



Preliminary Study of Rhamnolipids Biosurfactant Industry in Indonesia

Reno Susanto^{1*}, Tjokorde Walmiki Samadhi², Winny Wulandari³, Said Zul Amraini⁴

^{1,2,3}Institut Teknologi Bandung

⁴Universitas Riau

Corresponding Author: Reno Susanto renosusanto12345@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Biosurfactant, CPO, *Pseudomonas aeruginosa*

Received : 10 October

Revised : 10 November

Accepted: 25 November

©2022 Susanto, Samadhi, Wulandari, Amraini: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



ABSTRACT

Indonesia needs around 95 thousand tons/year of surfactant, while domestic production capacity is only around 55 thousand tons/year so that as much as 44 thousand tons of surfactant is still imported with specifications to be produced from petroleum. Surfactants have many uses in the industrial world, namely as emulsifiers, wetting agents, and detergents. The surfactants that are widely used today are surfactants that are synthesized from chemical reactions so they are not biodegradable and cause many environmental problems so that the use of biosurfactants can be a solution. Indonesia has a great opportunity to produce environmentally friendly biosurfactants due to the abundant availability of CPO as a substrate, as well as the *Pseudomonas aeruginosa* bacteria so that it can reduce the amount of surfactant imports and avoid environmental pollution. The construction of a biosurfactant factory from *Pseudomonas aeruginosa* using CPO as a substrate can be a positive opportunity for domestic industrial and economic growth.

Studi Awal Industri Biosurfaktan Rhamnolipids di Indonesia

Reno Susanto^{1*}, Tjokorde Walmiki Samadhi², Winny Wulandari³, Said Zul Amraini⁴

^{1,2,3}Institut Teknologi Bandung

⁴Universitas Riau

Corresponding Author: Reno Susanto renosusanto12345@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Biosurfaktan, CPO, *Pseudomonas aeruginosa*

Received : 10 Oktober

Revised : 10 November

Accepted: 25 November

©2022 Susanto, Samadhi, Wulandari, Amraini: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Indonesia membutuhkan surfaktan sekitar 95 ribu ton/tahun, sementara kapasitas produksi dalam negeri hanya sekitar 55 ribu ton/tahun sehingga sebanyak 44 ribu ton surfaktan masih diimpor dengan spesifikasi diproduksi dari petroleum. Surfaktan mempunyai banyak kegunaan dalam dunia industri yaitu sebagai zat *emulsifier*, *wetting agent*, dan *detergen*. Surfaktan yang banyak digunakan saat ini adalah surfaktan yang disintesis dari reaksi kimia sehingga tidak biodegradable dan banyak menimbulkan masalah lingkungan sehingga penggunaan biosurfaktan dapat menjadi solusi. Indonesia memiliki peluang besar untuk memproduksi biosurfaktan yang ramah lingkungan dikarenakan ketersediaan CPO yang melimpah sebagai substrat, serta bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sehingga dapat mengurangi jumlah impor surfaktan dan menghindari pencemaran lingkungan. Pembangunan pabrik biosurfaktan dari *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan substrat CPO dapat menjadi peluang positif bagi pertumbuhan industri dan ekonomi dalam negeri.

PENDAHULUAN

Industri surfaktan di Indonesia masih sangat terbatas, sedangkan kebutuhannya semakin meningkat. Menurut data dari Pusat Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Indonesia membutuhkan surfaktan sekitar 95 ribu ton per tahun sementara kapasitas produksi dalam negeri hanya sekitar 55 ribu ton per tahun sehingga sebanyak 44 ribu ton surfaktan masih diimpor dengan spesifikasi diproduksi dari petroleum. Surfaktan mempunyai banyak kegunaan dalam dunia industri yaitu sebagai zat pengemulsi (*emulsifier*), *wetting agent*, dan *detergen*. Surfaktan yang banyak digunakan saat ini adalah surfaktan yang disintesis dari reaksi kimia sehingga tidak biodegradable dan banyak menimbulkan masalah lingkungan (Setiani dkk., 2020). Peningkatan kesadaran penduduk dunia terhadap efek pencemaran oleh surfaktan non-biodegradable mendorong beberapa negara seperti Jepang dan Jerman untuk menetapkan regulasi pembatasan penggunaan surfaktan non-biodegradable (Reningtyas & Mahreni, 2015).

Biosurfaktan dapat dikelompokkan menjadi glikolipid, lipopeptida, lipopolisakarida, fosfolipid, dan asam lemak. Sedangkan biosurfaktan yang paling banyak dipelajari adalah kelompok glikolipid yaitu rhamnolipid yang unggul dalam membentuk mikroemulsi antara dua material atau bahan berbeda fasa. Aplikasi rhamnolipid juga melingkupi berbagai bidang, seperti pengendali hama tanaman pangan, bahan emulsifier, bahan campuran kosmetik, teknologi recovery minyak bumi, serta bioremediasi lingkungan yang terkontaminasi senyawa hidrokarbon (Rahayu, 2015).

Salah satu hal yang harus diperhatikan untuk memproduksi biosurfaktan skala industri adalah ketersediaan bahan baku yang melimpah seperti selulosa, protein, karbohidrat, ataupun lignin yang semuanya bisa didapatkan melalui metabolisme mikroorganisme, dari tanaman darat maupun tanaman laut seperti rumput laut (Reningtyas & Mahreni, 2015). Dalam hal ini, jenis bahan baku yang dapat digunakan sebagai substrat dan tersedia dengan melimpah di Indonesia adalah Crude Palm Oil (CPO). Produksi kelapa sawit menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada 2020 adalah 48 juta ton, dengan Riau menjadi provinsi dengan produksi terbanyak yaitu 9 juta ton. Oleh karena itu, Indonesia memiliki peluang besar untuk memproduksi biosurfaktan yang ramah lingkungan dikarenakan ketersediaan CPO yang melimpah sebagai substrat, serta bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, Indonesia dapat mengurangi jumlah impor surfaktan dan menghindari pencemaran lingkungan. Pembangunan pabrik biosurfaktan dari *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan substrat CPO dapat menjadi peluang positif bagi pertumbuhan industri dan ekonomi dalam negeri.

