

Pra Desain Pabrik Bioavtur dari Crude Palm Oil (CPO) dengan *Metode Hydroproccesed Ester and Fatty Acid*

Khafina Athifiyah, RR Widya Arists Widjojo Saputro, Achmad Roesyadi, dan Prida Novarita Trisanti
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: aroesyadi@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Avtur merupakan salah satu bahan bakar terpenting untuk industri penerbangan di dunia. Dalam berkembangnya teknologi, avtur menjadi salah satu pencipta emisi CO₂. Oleh karenanya ada sebuah inovasi untuk menciptakan bioavtur sebagai substitusi bahan bakar penerbangan di dunia. Penggunaan biofuel sebagai bahan bakar penerbangan (bioavtur) masa depan berpotensi memiliki keberlanjutan yang baik (sustainable). Keberlanjutan produksi biofuel akan berakibat pada keberlanjutan usaha reduksi emisi CO₂ sepanjang siklusnya (carbon neutral cycle). Biofuel diharapkan memberikan pengurangan dan antisipasi siklus emisi CO₂ hingga 80% jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Pertimbangan utama produksi biofuel khususnya bioavtur adalah ketersediaan bahan baku, biaya, dan keberlangsungannya (sustainability). Indonesia berpotensi memproduksi bioavtur sendiri dari bahan baku produk pertanian khas Indonesia yaitu CPO. Maka, disusunlah Pra-Desain Pabrik Bioavtur dari CPO dalam upaya menjadikan bioavtur sebagai bahan bakar yang dapat mensubstitusikan bahan bakar konvensional di dunia penerbangan dengan kapasitas 250.000 Kiloliter/tahun yang beroperasi secara kontinu 24 jam selama 330 hari pertahun. Pabrik direncanakan akan berlokasi di Dumai, Riau. Proses pembuatan bioavtur terbagi menjadi tiga bagian proses utama, yaitu Pre-treatment, Proses utama (HEFA) dan pemurnian Untuk memproduksi bioavtur sebanyak 250.000 Kiloliter/tahun, diperlukan operating expenditures (OPEX) sebesar Rp 147.806.316.597 dengan capital expenditures (CAPEX) sebesar Rp 642.835.986.860. Sumber dana investasi berasal dari modal sendiri sebesar 20% dan modal pinjaman 80%. Berdasarkan Analisa ekonomi, IRR pabrik ini sebesar 40% dengan bunga sebesar 8% per tahun dan laju inflasi 5,2%. Sedangkan POT selama 8 tahun, dan NPV bernilai Rp 14.076.849.222. Dengan melihat aspek penilaian Analisa ekonomi tersebut maka dapat dikatakan bahwa pabrik bioavtur dari CPO ini layak didirikan.

Kata Kunci—Avtur, CPO, HEFA, Pemurnian, Lokasi.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN ilmu pengetahuan dan teknologi disertai dengan kemajuan sektor industri menuntut semua negara mengembangkan sektor industrialisasi. Industri berperan penting sebagai fondasi ekonomi nasional, terlebih pada era globalisasi seperti sekarang ini, sektor industri dipilih sebagai jalur alternatif yang turut serta berperan dalam pertumbuhan ekonomi Kekayaan sumber daya alam Indonesia sangat melimpah hal ini terlihat dari banyaknya jumlah industri-industri nasional maupun mancanegara yang beroperasi di Indonesia. Oleh karena itu perkembangan industri dalam negeri harus dilakukan dalam rangka menjaga ketahanan ekonomi Indonesia.

Pada tahun 2018 total konsumsi energi final sebesar 875 juta SBM (Setara Barel Minyak) dan mengalami peningkatan



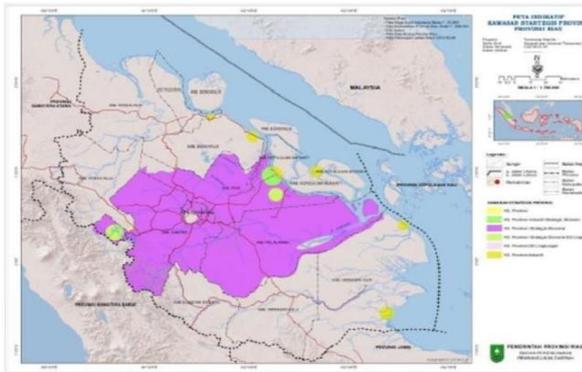
Gambar 1. Produk CPO Menurut Provinsi.

