

PRARANCANGAN BIODIESEL DARI *CRUDE PALM OIL* PARIT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DAN TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 24.000 TON/TAHUN

Sultan Alexander ^{*1}, Muhammad Yuliyandi Pratama¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan
**Corresponding Author: scralexandercr@gmail.com*

ABSTRAK

Bahan bakar minyak (BBM) merupakan salah satu kebutuhan utama masyarakat yang digunakan pada berbagai bidang kehidupan. Minyak solar bisa disebut juga *Automotive Diesel Oil* (ADO) merupakan bahan bakar yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi khususnya pada sektor transportasi, industri, pembangkit listrik dan rumah tangga. Penggunaan ADO setiap tahunnya semakin meningkat, sehingga pemerintah mengimpor dari luar negeri untuk mencukupi kebutuhan ADO. Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan penggunaan ADO. Salah satunya biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat dimanfaatkan untuk menggantikan ADO. CPO Parit merupakan salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kandungan FFA dan trigliserida pada CPO Parit direaksikan dengan metanol untuk membentuk biodiesel melalui tahap esterifikasi dan transesterifikasi. Tahap esterifikasi mereaksikan FFA-metanol menggunakan katalis H_2SO_4 dengan konversi 98% pada suhu $50\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Tahap transesterifikasi mereaksikan trigliserida-metanol menggunakan katalis NaOH dengan konversi 98% pada suhu $65\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Biodiesel B-70 yang dihasilkan sesuai dengan standar ASTM D6751 dan EN 14214. Pemilihan CPO parit sebagai bahan baku dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta bernilai ekonomis. Biodiesel berbahan baku CPO parit diproduksi dengan kapasitas 24.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan mulai tahun 2026. Lokasi pabrik direncanakan di daerah Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan dengan luas area 36.640 m^2 . Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 115 orang dan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi garis dan staf. Berdasarkan hasil Analisa ekonomi, didapat BEP sebesar 41,88% dan SDP sebesar 20,75% sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: bahan bakar, biodiesel, CPO parit, esterifikasi, transesterifikasi.

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak (BBM) merupakan salah satu kebutuhan utama masyarakat yang digunakan pada berbagai bidang kehidupan. BBM antara lain premium, minyak tanah, minyak solar atau *Automotive Diesel Oil* (ADO) dan minyak bakar yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada usektor pembangkit listrik, transportasi, industri dan rumah tangga. Biodiesel adalah bahan bakar yang dapat menggantikan minyak solar karena memiliki sifat pembakaran yang serupa dengan minyak solar, sehingga dapat dipergunakan langsung pada mesin berbahan bakar solar tanpa mengubah mesin (Sugiyono 2006). Salah satu bahan baku pembuatan biodiesel yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah *Crude Palm Oil* (CPO) karena keberadaan perkebunan sawit yang luas di berbagai daerah di Indonesia,

khususnya Kalimantan Selatan yaitu sekitar 424.932 Ha (BPS 2018). Penentuan besar kecilnya kapasitas suatu pabrik yang akan dirancang, harus mengetahui dengan jelas jumlah kapasitas pabrik yang sudah ada beroperasi di Indonesia, Konsumsi biodiesel di Indonesia semakin tahun semakin meningkat, selama ini kebutuhan minyak diesel dipenuhi dengan produksi dalam negeri. Sehingga dapat diperkirakan jumlah kapasitas optimal yang akan dirancang dalam beberapa tahun ke depan. Berdasarkan data yang dirilis USDA: Indonesia Biofuels Annual Report produksi dan ekspor sejak tahun 2015 sampai 2020 disajikan pada Tabel 1. sebagai berikut.