TINJAUAN PUSTAKA

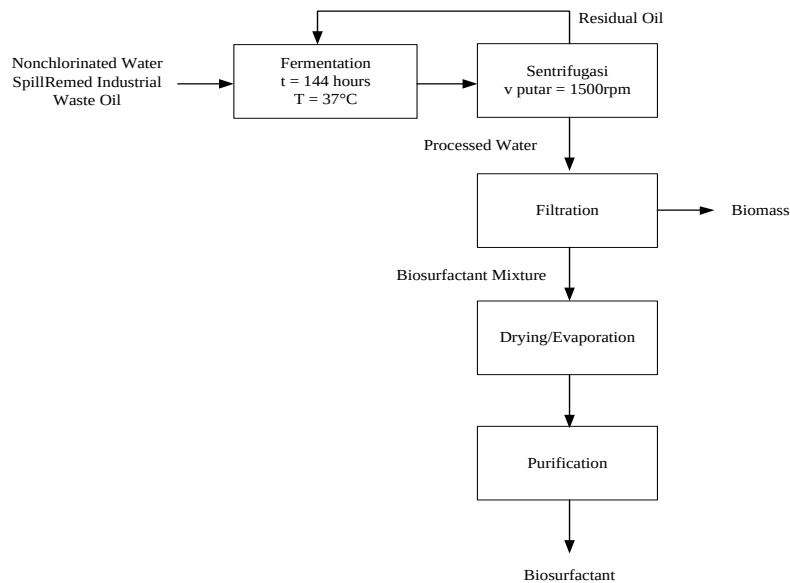
Proses Produksi Biosurfaktan

Biosurfaktan merupakan senyawa aktif permukaan yang baik untuk menggantikan surfaktan sintetik karena tingkat toksisitas dan biodegradabilitas yang rendah. Biosurfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan dan antarmuka sehingga membentuk emulsi minyak air stabil yang penting untuk

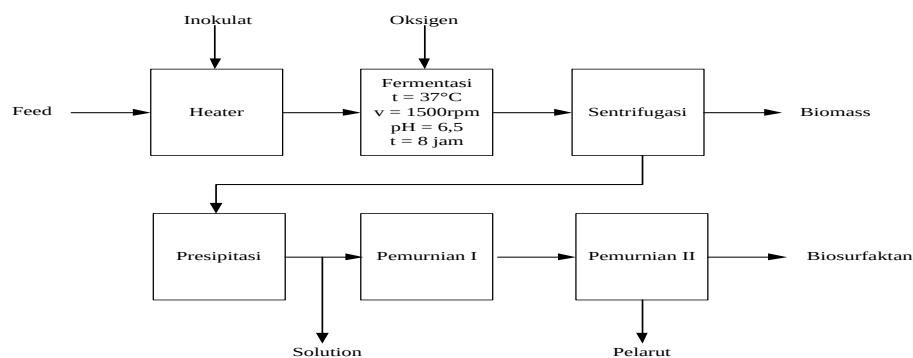
ekstraksi minyak secara maksimal. Biosurfaktan yang akan diproduksi dari pabrik ini adalah surfaktan *biodegradable* yang tidak memiliki pengaruh tinggi dalam pencemaran lingkungan. Beberapa jenis teknologi yang dilakukan untuk memproduksi biosurfaktan dibagi menjadi dua cara yaitu sistem *batch* dan *continuous*.

1. Biosurfaktan dengan Bakteri *Pseudomonas*

Proses yang digunakan yaitu *continuous aerobic submerged* (aerobik kontinyu dengan keadaan terendam). Penemuan ini menciptakan suatu proses untuk produksi rhamnolipid dengan membudidayakan mikroorganisme dari genus *Pseudomonas*, terutama *Pseudomonas aeruginosa*, dalam media kultur berair (Kaeppeli, 1986). Proses tersebut digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembuatan Biosurfaktan dari Bakteri dengan Sistem *Batch*



Gambar 2. Pembuatan Biosurfaktan dari Bakteri dengan Sistem *Continuous*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

- Mikroorganisme dibudidayakan dalam kultur terendam secara kontinyu dalam kondisi aerobik serta dengan pasokan media nutrisi segar terus menerus. Media kultur yang habis, surfaktan yang diproduksi, serta

kemungkinan sel mikroba (biomassa); diambil secara secara kontinyu dari *broth* kultur.

- b. Media kultur menunjukkan komposisi sesuai untuk pertumbuhan dengan sedikitnya pembatasan ganda zat pertumbuhan esensial.
- c. Rhamnolipid dapat diisolasi atau dimurnikan melalui metode seperti pengendapan ataupun kromatografi afinitas.