sebesar 76,46% pada tahun 2030 menjadi 1.544 juta SBM (BPPT, 2018). Konsumsi energi final berdasarkan jenisnya masih didominasi oleh BBM (bensin, minyak tanah, minyak bakar, avtur, avgas, minyak solar, dan minyak diesel) sebesar 39%. Indonesia merupakan salah satu negara di Asia Tenggara yang memiliki banyak rupa kekayaan Sumber Daya Alam (SDA). Sebagai negara berkembang, Indonesia memiliki peluang besar untuk mengembangkan negaranya, terutama di bidang industri. Hal ini tercermin dari sumber daya alam kita yang melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Memaksimalkan penggunaan CPO juga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan perekonomian Indonesia. Produk CPO menurut provinsi tertera pada Gambar 1.

Salah satu pemanfaatan CPO untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan adalah dengan penggunaan *Biofuel*. Keberlanjutan produksi *Biofuel* akan berakibat pada keberlanjutan usaha reduksi emisi CO₂ sepanjang siklusnya (carbon neutral cycle). *Biofuel* diharapkan memberikan pengurangan dan antisipasi siklus emisi CO₂ hingga 80% jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil (IATA, 2011).

Dilansir dari salah satu artikel di laman Pertamina tahun 2021, bahwa telah dilakukan *flight test* pada produksi *Bioavtur* dari CPO pertama di Indonesia yang performa *Bioavtur* sendiri sudah optimal, dimana perbedaan kinerjanya hanya 0,2%–0,6% dari kinerja *avtur* fosil, hal ini membuktikan bahwa produksi *Bioavtur* merupakan langkah yang tepat untuk menjawab salah satu permasalahan dari meningkatnya penggunaan energi ini [1].

Dari aspek pertimbangan pasar, *Bioavtur* termasuk dalam komoditas baru dengan kompetisi pasar yang relatif masih sedikit. Sebagai target proyeksi pemasaran, pasar *Bioavtur* di Indonesia sangat terbuka lebar dikarenakan belum didirikannya pabrik *Bioavtur*. PT Pertamina (persero) telah berhasil memproduksi bahan bakar campuran *Bioavtur*, yakni *Bioavtur* J2.4. mencampurkan 2,4% minyak inti sawit dengan menggunakan katalis dan telah sukses dilakukan uji terbang di pesawat CN235 FTB milik PT Dirgantara Indonesia di



Gambar 2. Peta Wilayah Dumai, Riau..

Tabel 1.
Prediksi produksi, ekspor, dan impor dari avtur

Tahun	Prediksi	Konsumsi	Ekspor	Impor
2025	21549,034	5033377,912	223941,118	0,000

Hanggar PT Garuda *Maintenance Facility* Aero Asia Tbk (GMF), Tangerang pada tanggal 10 September 2021. Tahap awal pengembangan tersebut dikelola oleh PT Kilang Pertamina Internasional unit Dumai melalui *Distillate Hydrotreating Unit* (DHDT) (Pertamina, 2021).

II. TEKNOLOGI PRODUKSI DAN SELEKSI PROSES

Macam – macam Pengolahan Proses Bioavtur pada pabrik *Bioavtur* terdapat 3 macam proses yaitu, *Hydroprocessed Esters and FattyAcids* (HEFA), *Alcohol to Jet* (ATJ) dan pirolisis.

A. *Hydroprocessed Esters and Fatty Acids* (HEFA)

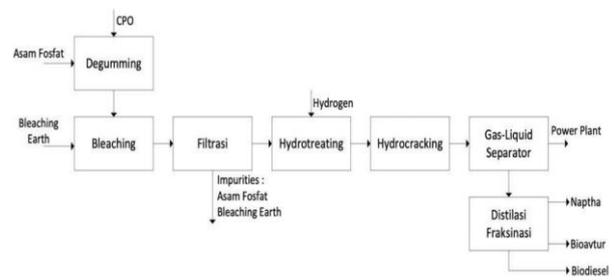
Pada proses *Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*, bahan baku biomassa seperti alga,jatropha, atau carmelina kemudian kandungan minyak didalamnya diekstrak. Minyak hasil ekstraksi tersebut mengalami proses *degumming* dan *bleaching* sebagai tahap penyiapan bahanbaku. Proses HEFA (Proses UOP) terdiri dari dua tahap reaksi yaitu reaksi *hydrotreating* dan *isomerization / selective hydrocracking* yang sering disebut sebagai proses *hydroprocessing*. Trigliserida dan gas hidrogen direaksikan pada tekanan 1.379–13.790 kPa temperatur 150– 454°C menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃.

