PRARANCANGAN PABRIK BIOAVTUR DARI KELAPA SAWIT DENGAN PROSES HEFA KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Muhammad Agil Asshofy[1,*], Intan Rahmatika El Putri Utami[1], Ratri Sekaringgalih[1], Sonya Hakim Raharjo[1], Boy Arief Fachri[1]

[1]Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember Jl. Kalimantan No. 37,
Jember Jawa Timur, 68121
*Corresponding Author: asshofyagil@gmail.com

Abstrak

Pabrik bioavtur berbahan baku kelapa sawit ini dirancang dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dan beroperasi secara kontinyu 24 jam/hari selama 330 hari/tahun. Bahan baku utama yang digunakan adalah kelapa sawit dengan bahan baku pendukung berupa asam fosfat, bleaching earth, dan hidrogen, serta dukungan katalis NiMo/Al2O3. Pabrik ini akan didirikan di Dumai, Riau. Proses produksi terdiri dari persiapan bahan baku, reaksi hydrotreating dan hydrocracking, serta pemurnian produk. Tahap pre-treatment bahan baku meliputi, pengolahan kelapa sawit menjadi Crude Palm Oil (CPO) hingga dimurnikan menjadi Refined, Bleached Palm Oil (RBPO). Reaksi hydrotreating dan hydrocracking berlangsung dalam reaktor multi-tube fixed bed dengan kondisi operasi 332-398°C dan tekanan 51 atm. Pemurnian produk dilakukan dalam gas liquid separator dan menara distilasi untuk mendapatkan kemurnian produk sebesar 98,35% bioavtur. Utilitas pendukung proses meliputi kebutuhan air pendingin 1.392.705 kg/jam, kebutuhan steam 153.392 kg/jam, kebutuhan air sanitasi 1.466 kg/jam, kebutuhan listrik 859,66 kWh dan bahan bakar 2.047 kg/jam. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 239 orang yang terdiri dari karyawan shift dan non shift. Berdasarkan evaluasi ekonomi, Annual Cash Flow (ACF) sebesar 44,5%, Discounted Cash Flow-Rate of Return (ROR) sebesar 43,4%, Pay Out Time (POT) sebesar 2,02 tahun, dan Break Event Point (BEP) sebesar 48,97%.

Kata kunci: Bioavtur, biomassa, UOP, energi terbarukan, analisis ekonomi

1. Pendahuluan

Industri penerbangan saat ini menghadapi tantangan besar terkait dampak lingkungan, terutama dari penggunaan bahan bakar berbasis minyak bumi seperti avtur. Avtur merupakan bahan bakar penerbangan yang dirancang khusus untuk pesawat bermesin turbin gas. Bahan bakar ini tidak berwarna dan terdiri dari rantai hidrokarbon yang mengandung 8 hingga 16 atom karbon (Balogun et al., 2022).

Menurut Asosiasi Transportasi Udara Internasional (IATA), transportasi udara dapat berdampak sekitar 2% emisi karbon di dunia pada setiap tahun. Oleh karena itu, IATA telah menetapkan kebijakan mengenai pertumbuhan emisi karbon dari bahan bakar pesawat sebesar 0% mulai tahun 2020 dan penurunan emisi karbon hingga 50% pada tahun 2050. Emisi CO_2 dan kelangkaan pasokan minyak bumi dapat dikurangi dengan penggunaan sumber energi terbarukan (IATA, 2022). Bioavtur merupakan bahan bakar alternatif pesawat terbang bermesin turbin yang dihasilkan oleh serangkaian proses konversi biomassa berupa serat, gula, tepung dan minyak nabati.

Saat ini, konsumsi rata-rata akan avtur dari tahun 2019 – 2023 di Indonesia sebanyak 2.798.038,6 ton/tahun dengan rata-rata produksi sebanyak 2.787.944,2 ton/tahun dan dibantu melalui kegiatan impor (Kementrian ESDM RI, 2023). Melihat ketidaksesuaian konsumsi dan ketersediaan dari avtur, serta jumlah emisi CO_2 yang terus meningkat, maka perlu adanya pendirian pabrik bioavtur yang agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sekaligus mendukung

peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 12 Tahun 2025 tentang kewajiban pencampuran bahan bakar nabati dalam bahan bakar jenis avtur yang terus meningkat setiap tahunnya.