Karena mikroorganisme yang digunakan adalah jenis *Pseudomonas*, digunakan kondisi proses yang umunya sesuai untuk mikroba ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Operasi Proses

Kondisi	Kisaran	Direkomendasikan	Terbaik
Suhu (°C)	20-40	27-34	31-33
Ph	4-9	6-6,8	6,25

(Sumber: Kaeppli, 1986)

Dengan pengecualian oksigen yang selalu ada dalam kultur aerobik, komponen pertumbuhan penting untuk *train Pseudomonas*, dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Pertumbuhan dalam Proses

Unsur Komponen	Jumlah (mg/L)
C	1-50
N, S, P, K, Na	100-2000
Mg, Ca	10-500
Zn, Mn, Mo, B, Co dan Cu	0,01-1
Fe	Bervariasi antara bagian <i>trace</i> hingga 100

(Sumber: Kaeppli, 1986)

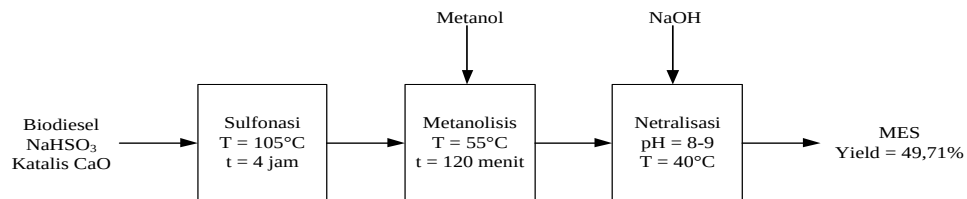
Zat yang biasa digunakan sebagai sumber nutrisi untuk komponen-komponen tersebut umumnya nitrat, garam amonium, sulfat, fosfat, garam haloid, atau asam basa yang sesuai. Pemilihan sumber karbon tidak terbatas dalam hidrokarbon, namun juga karbohidrat yang larut dalam air seperti glukosa. Untuk melakukan proses digunakan kondisi terendam *continuous aerobic* (aerobik kontinyu) dalam volume kultur yang hampir konstan. Media kultur segar terus ditambahkan. Sementara itu, campuran biomassa serta kultur yang mengandung sisa kultur medium dan metabolit ekstraseluler, dihilangkan. Umpan baru dengan volume konstan dimasukkan ke dalam reaktor per satuan waktu. Laju aliran masuk ini sama dengan laju aliran keluar, yang merupakan laju pengenceran.

2. Biosurfaktan dari Minyak Nabati

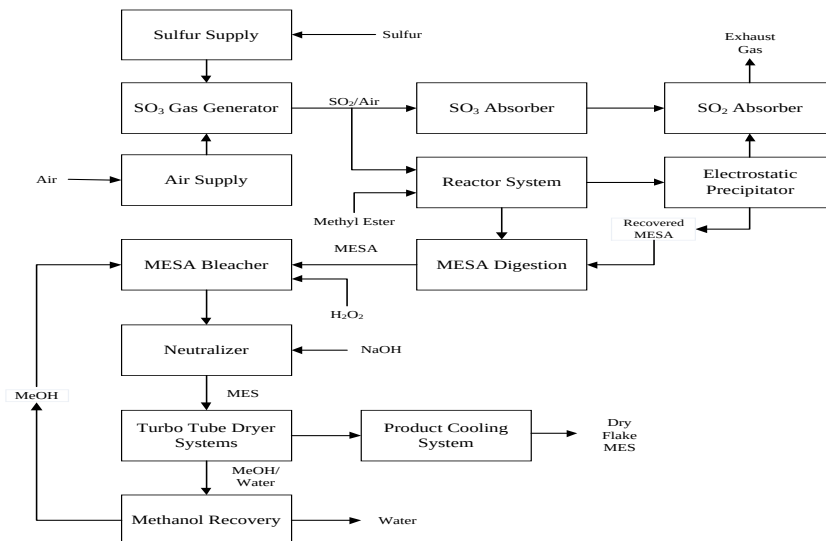
Methyl ester sulfonate (MES) merupakan surfaktan anionik berbasis oleokimia. MES memiliki kemampuan *detergency* yang baik, memiliki daya tahan terhadap kesadahan air, lebih cepat terdegradasi dibandingkan *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS). Selain mempunyai kinerja yang baik sebagai surfaktan, biaya produksi MES juga lebih kecil dibandingkan dengan biaya produksi LAS. Hal inilah yang membuat MES banyak dikembangkan (Ardy dkk., 2011).

Secara umum, proses pembuatan MES dilakukan dalam 4 tahap yaitu tahap sulfonasi, *bleaching*, netralisasi, dan *drying*. Pada tahap sulfonasi, *methyl ester* direaksikan dengan SO_3 untuk menghasilkan MESA (*Methyl Ester Sulfonic Acid*). Reaksi sulfonasi ini merupakan reaksi eksoterm. Tahap selanjutnya yaitu *bleaching*, yaitu pengurangan warna pada MESA untuk mencapai spesifikasi bahan yang diinginkan (Ardy dkk., 2011).

Setelah tahap *bleaching* selesai, dilanjutkan tahap netralisasi sehingga menghasilkan MES berbentuk pasta. Setelah didapatkan MES dalam bentuk pasta, selanjutnya dilakukan tahap terakhir yaitu tahap *drying* agar didapat MES dalam bentuk granular. MES dalam bentuk granular inilah yang selanjutnya akan dipasarkan. MES terbaik diperoleh pada konsentrasi H_2SO_4 9M menggunakan proses sulfonasi dan suhu 90°C (Dewanto dan Rahmawati, 2010).



