

Pra-Desain Pabrik Minyak Goreng Dedak Padi dengan Metode *Physical Refining*

Francis Sjarifudin, Setiyo Gunawan, dan Neza Anizar
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: gunawan@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Minyak dedak padi merupakan salah satu minyak yang bukan berbahan dasar kelapa sawit yang berpotensi sebagai pengganti minyak kelapa sawit. Di Indonesia, minyak yang tidak dibuat dari kelapa sawit masih langka karena masih diimpor dari negara lain. Minyak dedak padi dihargai lebih tinggi daripada minyak paling umum seperti minyak kelapa sawit dan kelapa tetapi masih dengan harga yang wajar. Minyak harus memiliki kandungan asam lemak bebas yang rendah untuk dianggap sebagai minyak goreng. Minyak dedak padi berpotensi untuk menjadi pengganti minyak kelapa sawit karena dedak padi adalah sebuah produk sampingan dari proses penggilingan padi menjadi beras. Pada tahun 2020, 9.944.538 ton dedak padi diproduksi di Jawa Timur dan menunjukkan bahwa Indonesia sangat berpotensi untuk menghasilkan minyak dedak padi. Proses produksi terdiri dari 3 proses utama yaitu pre-treatment, ekstraksi dan pemurnian. Pabrik tersebut akan dibangun di Lamongan, Jawa Timur karena kabupaten tersebut menghasilkan dedak padi yang paling banyak dan juga faktor-faktor lainnya. Pembangunan pabrik diperkirakan dimulai pada tahun 2026. Pabrik tersebut memiliki kapasitas 11.000 ton/tahun dengan 24 jam operasi per hari dan 330 hari per tahun. Produk minyak dari pabrik ini mengandung 0,05% asam lemak bebas. Dari analisa ekonomi, dengan harga jual minyak dedak padi 2000 US\$/ton, *de-oiled rice bran* 85 US\$/ton, sekam 50 US\$/ton dan distilat asam lemak dedak padi 350 US\$/ ton, *Internal Rate of Return (IRR)* untuk pabrik adalah 25,23% dengan tingkat bunga 7,95% dengan Harga Pokok Penjualan (HPP) sebesar Rp. 22.848.823,8/ton. Selain itu, *Pay Out Time (POT)* dihitung pada 4 tahun 6 bulan dengan *Break Even Point (BEP)* 33%. Oleh karena itu, pabrik ini dianggap menguntungkan.

Kata Kunci—Free Fatty Acid, Harga Pokok Penjualan, Internal Rate of Return, Minyak Dedak Padi dan Physical Refining.

I. PENDAHULUAN

MINYAK dedak padi (rice bran oil) merupakan salah satu jenis minyak goreng non-sawit yang berpotensi sebagai pengganti minyak goreng berbahan sawit. Produksi minyak goreng non-sawit di Indonesia tergolong sedikit sehingga masih mengandalkan impor dari negara lain. Disamping itu, minyak goreng dedak padi juga belum terlalu banyak diproduksi dan dipasarkan, biasanya hanya dapat diperoleh di beberapa supermarket atau dalam penjualan online. Hal ini disebabkan karena tingginya harga rice bran oil dibandingkan dengan harga minyak goreng sawit pada umumnya yaitu sebesar 70.000-90.000 rupiah per liter. Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan data impor minyak goreng non-sawit di Indonesia dan daftar harga minyak goreng di Indonesia.

Minyak goreng yang baik dikonsumsi adalah minyak goreng yang memiliki kandungan asam lemak bebas (free fatty acid) yang rendah. Fatty acid terbagi menjadi 5 senyawa, yaitu terdiri dari senyawa palmitic, stearic, oleic, linoleic C18:2 (omega-6) dan linolenic C18:3 (omega-3). Kandungan dari palmitic dapat meningkatkan penumpukan lemak di

Tabel 1.

Data impor minyak goreng non-sawit di Indonesia					
Minyak Non-Sawit	Impor Minyak Goreng Non-Sawit (ton)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Minyak kedelai	18.291	18.158	25.491	28.252	25.707
Minyak Jagung	2.794	3.076	3.076	3.326	3.194
Minyak Kelapa	279	419	318	486	584

Tabel 2.

