

PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Eka Rizkiana^{*1}, Maura Aulia Daud¹

Program Studi S-1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: 1710814120005@mhs.ulm.ac.id

Abstrak

Kebutuhan biodiesel di Indonesia yang setiap tahunnya selalu naik mendorong untuk dilakukannya peningkatan produksi biodiesel. Hal tersebut mendorong untuk dilakukannya inovasi untuk meningkatkan produksi biodiesel. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan memanfaatkan minyak jelantah yang menjadi limbah rumah tangga sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak jelantah yang merupakan limbah dari rumah tangga yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Prarancangan pabrik biodiesel ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2026 dengan kapasitas 30.000 ton/tahun.

Proses yang digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah dengan proses transesterifikasi. Langkah pertama dilakukan proses pretreatment pada bahan baku minyak jelantah untuk menurunkan kadar FFA nya dengan cara mencampurkannya dengan karbon aktif. Minyak jelantah dimasukkan ke dalam mixer dan ditambahkan karbon aktif dengan perbandingan 10:1, minyak jelantah dan karbon aktif di mixer selama 90 menit. Setelah itu dilakukan pemurnian dengan menggunakan metode filtrasi untuk memisahkan minyak jelantah dan karbon aktif kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kadar FFA minyak jelantah. Bahan baku pembuatan biodiesel berupa minyak jelantah dengan kadar FFA <5%, metanol dan katalis NaOH disimpan sesuai kondisi operasi penyimpanan yang telah di rancang. Setelah melewati beberapa proses, minyak jelantah kemudian dimasukkan ke dalam reaktor sehingga bercampur dengan metanol dan NaOH. Perbandingan metanol dengan minyak jelantah adalah 6:1. Tujuan dari tahap pemisahan dan pemurnian produk ini adalah untuk memisahkan produk biodiesel dari impuritasnya. Produk yang keluar dari reaktor dialirkan menuju MD-01 untuk melakukan proses pemisahan pertama antara biodiesel dengan metanol, dan air. Untuk hasil atas MD-01 yang berupa metanol dan air dipompa menuju MD-03 untuk proses pemurnian metanol agar dapat digunakan kembali. Hasil untuk keluaran bawah MD-01 berupa campuran antara produk biodiesel dan gliserol kemudian dipompa MD-02 untuk memurnikan metil esternya. Produk yang keluar dari MD-02 dengan hasil atas berupa biodiesel dialirkan ke tangki penyimpanan biodiesel. Hasil produk akhir berupa biodiesel dengan kemurnian 98%.

Kata Kunci: Biodiesel, minyak jelantah, transesterifikasi

1. Pendahuluan

Perkembangan bidang industri di dunia saat ini sedang meningkat sangat pesat. Industri kimia merupakan salah satu industri yang mempunyai prospek peluang investasi yang besar. Produk yang dihasilkan, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga dapat diekspor untuk menambah pendapatan negara. Biodiesel merupakan salah satu industri kimia yang produksinya di Indonesia belum memenuhi kebutuhan dan

harus mengimpor dari luar negeri. Jumlah impor biodiesel masih besar, yaitu sekitar 4.894 ton/tahun pada tahun 2017 dan hingga tahun 2020 kebutuhan biodiesel di Indonesia terus mengalami kenaikan. (UN Comtrade, 2020) diperkirakan konsumsi biodiesel akan terus meningkat sedangkan pabrik biodiesel di Indonesia masih tergolong sedikit. Dengan demikian pembangunan pabrik biodiesel di Indonesia sangat diperlukan agar kebutuhan dalam negeri tercukupi. Selain itu





juga diharapkan dapat memperkokoh struktur ekonomi, menghemat devisa negara serta meningkatkan nilai ekspor untuk pengembangan selanjutnya. Dengan adanya pembangunan pabrik biodiesel maka akan menciptakan lapangan pekerjaan baru yang akan membantu dalam mengatasi masalah pengangguran di Indonesia dan menjadi pendorong serta membantu dalam perkembangan industri kimia.