Tabel 1. Data Ekspor dan Impor Stirena (USDA)

| Tahun | Produksi (ton) | Pertumbuhan Produk (%) | Ekspor (ton) | Pertumbuhan Ekspor (%) |
|-----------|----------------|------------------------|--------------|------------------------|
| 2015 | 1200,00 | -65,71 | 343,00 | -78,14 |
| 2016 | 3500,00 | 191,67 | 476,00 | 38,78 |
| 2017 | 2800,00 | -20,00 | 187,00 | -60,71 |
| 2018 | 5600,00 | 100,00 | 1772,00 | 847,59 |
| 2019 | 7700,00 | 37,50 | 1271,00 | -28,27 |
| 2020 | 7800,00 | 1,30 | 100,00 | -92,13 |
| Rata-rata | | 51,74 | | 104,52 |

Berdasarkan data tersebut maka didapat perkiraan jumlah kebutuhan biodiesel pada tahun 2026 yang didapatkan dengan perhitungan regresi linear dengan diambil persamaan yang menghubungkan jumlah produksi biodiesel dan indek tahun produksi biodiesel sebagai berikut :

$$y = 1.382,86x - 2.785.137,62$$

Keterangan:

y = Jumlah Produksi ton/tahun)

x = indek tahun

Hasil perhitungan regresi linear, diperoleh peluang kapasitas produksi biodiesel B-70 di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebesar 24.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Terdapat dua proses yang dapat digunakan dalam memproduksi biodiesel, dan untuk perbedaan masing-masing proses dapat dilihat pada **Tabel 2.** berikut:

Tabel 2. Pemilihan Proses Pembuatan Biodiesel

| Kondisi Operasi | Proses satu tahap | Proses dua tahap |
|-----------------|--|---|
| Suhu Operasi | 65 °C | Esterifikasi: 50 °C Transesterifikasi: 65 °C |
| Tekanan | 1 atm | 1 atm |
| Selektivitas | 93-97% | 70% |
| Konversi | 96,70% | 99,23% |
| Katalis | Sodium hidroksida atau Potasium hidroksida | Esterifikasi: Asam sulfat, Transesterifikasi: Sodium hidroksida atau Potasium hidroksida |
| Bahan baku | Minyak nabati dengan FFA < 2%, Metanol | Minyak nabati dengan FFA > 2%, Metanol |

Berdasarkan kandungan pada bahan baku tersebut, dimana kadar asam lemak bebasnya (FFA) > 2%, dan juga pertimbangan dari sisi teknologi dimana sudah terbukti bahwa proses dua tahap lebih superior dibandingkan dengan proses satu tahap pada biaya produksi dari segi variasi bahan baku utama, mengurangi penggunaan alkohol-katalis, reaksi lebih stabil, konversi lebih tinggi, kemurnian produk lebih tinggi dengan dan juga yield lebih tinggi (Thoai et al. 2019). Maka dalam pra-rancangan pabrik biodiesel dari CPO parit ini menggunakan proses dua tahap, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi menjadi investasi jangka panjang yang lebih tepat.

2.2 Proses Dua Tahap Pembuatan Biodiesel

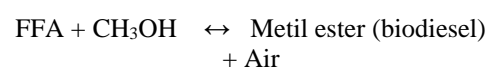
Proses esterifikasi dilakukan untuk mengurangi kadar FFA berlebih di dalam CPO parit sedangkan proses transesterifikasi dilakukan untuk mereaksikan trigliserida dengan metanol membentuk metil ester. Berikut tahapannya:

1. Persiapan Bahan Baku

Sebelum melakukan proses esterifikasi, CPO parit dari Tangki Penyimpanan (F-100A) terlebih dahulu dimasukkan kedalam *Centrifuge I* (H-120) untuk memisahkan kotoran padat (total solid) dan air dari CPO parit sehingga tidak mengganggu reaksi esterifikasi nantinya dengan pemisahan 90%. Kemudian dipanaskan di *Immersed Coil Heater* (E-121) pada suhu 50 °C untuk menyesuaikan kondisi di dalam reaktor. Metanol (CH₃OH) sebelumnya dialirkan ke *Mixer I* (M-110) untuk menghomogenkan metanol dengan katalis asam yaitu asam sulfat (H₂SO₄) dan air dialirkan menuju Reaktor Esterifikasi (R-200) untuk direaksikan dengan CPO parit.