Daftar perkiraan harga jenis minyak goreng Indonesia	
Jenis Minyak	Harga
<i>Olive</i>	Rp 160.000-170.000/L
<i>Rice Bran</i>	Rp 70.000-90.000/L
<i>Soybean</i>	Rp 80.000-95.000/L
<i>Palm</i>	Rp 10.000-15.000/L
<i>Coconut</i>	Rp 40.000-50.000/L

Tabel 3.

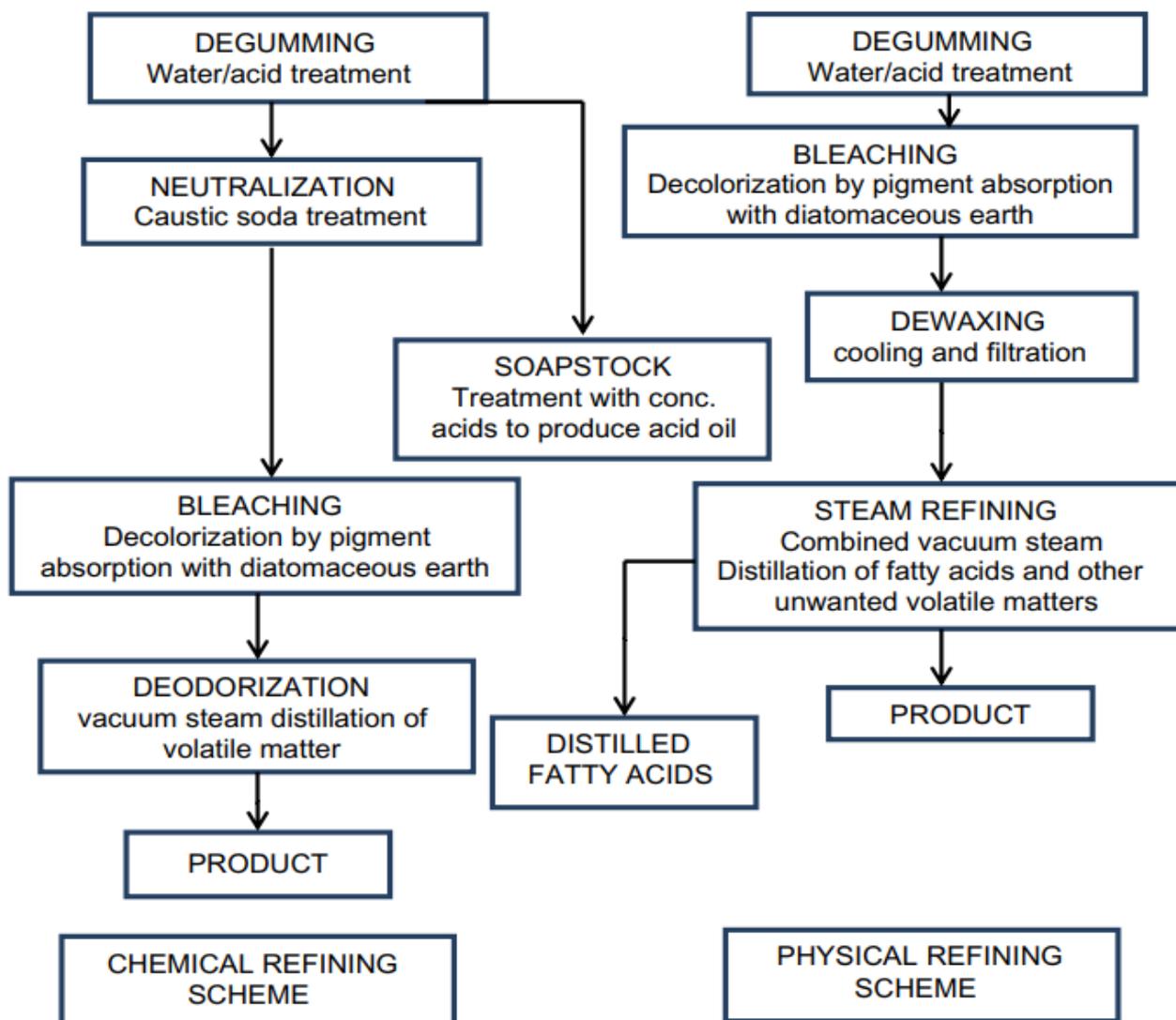
Jenis Minyak	Perbandingan Kandungan Asam Lemak				
	Asam Lemak (%)				
	<i>Palmitic</i> (16:0)	<i>Stearic</i> (18:0)	<i>Oleic</i> (18:1)	<i>Linoleic</i> (18:2)	<i>Linolenic</i> (18:3)
<i>Rice Bran</i>	19,8	1,9	42,3	31,9	1,2
<i>Corn</i>	10,72	1,85	27,65	57,26	1,22
<i>Soybean</i>	11,0	4,0	23,4	53,5	7,8
<i>Sunflower</i>	6,80	4,7	18,6	68,2	0,5
<i>Coconut</i>	9,75	2,0	6,9	0,5	0

