

Pra-Desain Pabrik Minyak Goreng Sehat dari *Crude Palm Oil* (CPO) dengan Metode Kombinasi *Microwave Assisted Extraction* (MAE) – *Batchwise Solvent Extraction* (BSE)

Meidy Hariawan¹, Famy Bisyaquil Haq¹, Hakun Wirawasista Aparamarta^{1*}

Abstrak— Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan hasil perkebunan yang sangat berperan penting dalam kemajuan perekonomian di Indonesia dikarenakan kandungan minyak nabatinya yang banyak dibutuhkan di sektor industri. Di industri pangan, kehadiran minyak goreng menjadi penting karena berbagai olahan pangan tidak lepas dari peran lemak dalam minyak goreng dalam menambah cita rasa serta tekstur dan aroma pada makanan. Minyak goreng telah dikenal lama oleh masyarakat sebagai bahan makanan yang kurang baik bagi kesehatan dan cenderung dihindari sehingga sangat dibutuhkan inovasi dari produksi minyak goreng yang bukan hanya ekonomis namun juga memiliki dampak positif bagi kesehatan. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan minyak goreng adalah *Crude Palm Oil* (CPO). Terdapat tiga tahapan utama dalam pembuatan pabrik minyak goreng dari CPO yaitu persiapan bahan baku *pre-treatment*, proses pemurnian, dan proses pembuatan minyak goreng. Proses pemurnian yang digunakan pada pabrik ini adalah metode *Microwave Assisted Extraction* – *Batchwise Solvent Extraction*. Pabrik minyak goreng dari CPO akan didirikan di Kawasan Industri Sei Mengkei, Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara yang dilengkapi fasilitas dan pusat penelitian khusus kelapa sawit dengan estimasi waktu mulai beroperasi pada tahun 2025. Berdasarkan analisis ekonomi untuk kapasitas 48.000 ton/tahun dengan nilai investasi sebesar Rp 179.670.421.590, laju pengembalian modal (IRR) pabrik ini sebesar 19,05% pada tingkat suku bunga per-tahun 9,85% dan laju inflasi sebesar 2% per-tahun. Sedangkan untuk waktu pengembalian modal (POT) adalah 3,7 tahun dan titik impas (BEP) sebesar 13%.

Kata Kunci— *Batchwise Solvent Extraction*, *Crude Palm Oil*, *Microwave Assisted Extraction*, Minyak Goreng Kelapa Sawit

I. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan hasil perkebunan yang sangat berperan penting dalam kemajuan perekonomian di Indonesia dikarenakan kandungan minyak nabatinya yang banyak dibutuhkan di sektor industri [1]. Indonesia sendiri merupakan negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia dengan total produksi *Crude Palm Oil* (CPO) mencapai 40,6 juta ton pada 2018 dan berkontribusi ekspor senilai 18,5 triliun dolar AS [2]. Di skala internasional, Indonesia bersama Malaysia berkontribusi terhadap 86% produksi minyak sawit dunia [3]. Di industri pangan, kehadiran minyak goreng menjadi penting karena berbagai olahan pangan tidak lepas dari peran lemak dalam minyak goreng dalam menambah cita rasa serta tekstur dan aroma pada makanan [4]. Data menunjukkan pada tahun 2018 konsumsi minyak goreng sawit di Indonesia mencapai 8,69 kg/kapita/tahun dengan tren konsumsi minyak goreng sawit ini cenderung menunjukkan peningkatan setiap tahunnya sebesar 4,66% [5].

Kandungan asam lemak jenuh (SFA) yang cukup tinggi (49,9%) membuat minyak sawit dipertanyakan mengenai dampak terhadap kesehatannya. Konsumsi SFA yang terlalu tinggi dikaitkan dengan kenaikan dari kolesterol jenis *Low-Density Lipoprotein* (LDL) [6]. Berbagai organisasi kesehatan dunia telah memberikan rekomendasi konsumsi lemak supaya peranan lemak

dalam tubuh tetap optimal. *World Health Organization* (WHO) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO) menganjurkan konsumsi lemak 20% - 35% dari total energi yang dibutuhkan dengan SFA yang dibutuhkan maksimal 10% total energi dan diimbangi oleh MUFA (15% - 20%) serta PUFA (6% - 11%) [4].