Penentuan kapasitas produksi bioavtur meliputi data impor, ekspor, konsumsi dan produksi dari avtur di Indonesia yang diperoleh dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI dalam bentuk kiloliter (KL). Satuan dari data tersebut akan dikonversikan dari kiloliter (KL) menjadi ton dengan mengalikan nilai dari data tersebut dengan densitas avtur sebesar 0,774 – 0,840 kg/L. Pada saat ini Indonesia sudah memiliki pabrik yang memproduksi bioavtur, yaitu PT Pertamina sebesar 125.000 ton/tahun yang beroperasi pada akhir tahun 2023, kemudian data konsumsi, impor, dan ekspor, sedangkan data produksi dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Data Produksi dan Konsumsi Avtur di Indonesia

Tahun	Produksi (ton)	Konsumsi (ton)
2019	3.779.875	4.024.388
2020	2.466.916	2.219.358
2021	1.940.944	1.625.380
2022	1.404.588	2.656.018
2023	2.787.944	3.465.047

(Kementrian ESDM RI, 2023)

Tabel 2. Data Produksi dan Impor dan Ekspor Avtur di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Ekspor (ton)
2019	224.000	101.124
2020	-	367.099
2021	-	133.814
2022	358.400	1.399
2023	222.400	1.272

(Kementrian ESDM RI, 2023)

Kapasitas produksi bioavtur dibuat berdasarkan pertumbuhan jumlah impor, ekspor, produksi, serta konsumsi dalam negeri. Pabrik diperkirakan akan didirikan pada tahun 2028. Perhitungan kapasitas menggunakan metode perhitungan secara *discounted* (Kusnarjo, 2010).

Tabel 3. Data Proyeksi

Proyeksi pada Tahun 2028	Ekspor (ton)
Produksi	3.652.503
Konsumsi	4.542.293
Ekspor	3.560

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan data proyeksi peluang kapasitas pabrik baru pada tahun 2028 sebesar 893.351 ton/tahun. Dengan beberapa pertimbangan, seperti ketersediaan bahan baku, regulasi pemerintah dan kapasitas pabrik yang sudah berdiri, maka direncanakan pabrik bioavtur dibangun dengan kapasitas 100.000 ton/tahun pada tahun 2028.

2. Deskripsi Proses

Proses produksi bioavtur ini melalui 3 tahapan proses, yaitu:

1) Unit *pre-treatment* bahan baku
   a. Kelapa sawit

      Tandan buah segar (TBS) disimpan pada loading ramp (A-111) dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm sebelum melalui beberapa tahapan proses hingga menjadi *crude palm oil* (CPO), kemudian dialirkan menuju degumming mixer (M-120) dan *bleaching mixer* (M-130) untuk penghilangan *impurities*.

   b. Asam fosfat

      Asam fosfat yang digunakan yaitu asam fosfat dengan kemurnian 85% dan disimpan pada tangki penyimpanan (F-121) dengan kondisi operasi suhu ambient 30 ºC dengan tekanan 1 atm. Asam fosfat dialirkan menuju *degumming mixer* (M-120) menggunakan pompa (L-122) untuk proses penghilangan *impurities*.

   c. *Bleaching earth*

      Bleaching earth disimpan pada tangki penyimpanan (F-131) dengan kondisi operasi suhu ambient 30 ºC dengan tekanan 1 atm. *Bleaching Earth* dialirkan menuju *bleaching mixer* (M-130) menggunakan *belt conveyor* (J-132) untuk proses penghilangan *impurities* lebih lanjut.

