

Pra-Desain Pabrik *Crude Palm Oil* dan *Crude Palm Kernel Oil* Skala Menengah dari Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*)

Gloria Islamy Assidiqie, Albar Sutan Bahari Siregar, dan Setiyo Gunawan
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: gunawan@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Pabrik CPO (*Crude Palm Oil*) dan CPKO (*Crude Palm Kernel Oil*) skala UMKM didirikan bertujuan untuk menyerap tandan buah segar (TBS) dari petani sawit yang terkadang sulit dijual, harganya rendah, atau petani tidak punya teknologi untuk mengolah sawitnya menjadi CPO dan CPKO. Pabrik ini memiliki kapasitas 330.000 kg/tahun. Lokasi pendirian pabrik ini direncanakan di Desa Batu Ampar, Kecamatan Kemuning, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau dipilih menjadi lokasi pendirian pabrik karena telah diseleksi terhadap dua lokasi lain, yaitu Provinsi Jambi dan Kalimantan Tengah terhadap enam kriteria, yaitu ketersediaan bahan baku, upah tenaga kerja, area pemasaran, fasilitas transportasi, ketersediaan tenaga kerja, dan ketersediaan utilitas. Untuk memproduksi CPO dan CPKO, mula-mula TBS disterilisasi, kemudian dipipil, kemudian dilumat dan dipress, sehingga menghasilkan dua produk yaitu CPO kasar dan biji kelapa sawit. CPO kasar tersebut mengandung CPO dan campuran serat TBS. Pemurnian CPO dilakukan dengan filtrasi minyak, kemudian dikeringkan dan akhirnya dikemas. Sedangkan biji kelapa sawit mula-mula dipisahkan serat dengan bijinya. Bijinya kemudian dipecah dan dipisahkan antara cangkang dengan inti. Kemudian inti kelapa sawit dikeringkan dan kemudian dipress. Dan difiltrasi untuk menghasilkan CPKO Dalam pemenuhan kapasitas tahunan, pabrik akan beroperasi kontinyu 24 jam per hari selama 330 hari. Dengan bahan baku berupa TBS sebesar 9.570 ton/tahun dapat dihasilkan produk CPO sebesar 2.393 ton/tahun dan CPKO sebesar 234 ton/tahun. Pabrik ini tergolong Usaha Menengah. Untuk dapat mendirikan pabrik ini, dibutuhkan modal investasi Rp4.312.656.476,14 dan total biaya produksi sebesar Rp23.101.878.124,39/tahun dengan *Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 12%, *Pay Out Time (POT)* 2 tahun 4 bulan, *Break Even Point (BEP)* sebesar 113%, dan NPV sebesar -Rp217.469.254,56. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, pabrik ini tidak layak untuk didirikan.

Kata Kunci—*Crude Palm Kernel Oil*, *Crude Palm Oil*, Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah.

I. PENDAHULUAN

MINYAK nabati merupakan salah satu komoditas perdagangan yang penting dan banyak diperdagangkan secara global. Minyak nabati adalah kelompok lemak yang diturunkan dari beberapa biji, kacang-kacangan, biji-bijian sereal, dan buah-buahan. Tidak semua minyak nabati diproduksi secara komersial dan tidak semua minyak nabati dapat dimakan dalam artian tidak semua minyak nabati dapat memenuhi kebutuhan diet manusia [1]. Komponen utama penyusun minyak nabati adalah triasilgliserol dan terdapat sejumlah kecil diasilgliserol dan monodiasilgliserol. Minyak nabati juga mengandung fosfolipid, sterol bebas, tokoferol, tokotrienol, alkohol triterpen, hidrokarbon, dan vitamin yang larut dalam jumlah kecil [2]. Dengan karakteristik yang beragam, minyak nabati dimanfaatkan untuk hampir seluruh

produk pangan dan merupakan komponen yang penting bagi industri. Beberapa contoh produk turunan dari minyak nabati yaitu sabun, produk perawatan kulit, lilin, parfum, kosmetik, produk perawatan kayu, insulator listrik, dan biofuel. Salah satu minyak nabati tersebut adalah minyak kelapa sawit dan minyak inti sawit.

Kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman tropis. Kelapa sawit tumbuh subur pada daerah dengan curah hujan tinggi, sinar matahari yang cukup dan kondisi lembab. Hal ini berarti daerah pertumbuhan terbaik berada di sepanjang jalur di sekitar khatulistiwa seperti Indonesia [3]. Sejak tahun 2006, Indonesia telah menjadi penghasil kelapa sawit terbesar di dunia yang memiliki peranan penting dalam memasok dan memenuhi permintaan minyak nabati di tingkat global. Indonesia memproduksi sekitar 57% dari total produksi minyak kelapa sawit dunia, diikuti oleh Malaysia dengan sekitar 28% dari total produksi dunia. Produksi minyak kelapa sawit juga dilakukan di negara lain seperti Thailand, Kolombia, Nigeria, dan Ghana, tetapi jumlah produksinya lebih kecil dibandingkan dengan Indonesia dan Malaysia.