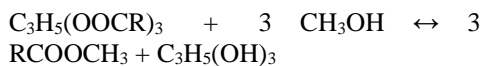
2. Tahap Pembentukan Produk (Esterifikasi)

FFA akan bereaksi dengan metanol membentuk metil ester (biodiesel) dan air di dalam reaktor. Pencampuran ini menggunakan perbandingan rasio molar antara FFA dan metanol (98%) yaitu 1:20, dengan jumlah katalis H₂SO₄ (98%) yang digunakan adalah 0,75% wt dari FFA. Reaksi berlangsung selama 1 jam pada suhu 50 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi:



3. Tahap Pembentukan Produk (Transesterifikasi)

Proses transesterifikasi mereaksikan trigliserida dengan metanol dan katalis NaOH untuk menghasilkan metil ester. Larutan natrium hidroksida (NaOH) dan metanol dicampurkan dalam Mixer II (M-130), kemudian direaksikan dengan hasil reaksi esterifikasi pada Reaktor Transesterifikasi I (R-220). Reaksi transesterifikasi menghasilkan dua lapisan fase, yaitu fase biodiesel (produk utama) dan fase gliserol (produk samping). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Perbandingan rasio molar trigliserida dengan metanol adalah 1:6 dan jumlah katalis yang digunakan adalah 0,5% dari trigliserida. Lama reaksi transesterifikasi adalah 1 jam, suhu 65 °C dan tekanan 1 atm. Kadar trigliserida hasil reaksi transesterifikasi masih belum memenuhi kadar maksimum trigliserida pada biodiesel berdasarkan European Standard EN 14214 yaitu 0,2% sehingga diperlukan reaksi transesterifikasi selanjutnya pada Reaktor Transesterifikasi II (R-240).

4. Tahap Pemurnian Produk

Hasil reaksi pada reaktor transesterifikasi II (R-240) diumpangkan ke Tangki Pencuci (F-300). Sebelum dialirkan ke tangki pencuci, fluida proses dialirkan ke *Centrifuge* IV (H-250) terlebih dahulu untuk proses pemisahan. Proses pemisahan untuk memisahkan fluida proses menjadi dua lapisan, yaitu lapisan atas berupa metil ester, sisa FFA, sisa trigliserida dengan lapisan bawah yaitu gliserol, air, H₂SO₄, sisa metanol, NaOH dan kotoran sisa. Proses dilanjutkan ke tahap pencucian biodiesel, temperatur air pencucian yang digunakan adalah 30 °C dengan tekanan 1 atm dan jumlah air yang digunakan 50% dari metil ester yang akan dicuci. Tujuan pencucian itu sendiri adalah agar senyawa yang tidak diperlukan (sisa gliserol, sisa metanol, dan lain-lain) larut dalam air. Kemudian hasil pencucian dimasukkan ke dalam *Centrifuge* V (H-310) dengan prinsip perbedaan berat jenis. Hasil atas berupa metil ester, sisa trigliserida, sisa FFA, dan komponen lainnya (sisa air, sisa metanol, dan lain-lain), sedangkan hasil bawahnya berupa metanol, air, gliserol, H₂SO₄, NaOH serta kotoran sisa.

Produk biodiesel yang telah melalui proses pencucian dipompakan kedalam Evaporator I (V-320) dalam kondisi vakum yang bertujuan untuk menghilangkan sisa metanol dan air yang tercampur dalam metil ester. Kemudian biodiesel dari evaporator ini disimpan ke dalam Tangki Penyimpanan Biodiesel (F-330). Keluaran bawah dari *Centrifuge* III (H-230), *Centrifuge* IV (H-250) dan *Centrifuge* V (H-310) diumpangkan ke Evaporator II (V-340) dalam kondisi vakum untuk menghilangkan sisa methanol dan air yang tercampur dalam gliserol. Keluaran bawah dari evaporator berupa gliserol disimpan ke dalam Tangki Penyimpanan Gliserol (F-360). Metanol dan air keluaran atas yang berupa uap diumpangkan menuju Menara Distilasi (D-350) untuk *recovery* methanol berlebih untuk kemudian disimpan dalam Tangki Penyimpanan Metanol (F-100B).