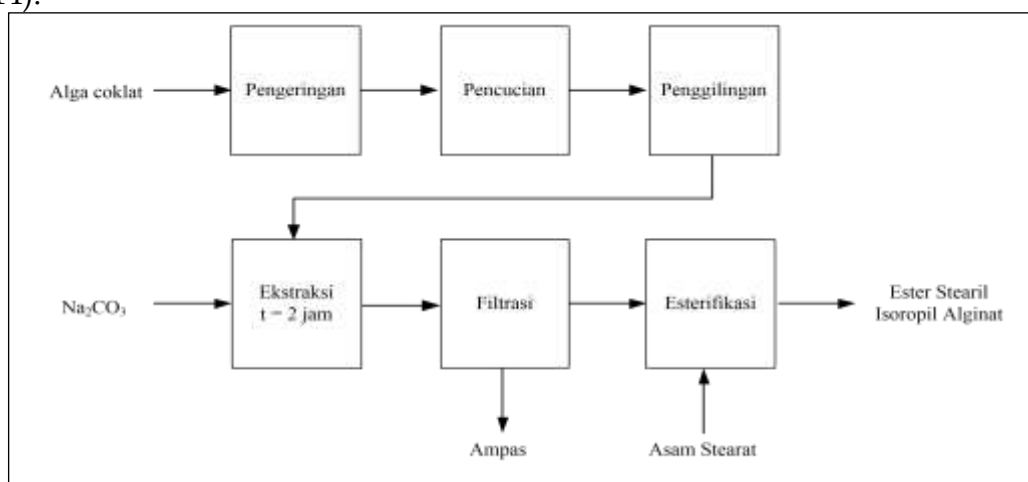
Gambar 3. Pembuatan Biosurfaktan dari Minyak Nabati dengan Sistem *Batc*



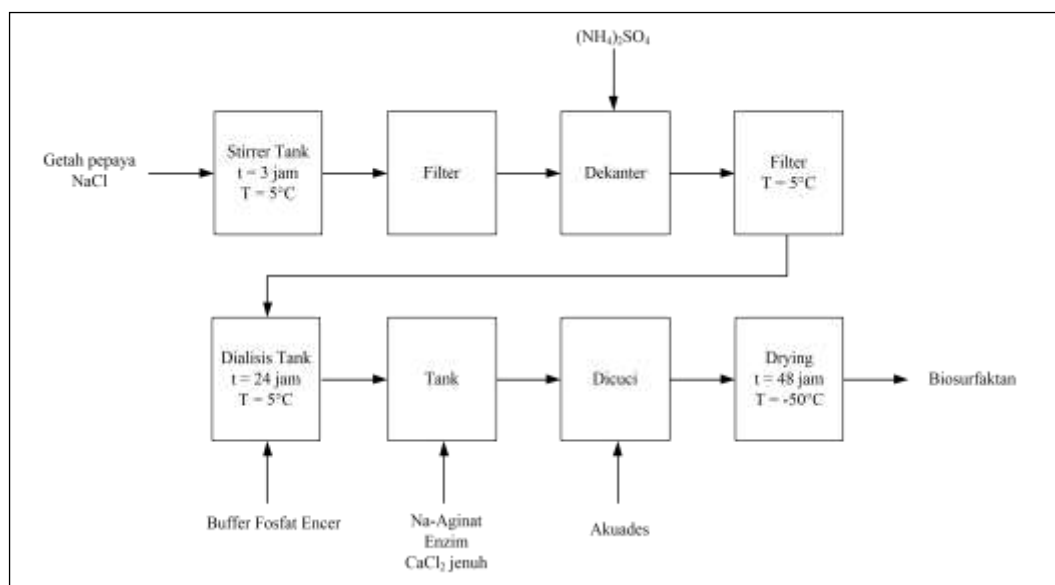
Gambar 4. Pembuatan Biosurfaktan dari Minyak Nabati dengan Sistem *Continuous*

3. Biosurfaktan dari Karbohidrat

Salah satu biosurfaktan dari karbohidrat yang dapat disintesis melalui sistem kontinyu bersumber dari getah pepaya. Getah pepaya segar sebanyak 100 g ditambah larutan 1M NaCl, lalu diaduk dengan waktu 3 jam, suhu 5°C. Campuran tersebut disaring dan filtrat ditambahkan ammonium sulfat (60%). Endapan protein disaring pada suhu 5°C, dan diuji aktivitas lipolitiknya. Endapan protein dilarutkan dalam H₂SO₄ 0,01M dengan pH 7,3. Cairan ditambah Na-alginat sampai kadarnya 3%. Campuran enzim dan Na-alginat ditetaskan ke CaCl₂ jenuh. Butiran enzim imobil ini kemudian dicuci dengan aquadest, selanjutnya dikeringkan pada suhu -50° C selama 48 jam. Lipase getah pepaya imobil (LGP) disimpan pada suhu 5°C (Hastuti dan Muchalal, 2014).



Gambar 5. Pembuatan Biosurfaktan dari Karbohidrat dengan Sistem *Continuous*



Gambar 6. Pembuatan Biosurfaktan dari Karbohidrat dengan Sistem *Continuous*

METODOLOGI

Analisis Pemilihan Proses

Berdasarkan penjabaran berbagai jenis proses yang dapat digunakan, dapat dilihat bahwa proses-proses tersebut memiliki karakteristik, kelebihan, serta kekurangannya masing-masing yang dapat dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Proses-Proses