B. *Alcohol to Jet* (ATJ)

Alcohol to Jet (ATJ) adalah proses untuk konversi alkohol ke campuran bahan bakar jet alternatif berdasarkan langkah katalitik. Pada pembuatan *Bioavtur*, proses ATJ merupakan salah satu sintesa *Bioavtur* berbasis selulosa dan gulam menggunakan proses fermentasi. Selulosa dan gula tersebut dikonversi menjadi grup alkohol (C1-C6) dengan bantuan mikrobial, *yeast*, atau bakteri pada suhu 30°C tekanan atmosfer selama 14 jam dengan *yield* 70%.

C. *Pirolisis*

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya oksigenatau dengan oksigen terbatas. Pada proses pembuatan *Bioavtur* ini, biomassa mengalami proses pirolisis pada suhu 200-500°C tekanan atmosferis menghasilkan arang, abu, dan *pyrolysis oil*. Produk pirolisis tersebut dialirkan ke tahap pemisahan sehingga menghasilkan *Bioavtur*.



Gambar 3. Blok Diagram Proses Bioavtur

III. KAPASITAS DAN LOKASI PABRIK

A. *Kapasitas Pabrik*

Menurut data dari Badan Pusat Statistik dalam Statistik Kelapa Sawit Indonesia juga berdasarkan data dari Kementerian Pertanian pada tahun 2020, Riau merupakan provinsi dengan produktivitas penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia yaitu sebesar 19% dari total provinsi yang memproduksi CPO, dengan estimasi produksi di tahun 2020 sebesar 8,54 juta ton, maka rencana pendirian pabrik *Bioavtur* yakni pada Provinsi Riau. Data persiksi produksi, ekspor dam impor dari avtur tertera pada Tabel 1. Kapasitas pabrik dapat dihitung dengan persamaan:

$$Kppabrik = Ekspor + Konsumsi - Produksi - Impor$$

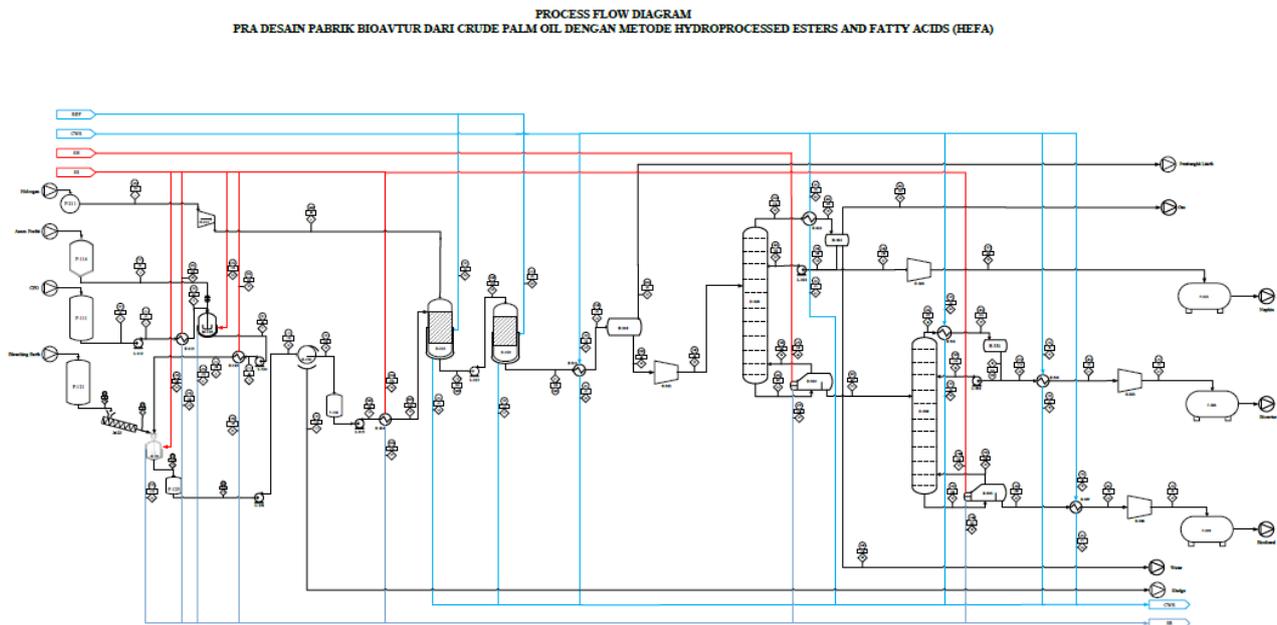
Sehingga didapatkan kebutuhan *Bioavtur* nasional Indonesia pada tahun 2025 sebesar 5.235.769,996 kL/tahun Pabrik *Bioavtur* dari CPO ini bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar *Bioavtur* agar dapat di susbtitusikan dengan bahan bakar konvensional sejalan dengan kebijakan pemerintahuntuk mengimplementasikan Keputusan Menteri Perhubungan terkait penggunaan *Bioavtur* pada sebesar 5% pada tahun 2025 (Dephub) . Oleh karena itu, kapasitas produksi Pabrik *Bioavtur* pada tahun 2025 adalah sebesar 250.000 kL/tahun.