Indonesia menjadi pemasok minyak kelapa sawit terbesar di dunia dipicu oleh semakin berkembangnya tren pemakaian bahan dasar oleochemical pada industri makanan, industri shortening, farmasi (kosmetik). Prospek industri kelapa sawit dewasa ini terlihat semakin cerah, baik di pasar dalam negeri maupun di pasar dunia. Di pasar dunia dalam 10 tahun terakhir, penggunaan atau konsumsi minyak kelapa sawit (CPO) tumbuh dengan rata-rata 9,14% per tahun dan minyak inti sawit (PKO) 7,17% per tahun. Di dalam negeri, kebijakan pemerintah mengembangkan bahan bakar nabati (BBN) sebagai alternatif bahan bakar minyak (BBM) memberi peluang besar bagi industri kelapa sawit untuk lebih berkembang. Sesuai dengan target pemerintah, pada tahun 2020 sekitar 30% dari kebutuhan bahan bakar dalam negeri disuplai dengan BBN, dimana sebagian besar diantara berbasis minyak sawit atau dikenal sebagai biodiesel. Kemudian, terdapat rencana pemerintah untuk membuat B100 yang 100% terbuat dari Bahan Bakar Nabati. Dimana jika B100 benar-benar diterapkan maka akan mengonsumsi CPO lebih besar lagi.

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa minyak kelapa sawit (CPO) dan minyak inti sawit (CPKO) masih diminati dan akan diminati untuk tahun-tahun mendatang. Namun, dibalik angka produksi, konsumsi, dan ekspor yang besar dari CPO, pabrik dan lahan kelapa sawit di Indonesia sebagian besar masih dikuasai oleh perkebunan besar swasta. Pada tahun 2021 luas areal perkebunan kelapa sawit masih didominasi oleh perkebunan besar swasta. Sebesar 8,04 juta hektar atau 55 persen perkebunan kelapa

Tabel 1.

Penjelasan Hierarki Pemilihan Lokasi Pabrik CPO dan CPKO Terbaik	
Goal	Penjelasan
Memilih lokasi CPO dan CPKO terbaik Kriteria	Tujuan yang ingin dicapai untuk memberikan pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik CPO dan CPKO terbaik
Ketersediaan Bahan Baku	Bahan baku adalah konsiderasi yang utama untuk menentukan lokasi pabrik. Bahan baku sangat mempengaruhi <i>cost</i> dari pabrik.
Upah tenaga kerja	Upah tenaga kerja yang optimal sehingga dapat mengurangi biaya operasional pabrik
Area pemasaran	Memastikan CPO dan CPKO dapat menjangkau seluas-luasnya daerah baik lokal, nasional, maupun internasional.
Fasilitas transportasi	Fasilitas transportasi yang baik membantu mengurangi biaya dan mempermudah pemindahan material
Ketersediaan tenaga kerja	Tenaga kerja diperlukan untuk produktifitas dari pabrik
Ketersediaan utilitas	Pabrik CPO dan CPKO membutuhkan air dan listrik dalam jumlah besar agar dapat menghasilkan CPO dan CPKO dengan baik

Tabel 2.

Pembobotan Kriteria berdasarkan AHP		
No.	Kriteria	Bobot
1.	Suplai bahan baku	0,44
2.	Ketersediaan utilitas	0,186
3.	Fasilitas transportasi	0,11
4.	Upah tenaga kerja	0,108
5.	Lokasi berdasarkan area pemasaran	0,101
6.	Ketersediaan tenaga kerja	0,054

Tabel 3.

Pembobotan Alternatif berdasarkan AHP		
No.	Alternatif	Bobot
1.	Provinsi Riau	0,481
2.	Provinsi Kalimantan Tengah	0,345
3.	Provinsi Jambi	0,174

sawit dikuasai oleh perkebunan swasta; diikuti perkebunan rakyat yang menguasai 6,03 juta hektar atau 41,24 persen perkebunan kelapa sawit; serta sisanya 0,55 juta hektar atau 3,76 persen dikuasai oleh perkebunan besar negara. Kemudian, berdasarkan status pengusahaannya, pada tahun 2021 produksi CPO didominasi oleh produksi perkebunan swasta dengan perkiraan sebesar 27,36 juta ton CPO (60,64 persen); diikuti perkebunan rakyat dengan total produksi 15,50 juta ton (34,36 persen); serta sisanya sebesar 2,26 juta ton (5 persen) diproduksi oleh perkebunan besar negara [4].

Perusahaan swasta yang telah memiliki lahan yang luas serta hasil kebun yang melimpah tidak memerlukan kelapa sawit dari petani dalam jumlah besar sehingga hal ini menimbulkan masalah baru lagi. Petani sawit sulit menjual tandan buah segar (TBS). Padahal, nilai dari tandan akan menurun seiring dengan semakin lama TBS tidak terjual. Hal ini menyebabkan petani terpaksa menjual TBS yang dimilikinya dengan harga murah. Dilansir dari laman Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, Pemerintah membahas hilirisasi produk kelapa sawit, antara lain usulan pembentukan pembangunan pabrik minyak sawit mentah (*crude palm oil/CPO*) dan minyak makan merah (*red palm oil/RPO*) mini berbasis koperasi. Upaya tersebut dilakukan sebagai salah satu solusi untuk menyerap tandan buah segar (TBS) dari petani sawit yang terkadang sulit dijual, harganya rendah, atau petani tidak punya teknologi untuk mengolah sawitnya menjadi CPO dan RPO. Pengembangan industri

Tabel 4.