2) Unit reaksi *hydrotreating* dan *hydrocraking*
   a. Reaksi *hydrotreating*

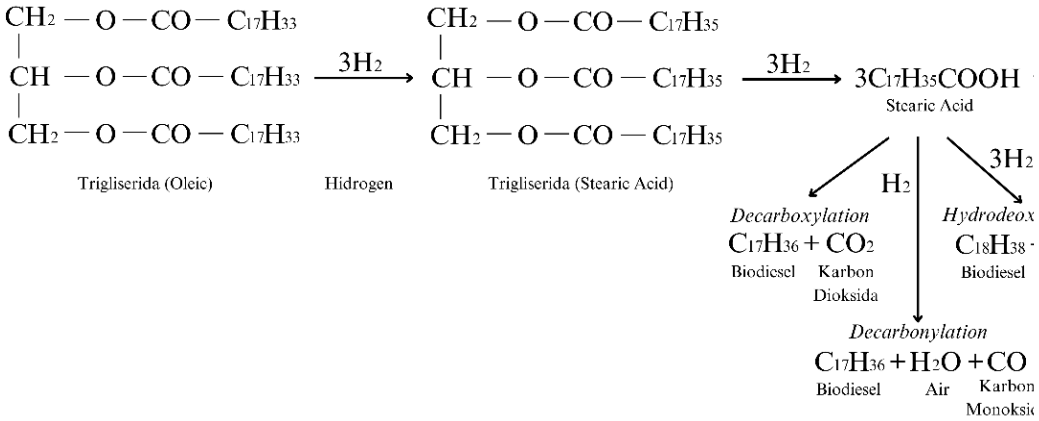
      TGA dan FFA pada minyak sawit dan hidrogen (H^2) akan direaksikan pada reaktor *hydrotreating* (R-210) yang berjenis *multi-tube fixed bed reactor* pada suhu 332 ºC dan tekanan 51 atm menggunakan katalis $NiMo/Al_2O_3$ (McCall et al., 2011). Kompresor (G-219) digunakan untuk mengalirkan hydrogen dari tangki (F-218) sekaligus menaikkan suhu dan tekanan hidrogen hingga sesuai dengan kondisi operasi pada reaktor. Reaksi *hydrotreting* merubah TGA dan FFA pada minyak sawit menjadi alkana rantai panjang (biodiesel) dan beberapa senyawa kimia seperti, *propane* (C_3H_8), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), dan air (H_2O).

   b. Reaksi *hydrocracking*

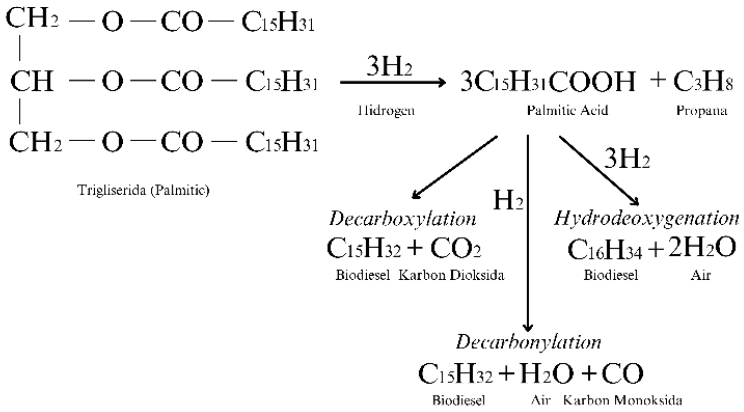
Alkana rantai panjang (biodiesel) keluaran reaktor *hydrotreating* akan dipanaskan pada *heater* (E-221) untuk mencapai kondisi operasi pada reaktor *hydrocracking* (R-220), yaitu suhu 398 ºC dan tekanan 51 atm. Reaksi *hydrocracking* akan memecah alkana rantai panjang menjadi bioavtur dan nafta menggunakan hidrogen yang masih tersisa dari reaksi sebelumnya.