B. *Lokasi Pabrik*

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu aspek terpenting dan krusial dari desain pabrik karena mempengaruhi risiko dan keuntungan perusahaan secara keseluruhan. Kondisi ini terjadi karena lokasi sangat mempengaruhi biaya tetap (*fix cost*) maupun biaya variabel (*variable cost*), baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang. Dalam manajemen organisasi pada suatu pabrik, lokasi pabrik sebaiknya diperhitungkan pada saat perencanaan, sehingga pabrik yang akan dijalankan tersebut dapat terorganisir pelaksanaannya di masa mendatang [2]. Peta wilayah dumai, riau tertera pada Gambar 2. Pada pemilihan lokasi pendirian pabrik *Bioavtur* ini, telah dilakukan pertimbangan yang diantaranya sebagai berikut:

1) *Ketersediaan Bahan Baku*

Menurut data dari Badan Pusat Statistik dalam Statistik Kelapa Sawit Indonesia juga berdasarkan data dari Kementerian Pertanian pada tahun 2020, Riau merupakan provinsi dengan produktivitas penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia yaitu sebesar 19% dari total provinsi yang memproduksi CPO, dengan estimasi produksi di tahun 2020 sebesar 8,54 juta ton, maka rencana pendirian pabrik *Bioavtur* yakni pada Provinsi Riau.



Gambar 4. PFD Produksi Bioavtur.

2) Sumber Energi Listrik dan Air

Sumber energi juga merupakan faktor yang berpengaruh dalam keberlangsungan suatu pabrik. Suatu pabrik dapat beroperasi dengan optimum apabila tersedia sumber energi listrik dan air yang cukup. Saat ini Provinsi Riau memiliki kapasitas terpasang pembangkit listrik sebesar 369,11 MW dan untuk pendistribusian listrik nya sendiri adalah sebesar 4.967,05.

Di Riau, khususnya kota Dumai terdapat 53 buah sungai yang dapat dilayari oleh kapal pompong, sampan, dan perahu sampai jauh ke daerah hulu sungai. Sungai Buluala, Sungai Senepis, dan Sungai Masjid merupakan tiga sungai yang terpanjang, dan dengan sungai-sungai ini seluruhnya bermuara ke Selat Rupa dan Selat Malaka sebagai jalur lalu lintas perdagangan. Sungai-sungai di daerah Dumai umumnya adalah sungai abadi (perennial stream) yang airnya dapat mengalir sepanjang tahun. Gambar 2 dapat dilihat beberapa sungai yang melalui wilayah Kota Dumai [3].

3) Sumber Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil juga diperlukan untuk menjalankan rangkaian produksi. Dengan banyaknya jumlah penduduk yang terdapat pada provinsi Riau memudahkan pabrik Bioavtur ini untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja. Selain itu, pertimbangan upah atau honorarium tenaga kerja juga menjadi hal yang perlu diperhatikan.

4) Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi

Aksesibilitas dan fasilitas transportasi juga menjadi faktor penting ketika memilih lokasi pabrik. Pemasokan dan pemasaran bahan baku tentu akan membutuhkan kedua faktor tersebut agar pabrik dapat berjalan dengan baik. Aksesibilitas dan fasilitas transportasi ini meliputi jalan, bandara, dan pelabuhan.