Jenis dan Ciri-Ciri Varietas Kelapa Sawit	
Jenis	Ciri-Ciri
Dura	Persentase mesokarp terhadap buah bervariasi antara 35–55%
	Ketebalan cangkang 2–8 mm
Pisifera	Tidak mempunyai lingkaran serabut di sekeliling inti
	Inti relatif besar dan rendemen minyak relatif rendah (17–18%)
Tenera	Dura sangat baik digunakan sebagai induk betina dalam produksi benih komersial.
	Tidak mempunyai cangkang
Pisifera	Cangkang digantikan oleh lingkaran serabut di sekeliling inti
	Persentase mesokarp terhadap buah sangat besar dan rendemen minyak sangat tinggi (45–50%)
Tenera	Pisifera disebut juga sebagai pohon betina yang steril karena sebagian besar tandan aborsi pada awal perkembangannya. Sehingga ia digunakan sebagai induk jantan dalam produksi benih komersial.
	Merupakan hasil persilangan Dura dengan Pisifera
Pisifera	Banyak ditanam secara komersial di perkebunan dan mempunyai karakteristik gabungan dari kedua induk Dura dan Pisifera.
	Ketebalan cangkang 0.4-4 mm; di sekelilingnya ada lingkaran serabut
Tenera	Perbandingan mesokarp terhadap buahnya cukup tinggi mencapai (60-96%).
	Tenera menghasilkan tandan relatif lebih banyak dibandingkan Dura, walaupun ukuran tandannya lebih kecil dari Dura.
Pisifera	Rendemen minyak mencapai 22-24%. Tenera merupakan tanaman kelapa sawit komersial yang ditanam untuk menghasilkan minyak kelapa sawit.

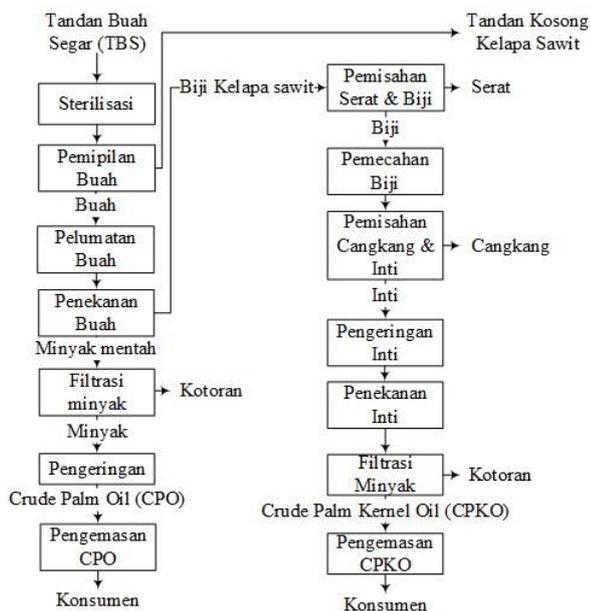
hilir juga merupakan upaya strategis untuk meningkatkan nilai tambah industri kelapa sawit agar tidak hanya terkonsentrasi pada bahan baku, tetapi perlu terus didorong ke industri hilir bahkan sampai produk akhir. Dengan upaya ini, nilai tambah tentunya akan berada di dalam negeri. Oleh karena itu, kami mencanangkan pabrik CPO dan CPKO berskala UMKM untuk membantu petani sawit serta mendukung program hilirisasi produk kelapa sawit yang diterapkan oleh pemerintah.

Penentuan lokasi sangat menentukan keberlangsungan dari suatu industri baik kini maupun pada masa yang akan datang dikarenakan memiliki pengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik [5].

Pemilihan lokasi pabrik terbaik dapat ditentukan dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). AHP merupakan suatu alat pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP adalah sebuah metode untuk memeringkat alternatif keputusan dan memilih yang terbaik dengan menggunakan beberapa kriteria. AHP menggunakan satu nilai numerik untuk memeringkat setiap alternatif keputusan berdasarkan pada sejauh mana tiap-tiap alternatif memenuhi kriteria pengambilan keputusan [6]. Tabel 1 menyajikan mengenai penjelasan hierarki pemilihan lokasi pabrik CPO dan CPKO terbaik.

Setelah mengetahui uraian pertimbangan untuk pemilihan lokasi pabrik CPO dan CPKO terbaik, diperoleh pembobotan kriteria berdasarkan AHP pada Tabel 2 dan pembobotan alternatif pada Tabel 3.

Dapat disimpulkan bahwa Provinsi Riau merupakan lokasi pabrik CPO dan CPKO karena memiliki bobot



Gambar 1. Diagram blok proses produksi CPO dan CPKO.

terbesar, yaitu 0,481. Kemudian dikerucutkan lagi menjadi Desa Batu Ampar, Kec. Kemuning, Kab. Indragiri Hilir.

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan CPO dan PKO adalah kelapa sawit. Pada dasarnya buah sawit terdiri dari empat bagian utama, yaitu eksokarp, mesokarp, endokarp, dan endosperma. Eksokarp (*exocarp*) merupakan bagian terluar dari buah sawit yang berupa kulit buah yang bertekstur licin dan berwarna merah jingga pada buah yang matang. Mesokarp (*mesocarp*) adalah bagian penting dari buah sawit, karena bagian inilah sebagian besar minyak (*crude palm oil*) tersimpan. Bagian ini adalah daging buah yang berserabut dan berwarna kuning terang. Sementara itu, endokarp (*endocarp*) adalah bagian lebih dalam setelah mesokarp yang berupa cangkang atau tempurung yang melindungi bagian dalam yang berupa inti sawit atau kernel (*endosperm*). Pada kernel inilah embrio sawit berada, yang mana merupakan bagian yang menghasilkan minyak inti sawit (*palm kernel oil*) [7].