CPO atau dikenal dengan *Red Palm Oil* (RPO) merupakan minyak yang didapatkan dari bagian mesocarp buah Kel melalui proses degester dan pressing sehingga didapatkan cairan berwarna merah dan masih terdapat berbagai impurities didalamnya. Sehingga untuk mendapatkan produk olahan CPO perlu dilakukan proses lebih lanjut. Untuk syarat mutu CPO sendiri sebagai berikut:

Tabel 1. Standar mutu CPO

Kriteria	Satuan	Syarat Mutu
Warna	-	Jingga kemerah – merah
Kadar air dan kotoran	%, fraksi massa	0,5 maks
Asam lemak bebas (sebagai asam palmitat)	%, fraksi massa	0,5 maks
Bilangan Yodium	g Yodium / 100 g	50 – 55

(Badan Standarisasi Nasional, 2006 [7])

Tabel 2. Komposisi *Crude Palm Oil* (CPO)

Komponen	Kadar
<i>Triglyceride</i>	≈ 95%
<i>Diglyceride</i>	2 – 6%
FFA	2 – 5%
<i>Carotene</i>	500 – 700 ppm

¹ Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111, Indonesia.

*Email: hakun.wira@chem-eng.its.ac.id

<i>Tocopherol</i>	600 – 1000 ppm
<i>Phosphorus</i>	10 – 29 ppm
<i>Iron</i>	4 – 1 ppm
<i>Moisture & Impurities</i>	0,15 – 3%

(Morad et al., 2006 [8])

Pada industri pangan terutama minyak goreng dibutuhkan minyak sawit dengan warna cerah, aroma dan rasa yang hambar (tidak menyengat) serta aman dan layak dikonsumsi sesuai standar mutu yang telah ditetapkan.

Tabel 3. Standar Mutu Minyak Goreng Sawit

Kriteria	Satuan	Persyaratan
Kedaaan		
Bau	-	normal
Rasa	-	normal
Warna (lovibond 5,25" cell)	merah/kuning	maks 5/50
Kadar air dan bahan menguap (b/b)	%	maks 0,1
Asam lemak bebas (dihitung sebagai asam palmitat)	%	maks 0,3
Bilangan peroksida	mek O2/kg	maks 10
Vitamin A	IU/g	min 45
Minyak pelikan		negatif
Cemaran logam		
Kadmium (Cd)	mg/kg	maks 0,2
Timbal (Pb)	mg/kg	maks 0,1
Timah (Sn)	mg/kg	maks 40/250
Merkuri (Hg)	mg/kg	maks 0,05
Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks 0,1

(Badan Standarisasi Nasional, 2012 [9])

Produksi CPO sebagai bahan baku minyak goreng di Indonesia terus mengalami kenaikan setiap tahunnya. Pada tahun 2018 produksi CPO mencapai 43 juta ton dan diproyeksikan pada tahun 2050 produksi CPO mencapai 84,2 juta ton untuk memenuhi kebutuhan CPO domestik dan dunia [2]. Pulau Sumatera dan Kalimantan mendominasi produksi CPO di Indonesia dengan kontribusi mencapai 87% total produksi CPO Indonesia. Sehingga dapat disimpulkan untuk bahan baku produksi minyak goreng akan terus tersedia dalam jumlah yang melimpah. Saat ini, pemerintah Indonesia mulai menggalakan bebas minyak curah yang mulai berlaku tahun 2020. Survei Sosial Ekonomi Nasional menyatakan bahwa konsumsi minyak goreng sawit memiliki pertumbuhan 4,66% setiap tahun [5]. Pada tahun 2018 konsumsi minyak goreng sawit mencapai 8,692 kg/kapita/tahun. BPS memproyeksikan pada tahun 2025 penduduk Indonesia mencapai 284.829.000 jiwa dengan tingkat pertumbuhan 1%.