5) Hukum dan Peraturan

Berdasarkan PERDA No. 10 Tahun 2018 Provinsi Riau tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi (RTRW) pada pasal 40 ayat 2 menyebutkan Kota Dumai sebagai salah satu

dari kawasan industri strategis. Rancangan pengembangan kawasan peruntukan industri dilakukan dengan mengembangkan industri berdasarkan potensi sumber daya, jaringan infrastruktur, dan pasar, selain itu juga didominasi oleh kegiatan agraris dengan kondisi kepadatan bangunan, penduduk serta prasarana dan sarana permukiman yang rendah, dan kurang intensif dalam pemanfaatan lahan untuk keperluan non agraris.

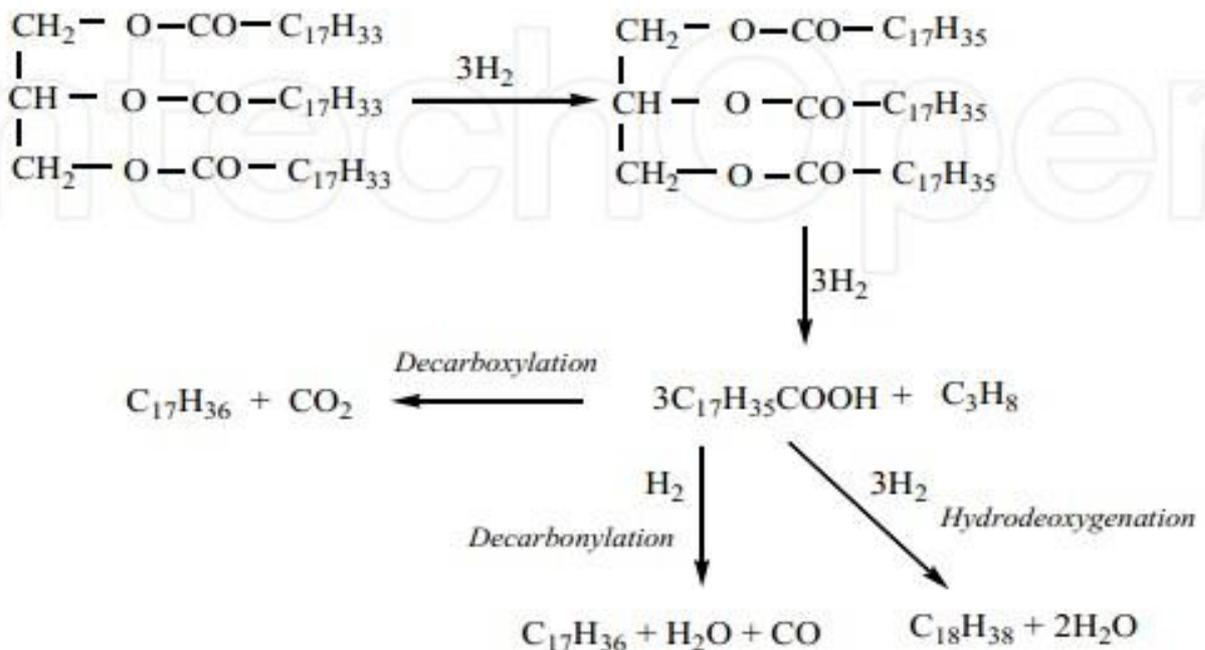
6) Iklim dan Topografi

Secara geografi, berdasarkan Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 72 Tahun 2019 tanggal 8 Oktober 2019 Provinsi Riau memiliki luas area sebesar 87.023,66 km². Keberadaannya membentang dari lereng Bukit Barisan sampai dengan Selat Malaka, terletak 32 antara 01°05'00'' Lintang Selatan sampai 02°25'00'' Lintang Utara atau antara 100°00'00'' Bujur Timur - 105°05'00'' Bujur Timur. Kota Dumai berada di tepi pantai selatan Selat Rupa dengan kondisi topografi yang relatif datar, khususnya di Kecamatan Dumai Barat dan Timur, sedangkan kecamatan lainnya yaitu Bukit Kapur, Medang Kampai dan Sungai Sembilan, kondisi topografinya sedikit bergelombang. Jika dilihat dari ketinggiannya, daerah yang datar dengan kemiringan lereng 0- 2% terdapat sekitar 41.032 Ha (64,90%); daerah yang landai sampai berombak memiliki kemiringan lereng 2-15% seluas 15.642 Ha (24,71%), daerah bergelombang dengan kemiringan lereng berkisar antara 15-40% seluas 364 Ha (0,58%) dan daerah berbukit memiliki kemiringan lereng >40% sekitar 6.200 Ha (9,81%). Blok diagram proses bioavtur tertera pada Gambar 3.