Data impor dan ekspor biodiesel berdasarkan data UN *Comtrade* dari tahun 2015 sampai 2020 dapat dilihat, sebagai berikut :

Tabel 1 Data Impor Biodiesel di Indonesia (Comtrade, 2020)

Tahun	kL	Rata-Rata Pertumbuhan
2015	316	0
2016	724	1,29
2017	4.856	5,71
2018	24.977	4,14
2019	0	-1,00
2020	15	-
Rata-Rata		0,15

Tabel 2 Data Ekspor Biodiesel di Indonesia (Comtrade, 2020)

Tahun	kL	Rata-Rata Pertumbuhan
2015	302.244	0
2016	418.690	0,385
2017	164.276	-0,608
2018	1.559.440	8.493
2019	1.118.463	-0,283
2020	33.908	-0,970
Rata-Rata		1,170

Berdasarkan perhitungan di atas diperkirakan kebutuhan biodiesel pada tahun 2026 yaitu 75.000 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik biodiesel ini, direncanakan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun (40% dari total kebutuhan impor dan ekspor) pada tahun 2026.

2. Uraian Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Ada beberapa jenis proses yang bisa digunakan untuk menghasilkan biodiesel, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Proses Pirolisis.
2. Proses Esterifikasi-Transesterifikasi.
3. Proses Transesterifikasi.

Dari uraian proses, maka dipilih pembuatan prarancangan biodiesel dengan proses transesterifikasi dengan beberapa pertimbangan, yaitu :

- a. Hasil konversi biodiesel besar sekitar >95%.
- b. Kondisi operasi relatif lebih aman.
- c. Waktu operasi cukup singkat.
- d. Produk samping yang dihasilkan adalah gliserol yang bisa dimanfaatkan kembali.

2.2 Uraian Proses

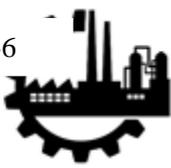
Pada perancangan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan proses transesterifikasi dengan katalis basa. Proses pengolahan secara kontinyu sampai produk akhir melewati beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap reaksi pembentukan metil ester
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

2.2.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Langkah pertama dilakukan proses *pretreatment* pada bahan baku minyak jelantah untuk menurunkan kadar FFA nya dengan cara mencampurkannya dengan karbon aktif. Minyak jelantah dimasukkan ke dalam *mixer* dan ditambahkan karbon aktif dengan perbandingan 10:1, minyak jelantah dan karbon aktif di *mixer* selama 90 menit. Setelah itu dilakukan pemurnian dengan menggunakan metode filtrasi untuk memisahkan minyak jelantah dan karbon aktif kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kadar FFA minyak jelantah. Bahan baku pembuatan biodiesel berupa minyak jelantah dengan kadar FFA kurang dari 5%, metanol dan katalis NaOH disimpan sesuai kondisi operasi penyimpanan yang telah di rancang. Metanol berupa fase cair disimpan dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sementara NaOH yang berupa padatan disimpan dalam silo dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk mereaksikan metanol

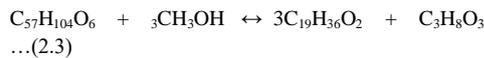




dengan minyak jelantah direaksikan dengan kondisi operasi 1 atm dan bersuhu 60°C, metanol dipompa ke dalam *mixer* kemudian ditambahkan NaOH dari silo. Setelah metanol dan NaOH tercampur kemudian suhunya dinaikkan menjadi 60°C dengan *heat exchanger*, kemudian campuran metanol dan NaOH dipompa ke dalam reaktor. Bahan baku minyak jelantah yang telah dilakukan proses *pretreatment* dimasukkan ke dalam reaktor sehingga bercampur dengan metanol dan NaOH. Perbandingan metanol dengan minyak jelantah adalah 6:1.

2.2.2 Pembentukan Produk

Reaksi pembuatan biodiesel adalah proses reaksi transesterifikasi, dimana proses ini dilakukan dengan menggunakan reaktor alir tangki berpedagang (RATB) dengan suhu operasi 60°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Minyak jelantah Metanol Biodiesel Gliserol

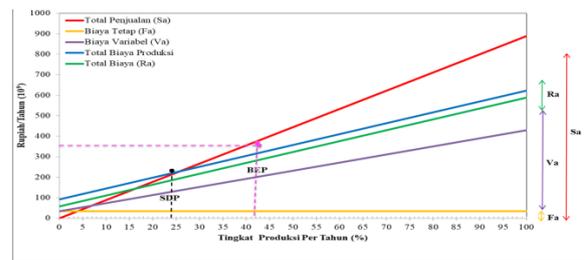
Reaksi tersebut termasuk reaksi endotermis. Oleh karena itu dalam perancangan reaktor digunakan *jacket* pemanas.