Secara umum, berdasarkan ketebalan cangkang, ketebalan daging buah, dan ukuran bijinya, kelapa sawit terbagi menjadi tiga varietas yaitu Dura, Pisifera, dan Tenera. Ciri-ciri ketiga varietas ini dijelaskan pada Tabel 4.

Pada perancangan pabrik ini akan digunakan kelapa sawit varietas Tenera karena varietas Tenera mewarisi sifat-sifat unggul diantaranya daging buahnya yang tebal, kandungan minyak yang tinggi, dan cangkang yang tipis. Diagram blok proses produksi CPO dan CPKO disajikan pada Gambar 1.

II. URAIAN PROSES

A. Stasiun Tandan Buah Segar

Tahapan proses di stasiun Tandan Buah Segar dimulai dari Penyimpanan Sementara Kelapa Sawit. Di stasiun ini terdiri atas perebusan pertama, pelepasan berondolan, perebusan kedua, dan pengepressan kelapa sawit. Pada Penyimpanan Sementara Kelapa Sawit, buah kelapa sawit telah dilakukan sortasi untuk memilih kualitas terbaik dari kelapa sawit. Sortasi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu pemeriksaan secara acak atau pemeriksaan secara total. Pemeriksaan acak dilakukan dengan pemeriksaan terhadap

minimal 5% dari jumlah truk yang datang dari suatu kebun. Sementara pemeriksaan total dilakukan terhadap seluruh truk yang masuk. Dikarenakan pabrik ini skala UMKM maka tidak banyak bahan baku yang masuk dan bisa dilakukan sortasi total untuk menjaga kualitas bahan baku. Sortasi dilakukan dengan membongkat TBS dari truk ke lantai *storage*. Buah mentah, buah abnormal, berondolan busuk, buah busuk, daging buah pucat, sampah, dan tandan kosong akan dikembalikan ke pengirim (petani sawit). Sementara, untuk buah kurang matang, tandan dengan tangkai yang panjang, dan buah dura (bukan buah tenera) akan diterima namun dilakkan menguangkan 10% dari berat buah yang diterima. TBS di Penyimpanan Sementara Kelapa Sawit tidak boleh ditahan atau ditampung terlalu lama karena TBS yang sudah luka atau terlalu masak dari kebun akan mengalami proses kenaikan ALB (Asam Lemak Bebas). Untuk itu perlu diterapkan prinsip FIFO (*First In First Out*) dalam pendistribusian TBS ke *scraper conveyor*. Prinsip FIFO merupakan suatu sistem yang mempunyai maksud segala sesuatu yang diterima terlebih dahulu harus dikeluarkan paling awal.

Dari Penyimpanan Sementara Kelapa Sawit, TBS dibawa oleh *scraper conveyor* dan *bucket elevator* untuk dimasukkan ke dalam alat utama di stasiun ini. Proses utama di dalam stasiun *Tandan Buah Sawit* adalah perebusan TBS yang dilakukan pada *vertical sterilizer*. Perebusan TBS memiliki beberapa tujuan yaitu untuk menghentikan aktivitas enzim (lipase), memudahkan pelepasan buah dari tandan buah, melunakkan daging buah, dan mengurangi kadar air dalam buah. Secara alami, buah mengandung enzim lipase yang bekerja untuk memecah molekul lipid (trigliserida) menjadi molekul yang lebih sederhana yaitu asam lemak bebas (ALB) atau *free fatty acid* (FFA) yang menjadi standard mutu produk. Semakin tinggi asam lemak bebas maka semakin jelek kualitas CPO yang dihasilkan. Selain itu, keberadaan enzim ini akan menurunkan kandungan dari trigliserida. Aktivitas enzim ini dapat dihentikan dengan cara pemanasan di atas 50°C. Perebusan juga bermanfaat untuk mempermudah proses pelepasan buah atau brondolan dari tandannya. Pemanasan akan merusak seluruh sel-sel dan jaringan-jaringan dari TBS, termasuk bagian pangkal buah yang menempel pada tandan. Hal ini menyebabkan buah mudah lepas. Selain itu juga melunakkan bagian daging buah sehingga mempermudah proses pemecahan sel-sel minyak dan mempermudah mengeluarkannya. Tujuan lain perebusan adalah mengurangi kadar air pada buah. Dengan perebusan, karakter dari bagian daging buah akan berubah dengan kadar air semakin menurun. Semakin rendah kadar air pada daging buah akan memberikan dampak positif dalam mempermudah proses ekstraksi dan pemisahan minyak dari komponen-komponen non lemak (*non-oil solid*) yang tercampur di dalamnya. Dengan perebusan kadar air pada inti sawit juga berkurang. Hal ini menyebabkan daya lekat inti dengan cangkang atau tempurungnya semakin berkurang, sehingga akan mempermudah proses pemisahan cangkang [7].

Kondisi perebusan TBS yang baik yaitu pada temperatur 130°C dan tekanan 2,1 bar selama 1 jam. Jumlah *oil loss* sangat bergantung pada kondisi TBS yang masuk ke dalam *vertical sterilizer*. Semakin sedikit pamar akan semakin sedikit *oil loss*. Tandan yang terlalu matang juga dapat meningkatkan *oil loss*. *Oil loss* yang biasa yang terjadi di

vertical sterilizer diestimasi sebesar 0,3% dari TBS [8].