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik biodiesel diperoleh dari Sungai Kintap. Air yang digunakan adalah sebesar 26530,213 kg/jam. Kebutuhan Listrik pabrik disuplai oleh listrik bertenaga solar dengan generator (P-280) sebagai energi. Keperluan keseluruhan utilitas yang diperlukan untuk beroperasinya pabrik biodiesel dapat dilihat pada **Tabel 3.** sebagai berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik Stirena

| Kebutuhan | Jumlah |
|---------------|-------------------|
| Steam | 1.603,192 kg/jam |
| Air Pendingin | 11.996,254 kg/jam |
| Air Proses | 1.818,160 |
| Air Sanitasi | 11.112,608 |
| Listrik | 547,178 kW |
| Bahan Bakar | 186,016 L/jam |



4. Analisa Ekonomi

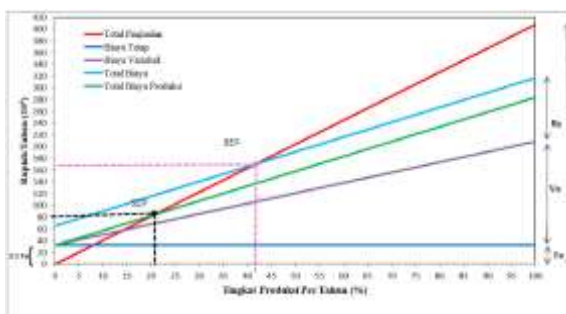
Analisa ekonomi perlu dilakukan agar mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh pabrik ini sehingga bisa dikategorikan layak atau tidak layak untuk didirikan. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik biodiesel dapat dilihat pada **Tabel 4.** sebagai berikut:

Tabel 4. Analisa Ekonomi

| Analisa | Nilai | Batasan | Keterangan |
|---------|--------|-----------|------------|
| ROI | 15% | Min. 11% | Layak |
| POT | 4 th | Max. 5 th | Layak |
| BEP | 41,88% | 40-60% | Layak |
| SDP | 20,75% | 20-40% | Layak |

(Aries dan Newton, 1955)

Return on Investment (ROI) merupakan tingkat laba yang diperoleh dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan. *Pay Out Time* (POT) yaitu *payback periode* atau waktu pengembalian modal (uang investasi) yang dihasilkan berdasarkan profit yang dicapai. Sedangkan *Break Even Point* (BEP) merupakan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama. Titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut *Shut Down Point* (SDP). Penyebab terjadinya SDP umumnya *variable cost* yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen akibat tidak ekonomis suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan laba). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik biodiesel dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan pada prarancangan pabrik pembuatan biodiesel dari *crude palm oil* parit diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas rancangan pabrik direncanakan 24.000 ton/tahun.
2. Bentuk hukum perusahaan yang

direncanakan adalah Perseroan Terbatas

3. Bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 115 orang.
4. Pabrik terletak di Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 36.640 m².
5. Analisa ekonomi:
Return of investment sesudah pajak 15%
Pay out time sesudah pajak 4 tahun
Break event point 41,88%
Shut down point 20,75%

Dari hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel berbahan baku *crude palm oil* parit ini layak untuk didirikan

Daftar Pustaka

- Aries, R. S. dan Newton, R. D. (1955):
Chemical engineering cost estimation.
- ASTM, D. 2003. *Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels.*
- BPS. 2018. *Luas Tanaman Perkebunan.* Kalimantan Selatan.
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operations:* New York; Chapman & Hall: London.
- Brownell, L. E., and E. H. Young. 1959. *Process Equipment Design: Vessel Design:* Wiley.
- Culp, R. L., G. M. Wesner, and G. L. Culp. 1978. *Handbook of Advanced Wastewater Treatment:* Van Nostrand Reinhold.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design:* Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Disbun, K. 2019. *Komoditas Unggulan Kelapa Sawit dan Pabrik Kelapa Sawit Tahun 2019.*
- Eia, U. S. E. I. A. 2020. *Biofuels Explained Use of Biomass-based diesel fuel.*
- Foust, A. S., L. A. Wenzel, C. W. Clump, L. Maus, and L. B. Andersen. 1980. *Principles of Unit Operations:* Wiley.
- Geankoplis, C. J. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles:* Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Gerpen, J. V. 2005. *Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology* 86 (10):1097-1107.
- Gordon M, F., J. C. Geyer, and D. A. Okun. 1968. *Water and Wastewater Engineering: Water purification and wastewater treatment and disposal:* Wiley.





