakao dengan biaya produksi yang lebih rendah, meskipun penggunaannya dalam formulasi cokelat sering kali terbatas karena tingkat kompatibilitasnya yang lebih rendah dibandingkan lemak kakao asli (Leong & Lye, 1992). Seiring kemajuan teknologi, pengembangan CBS kini berfokus pada peningkatan fungsionalitas dan kualitas sensorik. Salah satu jenis utamanya adalah Lauric CBS yang mengandung asam laurat tinggi dan bersumber dari minyak tropis seperti minyak inti sawit (Isyanti, 2015).

Indonesia, sebagai salah satu produsen kelapa sawit terbesar, memiliki potensi strategis dalam penyediaan bahan baku CBS berupa *Palm Kernel Oil* (PKO). PKO dipilih karena dominasi asam lemak

jenuh yang dapat dimodifikasi melalui hidrogenasi hingga memiliki sifat fisikokimia setara lemak kakao. Pemanfaatan bahan baku lokal ini tidak hanya menawarkan efisiensi biaya, tetapi juga mendukung kebijakan hilirisasi industri nasional sebagaimana diamanatkan dalam UU No. 3 Tahun 2014 dan PP No. 14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN).

Dalam kerangka tersebut, penelitian ini merancang pendirian pabrik CBS di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Maloy Batuta Trans Kalimantan, Kutai Timur. Lokasi ini dipilih berdasarkan PP No. 85 Tahun 2014 karena integrasinya dengan sentra bahan baku dan infrastruktur logistik. Pendirian unit pengolahan ini diharapkan mampu mensubstitusi impor, memenuhi permintaan pasar yang meluas ke industri pangan dan kosmetik, serta memberikan solusi ekonomis bagi produsen tanpa mengorbankan kualitas produk secara signifikan.



2. Uraian Proses

Pemilihan proses dilakukan untuk mendapatkan proses yang efisien sesuai dengan beberapa pertimbangan. Secara umum Cocoa Butter Substitutes (CBS) diproduksi menggunakan beberapa proses yaitu hidrogenasi, interesterifikasi, dan blending.

Tabel 1. Perbandingan proses produksi Cocoa Butter Substitutes (CBS)

Proses	Parameter		
	Suhu	Tekanan	Hasil
Hidrogenasi	160°C	10 atm	99%
Intesterifikasi	60°C	1 atm	75%
Ionic Liquid	25°C	1 atm	50%

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan perbandingan proses *Cocoa Butter Substitutes* (CBS), maka dipilih proses hidrogenasi melalui beberapa pertimbangan. Pemilihan utama dikarenakan perolehan hasil pada proses hidrogenasi lebih besar.

Proses Pembuatan *Cocoa Butter Substitutes* (CBS), dapat dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut.

a. Pretreatment

Pretreatment yang dilakukan menggunakan metode ekstraksi mekanik untuk memisahkan inti sawit dari cangkang dan mengekstraksi minyak kasar. Biji sawit sebagai bahan baku utama ditampung dalam *Nut Silo* (F-111) untuk mengalami proses pemeraman guna menurunkan kadar air secara alami. Biji kemudian dipindahkan menggunakan *Bucket Elevator* (J-112) menuju *Ripple Mill* (C-110) untuk memecah cangkang, dan dilanjutkan ke *Hydrocyclone* (H-122) untuk pemisahan inti dan cangkang. Inti sawit selanjutnya dimasak dalam *Cooking Vessel* (E-124) dengan kondisi operasi suhu 110°C dan tekanan 1 atm selama 60 menit agar lunak. Keluaran dari *Cooking Vessel* digiling menggunakan *Hammer Mill* (C-126) dan dibawa menggunakan *Belt Conveyor* (J-127) menuju *Screw Press* (C-120) untuk menghasilkan *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO) dan memisahkannya dari fiber. Minyak kasar tersebut kemudian dimurnikan menggunakan *Oil Purifier* (H-211) untuk memisahkan sludge fiber hingga diperoleh *Clarified Oil* yang disimpan dalam Tangki Penampung (F-212).