Proses	Kelebihan	Kekurangan	Kondisi
I	1. Tidak menghasilkan limbah.	1. Mikroba tidak spesifik sehingga perlu peninjauan lebih lanjut mengenai kondisi operasi.	<i>Batch</i> Bakteri <i>Pseudomonas</i> Sumber C dari hidrokarbon minyak $t_{\text{ferm}} = 96\text{--}180\text{jam}$ $T = 32^{\circ}\text{C}$ $\text{Yield} = 0,05$ Rasio zat bioremediasi:minyak: air = 1:10:89
	2. Spesifikasi substrat yang lebih luas.	2. Karena sistem <i>batch</i> , perlu dilakukan pengulangan pemasukan bahan dan pengeluaran produk secara berkala.	
II	Waktu lebih singkat.	1. MES lebih tidak biodegradable 2. Memiliki 3 tahap sehingga ada 3 kondisi berbeda	3. Menekan biaya karena tanpa pelarut dan nutrien.
			<i>Batch</i> Sumber C adalah hidrokarbon biodiesel $\text{Yield} = 49,71\%$ $T_{\text{sulfonasi}} = 105^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{sulfonasi}} = 4\text{ jam}$ $T_{\text{metanolisis}} = 55^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{metanolisis}} = 120\text{ menit}$ $T_{\text{netralisasi}} = 40^{\circ}\text{C}$ $\text{pH}_{\text{netralisasi}} = 8\text{--}9$
III	Merupakan surfaktan alkanolamida yang mudah diurai di alam, tidak merusak kulit, dan tingkat toksisitas rendah. Konversi cukup tinggi.	1. Pemilihan biokatalis ataupun mikroba harus sesuai dengan substrat untuk hasil optimal. 2. Terbatas pada substrat yang hanya mengandung gula/karbohidrat.	1. Tidak menghasilkan limbah.
			<i>Batch</i> Sumber C dari karbohidrat alga cokelat $t_{\text{reaksi}} = 72\text{ jam}$ $T = 55^{\circ}\text{C}$ $\text{Konversi} = 86\%$ $v_{\text{putar}} = 500\text{rpm}$ fruktosa : asam palmitat = 3:1 Biokatalis Novozyme 435
IV	Rhamnolipid yang dihasilkan berfungsi baik sebagai biosurfaktan. Klasifikasi bahan	1. Perlu dilakukan pengembangbiakan dan perawatan mikroba.	2. Menekan biaya karena tanpa pelarut dan nutrien.
			<i>Continuous</i> Bakteri <i>Pseudomonas</i> Aerobik Sumber C dari hidrokarbon minyak Isoterm

	yang digunakan lebih luas Tidak membutuhkan banyak alat proses Limbah tidak mencemari lingkungan		$t_{\text{ferm}} = 8 \text{ jam}$ $\text{pH} = 6,5$ $T = 37^{\circ}\text{C}$ $V_{\text{putar agitasi}} = 1500 \text{ rpm}$ $\text{Yield} = 80\%$
V	Kecepatan reaksi instan	Terbatas pada substrat nabati. Banyak reaksi samping yang terjadi. Warna akhir produk cenderung gelap.	<i>Continuous</i> Sumber C dari metil ester biodiesel $T = 90^{\circ}\text{C}$ $\text{Yield} = 96\%$ $\text{mol}_{\text{minyak}} : \text{mol}_{\text{methanol}} = 1:15$ Katalis NaOH Eksotermis
VI	Yield lebih tinggi dibandingkan sistem <i>batch</i> dengan sumber C dari karbohidrat.	Kuantitas air harus diamati dengan sangat teliti. Digunakan suhu yang sangat rendah. Enzim harus cocok dengan susbtrat.	<i>Continuous</i> Sumber C dari karbohidrat getah pepaya $T = 5^{\circ}\text{C}$ $\text{Yield} = 60\%$ $t = 24\text{--}72 \text{ jam}$ $\text{massa}_{\text{sorbitol}} : \text{massa}_{\text{asam oleat}} (\text{gram}) = 18,2 : 84,6$

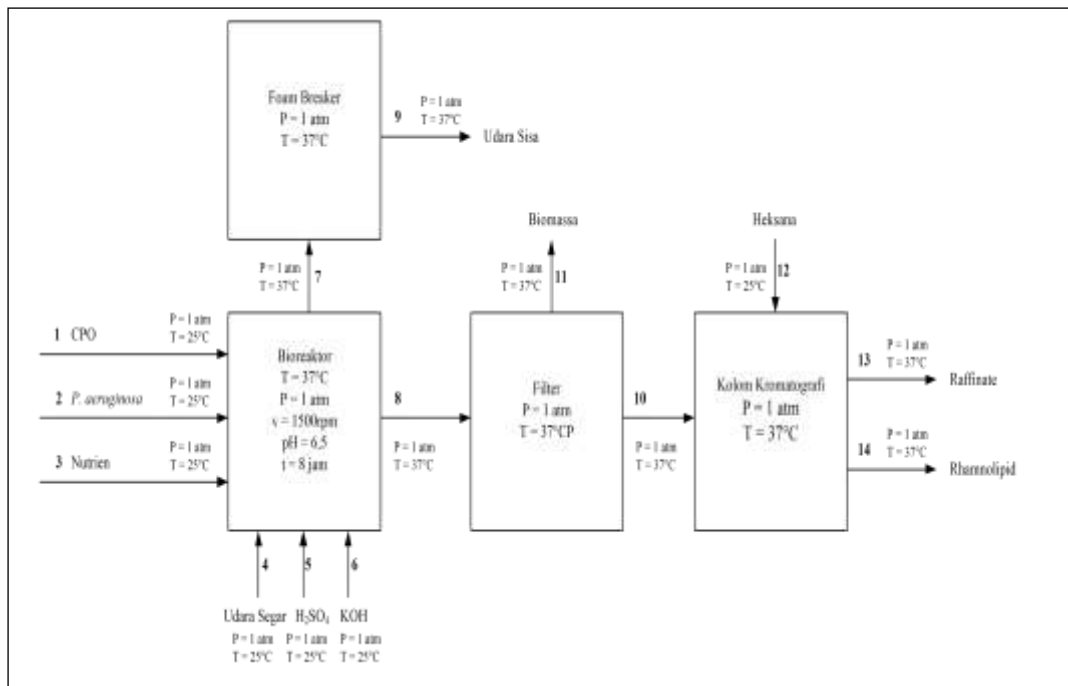
Proses produksi biosurfaktan dapat dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap penyimpanan produk.
2. Tahap pembentukan produk.
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk.