arteri koroner dan jaringan tubuh lainnya serta meningkatkan kadar kolesterol dalam darah. Oleic merupakan kandungan asam lemak yang baik bagi tubuh karena dapat menurunkan kadar kolesterol dan memperlambat perkembangan penyakit jantung, sementara stearic memiliki sedikit efek terhadap tingkat kolesterol karena sebagian besar stearic mengalami desaturated menjadi oleic acid. Linoleic (omega-6) merupakan salah satu jenis asam lemak yang dapat mengurangi gejala rheumatoid arthritis dan dapat mengurangi massa lemak tubuh secara efektif. Demikian juga dengan linolenic (omega-3) merupakan jenis asam lemak yang dapat mengurangi risiko terjadinya penyakit kronis karena bersifat antiradang, mengurangi jumlah lemak hati, serta menyehatkan jantung dengan meningkatkan High Density Lipoprotein (HDL) atau kolesterol baik sehingga akan mengurangi pembentukan plak pada tekanan darah dan arteri [1].

Industri minyak goreng non-sawit semakin berkembang, oleh karena itu, masyarakat sudah mulai mengonsumsi minyak goreng non-sawit. Beberapa contoh diantaranya, adalah Rice Bran Oil, Corn Oil, Soybean Oil, Sunflower Oil dan Coconut Oil. Tabel 3 berikut merupakan perbandingan kandungan asam lemak yang terdapat pada jenis minyak goreng non-sawit. Industri minyak goreng non-sawit semakin berkembang, oleh karena itu, masyarakat sudah mulai mengonsumsi minyak goreng non-sawit. Beberapa contoh diantaranya, adalah Rice Bran Oil, Corn Oil, Soybean Oil, Sunflower Oil dan Coconut Oil. Tabel 3 merupakan

Tabel 4.
Spesifikasi bahan baku dedak padi

Komponen	Massa (%)
Karbohidrat	21
Protein	16
Minyak	26
Abu	13
Serat	10
Air	14
Sekam	7,5
Dedak	92,5



Gambar 1. Diagram Proses Pemurnian.