IV. URAIAN PROSES

A. Tahap Pre-Treatment

Proses ini bertujuan untuk penghilangan komponen fosfolipid yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air, logam dan resin tanpa mengurangi jumlah asam lemak. Suhu operasi dipertahankan dengan



Gambar 5. Reaksi *hydrocracking*.

menggunakan *saturated steam*. Selain itu *saturated steam* bertujuan untuk homogenisasi senyawa asam fosfat (H_3PO_4) dengan *gum-gum* yang terdapat dalam bahan baku.

Dalam perancangan pabrik ini, *Bioavtur* akan diproduksi dari *Crude Palm Oil* (CPO). Pada unit ini, bahan baku CPO akan dimurnikan melalui proses *degumming* dan *bleaching* untuk menghilangkan material-material pengotor yang terkandung di dalamnya. Pertama, CPO dengan suhu awal 45°C dipompa menggunakan pompa (L-112) menuju *degumming mixer* (M-110) tetapi dipanaskan terlebih dahulu dari tangki penyimpanan (F-111) untuk mencapai suhu 60°C menggunakan *heat exchanger* (E-113). Di dalam *degumming mixer*, ditambahkan larutan asam fosfat 85% dari tangki (F-114) ber suhu 30°C untuk proses *degumming*, tekanan atmosfer 1 atm. Dalam proses *degumming* terjadi reaksi pengikatan *gum* oleh asam fosfat sebagai berikut :



Selain itu *saturated steam* bertujuan untuk homogenisasi senyawa asam fosfat (H_3PO_4) dengan *gum-gum* yang terdapat dalam bahan baku. Dengan menggunakan pompa (L-124) keluaran *mixer* dialirkan menuju (E-123). PDF Produksi bioavtur tertera pada Gambar 4. untuk dipanaskan hingga suhu 100°C untuk mencapai suhu optimum sebelum masuk ke dalam tangki *bleaching mixer*. Setelah dipanaskan, CPO dialirkan menuju ke tangka *mixer* (M-120). Di dalam *mixer* (M-120) terjadi proses *bleaching* dengan bahan tambahan *bleaching earth* sebanyak 1,2% dari laju alir minyak yang dipindah dari gudang (F-121) menggunakan *screw conveyor* (J-122) ber suhu 30°C . *Bleaching earth* tersusun atas beberapa senyawa yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , air terikat, ion kalsium, magnesium oksida, dan besi oksida. Suhu operasi dipertahankan 100°C dengan menggunakan *saturated steam* melalui jaket pemanas [4].

Minyak hasil *degumming* dan *bleaching* kemudian ditampung sementara di tangki penyimpanan (F-125), kemudian selanjutnya dipompa dengan (L-131) menuju ke