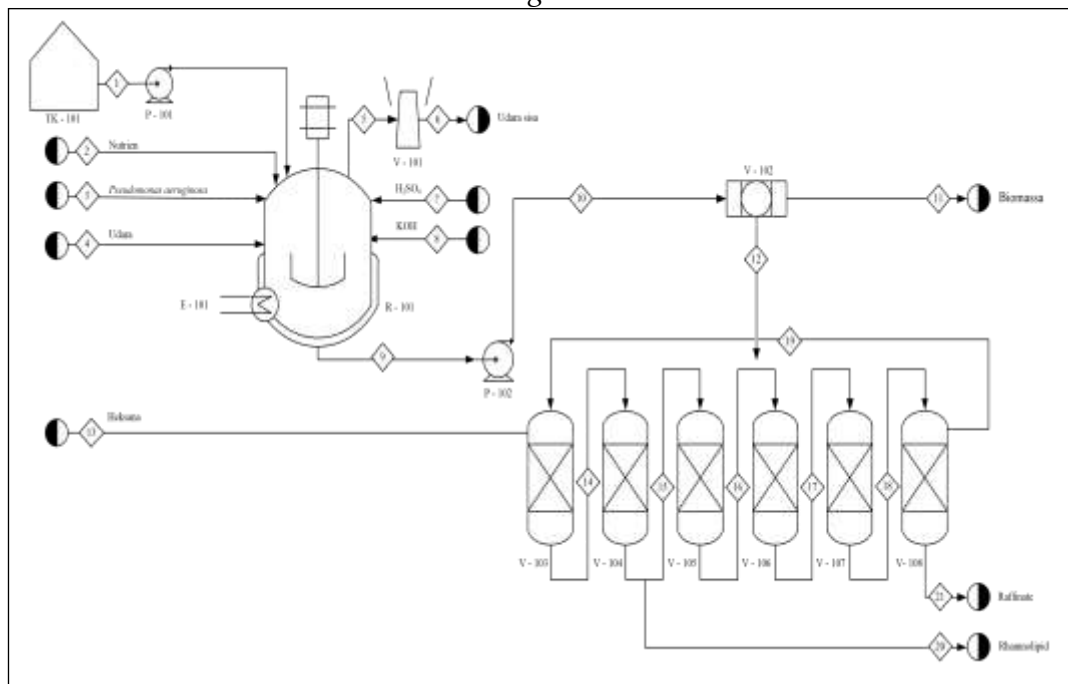
Produksi pabrik biosurfaktan, dipilih proses kontinyu dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* karena:

1. Proses pembuatan biosurfaktan dengan bakteri lebih biodegradable dan memiliki banyak bidang kegunaan.
2. Produk yang terbentuk dari proses produksi biosurfaktan dengan bakteri adalah biomassa yang dapat dikeluarkan atau diolah lebih lanjut.
3. Pada proses fermentasi dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, tidak dibutuhkan suhu yang tinggi.

BFD dan PFD dari proses dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. BFD Proses Produksi Biosurfaktan dari Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*



Gambar 8. PFD Proses Produksi Biosurfaktan dari Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Dari Gambar 7 dapat dijelaskan proses pembuatan biosurfaktan dari aliran 1 yang berisi aliran CPO dan dialirkan dengan pompa P-101 menuju bioreaktor R-101. Nutrien masuk melalui aliran 2 sebagai sumber nutrisi tambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang masuk melalui aliran 3. Proses fermentasi dilangsungkan dalam kondisi aerobik sehingga membutuhkan oksigen dalam udara yang masuk melalui aliran 4. Udara hasil proses berbentuk busa akan dikeluarkan melalui aliran 5 menuju foam breaker V-101

agar udara sisa dapat dilepaskan melalui aliran 6. Untuk menjaga pH selama proses, digunakan H_2SO_4 dan KOH yang masuk melalui aliran 7 dan 8.

Biosurfaktan yang masih belum murni hasil fermentasi dipompa dengan P-102 menuju filter V-103 untuk memisahkan biomassa dan biosurfaktan. Biomassa yang mengandung sisa sel bakteri keluar di aliran 11, sementara biosurfaktan memasuki tahap pemurnian melalui aliran 12. Tahap pemurnian menggunakan *chromatography coloumn* yang terdiri dari enam buah kolom beroperasi secara kontinyu. Dalam proses ini, digunakan adsorben silika gel dalam kolom dan eluen heksana yang masuk melalui aliran 13. Hasil proses pemurnian berupa rhamnolipid murni keluar dari aliran 20 dan raffinate keluar dari aliran 21.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi merupakan jumlah maksimal *output* yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Suatu pabrik akan mengupayakan untuk mendapatkan kapasitas produksi optimum yang berarti dapat menghasilkan laba yang maksimum dengan biaya yang minim. Pada pabrik biosurfaktan ini direncanakan akan didirikan di daerah Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, Indonesia dengan kapasitas produksi yang direncanakan adalah sebesar 80.000 ton/tahun, perencanaan ini didasari oleh beberapa pertimbangan yaitu: kebutuhan biosurfaktan di Indonesia, jumlah impor, dan ketersediaan bahan baku.