Peluang pendirian pabrik minyak goreng sawit di Kawasan Industri Sei Mengkei, Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara cukup baik karena didukung program pemerintah yaitu Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN 2020-2024) yang berupaya mengembangkan Kawasan Ekonomi Kreatif seperti argo industri, minyak dan gas, metal, maritim, hingga aerospace. Berikut ini fasilitas yang didapatkan dari Kawasan Industri Sei Mengkei:

1. Pasokan listrik 60 MW dari gardu induk di KEK, dan pembangkit listrik tenaga gas 250 MW pada 2018.
2. Tersedia pasokan air kapasitas 250 m³/jam yang bersumber dari Sungai Bah Tungguran, dan Instalasi pengolahan air tahap II kapasitas 500 m³/jam.
3. Pasokan gas sebesar 75 mmscfd yang bersumber dari Kilang Regasifikasi Arun.
4. Telekomunikasi dan jaringan internet yang memadai.

5. Instalasi pengolahan limbah terpusat kapasitas 250 m³/jam.
6. Dryport kapasitas 5.300 TEUs/tahun.
7. Tangki timbun kapasitas 2 x 3.000 ton (CPKO) dan 1 x 5.000 ton (CPO).
8. Sarana pengolahan sampah, armada pemadam kebakaran, pusat inovasi kelapa sawit, dan perumahan.

Untuk aspek lingkungan, dalam analisis dampak lingkungan hidup (AMDAL) menurut PP Nomor 27 Tahun 1999 pasal I yaitu telaah secara cermat dan mendalam tentang dampak besar dan penting suatu rencana usaha kegiatan. Dengan adanya kegiatan investasi atau usaha, maka komponen lingkungan hidup secara otomatis akan berubah dengan menimbulkan berbagai dampak terutama dampak negatif yang sangat tidak diinginkan. Berikut ini dampak negatif yang mungkin timbul jika tidak dilakukan AMDAL secara baik dan benar:

1. Terhadap tanah dan kehutanan; tanah akan menjadi tidak subur, pembabatan hutan yang tidak terencana dan punahnya keanekaragaman hayati.
2. Terhadap air; mengubah warna dan menyebabkan bau serta menimbulkan berbagai penyakit akibat pencemaran terhadap air.
3. Terhadap udara; berdebu sehingga udara menjadi tidak sehat dan suhu udara menjadi panas.
4. Terhadap manusia; menimbulkan berbagai penyakit, berubahnya budaya dan perilaku masyarakat sekitar akibat berubahnya struktur penduduk dan rusaknya adat istiadat masyarakat setempat [10].

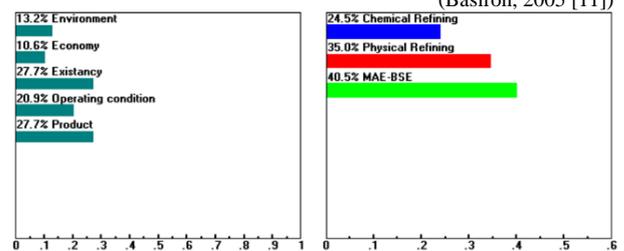
II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Agar dapat dikonsumsi menjadi minyak goreng diperlukan penurunan asam lemak bebas hingga sesuai standar minyak goreng yaitu di bawah 0,3% [9]. Dalam menentukan uraian proses, tentunya harus melakukan seleksi proses terlebih dahulu.

Tabel 4. Seleksi Proses Pemurnian Minyak

	Kimia	Fisika	MAE-BSE
Kondisi Operasi	Deodorization s.d 270°C	Deodorization s.d 70°C	70°C 1 atm
Industri	Ada	Ada	Belum ada
Produk	FFA 0,1%	FFA 0,1%	FFA < 0,3% lebih kaya PUFA
Ekonomi	Tinggi	Tinggi	Sedang
Lingkungan	Kurang ramah	Ramah	Ramah

(Basiron, 2005 [11])



Gambar 1. AHP Seleksi Proses

Dari seleksi menggunakan AHP, diputuskan proses produksi minyak goreng sawit menggunakan metode kombinasi MAE – BSE dikarenakan proses yang ramah lingkungan dengan kondisi operasi yang tidak terlalu