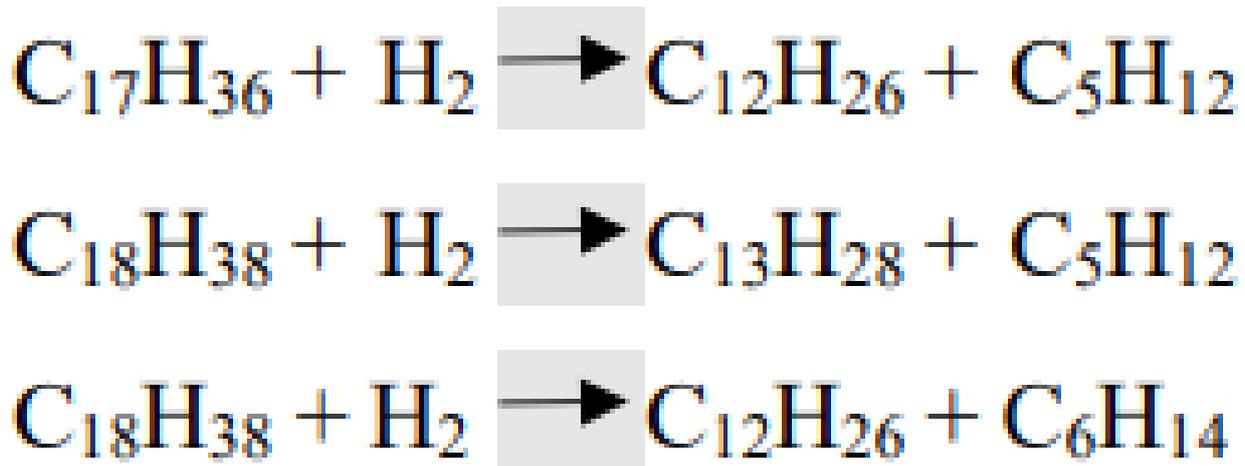
tahap penyaringan filter (H-130) menggunakan *rotary filter* yang bertujuan untuk memisahkan asamfosfat yang sudah mengikat *gum* dan *spent bleaching earth* hasil dari proses *bleaching*. *Sludge* hasil penyaringan ditampung unit pengolahan limbah, sedangkan produk hasil filtrasi di tampung di tangki penyimpanan sementara (F-132) dan di pompa (L-213) kemudian dialirkan melewati *heat exchanger* (E-214) guna menaikkan suhu dari 110°C keluaran *bleaching mixer* hingga 320°C sebelum menuju ke tahap proses reaksi.

B. *Hydroprocessed Esters and Fatty Acid*

Pada proses *Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*, bahan baku biomassa seperti alga, *jatropha*, atau *carmelina* kemudian kandungan minyak didalamnya diekstrak. Minyak hasil ekstraksi tersebut mengalami proses *degumming* dan *bleaching* sebagai tahap penyiapan bahanbaku. Proses HEFA (Proses UOP) terdiri dari dua tahap reaksi yaitu reaksi *hydrotreating* dan *isomerization / selective hydrocracking* yang sering disebut sebagai proses *hydroprocessing*. Trigliserida dan gas hidrogen direaksikan pada tekanan 1.379–13.790 kPa temperatur $150\text{--}454^\circ\text{C}$ menggunakan katalis $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$ [5].

Minyak yang keluar dari *heat exchanger* (E-214) kemudian masuk menuju ke reaktor *hydrotreating* (R-210) tipe fixed bed reactor. Bersamaan dengan itu gas H_2 97% ber suhu 60°C tekanan 1.372 kPa dialirkan menggunakan kompresor (G-212) dari tangki (F-211) ke dalam reaktor (R-210). Reaksi *hydrotreating* mengubah trigliserida dan *free fatty acids* yang terkandung dalam CPO menjadi alkana rantai panjang pada suhu 320°C , 2.600 kPa dengan menggunakan katalis $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Reaksi yang terjadi adalah tertera pada Gambar 5.

Keluaran reaktor (R-210) selanjutnya masuk ke reaktor *hydrocracking* (R-220) yang akan mengalami proses lanjutan pada suhu 350°C , 2.600 kPa dengan menggunakan katalis $\text{NiMo}/\text{Al}_2\text{O}_3$. Reaksi ini mengubah alkana rantai panjang menjadi Bioavtur dan produk samping berupa Biodiesel,



Gambar 6. Reaksi Alkana menjadi Bioavtur.

Naphta, off gas, dan residu dengan reaksi yang tertera pada Gambar 6.

C. Tahap Pemurnian

Pada tahap ini, dilakukan proses pemurnian menggunakan destilator dengan metode pemisahan berdasarkan titik didih produk. Akan dihasilkan 3 produk yaitu Bioavtur, Biodiesel dan Naphta.).Jika ternyata hasil dari menara fraksinasi (D-320) belum sesuai untuk spesifikasi maka akan direboiler lagi. Untuk pemisahan *Bioavtur* dan *Biodiesel*, maka akan di proses kembali di dalam Menara distilasi