Studi Kelayakan

Pabrik biosurfaktan belum tersedia di Indonesia. Oleh sebab itu, kebutuhan surfaktan di Indonesia dipenuhi dengan cara mengimpor dari luar negeri. Hal ini menjadi dasar bahwa produksi surfaktan *biodegradable* yaitu biosurfaktan di Indonesia sangatlah berpotensi. Berikut ini adalah Tabel 4 yang menjelaskan data impor surfaktan di Indonesia dari Badan Pusat Statistik.

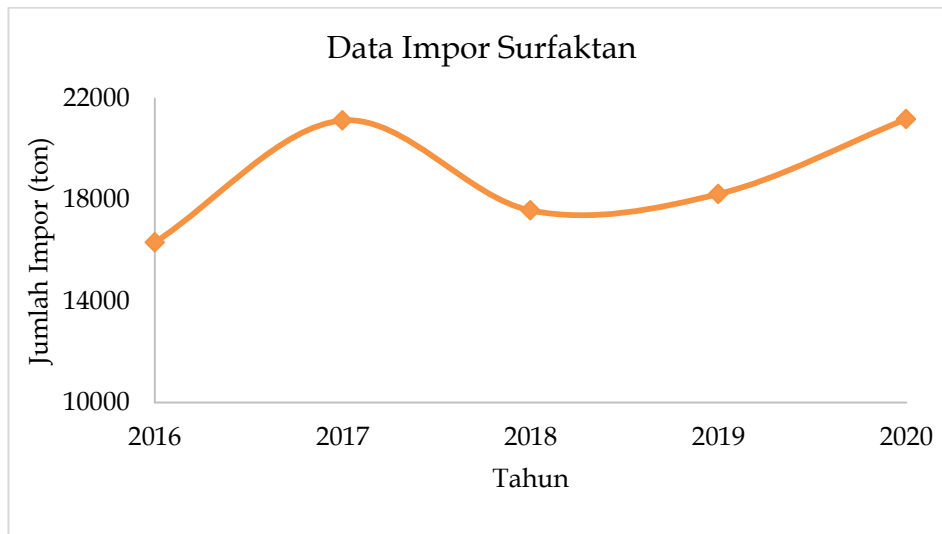
Tabel 4. Impor Surfaktan Tahun 2016 Sampai Tahun 2020

Tahun	Kebutuhan impor (ton/tahun)
2016	16.316
2017	21.125
2018	17.576
2019	18.223
2020	21.181

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021)

Berdasarkan Tabel 2 kebutuhan impor produk surfaktan mengalami peningkatan dan penurunan (fluktuatif) dengan kecenderungan peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa Indonesia memiliki ketergantungan impor terhadap surfaktan. Selain itu, permintaan

untuk produk surfaktan bukan hanya di dalam negeri, namun juga secara global. Data impor surfaktan di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 9. Grafik Data Impor Surfaktan di Indonesia Tahun 2016-2020

Pada pasar global, biosurfaktan diproyeksikan mencapai USD 5,52 miliar pada tahun 2022, dengan perkiraan CAGR (*Coumpond Annual Growt Rate/Tingkat Pertumbuhan Tahunan Majemuk*) sebesar 5,6%. Eropa menjadi wilayah dengan luas pemasaran terbesar. Sementara itu, Asia Pasifik adalah pasar dengan pertumbuhan tercepat karena kemajuan teknologi dan negara-negara di kawasan ini menuntut inovasi, sifat *biodegradable*, terbarukan, dan minimalisasi biosurfaktan beracun. Meningkatnya permintaan bahan kimia ramah lingkungan untuk perawatan pribadi dan rumah tangga diharapkan mendorong pertumbuhan pasar biosurfaktan global (Markets and Markets, 2017).

Tabel 5. Pemasaran Biosurfaktan di Tingkat Global

Pemasaran Biosurfaktan Tingkat Global		
Jenis biosurfaktan	Glikolipid	Lipopeptida
		Lipoprotein
		Sophorolipid
		Rhamnolipid
	Fosfolipid dan asam lemak	
Aplikasi biosurfaktan	Biosurfaktan polimerik	
	Biosurfaktan partikulat	
	Deterjen	
	Perawatan tubuh	
	Proses produksi makanan	
	Bahan kimia di bidang agrikultur	

Kawasan Pemasaran	Tekstil	
	Asia Pasifik	China
		India
		Jepang
	Eropa	Jerman
		United Kingdom
		Italia
		Spanyol
	Amerika Utara	USA
		Kanada
		Meksiko
	Afrika Utara dan Afrika Tengah	Saudi Arabia
		Afrika Selatan
	Asia Pasifik	Brazil
		Argentina

(Sumber: Mordor Intellegent, diakses pada 14 Oktober 2021)

Studi Kelayakan Teknis

Aspek teknis merupakan suatu aspek mengenai proses pembangunan proyek secara teknis. Untuk prarancangan pabrik biosurfaktan ini memiliki kapasitas produksi sebesar 80.000 ton/tahun. Ini didasari oleh beberapa pertimbangan yaitu kebutuhan biosurfaktan di Indonesia dan jumlah impor biosurfaktan ke Indonesia. Pada proses pembuatan biosurfaktan terbagi menjadi dua proses yaitu dengan sistem *batch* dan *continuous*/kontinyu. Dalam perancangan pabrik biosurfaktan ini digunakan proses kontinyu dengan bakteri dikarenakan lebih *biodegradable* dan memiliki banyak bidang kegunaan. Produk yang terbentuk dari proses produksi biosurfaktan dari bakteri adalah biomassa serta uap air sisa proses pengeringan yang tidak mencemari lingkungan. Selain itu, proses fermentasi dengan bakteri tidak membutuhkan suhu yang tinggi. Bahan baku yang digunakan adalah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan substrat CPO. Indonesia merupakan negara dengan produksi CPO yang melimpah dengan produksi kelapa sawit pada 2020 adalah 48 juta ton, dan Riau menjadi provinsi dengan produksi terbanyak yaitu 9 juta ton. CPO yang digunakan dalam proses didapat dari PT. Sawit Asahan Indah di kabupaten Kampar yang merupakan salah satu pabrik dengan produksi CPO cukup besar.