b. Degumming

Clarified Oil yang ditampung di Tangki Penampung (F-212) dialirkan menggunakan Pompa (L-213) menuju *Degumming Mixer* (M-210). *Clarified Oil* kemudian ditambahkan asam fosfat yang berasal dari Tangki Penampung Asam Fosfat (F-214) yang dialirkan menggunakan Pompa (L-215) menuju *Degumming Mixer* (M-210). Jumlah asam fosfat sebanyak 0,05% dari total massa CPKO. CPKO dipanaskan hingga suhu 95°C menggunakan *steam* dan diaduk selama 60 menit (Abdi & Siahaan, 2010). Proses *degumming* akan menghasilkan *Degummed Oil* sebagai produk utama dan gum sebagai produk

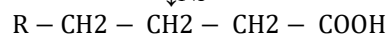
samping. *Degummed Oil* dipisahkan dengan gum menggunakan filter centrifuge (H-216) dan kemudian dialirkan menggunakan Pompa (L-221) menuju *Bleaching Mixer* (M-220).

c. Bleaching

Degummed Oil dari *Degumming Mixer* (M-210) dialirkan menggunakan Pompa (L-221) menuju *Bleaching Mixer* (M-220). *Degummed Oil* dipanaskan menggunakan *steam* 110°C hingga suhu 95°C. Minyak kemudian ditambahkan adsorben berupa karbon aktif yang berasal dari Tangki Penampung Karbon Aktif (F-222) yang dipindahkan menggunakan *Bucket Elevator* (J-223) menuju *Bleaching Mixer* (M-220). Jumlah karbon aktif yang digunakan sebanyak 0,25% dari berat minyak. Karbon aktif berfungsi untuk menyerap pigmen ke yang ada di minyak. Kemudian dilakukan proses pengadukan selama 60 menit (Abdi & Siahaan, 2010). Setelah proses *Bleaching* selesai, *Refined Oil* dan karbon aktif kemudian dipisahkan menggunakan *filter press* (H-224) dan dialirkan menggunakan pompa (L-225) menuju Tangki Penampung (F-226).

d. Hidrogenasi

Refined Oil yang ditampung di Tangki Penampung (F-226) kemudian dialirkan menuju *Heater* (E-231) hingga suhu 200°C dengan tekanan 1 atm. dialirkan menggunakan Pompa (L-232) menuju Reaktor Hidrogenasi (R-230). Nikel dari *Nickel Storage* (F-233) diangkat sebanyak 0,2% dari massa minyak menggunakan *Bucket Elevator* (J-234) menuju Reaktor Hidrogenasi (R-230). Hidrogen dari Tangki Penampung Hidrogen (F-235) dialirkan melewati *Expander* (G-236) untuk menurunkan tekanan hidrogen dari 1000 psi menjadi 150 psi menuju Reaktor Hidrogenasi (R-230). Di dalam reaktor dilakukan reaksi hidrogenasi dengan minyak menggunakan katalis nikel. Katalis nikel dipilih karena memiliki selektivitas tinggi yang hanya bereaksi dengan ikatan rangkap (C=C) pada asam lemak tak jenuh tanpa bereaksi dengan ikatan tunggal (C-C) (Patterson, 2009).



Reaksi hidrogenasi dilakukan dengan mempertahankan suhu minyak tetap 160°C dengan tekanan 10 atm selama 3 jam (Abdi & Siahaan, 2010). Setelah hidrogenasi selesai, *Refined Oil* sudah menjadi CBS. Kemudian nikel dipisahkan dari CBS menggunakan filter press (H-237) dan dialirkan menggunakan pompa (L-238) menuju Tangki Penampung (F-239).

e. Deodorisasi

CBS dari Tangki Penampung (F-239) dialirkan menuju *Heater* (E-241) untuk dipanaskan hingga mencapai 210°C dengan *Super Heated-Steam* bersuhu 250°C menggunakan dan dialirkan menggunakan