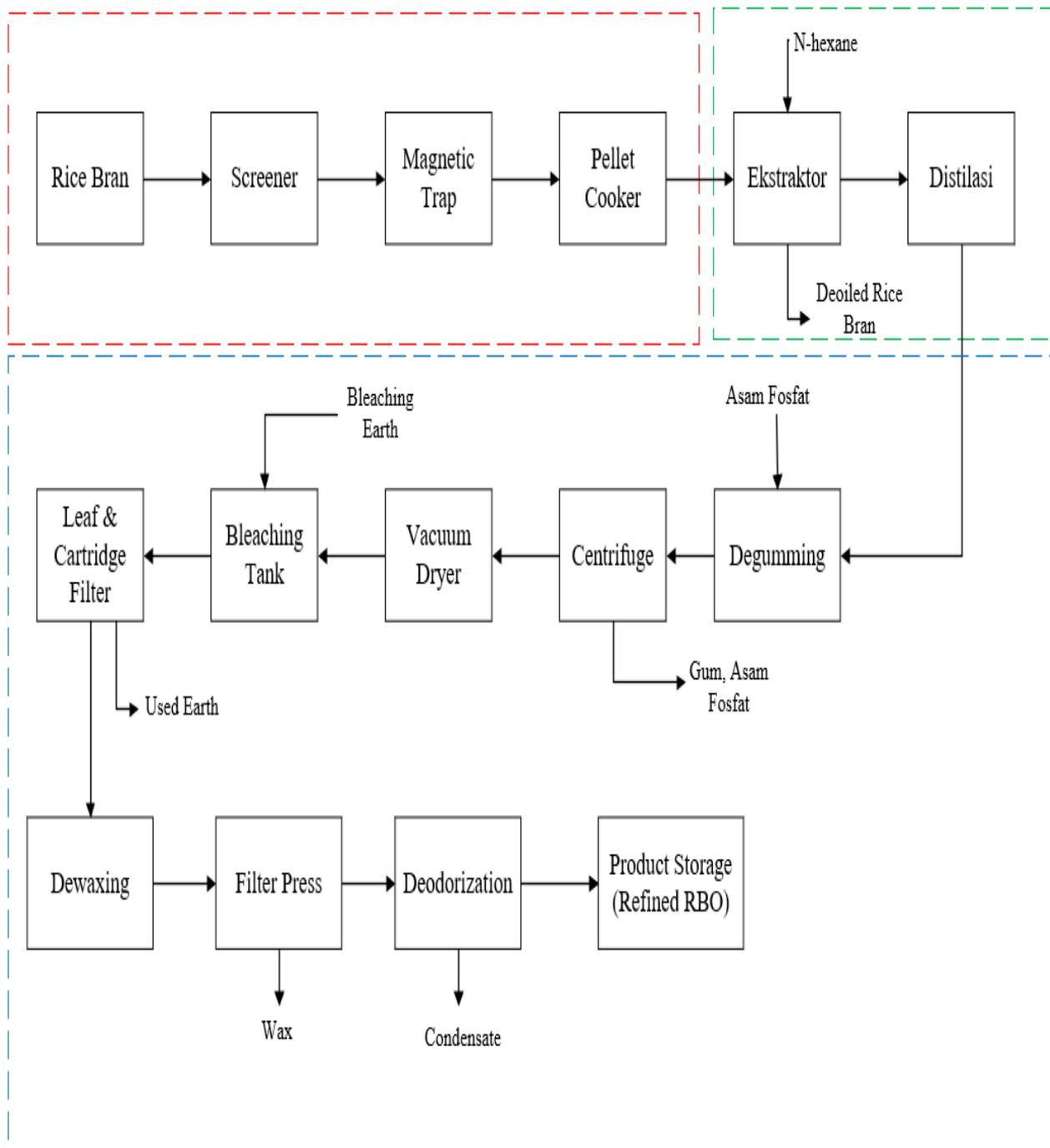
perbandingan kandungan asam lemak yang terdapat pada jenis minyak goreng non-sawit.

Jumlah dedak padi yang banyak tersebar di Indonesia berpotensi sebagai bahan baku minyak goreng yang nantinya akan memenuhi kebutuhan masyarakat. Penggunaan dedak padi bisa dimaksimalkan tidak hanya sebatas bahan pakan ternak melainkan bahan baku yang berpotensi dalam proses industry. Kandungan FFA, vitamin E serta senyawa antioksidan yang tinggi pada minyak dedak padi menjadikan minyak goreng dedak padi memiliki daya saing yang cukup tinggi dengan minyak goreng sawit dan nonsawit lainnya yang ditampilkan di Tabel 4.