Studi Kelayakan Sosial dan Budaya

Studi kelayakan sosial dan budaya menyangkut dampak sosial dan lingkungan. Aspek sosial budaya ini berpengaruh pada citra pabrik dan dengan adanya bantuan dari pabrik kepada masyarakat sekitar dapat membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pada pabrik biosurfaktan ini akan membuat beberapa program peningkatan kesejahteraan masyarakat yang dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 6. Program Kegiatan Pabrik Biosurfaktan

No.	Program	Tahun
1.	Merekrut karyawan disekitar lokasi pabrik.	2026
2.	Menyediakan mess dan perumahan khusus karyawan pabrik.	2026
3.	Menyediakan tempat ibadah disekitar pabrik untuk kepada seluruh karyawan dan masyarakat sekitar.	2026
4.	Memberikan pelatihan mengenai usaha-usaha kewirausahaan untuk masyarakat setempat.	2026
5.	Melaksanakan kegiatan silaturahmi kepada masyarakat sekitar untuk mengakrabkan dan membantu perekonomian masyarakat yang kurang mampu.	2026

Pabrik biosurfaktan ini tidak hanya merekrut karyawan dari daerah setempat tetapi juga merekrut karyawan yang dari luar kota. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas dan proses produksi karena pertukaran kebudayaan. Selain itu, pencampuran budaya diharapkan akan menaikkan etos kerja karyawan sehingga memberikan efek positif terhadap kinerja pabrik.

Studi Kelayakan Ekonomi

Studi kelayakan ekonomi dari prarancangan pabrik biosurfaktan dilakukan berdasarkan perhitungan *Gros Profit Margin* (GPM). *Gross Profit Margin* (GPM) adalah rasio profitabilitas yang digunakan untuk menghitung kelebihan laba kotor terhadap pendapatan penjualan. Nilai GPM yang besar menunjukkan semakin baik perusahaan dalam menghasilkan laba. Persamaan yang digunakan dalam menghitung *Gross Profit Margin* disajikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{GPM} &= \text{Produk} - \text{Proses} \\ &= \text{Biosurfaktan rhamnolipid} - (\text{CPO} + P. aeruginosa + \text{Nutrien}) \\ &= 720.000 - (19.171 + 400.000 + 70.000) \\ &= \text{Rp}230.829\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Proses yang dipilih dalam perancangan pabrik awal adalah dengan proses kontinyu menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan alasan proses pembuatan biosurfaktan dengan bakteri lebih biodegradable dan memiliki banyak bidang kegunaan dan produk yang terbentuk dari proses produksi biosurfaktan dengan bakteri adalah biomassa yang dapat dikeluarkan atau diolah lebih lanjut. Perhitungan *Gros Profit Margin* (GPM) pada perancangan pabrik ini bernilai positif yaitu sebesar Rp230.829 yang menandakan pabrik ini layak untuk didirikan.

PENELITIAN LANJUTAN

Untuk penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk melakukan kajian Feasibility Study menggunakan software seperti Aspen atau Superpro untuk menentukan kelayakan suatu industri lebih detail dengan mempertimbangkan ROI, PBP maupun sensitivitas industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada ekosistem Laboratorium Biorefinery dan Bioproses Universitas Riau yang telah membantu penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Arady, A., Lestari, A. H., Legawati, L., & Rionaldo, H. (2011). Produksi Methyl Ester Sulfonate dari Methyl Ester : 1 . Review Teknologi dan Seleksi Proses. *Prosiding Sntk Topi 2011, Juli*, 1–6.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1739.1844>

Dewanto, R., & Rahmawati, A. D. (2010). *Studi Pembentukan Metil Ester Dengan Transesterifikasi Sebagai Emulsifier Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit*.

Hastuti, P., & Muchalal, M. (2014). Sintetis secara Semi Kontinyu Biosurfaktan Ester Sorbitol Oleat Menggunakan Lipase Getah Pepaya Imobil. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 26(1), 1–7. <https://doi.org/10.22146/agritech.9466>

- Kaeppli, O., & Guerra-Santos, L. (1986). Process for the production of rhamnolipids. Patent Number US Patent 4, 628, 030.
- Rahayu, S. (2015). Pengaruh Sumber Karbon dan Nitrogen Pada Produksi Biosurfaktan Oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Biopa 2411. In *SKRIPSI* (p. 78).
- Reiningtyas, R., & Mahreni. (2015). Biosurfaktan. *Eksergi*, XII(2), 12-22.
- Setiani, N. A., Agustina, N., Mardiah, I., Hamdani, S., & Astriany, D. (2020). Potensi *Bacillus cereus* dalam produksi biosurfaktan Potentials of *Bacillus cereus* in biosurfactant production. *Jurnal Biologi Udayana*, 24(2), 135-141.