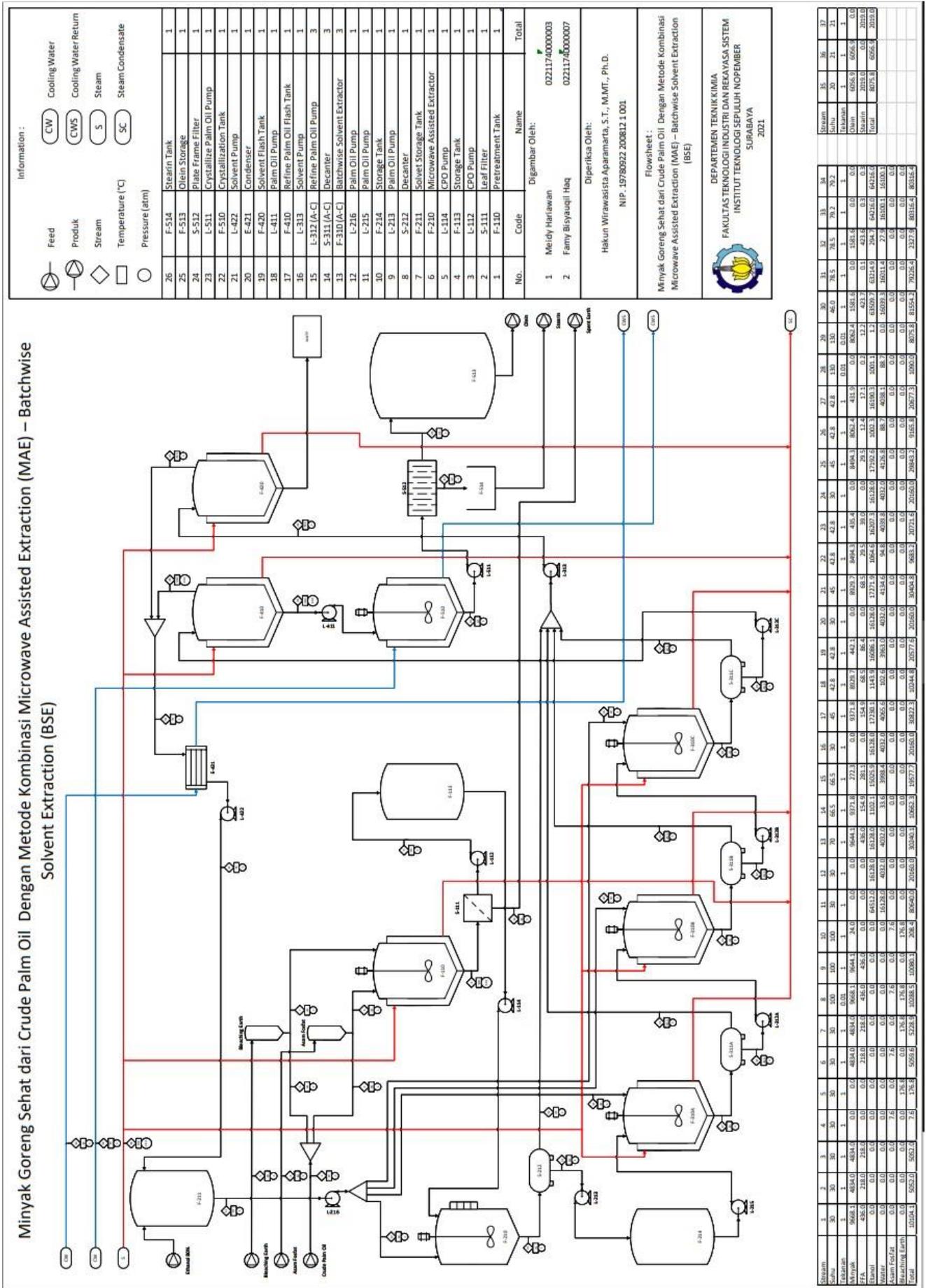
ekstrem serta kualitas minyak yang dihasilkan lebih sehat yang kaya akan PUFA.

Bahan baku yang digunakan yaitu *Crude Palm Oil*. Dalam proses ekstraksi, metode yang dapat dilakukan di antaranya *Pre-Treatment*, *Microwave Assisted Extraction* (MAE), *Batchwise Solvent Extraction* (BSE), distilasi dan *Dry Fractionation*.