3) Unit pemurnian

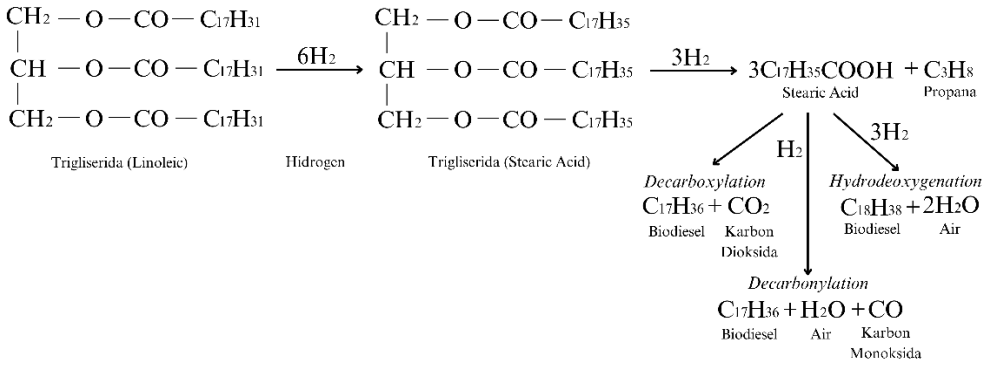
Produk hasil reaktor *hydrocracking* (R-220) akan dikondensasikan pada kondensor (E-312) hingga sesuai dengan kondisi operasi pada *gas liquid separator* (H-310), yaitu suhu 60 ºC dan tekanan 16 atm (McCall et al., 2011). *Waste water*, *syngas,* dan hidrokarbon akan terpisah pada *gas liquid separator* (H-310). Hidrokarbon akan dipanaskan menggunakan *heater* (E-322A/B) sebelum masuk pada menara distilasi (D-320) untuk memperoleh kemurnian yang tinggi dari komponen-komponen hidrokabron, seperti nafta, bioavtur, dan biodiesel. Menara distilasi (D-320) beroperasi pada suhu 343 ºC dan tekanan 2,2 atm. Produk nafta, bioavtur, dan biodiesel akan didinginkan menggunakan *cooler* (E-326A/B/C) sebelum disimpan pada tangki penyimpanan (F-327A/B/C) pada suhu 30 ºC dan tekanan 1 atm.



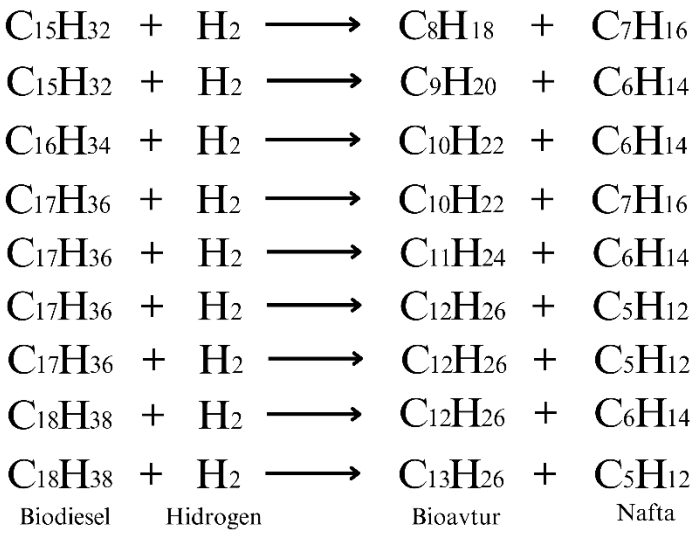
Gambar 1. Reaksi pada proses *hydrotreating* (*oleic acid*)