Pompa (L-242) ke Evaporator (V-240). Kemudian *Super Heated-Steam* 250°C dialirkan menuju jacket pada tangki *evaporator* untuk menjaga suhu minyak tetap tinggi, minyak kemudian dialirkan tipis di dinding tube dengan suhu terjaga 220°C dalam tekanan vakum di tangki 0,05 atm. Senyawa *volatile* akan menguap dari CBS. Dari proses ini diperoleh CBS murni. CBS kemudian di alirkan menuju *Cooler* (E-243) untuk menurunkan suhu dari 230°C menjadi 80°C agar ketika CBS dimasukkan ke *Cryztalization Tank*, tidak merusak tangki dengan perubahan suhu yang tiba-tiba. Kemudian CBS di alirkan menggunakan pompa (L-244) menuju Tangki Penampung (F-245).

f. Kristalisasi

Cocoa Butter Substitutes (CBS) pada Tangki Penampung (F-245) dialirkan menggunakan Pompa (L-251) menuju *Cryztallizer Tank* (E-250). Pada Tangki Kristalisasi (D-250) CBS di dinginkan secara bertahap hingga suhu 40°C selama 1 jam menggunakan *cooling water* yang dialirkan pda jaket dengan suhu 7-10°C. CBS didinginkan hingga membentuk inti kristal lemak sehingga akan mempercepat pembentukan lemak di Ruang Pendingin (P-310). Kemudian CBS dipindahkan menggunakan pompa (L-252) menuju Ruang Pendingin (P-310). Di Ruang Pendingin (F-310) CBS didinginkan pada suhu 10-15°C selama 12 jam. Pendinginan dilakukan di suhu 10-15°C dan dilakukan dalam waktu 12 jam agar inti lemak yang dibentuk menjadi lemak padat yang stabil.

3. Neraca Massa & Neraca Energi

Pabrik *Cocoa Butter Substitutes* (CBS) dirancang beroperasi 330 hari/tahun dengan jam kerja 24 jam dalam sehari. Berdasarkan perhitungan neraca massa, pabrik *Cocoa Butter Substitutes* (CBS) membutuhkan bahan baku kulit biji sawit sebanyak kg/jam dan menghasilkan *Cocoa Butter Substitutes* (CBS) sebanyak 1.267,52 kg/jam. Kebutuhan panas disediakan oleh unit pembangkit *steam* di utilitas. *Steam* masuk pada suhu 110°C dan 250 °C. Total kebutuhan *steam* yang diperlukan sebesar 1.092,731 kg/jam.

4. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat diperlukan untuk menunjang jalannya proses dalam suatu industri. Unit utilitas di pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS) ini terdiri dari: pengadaan steam, pengadaan air, pengadaan listrik dan pengadaan bahan bakar. Berdasarkan pada unit proses maka rangkuman kebutuhan bahan penunjang yang harus disediakan secara kontinyu oleh unit utilitas untuk keberlangsungan operasional pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS) dari biji sawit dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, adalah sebagai berikut:

- Unit Pengolahan Air
- Unit Pengadaan Steam
- Unit pengadaan tenaga Listrik
- Unit bahan bakar
- Unit pengolahan Limbah

Kebutuhan air sanitasi sebanyak 1.382,4 kg/jam, kebutuhan air pendingin 19.118,718 kg/jam, kebutuhan air proses 25.847,04 kg/jam, dan air umpan boiler sebanyak 1.092,731 kg/jam, dan kebutuhan steam 1.092,731 kg/jam. Tenaga listrik yang dibutuhkan untuk seluruh fasilitas pabrik dipenuhi oleh Steam Generator yang digerakkan menggunakan steam dari boiler, dengan total kebutuhan daya sebanyak 978,414 kW. Bahan bakar yang digunakan adalah limbah padat dari proses produksi yaitu sheel, fiber, dan karbon aktif. Jumlah sheel sebanyak 3.683,2 kg/jam, fiber 1.512,05 kg/jam, dan karbon aktif 3,171 kg/jam.



[illegible][illegible]

Gambar 1. *Process Flow Diagram* Pabrik *cocoa butter substitutes* (CBS)

5. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi bertujuan untuk menilai kelayakan pendirian sebuah pabrik berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat. Dalam proses ini, beberapa komponen utama yang perlu dianalisis meliputi Total Capital Investment (TCI) atau total investasi modal, Total Production Cost (TPC) atau biaya keseluruhan produksi, Pay Out Time (POT) yang menunjukkan waktu pengembalian investasi, Rate of Return (ROR) atau tingkat pengembalian modal, serta Break Even Point (BEP) yang menunjukkan titik impas produksi.