Bahan utama yang digunakan yaitu minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO). CPO perlu dilakukan *Pre-Treatment*. Fungsi dari *Pre-Treatment* yaitu menghilangkan kandungan fosfat dan proses pemisahan *trace metal*, zat pewarna, senyawa oksidasi [8]. Proses

ini dilakukan di tangki *Pre-Treatment*. CPO awal mula ditambahkan dengan asam fosfat 85% dengan dosis 0,05 – 0,2% dari total minyak. Selain itu, minyak juga ditambahkan *adsorbent* yaitu karbon aktif dengan jumlah 0,8 – 2,0%. Kemudian minyak dipanaskan di tangki *Pre-Treatment* hingga suhu mencapai antara 90 – 100°C. Selanjutnya masuk ke *leaf filter*, pada alat ini dengan suhu 100°C *speant earth* disaring dari CPO.

Setelah proses *Pre-Treatment*, minyak kemudian masuk ke alat *Microwave Assisted Extraction* (MAE).



Gambar 2. Proses Pembuatan Minyak Goreng Sehat dari Crude Palm Oil (CPO)

Pada MAE, CPO akan dicampur dengan *solvent* ethanol 80% dengan perbandingan *solvent : oil* adalah 1 : 2. Setelah itu, dipanaskan hingga suhu 70°C. Setelah pemanasan selesai, campuran minyak dengan *solvent* akan dialirkan ke *decanter* untuk pemisahan kedua fraksi. Senyawa NPLF terdapat pada bagian atas dan senyawa PLF terdapat pada bagian bawah. Terdapat dua jenis *solvent* yang digunakan dalam proses ini, yaitu *solvent polar* dan *non-polar*. Untuk polarnya yaitu ethanol, dimana *Free Fatty Acid* (FFA) larut dalam *solvent* sedangkan untuk *non-polarnya* yaitu minyak, dimana FFA pada minyak menurun. Karena FFA pada CPO belum mencapai target yaitu 0,03% maka digunakan proses *Batchwise Solvent Extraction* (BSE).

Pada BSE terjadi proses pemurnian dengan ekstraksi *multistage* menggunakan *solvent* ethanol 80% dengan suhu 45°C dan tekanan 1 atm. Di proses BSE ini menggunakan 3 *stages* karena pada 3 *stages* sudah sesuai standar. Setelah proses BSE selesai, campuran minyak dengan *solvent* akan dialirkan ke *decanter* untuk dilakukan pemisahan kedua fraksi kembali. NPLF selanjutnya dialirkan ke dalam kolom distilasi untuk memisahkan *solvent* ethanol dari NPLF. Distilasi yang digunakan pada proses ini yaitu distilasi uap air. Prses distilasi ini dilakukan dengan suhu 130°C pada tekanan vakum dan terjadi fenomena *Vapor Liquid Equilibrium* (VLE). Pada proses distilasi terjadi pemisahan antara *solvent* dengan *palm oil*. Untuk mencapai suhu operasi maka dibutuhkan *steam* untuk memanasi NPLF dan *solvent*. Fase gas yang dihasilkan dari proses distilasi *flash* kemudian masuk ke kondenser untuk diubah ke fase cair dan hasilnya kemudian di pompa menuju *solvent storage*.

Tahap berikutnya, minyak yang telah terpisah dari *solvent* masuk ke proses *dry fractionation*. Dimana pada proses ini terjadi pada tangki kristalisasi. Pada tangki kristalisasi ini terjadi fenomena melelehkan kristal-kristal yang ada di dalam minyak supaya proses kristalisasi dapat berjalan dengan baik dan terkontrol selama proses pendinginan. Proses kristalisasi minyak dengan pendinginan pada suhu 20°C yang akan menghasilkan dua macam fase, yaitu fase cair (olein) dan fase padat (stearin) karena perbedaan titik leleh dari trigliserida. Dimana yang dikristilasi ini adalah stearin. Setelah dilakukan kristalisasi, kemudian masuk ke *filter press*. Pada *filter press*, olein dan stearin di *press* untuk dipisahkan fase cair dan padatnya. Olein akan lolos filter menuju ke tangki olein sedangkan stearin yang terfilter menuju ke tangki penampung stearin. Produk olein merupakan produk minyak goreng sebelum masuk ke pengemasan minyak ditambahkan bahan aditif seperti vitamin A dengan spesifikasi minimum 45 IU/g [9].

III. NERACA MASSA

Dari hasil perhitungan neraca massa, pabrik minyak goreng ini membutuhkan bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 10.104 kg/jam dengan 60% konversi CPO ke minyak goreng. Kapasitas produksi pada minyak goreng ini sebesar 48.000 ton minyak goreng/tahun dengan sehari menghasilkan produk sebesar 145.440 kg minyak goreng. Untuk operasi pabrik ini yaitu 330 hari per tahunnya.