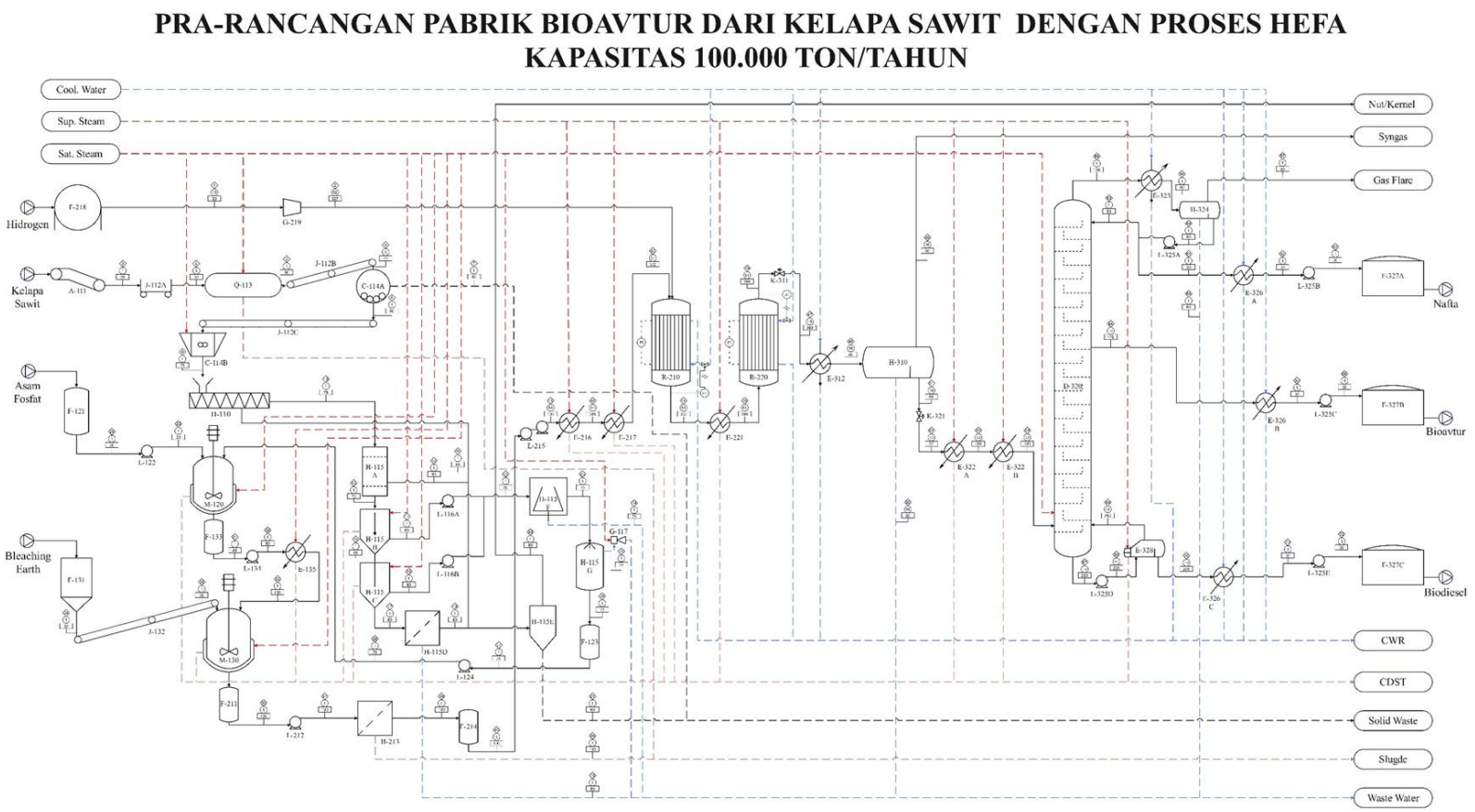
Gambar 2. Reaksi pada proses *hydrotreating* (*palmitic acid*)



Gambar 3. Reaksi pada proses *hydrotreating* (linoleic acid)



Gambar 4. Reaksi proses *hydrocracking*



Gambar 5. *Flow Diagram Process*

3. Utilitas

Unit utilitas berperan penting dalam mendukung kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari beberapa unit, yaitu:

1) Unit penyedia air
2) Unit penyedia *steam*
3) Unit penyedia tenaga listrik
4) Unit penyedia bahan bakar
5) Unit pengolahan limbah

Jumlah air yang dibutuhkan termasuk di dalamnya terdapat air pendingin sebesar 1.392.705 kg/jam, air umpan *boiler* 184.071 kg/jam, dan air sanitasi sebesar 1.465 kg/jam. Sementara kebutuhan *steam* sebesar 153.392 kg/jam dan kebutuhan tenaga listrik sebesar 859,66 kW, sedangkan kebutuhan bahan bakar sebesar 2.047 kg/jam. Pengolaham limbah pada pabrik bioavtur dikategorikan berdasarkan jenis limbah dan sumber limbah tersebut, apabila dikategorikan dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) maka akan dialokasikan kepada jasa pengelolaan limbah industri agar dapat ditangani dengan tepat sesuai regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah.