Setelah dilakukan perebusan, dilakukan pemisahan antara janjangan dan berondolan (buah). TBS dari *Vertical Sterilizer* dipindahkan menggunakan *Conveyor* dan masuk ke dalam *Rotary Drum Stripper*. Proses penebahan tandan buah yang telah direbus dilakukan dalam *Rotary Drum Stripper* dengan kecepatan putaran 23—25 rpm [7], kemudian tandan akan ikut berputar dan terangkat sampai ketinggian tertentu. Akibat gaya gravitasi, tandan akan jatuh dan mengalami bantingan. Bila rpm tidak seimbang dengan jumlah pengumpanan misalnya rpm terlalu lambat/cepat maka hal ini mengakibatkan *losses*. Rpm terlalu cepat mengakibatkan kapasitas/through put lebih tercapai tetapi *losses* brondolan akan tinggi meskipun perlakuan di perebusan sudah baik, karena waktu pemipilan tidak optimal. Rpm terlalu lambat berakibat waktu pemipilan terlalu panjang sehingga cenderung mengakibatkan *oil losses* tinggi pada *empty bunch*, bahkan dapat mengakibatkan kemacetan dan keausan pada peralatan lebih cepat. Buah yang telah lepas dari tandannya dipindahkan oleh *Bucket Elevator* menuju *Digester* kemudian di proses pada stasiun pressan, sedangkan tandan kosong diletakkan di lapangan dan kemudian diangkut oleh truk untuk digunakan oleh pihak ketiga.

Selanjutnya, terjadi proses pengadukan untuk melepaskan daging buah dari biji dengan mengaduk dan mencabik, mempermudah proses pengempaan, melepaskan sel minyak dari *pericarps*, mempertahankan suhu brondolan, dan menghomogenkan massa brondolan. *Digester* adalah mesin di pabrik kelapa sawit untuk melumatkan brondol/buah sawit atau *Mass Passed to Digester* (MPD) dengan proses pengadukan menggunakan *stirring arm* (pisau *digester*) dengan kecepatan pengadukan sekitar 25-26 rpm didalam bejana silinder tegak. *Digester* terdiri dari tabung silinder yang berdiri tegak yang di dalamnya dipasang pisau-pisau pengaduk sebanyak 6 tingkat yang diikatkan pada poros dan digerakkan oleh motor listrik [7]. Di dalam proses pengadukan ini, *steam injection* ditembakkan ke dalam bejana hingga di dalam bejana temperaturnya 95 derajat celcius yang menyebabkan brondol buah menjadi lunak dan akan memudahkan proses minyak sawit terpisah dari daging buah di dalam pengepresan di mesin screw press. Proses pelumatan atau *digesting* selama 15—20 menit.

Setelah proses pengadukan/*digester* dilakukan proses pengempaan. Proses pengempaan bertujuan untuk mengekstraksi minyak dan menghasilkan nut dan *fiber* dari berondolan sawit yang sudah direbus secara maksimal melalui pengepresan dengan *losses* yang minimal dan memisahkan minyak kasar (*crude oil*) dari daging buah (*pericarp*). Pelumatan ini terjadi pada alat *Screw Press*. *Screw press* berfungsi untuk mengeluarkan minyak (*crude oil*) dari daging buah (*mesocarp*) dengan cara ditempa oleh tekanan. Beban kerja yang digunakan pada press sebaiknya adalah 50 bar. Tekanan yang kurang akan mengakibatkan *losses* minyak pada *fiber* akan tinggi, tetapi persentase biji pecah akan rendah. Tekanan *cone* yang terlalu tinggi akan mengakibatkan persentase biji pecah tinggi, tetapi proses pemerasan minyak maksimal (*losses* minyak di fiber rendah). Di *screw press* digunakan air pembilas dengan suhu 80—85°C. Minyak yang dihasilkan dari proses ini berkisar antara 20—30% dari berat TBS dengan hasil berupa minyak kasar (*crude oil*) yang viskositasnya masih sangat tinggi. Alat

pengempa yang digunakan adalah jenis kempa ulir ganda (*double screw press*). Alat ini terdiri dari sebuah silinder (*press cake*) yang berlubang-lubang dan didalamnya terdapat dua buah ulir (*feed screw* dan *main screw*) dengan arah putar yang berlawanan dan kecepatan yang sama. Untuk mendapatkan minyak, berondolan yang sudah lumat dimasukan ke dalam *screw press*, *cone* akan memberi tekanan secara kontinu pada berondolan yang sudah lumat.

B. Stasiun Crude Palm Oil (CPO)

Stasiun *Crude Palm Oil* (CPO) adalah proses penjernihan minyak yang berasal dari stasiun Tandan Buah Segar, dimana minyak masih mengandung kadar air, *sludge* dan lumpur. Pemurnian minyak memiliki beberapa tujuan yaitu memperoleh *oil content* maksimum, kehilangan minyak yang minimum, menghasilkan kualitas produksi yang maksimum. Prinsip-prinsip yang diterapkan pada stasiun klarifikasi adalah:

1) Penyaringan (*filtrasi*)

Penyaringan yaitu pemisahan minyak dari *fiber*, cangkang halus dan partikel lainnya. Fungsi penyaringan adalah untuk menurunkan viskositas supaya lebih efisien pada proses selanjutnya.

2) Pengendapan (*sedimentasi*)

Pengendapan yaitu pengambilan minyak berdasarkan viskositas antara minyak dan partikel-partikel lain dengan menggunakan pengendapan. Fungsi pengendapan adalah untuk mendapatkan minyak semaksimal mungkin.