IV. ANALISA EKONOMI

Berdasarkan hasil perhitungan pada neraca ekonomi, untuk modal totalnya atau *Total Cost Investment* (TCI) pabrik ini sebesar Rp 412.626.586.403 dan 12% untuk per tahunnya. Selain itu, diperoleh *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 19,05% dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 13% dengan pengembalian modalnya selama 3,7 tahun. Pabrik ini diperkirakan berumur selama 10 tahun dengan masa periode konstruksi selama 2 tahun.

V. KESIMPULAN

Pra Desain Pabrik “Minyak Goreng Sehat dari *Crude Palm Oil* (CPO) dengan Metode Kombinasi *Microwave Assisted Extraction* (MAE) – *Batchwise Solvent Extraction* (BSE)” dengan kapasitas 48.000 ton, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan operasi: Semi Batch, 24 jam/hari selama 330 hari/tahun
2. Kebutuhan bahan baku: *Crude Palm Oil* (CPO) sebanyak 80.024 ton/tahun.
3. Lokasi pendirian pabrik: Bosar Maligas, Simalungun, Sumatera Utara
4. Analisa Ekonomi
 - a. Pemodalan
 - Modal tetap (FCI): Rp 330.101.269.122
 - Modal kerja (WCI): Rp 82.525.317.281
 - Modal total (TCI): Rp 412.626.586.403
 - Biaya produksi per tahun (TPC): Rp 586.989.990.481
 - Hasil penjualan per tahun: Rp 775.458.885.500
 - b. Rentabilitas
 - Massa konstruksi: 2 tahun
 - Umur pabrik: 10 tahun
 - Bunga bank: 9,85% (bank mandiri)
 - Laju inflasi: 2%
 - Internal Rate of Return (IRR): 19,05%
 - Net Present Value (NPV): Rp 179.670.421.590
 - Pay Out Time (POT): 3,7 tahun
 - Break Event Point (BEP): 13%
5. Dari hasil analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Minyak Goreng Sehat dari *Crude Palm Oil* dengan Metode Kombinasi *Microwave Assisted Extraction* (MAE) – *Batchwise Solvent Extraction* (BSE) layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, “Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2018,” 2018. www.bps.go.id.
- [2] A. Sugiyono, I. Fitriana, A. H. Budiman, & A. Nurrohim, “Prospects for the development of green gasoline and green diesel from crude palm oil in Indonesia”, In materials science forum, vol. 981, pp. 202-208, Trans Tech Publications Ltd, 2020. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.981.202>
- [3] A. Mancini, E. Imperlini, E. Nigro, C. Montagnese, A. Daniele, S. Orrù, & P. Buono, “Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: Effect on health, Molecules,” 20(9), 17339-17361, 2015.
- [4] J. Aranceta, & C. Pérez-Rodrigo, “Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: A systematic review,” British Journal of Nutrition, 107(SUPPL. 2), 2012.

- [5] Kementan, "Buletin Konsumsi Pangan," 10 no. 2, 2019.
- [6] F. B. Hu, M. J. Stampfer, J. E. Manson, E. Rimm, G. A. Colditz, B. A. Rosner, C. H. Hennekens, & W.C. Willet, "Dietary Fat Intake and the Risk of Coronary Heart Disease in Women," *New England Journal of Medicine*, 337(21), 1391-1499, 1997.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia (SNI) Standar Mutu Minyak Kelapa Sawit Mentah (Crude Palm Oil) (SNI 01-2901-2006)," 2006.
- [8] N. A. Morad, M. K. A. Aziz, & R. M. Zin, "Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil," Malaysia: Centre of Lipids Engineering and Applied Science University of Technology, 2006.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia (SNI) Standar Mutu Minyak Goreng Sawit (SNI 7709:2012)," 2012.
- [10] H. Yatim, "Studi kelayakan rencana pendirian sentra industri minyak goreng "kelapa dalam" di Kecamatan Luwuk Timur Kabupaten Banggai Propinsi Sulawesi Tengah," 2017.
- [11] Y. Basiron, "Palm oil, Bailey's Industrial Oil and Fat Products," 2005.