Bahan baku merupakan salah satu faktor terpenting untuk dipertimbangkan dalam menjaga stabilitas produksi pabrik, karena dengan tersedianya bahan baku yang banyak maka produksi pabrik dapat berjalan dengan baik. Bahan baku

minyak goreng dedak padi berasal dari padi. Padi tersebar di berbagai daerah di Indonesia. Dalam 5 tahun terakhir provinsi yang memiliki produksi padi terbesar di Indonesia berada di provinsi Jawa Timur jika dibanding dengan provinsi lain. Data produksi padi menurut kota dan kabupaten di Jawa Timur ditampilkan di Tabel 4. Dari data-data tersebut dapat disimpulkan bahwa produksi padi terbesar terdapat di Kabupaten Lamongan. Selain ini, faktor-faktor yang diperlihatkan adalah:

1. Ketersediaan Lahan dan Bahan Baku
2. Lokasi Pemasaran
3. Sumber Energi Listrik dan Air
4. Sumber Tenaga Kerja
5. Aksesibilitas dan Fasilitas transportasi
6. Hukum dan Peraturan perundang-undangan
7. Iklim dan Topografi



Gambar 2. Blok Diagram Proses Pembuatan Minyak Dedak Padi.

Dari faktor-faktor tersebut, Kabupaten Lamongan ditemukan sebagai lokasi terbaik untuk pendirian pabrik minyak goreng dedak padi.

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Proses pembuatan minyak goreng dedak padi dapat dibagi menjadi 3 tahapan proses yaitu:

1. Proses persiapan bahan baku
2. Proses ekstraksi
3. Proses pemurnian minyak

A. Proses Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan rice bran oil diawali dengan persiapan bahan baku, atau pre-treatment. Tahap ini bertujuan untuk

mengondisikan bahan baku sebelum masuk ke dalam proses ekstraksi. Berikut merupakan tahapan persiapan bahan baku:

1) Rice Bran Cleaning

Pertama, dedak padi dimasukkan ke dalam cleaning screen untuk menghilangkan impurities. Pengotor berupa debu, pasir, dan beras dipisahkan dengan alat vibrator screen sieve. Kemudian, hasilnya dialirkan melalui conveyor menuju magnetic screener yang berfungsi untuk menghilangkan logam yang kemungkinan terdapat pada dedak padi karena dapat menyebabkan kerusakan alat pada pabrik.

2) Rice Bran Stabilization

Dedak padi memiliki kandungan minyak sebesar 20% dan vitamin E sebesar 0,1-0,14% sehingga dapat diolah menjadi

edible oil. Namun, saat setelah mengalami penggilingan, minyak akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas (FFA) disebabkan karena adanya aktivitas enzim lipase. Maka dari itu kandungan enzim pada dedak padi harus didenaturasikan terlebih dahulu. Untuk mendenaturasikan enzim yang terkandung pada dedak padi perlu dilakukan proses pemanasan terlebih dahulu. Suhu yang digunakan untuk melakukan stabilisasi dedak padi sekitar 120°C. Selain suhu, pH juga perlu dilakukan adjustment dengan asam lemah agar enzim lipase terdenaturasi. Setelah dilakukan stabilisasi, dedak padi dapat disimpan selama 30-60 hari [2].

Pemilihan jenis proses stabilisasi didasarkan atas pertimbangan kandungan Free Fatty Acid (FFA), kandungan minyak yang dapat di ekstrak, kebutuhan energi, dan kerusakan nutrisi yang ditimbulkan suatu proses. Terdapat empat macam cara untuk menstabilkan dedak padi, diantaranya ada *Pellet Cooker*, *Wet Extrusion*, *Expander Cooker* dan *Pellet Mill*. *Pellet Cooker* dipilih karena menghasilkan Free Fatty Acid (FFA) paling rendah dan minyak terekstraksi cukup tinggi.

B. Proses Ekstraksi

Dedak padi yang sudah disiapkan akan memasuki proses ekstraksi. Pada proses ini, diharapkan 20% kadar minyak yang terkandung dalam dedak padi dapat diekstrak secara sempurna. Terdapat dua metode dalam proses ekstraksi minyak dari dedak padi: ekstraksi dengan solvent dan ekstraksi dengan mechanical pressing (cold pressing).