3) Pengerangan

Pengerangan yaitu proses pemurnian minyak yang masih mengandung kadar air dan kotoran-kotoran sangat ringan. Fungsi pengerangan adalah untuk mendapatkan kualitas produksi CPO yang maksimal.

4) Penyimpanan

Penyimpanan yaitu perlakuan penyimpanan CPO yang menjadi *stock* didalam *storage tank*. Fungsi penyimpanan adalah untuk menjadikan tolak ukur dalam penentuan rendemen CPO produksi dan menjaga suhu operasi dalam mempertahankan kualitas CPO sebelum dikirim ke customer.

Alat pertama dalam stasiun CPO adalah *Screw Conveyor*. *Screw Conveyor* adalah mekanisme yang menggunakan penerbangan auger yang berputar. Yang disebut “Penerbangan Helix”, biasanya di dalam tabung atau saluran berbentuk “U”, untuk menangani bahan cair, bubuk, dan butiran. Ia digunakan di banyak industri penanganan *bulk*. *Screw conveyor* dalam industri modern seing digunakan secara horizontal atau sedikit miring sebagai cara yang efisien untuk memindahkan bahan semi-padat, termasuk limbah makanan, serpihan kayu, agregat, biji-bijian sereal, pakan ternak, abu ketel, daging, tepung tulang, padatan kota, sampah, dan masih banyak lagi. *Screw Conveyor* berfungsi untuk mentransportasikan CPO hasil pengepresan yang masih mengandung padatan menuju *Vibrating Screen*. *Vibrating Screen* adalah alat dengan prinsip kerja getaran. *Vibrating screen* berfungsi untuk memisahkan minyak dari serat yang tidak dapat diendapkan dan untuk menurunkan viskositas supaya lebih efisien pada proses selanjutnya. Supaya proses pemisahan berjalan baik, terdapat dua ayakan dimana ayakan pertama memiliki ukuran yang lebih longgar (30 mesh) dan ayakan kedua lebih rapat dengan ukuran 40

mesh. *Vibrating screen* atau ayakan bergetar ini digunakan untuk memisahkan kotoran dengan menggunakan mekanisme ayakan ganda (*vibrating screen double deck*) yang digetarkan.

Selanjutnya minyak dialirkan ke *Continous Settling Tank/Vertical Clarifier Tank* berfungsi untuk memisahkan antara minyak dengan serat yang terikat bersama minyak yang berasal dari alat *Vibrating Screen*. Prinsip kerja yang digunakan adalah pengendapan. Pengendapan adalah pengambilan minyak dengan perbedaan berat jenis. Proses pengendapan yang dilakukan dimana minyak yang memiliki berat jenis <1 akan berada dilapisan paling atas, air yang memiliki berat jenis $= 1$ akan berada dilapisan tengah, sedangkan *sludge*/serat yang memiliki berat jenis >1 berada dilapisan bawah. Fungsi dan tujuan dilakukan pengendapan adalah untuk mendapatkan minyak semaksimal mungkin, pencapaian kualitas minyak, dan meminimalkan kandungan *sludge* yang ada pada minyak. *Vertical Clarifier Tank* menggunakan *steam* di dalam jaket, dengan suhu 95°C . *Steam* bertujuan untuk menjaga suhu tetap stabil dan pemisahan dapat terjadi dengan sempurna karena ada proses pemanasan. Pada setiap proses dibutuhkan waktu resistensi rata-rata selama 4 jam untuk mendapatkan proses pemisahan yang baik. Didalam *Vertical Clarifier Tank* terdapat *stirrer* yang berfungsi untuk mengaduk minyak dan *sludge*, supaya minyak yang terperangkap dalam *sludge* dapat terpisah. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan lambat yaitu 2-3 rpm, dengan tujuan supaya *sludge* dapat terpisah dari minyak dengan baik, sehingga pada saat dilakukan pengadukan, minyak yang memiliki berat jenis lebih kecil akan terangkat keatas karena sudah dipisah dari *sludge*.

Minyak yang telah melalui proses pengendapan kemudian masuk ke *CPO Vacuum Dryer* untuk dilakukan pengeringan. *Vacuum dryer* ini berfungsi untuk mengeringkan minyak pada kondisi *vacuum* melalui proses penguapan agar kadar airnya lebih rendah dari 0,15% [7].

Setelah mengalami pengeringan, CPO perlu diturunkan suhunya dengan *Cooler* dikarenakan suhu yang tinggi dapat mengakibatkan CPO dapat rusak dikarenakan CPO mengalami oksidasi. Selanjutnya, CPO disimpan sementara pada *CPO Storage Tank*. *CPO Storage tank* berfungsi untuk menampung minyak akhir yang sudah siap untuk di distribusikan ke pembeli. *Storage tank* berfungsi sebagai tempat penyimpanan CPO sebelum dikirim ke konsumen. Kontrol mutu CPO dilakukan setiap hari oleh petugas laboratorium. Faktor – faktor yang harus diperhatikan pada *storage tank* adalah kebersihan tangki, kondisi *steam coil*, temperatur dalam tangki. Untuk menjaga kondisi CPO di dalam tangki maka *storage tank* harus dibersihkan secara rutin, *steam coil* harus diperiksa rutin agar dapat mendeteksi kebocoran *steam coil* yang dapat mengakibatkan naiknya kadar air pada CPO, dan temperatur CPO dijaga pada temperatur $40\text{--}60^{\circ}\text{C}$.