- Hambali, E., Suryani, Dadang, H. Hariyadi, Hanafi, I. K. Rekswardojo, M. Rivai, M.I.P., S.S., T.T. H., Soerawadjaja, T. Prawitasari, T. Prakoso, and W. Purnama. 2007. Proses Pembuatan Biodiesel.
- Hamze, H., M. Akia, and F. Yazdani. 2013. *Comparison of one step and two step process for biodiesel production from waste cooking oil using TGA analysis.*
- Hayyan, A., M. A. Hashim, M. E. S. Mirghani, M. Hayyan, and I. M. Al-Nashef. 2013. *Esterification of sludge palm oil using trifluoromethanesulfonic acid for preparation of biodiesel fuel. Korean Journal of Chemical Engineering* 30 (6):1229-1234.
- Hesse, H. C., and J. H. Rushton. 1945. *Process Equipment Design*. D. Van Nostrand Company, Incorporated.
- Himmeblau, D. M., and J. B. Riggs. 2004. *Basic Principles And Calculations In Chemical Engineering 7th Ed*: Prentice-Hall Of India Pvt. Limited.
- Jansri, P. G. S. 2016. *Enhancement of the two-stage process for producing biodiesel from high free fatty acid mixed crude palm oil.* 45:1094-1104
- Joshi, M. V. 1979. *Process equipment design.* New Delhi: Macmillan.
- Kern, D. Q. 1950. *Process heat transfer.* New York: McGraw-Hill Book.
- Laut, P.D.K.T. 2020. Pemerintah Kabupaten Tanah Laut.
- Levenspiel, O. 1962. *Chemical reaction engineering.* New York: John Wiley and
- Othmer, K. 1998. *Encyclopedia Of Chemical Technology Fourt Edition.* Wiley.
- Perry dan Green. 1997. *Perry's Chemical Engineer Handbook, 7th ed.* Mc. Graw Hill Book Co. Inc: Tokyo.
- Peter dan Timmerhaus. 1999. *Plant Design and Economics for Chemical Engineer.* Mc. Graw Hill Book Co. Inc: Tokyo.
- Reid, R. C., J. M. Prausnitz, and B. E. Poling. 1987. *The properties of gases and liquids.* New York: McGraw-Hill.
- Sahirman. 2009. Perancangan Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.).
- Sandoval, G., L. Casas-Godoy, K. Bonet-Ragel, J. Rodrigues, S. Ferreira-Dias, and F. Valero. 2017. *Enzyme-Catalyzed Production of Biodiesel as Alternative to Chemical-Catalyzed Processes: Advantages and Constraints. Current Biochemical Engineering* 4.
- Sigit. 2007. Prospek Biodiesel Sangat Menjanjikan di Tengah Krisis Energi.
- Sugiyono, A. 2006. Peluang Pemanfaatan Biodiesel Dari Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Solar Di Indonesia.
- Thoai, D. N., C. Tongurai, K. Prasertsit, and A. Kumar. 2019. *Review on biodiesel production by two-step catalytic conversion. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 18:101023.
- Timmerhaus Klaus D. Peters, M. S. 1991. *Plant design and economics for chemical engineers.* New York: McGraw-Hill.
- Tomi, H. 2005. Pemanfaatan Minyak Dari Tumbuhan Untuk Pembuatan Biodiesel.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass-transfer operations.* London: McGraw-Hill.
- Ulrich, G.D. (1984): *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.* John Wiley & Sons Inc. New York
- USDA. 2020. *Biofuel Annual* Jakarta. Jakarta: GAIN.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical process equipment : selection and design.*
- Zandy, Agustinus, M. Destiana, and S. Puspasari. 2007. *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel.*