1) Ekstraksi dengan Solvent

Ekstraksi minyak dari dedak menggunakan solvent merupakan liquid-solid extraction (LSE). Ekstraksi ini melibatkan pengambilan komponen yang diinginkan (solute) dari suatu bahan menggunakan liquid (solvent) yang dapat melarutkan solute. Solvent yang biasanya dipakai untuk proses ekstraksi minyak adalah hexane dan isopropil alkohol. [3].

Proses ini melibatkan pencampuran bahan yang akan diekstrak dengan solvent, baik menggunakan single stage ataupun multiple stage, dengan holding period yang telah ditentukan dan kemudian memisahkan solvent dengan ekstrak. Selama holding period terjadi mass transfer dari solute yang berada di dedak padi ke solvent yang terjadi: solvent masuk ke dalam dedak padi dan melarutkan minyak (solute). Kemudian, solvent bergerak melewati partikel dedak padi ke permukaan. Setelah itu, larutan minyak terdispersi di dalam bulk solvent. Holding time yang digunakan harus cukup bagi solvent untuk melarutkan minyak yang terkandung di dalam dedak padi. Beberapa faktor yang dapat berpengaruh terhadap proses ekstraksi:

1. Kelarutan minyak dedak padi di dalam solvent yang digunakan.
2. Suhu ekstraksi, suhu yang lebih tinggi meningkatkan laju kelarutan solute di dalam pelarutnya. Untuk proses ekstraksi, suhu dibatasi hingga di bawah 100°C. Dengan adanya pertimbangan ekonomis, zat lain yang ikut terekstrak jika suhu melebihi suhu tersebut, dan adanya komponen yang akan rusak akibat panas.
3. Luas kontak antara material solid dan pelarutnya. Laju transfer massa berbanding lurus dengan luas kontak antara solute dan pelarut, sehingga memperkecil ukuran partikel akan meningkatkan luas kontak antara solvent

dan solute sehingga meningkatkan laju ekstraksi hingga batas tertentu.

4. Viskositas dari pelarut. Viskositas yang cukup rendah dapat menyebabkan pelarut dengan mudah melewati partikel dalam bed.
5. Laju alir pelarut. Laju alir yang tinggi mengurangi boundary layer dari solute yang terkonsentrasi pada permukaan partikel sehingga meningkatkan laju ekstraksi.
6. Ekstraksi dengan solvent memiliki kebutuhan energi yang lebih rendah, dan tidak tidak membutuhkan banyak mesin dibanding dengan mechanical pressing sehingga biaya investasi dan perawatan yang lebih sedikit dibanding dengan cara mechanical pressing. Yield akhir dari proses ini sebesar 20%. [4].

2) Mechanical Pressing (Cold Pressing)

Mechanical pressing (cold pressing) digunakan untuk mengekstrak *rice bran oil* (RBO) di pabrik kecil hingga sedang secara komersial di Thailand. Ekstraksi minyak mechanical pressing tidak memerlukan banyak pekerja dibanding dengan ekstraksi menggunakan solvent. Secara keseluruhan proses ini adalah proses yang aman dan mudah. Dimana, minyak hasil dari mechanical press memiliki kandungan yang serupa seperti yang terkandung di alam karena tidak ada penambahan atau pencampuran bahan kimia dalam proses ekstraksinya.

Walaupun bagi industri dengan skala kecil hingga menengah cara mechanical pressing lebih ramah lingkungan dan tidak membutuhkan banyak energi. Proses mechanical pressing tidak cocok digunakan di industri dengan skala besar karena akan membutuhkan banyak mesin untuk memenuhi kebutuhan sehingga konsumsi energi dan biaya perawatan mesin yang tinggi. Proses mechanical pressing menghasilkan 7-8% residu minyak di dalam dedak padi, sehingga yield kurang maksimal.

Berdasarkan perbandingan kedua proses ekstraksi, proses ekstraksi dengan solvent dipilih karena menghasilkan yield yang lebih besar. Untuk solvent yang digunakan, solvent n-hexane digunakan karena menghasilkan TAG% yang tinggi dan FFA% yang rendah.