C. Stasiun Crude Palm Kernel Oil (CPKO)

Stasiun CPKO merupakan stasiun pengolahan kernel kelapa sawit setelah stasiun ekstraksi atau press. Fiber dan nut dari *Screw Press* akan dikirim ke stasiun ini oleh *Cake Breaker Conveyor* untuk diolah lebih lanjut sehingga dapat menghasilkan kernel dengan kualitas dan kuantitas sesuai standar. Tujuan yang ingin dicapai pada stasiun CPKO ini

adalah mendapatkan CPKO yang baik dan memenuhi standar, memaksimalkan pengutipan kernel dengan kualitas yang sesuai standar dan meminimalkan kernel *losses*. Padatan yang keluar dari *screw press* jatuh ke *Cake Breaker Conveyor/Screw Conveyor*. *Screw Conveyor* bekerja dengan cara mengaduk dan memecah ampas sekaligus menghantar ke *depericarper* untuk pemisahan biji dan *fiber* (ampas). Dengan adanya CBC, maka proses pemisahan biji dan fibre menjadi lebih mudah (memperkecil %biji terikat *fiber*). CBC merupakan *conveyor* yang menggunakan daun ularan berbentuk pedal-pedal/*semi-screw conveyor* yang berfungsi sebagai pengaduk/pemecah/penghantar ampas. Hasil proses di CBC menjadikan biji dan *fiber* terurai (tidak menggumpal) dan lebih kering. Daun ularan berputar dengan kecepatan 55-60 rpm. *Cake breaker conveyor* ini digerakkan oleh sebuah elektromotor dengan as *screw* yang berada ditengah talang dan mempunyai pisau-pisau pemecah.

Pada bagian ujung CBC terdapat *depericarper*. Di *depericarper* ini akan terjadi pemisahan serat dan biji yang sebenarnya. Dimana serat akan terhisap ke atas oleh *fiber cyclone*. Hisapan pada blower sudah diatur dengan sedemikian rupa agar yang terhisap hanya fiber/serat saja. Sementara biji yang memiliki massa lebih berat akan jatuh dan masuk ke dalam *nut polishing drum*.

Fiber cyclone yaitu alat untuk memisahkan nut dari *fiber depericarper*. Alat yang digunakan untuk melepaskan *fiber* yang diangkut oleh udara sehingga tidak terikat terbuang bersama udara. Sistem kerja yang dianut oleh *fiber cyclone* yaitu pemisahan dengan sistem *pneumatic* pada *Depericarper* akibat perbedaan berat jenis. Media pemisahan yang di pakai yakni udara dengan kecepatan berkisar $12\text{--}14$ m/detik. *Fiber* akan terangkat sedangkan nut akan jatuh ke *nut polishing drum*, pemisahan terjadi pada peralatan *fiber cyclone* dengan sistem vortex (pusaran). *Fiber* yang di angkat dari *Depericarper* akan masuk ke bagian atas *fiber cyclone*.

Nut polishing drum merupakan alat berbentuk silinder yang berputar dengan posisi horizontal, dimana pada bagian ujung dindingnya berupa plat berlubang. Pada bagian dalam dinding silinder dipasang plat pengikis biji yang berbentuk sekat. Dengan adanya putaran drum, biji-biji yang ada didalamnya akan terjadi gesekan dengan sekat-sekat tersebut. Serat-serat yang masih melekat pada biji secara perlahan akan terkikis dan terpisah dengan biji. Selain berfungsi untuk pemisahan biji dengan serat, *polishing drum* berfungsi untuk memisahkan biji dengan padatan lain yang terikat seperti batu dan serat yang menggumpal. Biji yang telah bersih akan keluar melalui plat berlubang dan selanjutnya akan dipecahkan di *ripple mill*.

Setelah dari *Depericarper*, biji-biji tersebut akan dimasukkan ke *Ripple Mill* untuk dipecahkan. Pemecahan untuk melepaskan inti (kernel) dari cangkang. *Ripple mill* memecah *nut* dengan cara menjepit nut diantara *ripple plate* dan rotor. Mekanisme pemecahan *nut* dengan *ripple mill* yakni dengan penekanan *nut* yang masuk oleh rotor pada dinding bergerigi sehingga menyebabkan pecahnya *nut*. Kecepatan rotor pemecah biji sekitar 800–900 rpm.

Biji dan cangkang akan dipisahkan menggunakan *Hydrocyclone*. Prinsip operasi *hydrocyclone* sama dengan *centrifuge*, yaitu tergantung pada gaya sentrifugal. Pada *hydrocyclone*, zat cair dimasukkan ke sebuah *cone* menghasilkan kecepatan tangensial. Aliran memutar yang

terjadi di dalam *hydrocyclone* membentuk gaya sentrifugal sehingga mempermudah pemisahan akibat adanya perbedaan densitas.

Selanjutnya, kernel kelapa sawit perlu dikeringkan dengan *Kernel Silo Dryer* Pengeringan inti sawit atau kernel yang telah bersih dari cangkangnya tetapi masih basah. Pengeringan dilakukan pada temperatur 100°C selama kurang lebih 6 jam. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan udara panas dari *steam heater* yang dihembuskan oleh *fan kernel silo* ke dalam kernel silo. Inti yang telah kering ini selanjutnya dilakukan pengepresan menggunakan *screw press*.