2.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memisahkan produk biodiesel dari impuritasnya. Produk yang keluar dari reaktor dialirkan menuju MD-01 untuk melakukan proses pemisahan pertama antara biodiesel dengan metanol, dan air. Untuk hasil atas MD-01 yang berupa metanol dan air dipompa menuju MD-03 untuk proses pemurnian metanol agar dapat digunakan kembali. Hasil untuk keluaran bawah MD-01 berupa campuran antara produk biodiesel dan gliserol kemudian dipompa MD-02 untuk memurnikan metil esternya. Produk yang keluar dari MD-02 dengan hasil atas berupa biodiesel dialirkan ke tangki penyimpanan biodiesel. Hasil produk akhir berupa biodiesel dengan kemurnian 98%.

3. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi bertujuan untuk menganalisa dan melihat apakah pabrik biodiesel ini layak berdiri atau tidak. Dalam analisa ekonomi ini dihitung harga peralatan yang digunakan, harga bahan, harga jual produk utama ataupun produk samping, jumlah tenaga kerja beserta jumlah gaji. Didapatkan grafik *Break Event Point* dan *Shut Down Point* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik *Break Event Point* dan *Shut Down Point* Prarancangan Pabrik Biodiesel dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

4. Utilitas

Utilitas dalam suatu pabrik adalah sarana penunjang utama di dalam kelancaran proses produksi. Agar proses produksi tersebut dapat terus berkesinambungan, haruslah didukung oleh sarana dan prasarana utilitas yang baik berdasarkan kebutuhannya, utilitas pada Prarancangan Pabrik Biodiesel ini meliputi:

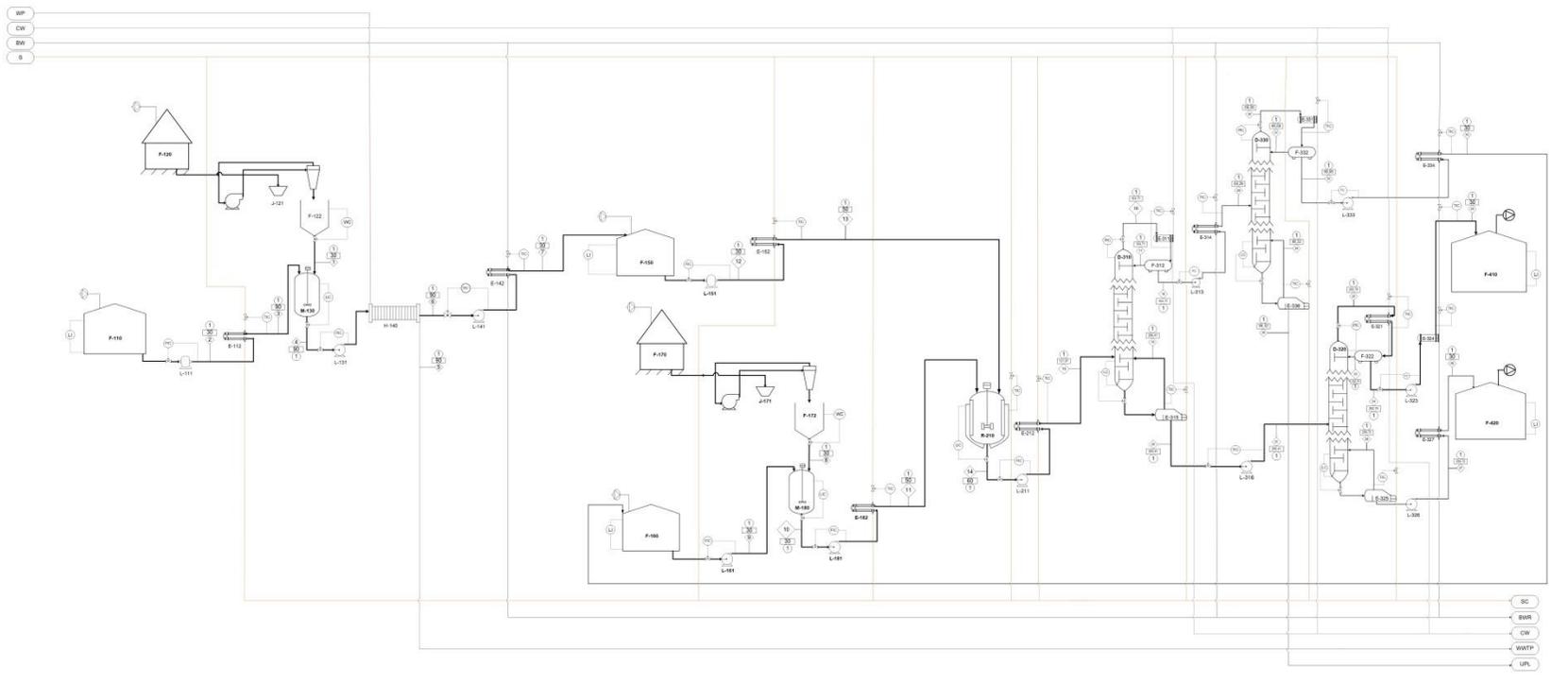
1. Unit pengolahan air
2. Unit Penyedia Uap (*steam*)
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit penyedia bahan bakar
5. Unit pengolahan limbah