4. Analisis Ekonomi

Mendiskripsikan analisis ekonomi dari perancangan pabrik termasuk harga bahan baku dan produk.

Evaluasi ekonomi pada pra-rancangan pabrik merupakan apsek penting untuk mempertimbangkan kelayakan dan keuntungan dari pendirian suatu pabrik. Dalam hal ini, ada beberapa aspek yang harus dipertimbangan terkait kelayakan suatu pabrik, yaitu:

1) Total modal (*Total Capital Investment*/TCI)
2) Ongkos produksi (*Total Production Cost*/TPC)
3) Keuntungan
4) Lama waktu pengembalian (*Pay Out Time*/POT)
5) Laju pengembalian modal (*Rate of Investment*/ROI)
6) Titik impas (*Break Even Point*/BEP)
7) *Discounted Cash Flow-Rate of Return* (DCF-ROR)

Hasil evaluasi kelayakan ekonomi perancangan pabrik bioavtur dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rangkuman Evaluasi Perancangan Pabrik Bioavtur

Parameter	Nilai	Kesimpulan
TCI	Rp 619 milyar	-
TPC	Rp 3,8 triliyun	-
Keuntungan	Rp 219 miliyar	-
POT	2,02 tahun	POT > ½ umur pabrik (5 tahun)
ACF	44,5%	ACF > 8% bunga bank
ROI	39,44%	ROI > 8% bunga bank
BEP	48,94%	40% < BEP < 50%
DCF-ROR	43,4 %	DCF-ROR < 8% bunga bank

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari artikel.

Berdasarkan uraian dan pembahasan di atas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Pabrik Bioavtur berlokasi di Dumai, Kota Dumai, Provinsi Riau.
b. Pabrik Bioavtur ini memiliki kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/tahun dengan menggunakan bahan baku berupa TBS kelapa sawit.
c. Pabrik ini direncanakan beroperasi secara kontinyu 24 jam per hari selama 330 hari per tahun.
d. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah perseroan terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 239 orang.
e. Evaluasi ekonomi pabrik Bioavtur:
   - Total modal: (Rp 619.182.491.866)
   - Ongkos produksi: Rp 3.808.772.294.328
   - Keuntungan (Laba bersih): Rp 219.788.444.712
   - Lama waktu pengembalian: 2,02 tahun
   - Laju pengembalian modal: 39,44%
   - *Break event point*: 48,94%

Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Bioavtur dari TBS kelapa sawit dengan kapasitas 100.000 ton per tahun ini layak untuk didirikan

Daftar Pustaka

Balogun, S. A., Ghazali, I., Mohammed, A. T., Hermansyah, D., Amanah, A., & Kurnia, M. T. (2022). Renewable Aviation Fuel: Review of Bio-jet Fuel for Aviation Industry. Engineering Science Letter, 1(1), 7–11.

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). Process Equipment Design. John WIlley & Sons, Inc.

IATA, Pub. L. No. Version III, Aviation Carbon Offsetting Guidelines for Voluntary Programs (2022). https://www.iata.org/contentassets/922ebc4cbcd24c4d9fd55933e7070947/aviation_carbon_offsetting_guidelines.pdf

Kementrian ESDM RI. (2023). Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia. Kementrian ESDM RI.

Kusnarjo. (2010). Ekonomi Teknik. ITS Press.

McCall, M. J., Kocal, J. A., Bhattacharyya, A., Kalnes, T. N., & Brandvold, T. A. (2011). Production of Aviation Fuel from Renewable Feedstock (Patent US 8,039,682 B2).

Perry, R. H. (2008). Perry's Chemical Engineers' Handbook (D. W. Green, Ed.; Eight). McGraw-Hill.

Sinnot, R. K. (2005). Coulson & Richardson's Chemical Engineering (Vol. 6). Elsavier Butterworth Heinemann.

Ulrich, G. D. (1984). A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley and Sons, Inc.

Yaws, C. L. (2008). The Yaws Handbook of Vapor Pressure. 2nd Edition (2nd ed.). Gulf Professional Publishing.