Total Capital Investment (TCI) mencerminkan total dana yang dibutuhkan untuk membangun pabrik, yang mencakup Fixed Capital Investment (FCI) sebagai modal tetap dan Working Capital Investment (WCI) sebagai modal kerja. Sementara itu, Total Production Cost (TPC) menggambarkan keseluruhan biaya operasional yang diperlukan untuk menjalankan proses produksi di pabrik.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), keuntungan adalah selisih positif antara pendapatan dan biaya, atau laba. Waktu pengembalian modal merupakan periode yang dibutuhkan pabrik untuk menutup kembali investasi awalnya.

Tingkat pengembalian investasi atau ROI adalah perbandingan antara laba bersih yang diperoleh dan jumlah modal yang diinvestasikan. Agar investasi dianggap layak, ROR harus lebih tinggi dibandingkan suku bunga bank. Adapun Break Even Point (BEP) menggambarkan kapasitas produksi saat pendapatan sama dengan biaya operasional, sehingga tidak ada laba maupun rugi. Suatu pabrik pangan dinyatakan ekonomis apabila BEP-nya berada dalam kisaran 30% hingga 50% dari kapasitas produksi maksimum. Rincian hasil evaluasi ekonomi untuk pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Evaluasi Ekonomi Pabrik

Parameter	Nilai	Kesimpulan
TCI	Rp 220.925.411.480	
TPC	Rp 759.977.797.989	
POT	2,42 tahun	Layak
ROR	32,35%	Layak
BEP	37,07%	Layak

6. Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan proses dan hasil dari perhitungan Perancangan Pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS), diperoleh kesimpulan berikut:

1. Pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS) diproduksi menggunakan bahan baku Palm

Kernel Oil (PKO) dengan metode Hidrogenasi dan direncanakan akan dibangun di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Maloy Batuta Trans Kalimantan, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur.

2. Pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS) yang dibangun akan memiliki kapasitas produksi sebesar 10.000 ton/tahun.
3. Pabrik akan menghasilkan limbah yang perlu dikelola, yaitu limbah padat berupa fiber dan shell yang dimanfaatkan untuk bahan bakar boiler, limbah cair berupa gum dan sludge, serta limbah gas berupa emisi dari boiler.
4. Evaluasi ekonomi diperoleh:
 - Total Capital Investment (TCI) = Rp 220.925.411.480
 - Total Production Cost (TPC) = Rp 759.977.797.989
 - Keuntungan (Laba Bersih) = Rp 64.323.274.525
 - Lama Waktu Pengembalian (POT) = 2,42 Tahun (sesudah pajak)
 - Laju Pengembalian Modal (ROI) = 32,35% (sesudah pajak)
 - Break Event Point (BEP) = 37,07 %

Berdasarkan evaluasi ekonomi yang telah diperhitungkan dalam perancangan pabrik Cocoa Butter Substitutes (CBS) dari Palm Kernel Oil (PKO) dengan Metode Hidrogenasi Kapasitas 10.000 Ton/Tahun ini dipastikan layak untuk didirikan dan dapat mulai beroperasi pada tahun 2030.

Daftar Pustaka

- Abdi, H., & Siahaan, D. (2010). *PROSES RAFINASI MINYAK INTI SAWIT MENTAH TERHIDROGENASI DALAM PRODUKSI COCOA BUTTER SUBST ' TUTE to. 18(2), 55–64.*
- Leong, L. ., & Lye, O. (1992). New mon lauric cocoa butter substitute from palm oleins5-67. *Journal of Institute of Malaysia, 4, 65–67.*
- Mirna Isyanti, A. S. D. S. dan A. H. S. (2015). Penggunaan Berbagai Cocoa Butter Substitute (CBS) Hasil Hidrogenasi dalam Pembuatan Cokelat Batangan Use of Various Cocoa Butter Substitute (CBS) Hydrogenated in Making Chocolate Bar. *Warta IHP/Journal of Agro-Based Industry, 32(1), 33–44.*
- Patterson, H. B. W. (2009). *Hydrogenation of Fats and Oils: Theory and Practice.* (Urbana (ed.); 2nd ed.). IL: AOCS Press.