Tabel 3. Kebutuhan Unit Utilitas

Unit Utilitas	Kebutuhan
Kebutuhan Air Pendingin	102.237,2185 kg/jam
Tenaga listrik	929.8560 kW
Bahan bakar	311,7418 liter/jam
Limbah	1038,31658 liter/jam



FLWSHEET
PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MELALUI PROSES
TRANSESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



Komponen	Arahan Massa (Kg/Jam)																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Karbon Aktif	459.8831	0.0000	0.0000	459.8831	459.8831	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
FPA	0.0000	489.8241	489.8241	489.8241	489.8241	41.2397	41.2397	0.0000	0.0000	0.0000	41.2397	41.2397	41.2397	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tripterolein	0.0000	3851.9811	3851.9811	3851.9811	3851.9811	3844.9555	3844.9555	0.0000	0.0000	0.0000	3844.9555	3844.9555	3844.9555	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Metanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	880.2384	880.2384	880.2384	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Metil Ester	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Air	0.0000	57.0265	57.0265	57.0265	0.2051	48.8203	48.8203	0.0000	0.0000	0.0000	8.8024	8.8024	8.8024	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	48.8203	
Glycerol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	38.4694	38.4694	38.4694	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Gambar 2. Diagram Alir Proses Prarancangan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Proses Transesterifikasi Kapasitas 30.000 ton/tahun

KETERANGAN

Pompa	Tangki
Penukaran Panas	Indikator Suhu
Indikator Aliran	Indikator Level
Katup Kontrol	Kontrol Laju Aliran
Kontrol Berat	Indikator Tekanan
Indikator Level	Kontrol Laju Aliran
Indikator Aliran	Kontrol Aliran
Indikator Level	Indikator Tekanan