C. Proses Pemurnian Minyak

Setelah proses ekstraksi dihasilkan crude rice bran oil. Crude oil ini mengandung komponen non-triglyceride yang harus dihilangkan untuk menghasilkan produk yang stabil, memiliki cita rasa yang enak. Proses pemurnian diantaranya melibatkan pembuangan phospholipid, warna, logam, dan free fatty acid (FFA). Tujuan dari proses pemurnian sendiri adalah untuk menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dengan yield pemurnian triglyceride tertinggi [5]. Proses pemurnian merupakan langkah terpenting. Proses pemurnian yang kurang sesuai akan menyebabkan kualitas minyak dihasilkan rendah. Diagram proses pemurnian minyak tertera pada Gambar 1. Diagram proses pembuatan minyak dedak padi tertera pada Gambar 2.

1) Proses Pemurnian Secara Kimiawi

Proses pemurnian secara kimiawi dilakukan untuk menetralkan kandungan FFA, menghilangkan kandungan phosphatides, menjernihkan warna, dan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tersisa yang mungkin merupakan bagian dari non-hydratable phosphatides (NHP).

Sabun terlarut yang terbentuk karena larutan alkali (kaustik) biasanya dihilangkan dengan pencucian menggunakan air. Adapun runtutan proses adalah sebagai berikut:

Proses degumming pada crude oil bertujuan untuk mengurangi kandungan fosfornya hingga ke tingkat terendah. Kandungan fosfor pada minyak mempengaruhi rasa, warna, dan kestabilan hidrolitik dan oksidatif dari minyak [6]. Kemudian dilanjutkan dengan neutralization yang bertujuan untuk menghilangkan FFA dengan mengonversi FFA menjadi sabun dengan bantuan senyawa NaOH. Minyak telah melalui proses pemurnian secara kimia dengan degumming dan neutralization kemudian memasuki proses bleaching. Yaitu proses dimana minyak dicampurkan dengan acid-activated bleaching clay pada suhu tinggi dan dibawah tekanan vakum untuk menghilangkan zat pengotor, sabun, pigmen warna, dan chlorophyll. Tujuan utama dari proses bleaching adalah untuk menghilangkan warna dan oksidasi sekunder dari produk. Proses deodorisasi bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa volatile yang dapat mempengaruhi bau dan rasa. Proses deodorisasi adalah proses distilasi yang menggunakan steam yang beroperasi di bawah kondisi dengan suhu, vakum, dan stripping steam yang tepat. Stripping steam berfungsi sebagai pelarut senyawa volatile (O'Brien et al., 2000). Deodorization merupakan proses yang tidak dapat dihilangkan dari proses pemurnian minyak, dan harus dilakukan secara benar.

2) Proses Pemurnian Secara Fisika

Secara keseluruhan, tahapan proses secara fisika menyerupai dengan proses secara kimia, namun tahapan utama yang membedakan adalah tidak adanya tahap netralisasi menggunakan NaOH untuk menghilangkan FFA pada crude oil. Seluruh senyawa FFA dihilangkan hanya pada tahap deodorisasi hingga didapatkan tingkat kemurnian minyak yang tinggi.

Pada proses physical refining, tahapan proses yang dilalui lebih singkat dibandingkan proses chemical refining. Physical refining pada dasarnya merupakan proses menghilangkan asam lemak menggunakan steam distillation pada keadaan dibawah vakum. Pada tahap ini digunakan metode Physical Refining yaitu proses pemurnian dengan menghilangkan FFA pada tahap deodorasi. Proses physical refining untuk rice bran oil dibagi menjadi beberapa tahap yaitu Degumming dan dewaxing, Bleaching, Winterization, dan Deacidification & Deodorization.