Inti sawit diumpangkan dari salah satu sisi mesin pengupas inti sawit, kemudian masuk ke dalam ruang pengepresan *screw press*. Mesin inti sawit menggunakan tekanan dan gesekan dari penggerak ulir untuk bergerak sekaligus menekan inti sawit. Minyak inti sawit (*palm kernel oil*) dikeluarkan dan kemudian merembes melalui lubang kecil ke dalam wadah. Bukaan ini sangat kecil, yang dapat mencegah segala jenis bahan padat atau residu dari inti sawit bercampur dengan minyak inti sawit yang diekstrak. Limbah atau residu padat dari inti sawit keluar dari ujung lain mesin pengupas minyak inti sawit. Residu sisa ini juga dikenal sebagai kue inti sawit. Hasil dari kempaan masuk ke dalam *filter press*. *Plate frame filter press* adalah melalui ekstrusi bingkai pelat, sehingga minyak inti sawit murni keluar melalui kain saring untuk mencapai tujuan penyaringan. *Plate frame filter press* memiliki area filtrasi yang besar, efek filtrasi yang baik, laju aliran yang besar, dan rentang aplikasi yang luas untuk filtrasi minyak sawit. Secara relatif, biaya investasi *press filter* bingkai pelat lebih sedikit. Minyak akan mengalir melalui pipa sedangkan *cake* akan jatuh ke bawah.

Minyak yang telah melalui proses pengepresan kemudian masuk ke *CPKO Drying Tank*. *CPKO Drying Tank* memiliki prinsip penguapan yang sama dengan *CPO Drying Tank*, yaitu dengan memvakumkan tangki sedemikian sehingga air dapat dengan mudah menguap.

Minyak dari *CPKO Dryer Tank* dipompa ke *CPKO storage tank* pada suhu simpan 45—55°C. Tangki ini bekerja berdasarkan pemanasan sehingga kondisi minyak dapat dipertahankan agar tidak mengalami pembekuan dan pengendapan dalam tangki. Tangki dilengkapi dengan pipa-pipa pemanas dengan tujuan untuk menjaga viskositas dan mengurangi terjadinya minyak yang dapat menaikkan ALB. Setiap hari minyak yang ada dalam tangki dilakukan pengecekan dan perhitungan rendemen minyak, ALB, kadar air, serta kadar kotoran sebagai laporan hasil laboratorium terhadap mutu. Pada tangki inilah *CPKO* ditampung dan selanjutnya akan dipasarkan.

III. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa, dengan kapasitas olah TBS sebesar 9.570 ton/tahun, didapatkan CPO sebanyak 2.393 ton/tahun dan CPKO sebanyak 234 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Pabrik CPO dan CPKO ini menjual CPO dengan harga Rp10.877,69/kg dan CPKO dengan harga Rp10.386,00/kg. Harga Pokok Produksi (HPP) diperoleh dengan membagi *Total Production Cost* dengan jumlah produksi. Dari hasil perhitungan didapatkan HPP sebesar Rp10.626,24/kg untuk CPO dan CPKO. Berdasarkan hasil perhitungan pada analisa ekonomi didapatkan nilai dari modal investasi pabrik ini sebesar Rp4.312.656.476,14 dan biaya operasional sebesar Rp23.101.878.124,39/tahun dengan bunga 4,8% per tahun. Estimasi hasil penjualan sebesar Rp23.820.821.640,00/tahun. Dengan modal dan hasil penjualan tersebut, pabrik ini memiliki skala menengah. Diperoleh IRR sebesar 12% dan BEP 113% dengan pengembalian modal selama 2 tahun 4 bulan. NPV yang diperoleh sebesar -Rp217.469.254,56. Umur pabrik diperkirakan 10 tahun dengan masa pembangunan 1 tahun dan pabrik beroperasi 330 hari/tahun.

V. KESIMPULAN

Pada pra rancangan pabrik CPO dan CPKO skala UMKM direncanakan berkapasitas 330 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik ini direncanakan di Desa Batu Ampar, Kecamatan Kemuning, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Berdasarkan analisa ekonomi yang telah dilakukan, pabrik ini tidak layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caballero, et al., "Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)," Elsevier Science, 2003, ISBN:978-0-12-227055-0.
- [2] Guidoni, M., et al., "Fatty acid composition of vegetable oil blend and in vitro effects of pharmacotherapeutic skin care applications," *Brazilian J. Med. Biol. Res.*, vol. 52, no. 2, 2019, doi: 10.1590/1414-431X20188209.
- [3] H. I. Wahid, Mohd Basri, and Siti Nor Akmar Abdullah, "Oil palm-achievements and potential," *Plant Prod. Sci.*, vol. 8, no. 3, pp. 288–297, 2005, doi: 10.1626/pp.s.8.288.
- [4] Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, "Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2021," Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, Jakarta, 2022.
- [5] R. E. and others Peters, Max Stone and Timmerhaus, Klaus D and West, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers," McGraw-Hill, 2003, ISBN: 0-07-239266-5.
- [6] T. L. Saaty, "The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority." *Resource allocation*, New York ; London : McGraw-Hill International Book Co., 1980, ISBN: 0962031720.
- [7] Agung Nugroho, *Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit*, Lambung Mangkurat University Press, 2019, issbn: 978-602-6483-97-3.
- [8] T. A. Sianturi, "Analisis Pertambahan Hasil Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Alat Empty Bunch Press," Departemen Teknik Mesin, Universitas Darma Agung, 2014.