30	F-100	TANGKI PENYIMPANAN GELERAK	
31	F-101	TANGKI PENYIMPANAN BAHAN BAKAR	
32	F-102	HEAT EXCHANGER	
33	L-101	POMPA ALUMINUM I	
34	L-102	POMPA ALUMINUM II	
35	L-103	POMPA ALUMINUM III	
36	L-104	POMPA ALUMINUM IV	
37	L-105	POMPA ALUMINUM V	
38	L-106	POMPA ALUMINUM VI	
39	L-107	POMPA ALUMINUM VII	
40	L-108	POMPA ALUMINUM VIII	
41	L-109	POMPA ALUMINUM IX	
42	L-110	POMPA ALUMINUM X	
43	L-111	POMPA ALUMINUM XI	
44	L-112	POMPA ALUMINUM XII	
45	L-113	POMPA ALUMINUM XIII	
46	L-114	POMPA ALUMINUM XIV	
47	L-115	POMPA ALUMINUM XV	
48	L-116	POMPA ALUMINUM XVI	
49	L-117	POMPA ALUMINUM XVII	
50	L-118	POMPA ALUMINUM XVIII	
51	L-119	POMPA ALUMINUM XIX	
52	L-120	POMPA ALUMINUM XX	
53	L-121	POMPA ALUMINUM XXI	
54	L-122	POMPA ALUMINUM XXII	
55	L-123	POMPA ALUMINUM XXIII	
56	L-124	POMPA ALUMINUM XXIV	
57	L-125	POMPA ALUMINUM XXV	
58	L-126	POMPA ALUMINUM XXVI	
59	L-127	POMPA ALUMINUM XXVII	
60	L-128	POMPA ALUMINUM XXVIII	
61	L-129	POMPA ALUMINUM XXIX	
62	L-130	POMPA ALUMINUM XXX	
63	L-131	POMPA ALUMINUM XXXI	
64	L-132	POMPA ALUMINUM XXXII	
65	L-133	POMPA ALUMINUM XXXIII	
66	L-134	POMPA ALUMINUM XXXIV	
67	L-135	POMPA ALUMINUM XXXV	
68	L-136	POMPA ALUMINUM XXXVI	
69	L-137	POMPA ALUMINUM XXXVII	
70	L-138	POMPA ALUMINUM XXXVIII	
71	L-139	POMPA ALUMINUM XXXIX	
72	L-140	POMPA ALUMINUM XXXX	
73	L-141	POMPA ALUMINUM XXXXI	
74	L-142	POMPA ALUMINUM XXXXII	
75	L-143	POMPA ALUMINUM XXXXIII	
76	L-144	POMPA ALUMINUM XXXXIV	
77	L-145	POMPA ALUMINUM XXXXV	
78	L-146	POMPA ALUMINUM XXXXVI	
79	L-147	POMPA ALUMINUM XXXXVII	
80	L-148	POMPA ALUMINUM XXXXVIII	
81	L-149	POMPA ALUMINUM XXXXIX	
82	L-150	POMPA ALUMINUM XXXXX	
83	L-151	POMPA ALUMINUM XXXXXI	
84	L-152	POMPA ALUMINUM XXXXXII	
85	L-153	POMPA ALUMINUM XXXXXIII	
86	L-154	POMPA ALUMINUM XXXXXIV	
87	L-155	POMPA ALUMINUM XXXXXV	
88	L-156	POMPA ALUMINUM XXXXXVI	
89	L-157	POMPA ALUMINUM XXXXXVII	
90	L-158	POMPA ALUMINUM XXXXXVIII	
91	L-159	POMPA ALUMINUM XXXXXIX	
92	L-160	POMPA ALUMINUM XXXXXX	

Diketahui Oleh:
 EKA RIZKIANA (17100410007)
 MAURA AULIA DAVID (17100410008)

Dosen Pembimbing:
 Dr. HERY WILAYATI, S.T., M.Eng., Ph.D.
 NIP. 196007200412003

Jenis Penelitian:
 PRARANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAHENDONG MANGROKAT
 BANGGALAE, 2021

5. Kesimpulan

Perhitungan pada Prarancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah melalui Proses Transesterifikasi dilakukan dengan kapasitas 30.000 Ton/Tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbata (PT). Bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 180 orang. Pabrik terletak di Bontang, Kalimantan Timur dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 36.760 m². Dari hasil analisa ekonomi didapatkan BEP 42 dan SDP 24%. Dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel ini bisa dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik, sehingga pabrik ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Anneken, David J., et. al. 2006. *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Fatty Acid*. Wiley-GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Anonim. 2009. *Pembuatan biodiesel Berbahan Baku limbah padat dan Limbah Cair Kelapa Sawit*.
- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Book Company inc.
- Aziz I., Siti N., Badrul U. 2010. *Esterifikasi Asam Lemak Bebas dari Minyak Goreng Bekas*. Jakarta
- Aziz Isalmi. 2010. *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas*. Jakarta
- Brown, G. G et all. 1956. *Unit Operations*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume*
6. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.
- Dogra, S. K. 1990. *Kimia Fisika dan Soal-soal*. UI-Press. Jakarta.
- Foust, Alan S, Leonard A.W, Curtis W.C Louis M and L. Bryce Andersen. 1980. *Principles of Unit Operation Second Edition*. USA: John Willey and Sons.
- Geankoplis, Christie John. 1997. *Transport Processes and Unit Operation Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hariska, Angga dkk. 2012. *Pengaruh Metanol dan Katalis pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Seca Esterifikasi dengan Menggunakan Katalis K₂CO₃*. Jurnal Teknik Kimia, Vol.18, No.1.
- Haryanto Agus, Ovita Yozana, Sugeng Triyono. 2017. *Aplikasi Kinetika Reaksi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Basa*. Jurnal Keteknikan Pertanian, Vol. 5. No. 3.
- Jimmy. (2012). *Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia Vol.7, pp. 12–17.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc.Graw Hill.
- Ketaren S. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press; 2008.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