Proses degumming dan dewaxing berlangsung dengan mixing secara continue dan sistem penahanan yang dilanjutkan dengan proses kristalisasi dengan crystallizer dengan suhu 75°C – 20 °C. Setelah proses kristalisasi dilanjutkan dengan proses sentrifugasi dengan kecepatan 8.000 rpm. RBO yang telah melewati proses degumming dan dewaxing ditambahkan asam sitrik 0,25% (vol/wt) selanjutnya melewati tahap bleaching dengan suhu standar (105 °C selama 20 menit) menggunakan 2-4% (w/w) bleaching earth yang mengandung 10% arang aktif. Sementara itu, fungsi penambahan Bleaching Earth adalah:

1. Untuk mengadsorbsi impurities seperti logam (trace metal), moisture, insoluble, dan bagian karotenoid dan pigmen lain
2. Untuk mengurangi oxidation product;
3. Untuk mengadsorbsi endapan fosfolipid oleh phosphoric acid

4. Untuk menghilangkan beberapa phosphoric acid yang berlebihan di minyak setelah proses degumming.

Hasil dari bleaching didapatkan menggunakan filter press yang selanjutnya akan melewati tahap winterization dengan menahan minyak selama 24 jam pada suhu 20 °C. Residu dari wax dan fosfatid pada minyak hasil winterization disaring menggunakan filter press. Proses terakhir adalah deacidification pada suhu 250 °C serta tekanan 1 torr dan deodorization pada suhu 180 °C serta tekanan vakum 1 torr. Selanjutnya minyak goreng melewati proses polishing filtration menghasilkan refined rice bran oil.

Metode pemurnian yang dipilih dalam desain pabrik ini adalah metode pemurnian dengan metode fisika. Metode ini dipilih karena menghasilkan minyak dengan TAG% tinggi dan FFA% rendah, selain itu, proses fisika juga menghasilkan yield yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan proses kimiawi.

III. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa dan neraca energi pada pabrik minyak goreng dedak padi dibutuhkan bahan baku dan bahan pendukung, antara lain dedak padi 54.000 ton/tahun, asam fosfat 505,77 ton/tahun, n-hexane 21.920 ton/tahun dan *bleaching earth* 246,09 ton/tahun untuk menghasilkan produk *konnyaku blocks* sebanyak 9.695,74 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan nilai dari Total Capital Investment pabrik ini sebesar Rp 228.562.371.377,43 dengan bunga 8,00% per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 13,36% dan BEP sebesar 43,67% dimana pengembalian modalnya selama 4 tahun 6 bulan. Harga pokok penjualan pabrik ini sebesar Rp. 22.848.823,8/ton. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari segi teknis, kapasitas rancangan pabrik minyak goreng dedak padi direncanakan 11.000 ton/tahun dengan metode *physical refining*, pembangunan dimulai pada tahun 2023 di Tanah Industri Kelangbahu, Lamongan, Jawa Timur dan direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2025. Bentuk organisasi yang direncanakan sistem lini dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 88 orang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Vergeer, A. G. Holleboom, J. J. Kastelein, and J. A. Kuivenhoven, "The HDL hypothesis: does high density lipoprotein protect from atherosclerosis?," *J. Lipid Res.*, vol. 51, no. 8, pp. 2058–2073, 2010.
- [2] M. N. Riaz, M. Asif, B. Plattner, and G. Rokey, "Comparison of different methods for rice bran stabilization and their impact in oil extraction and nutrient destruction," *Cereal Foods World*, vol. 55, no. 1, 2010.
- [3] V. Van Hoed, C. Ben Ali, M. Slah, and R. Verhé, "Quality differences between pre-pressed and solvent rapeseed oil," *Eur. J. lipid Sci. Technol.*, vol. 112, no. 11, pp. 1241–1247, 2010.
- [4] S. Thanonkaew, Amonrat Wongyai, D. J. McClements, and E. A. Decker, "Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-

- pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L),” *LWT-Food Sci. Technol.*, vol. 48, no. 2, pp. 231--236, 2012.
- [5] P. Fellows, *Food Processing Technology Principles and Practice*. London: Elsevier, 2009.
- [6] R. D. O'Brien, W. E. Farr, and P. J. Wan, *Introduction to Oils and Fats Technology*, 2nd ed. Urbana: AOCS Press, 2000.