Terdapat dua unit proses utama yang terjadi pada pabrik ini, yaitu proses *hydrotreating* dan *hydrocracking*. Blok diagram dari keseluruhan proses pabrik ini ditampilkan pada Gambar 3. Tekanan produk keluaran reaktor diturunkan dengan expander (G-110) dari 2.600 kPa menjadi 2.500 kPa dan suhunya diturunkan menjadi 60°C menggunakan heat exchanger (E- 38 312) dengan media cooling water. Campuran gas dipisahkan pada gas-liquid separator (H310) pada suhu 60°C. Gas hasil pemisahan akan digunakan untuk produksi listrik melalui gas turbin, dan komponen cairan terlebih dahulu diturunkan tekanannya dari 2.200 kPa menjadi 500 kPa menggunakan expander . Kemudian dialirkan ke menara fraksinasi (D-320) untuk proses pemisahan yang beroperasi pada tekanan 500 kPa suhu 180°C. Di dalam menara fraksinasi (D-320) terjadi pemisahan produk berupa naphta, rantai alkana panjang yang terdiri dari Bioavtur dan Biodiesel, dan residu. Setelah proses pemisahan naphta dengan rantai alkana panjang dan residu, yang mana akan terjadi proses kondensasi dan pemisahan (H-322).Jika ternyata hasil dari menara fraksinasi (D-320) belum sesuai untuk spesifikasi maka akan di reboiler lagi (E-326). Untuk pemisahan Bioavtur dan Biodiesel, maka akan di proses kembali di dalam menara fraksinasi (D-330) kemudian di reboiler kembali (E-333). Selanjutnya, jika semua telah sesuai, produk naphta menuju tangki penyimpanan (F-325) menggunakan expander (G-324) untuk diturunkan tekanannya. Produk biodiesel dialirkan menuju heat exchanger (E-337) untuk diturunkan suhunya menjadi 50°C lalu diturunkan tekanannya dengan expander (G-338) menuju tangki penyimpanan (F-339), sedangkan untuk Bioavtur juga diturunkan tekanannya dengan expander (G-335) menuju dalam tangki penyimpanan (F-336) setelah diturunkan suhunya pada 50°C dengan (E-334) tekanan

atmosferik [6].

V. NERACA MASSA

Berdasarkan perhitungan neraca massa, diperoleh bahwa dengan 26.515,15 kg/jam CPO dapat diolah untuk menghasilkan 250.000 kL/tahun atau sekitar 252.000 ton/tahun bioavtur.

VI. ANALISA EKONOMI

Dari hasil perhitungan pada neraca ekonomi didapatkan nilai dari Total Capital Investment pabrik ini sebesar Rp 707.335.609.190 dengan bunga 8,2% per tahun. Selain itu, diperoleh IRR sebesar 19.24% dan BEP sebesar 50,04% dimana pengembalian modalnya selama 5,24 tahun. Umur dari pabrik ini diperkirakan selama 10 tahun dengan masa periode pembangunannya selama 2 tahun di mana operasi pabrik ini 330 hari/tahun.

VII. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pabrik layak didirikan dari hasil-hasil yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut pertama perencanaan operasi : kontinyu, 24 jam/hari, selama 330 hari. Kapasitas Produksi : 250.000 kiloliter/tahun. Umur Pabrik : 17 tahun. Masa Konstruksi : 3 tahun. Untuk analisa ekonomi diperoleh Internal Rate of Return (IRR) : 40%, Pay Out Time (POT) : 10 tahun, dan Net Present Value (NPV) : Rp 20.068.943.456. Berdasarkan data-data di atas yang sudah ditinjau dari aspek teknis dan aspek ekonomis, pabrik Bioavtur dengan bahan baku CPO ini sudah memenuhi syarat untuk dilanjut ke tingkat perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Aitani, "Oil refining and products," *Encycl. energy*, vol. 4, pp. 715--729, 2004.
- [2] P. Jacobs, E. M. Flanigen, J. Jansen, and H. van Bekkum, *Introduction to Zeolite Science and Practice*. Amsterdam: Elsevier, 2001. ISBN: 0444824219
- [3] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, and R. E. West, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw-Hill, 2003. ISBN: 9780072392661.
- [4] B. E. Poling, J. M. Prausnitz, and J. P. O'connell, *The Properties of Gases and Liquids*. New York: McGraw-Hill, 2001. ISBN: 978-0-07-149999-6.

- [5] N. A. Morad, R. Mohd Zin, K. Mohd Yusof, and M. K. Abdul Aziz, "Process modelling of combined degumming and bleaching in palm oil refining using artificial neural network.," *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 87, no. 11, pp. 1381--1388, 2010.
- [6] O. Pleyer, A. Kubičková, I. Vráblík, M. Maxa, D. Pospíšil, M., Zbuzek, and P. Straka, "Hydrocracking of heavy vacuum gas oil with petroleum wax," *Catal. Rev.*, vol. 12, no. 4, p. 384, 2022.