DP-1



- Levenspiel, O. 1975. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition. John Wiley and Sons Inc. Singapore.
- Maharani. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Mahreni., Sulistyawati, E. 2011. *Pemanfaatan Kulit telur sebagai Katalis Biodiesel dari Minyak Sawit dan Metanol*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. 26 Juli 2011. ISSN : 1411- 4216
- Majid AA, Prasetyo D, Danarto YC. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro*. In: Jurnal Simposium Nasional RAPI XI FT UMS-2012. 2012.
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., Wang, C.-H., 2016. *Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure*. Energy Convers. Manag. 123, 487–497.
- Odel Febri Nitbani. 2018. *Gliserol (Sampah Biodiesel Bernilai Emas)*. Deepublish. Yogyakarta.
- Odi Fauzi. 2014. *Pemanfaatan Biodiesel dan Limbah Produksi*. Bandung : Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Mesin dan Teknik Industri.
- Perry, R.H., and Green, D.W. 2008. *Perry's Chemical Engineer's Handbook 8th ed*. Mc Graw Hill Book Co.Inc. New York
- Puguh Setyopratomo.2012. *Produksi Asam Lemak dari Minyak Kelapa Sawit dengan Proses Hidrolisis*. Surabaya :
- Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik.
- Qoniah, Imroatul dan Prasetyoko. 2011. *Penggunaan Cangkang ^{Robicot} sebagai Katalis untuk DP-3 Transesterifikasi Refined Palm Oil*. Prosiding Skripsi Semester Genap.
- Rismawati. 2011. *Pembuatan dan Uji Kualitas Bahan Bakar Alternatif (Biodiesel) dari Minyak Kelapa*. Makassar : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Rizal Fadli Makarin. 2020. *4 Tips Menggunakan Minyak Goreng yang Sehat*.
<https://www.halodoc.com/artikel/4-tips-gunakan-minyak-goreng-yang-sehat>
- Sahirman.2008. *Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Minyak Nyamplung yang Telah Dilakukan Esterifikasi*. Cianjur : Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian
- Smith, J.M, H.C Van Ness and M.M Abbott. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Standar Nasional Indonesia 04-7182-2006 tentang *Biodiesel*. Badan Standarisasi Nasional
- Tamrin. 2013. *Gasifikasi Minyak Jelantah Pada Kompor Bertekanan*. Jurnal Teknik Pertanian, Vol. II, No. 2. Universitas Lampung, Lampung.
- Timmerhaus, Klaus D. and Max S. Peters. 1991. *Plant Design and Economics for Chemicals Engineers*. New York : McGraw Hill.



Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation Third Edition*. Singapore: McGraw Hill Book Company.

<https://ojs.unida.ac.id/JIPH/article/download/2001/1513>

Ulf Schuchardt, R. S., and Rogério Matheus Vargas. 1998. *Transesterification of Vegetable Oils: a Review*. J. Braz. Chem. Soc. Vol. 9.

Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons, Inc.: New York.

United Nations Statistics Division. 2018. *UN comtrade*. New York : United Nations. <https://comtrade.un.org/data/>

Van Gerpen, Jon. 2005. *Biodiesel Processing And Production*. Fuel Processing Technology.

Vyas, Amish P. 2010. *A review on FAME production processes*. Fuel 89.

Widianto T. N. dan Bagus Sediadi Bandol Utomo. 2010. *Pemanfaatan Minyak Ikan untuk Produksi Biodiesel*. Squalen. Vol 5 No 1: 15-22.

Yaws, Carl L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. New York : McGraw-Hill.

www.matche.com

www.molbase.com

<http://Usu.ac.id>

<http://Usu.ac.id>

<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2020/01/09/produksi-biodiesel-2009-2018-meningkat-3000-persen>

<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/02/04/produksi-biodiesel-terus-meningkat-dalam-empat-tahun-terakhir>

<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/02/04/produksi-biodiesel-terus-meningkat-dalam-empat-tahun-terakhir>

<https://docplayer.info/63215711-Bab-ii-tinjauan-pustaka.html>

