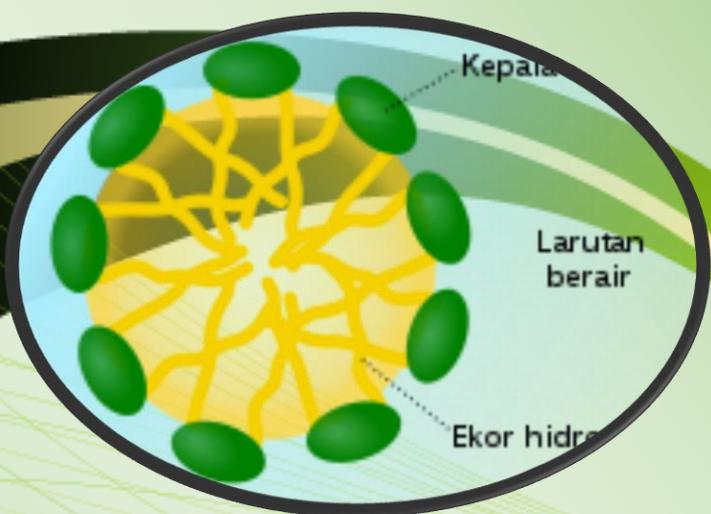


Biosurfaktan



Mahreni

Dyah Rachmawati Lucitasari

Mitha Duspitasari

ISBN 978-623-5539-14-0



Biosurfaktan

Ir. Mahreni, MT., Ph.D

Ir. Dyah Rachmawati Lucitasari, M.T.

Mitha Puspitasari, ST., M.Eng

Copyright © Ir. Mahreni, MT., Ph.D,

Ir. Dyah Rachmawati Lucitasari, M.T.

Mitha Puspitasari, ST., M.Eng

2021

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan system penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penulis.

Cetakan pertama, 2021

ISBN: 978-623-5539-14-0

Diterbitkan oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
UPN Veteran Yogyakarta

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condong Catur,

Yogyakarta, 55283

Telp. (0274) 486188, 486733, fax. (0274) 486400

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan buku ajar dengan judul “Biosurfaktan”. Buku ajar ini merupakan salah satu luaran hasil Pegabdian Masyarakat serta merupakan tugas dan tanggungjawab seorang dosen dalam Tridharma Perguruan Tinggi. Penyelesaian penyusunan buku ajar ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak atas segala dukungan, bantuan, masukan dan pengarahan yang telah diberikan kepada penulis.

Demikian buku ajar ini kami susun, semoga dapat bermanfaat bagi berbagai pihak khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan pemanfaatan Biosurfaktan. Kami menyadari bahwa buku ajar ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap kami harapkan untuk lebih menyempurnakan buku ini.

Yogyakarta, Oktober 2021
Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Kata Pegantar.....	ii
Daftar Isi.....	iii
Daftar Gambar.....	iv
Daftar Tabel.....	vii
Pendahuluan.....	1
BAB I Biosurfaktan dari Mikroorganisme.....	8
BAB II Biosurfaktan dari Karbohidrat.....	19
BAB III Biosurfaktan dari Asam Lemak/ Minyak.	30
BAB IV Teknologi Produksi Biosurfaktan.....	43
BAB V Aplikasi Biosurfaktan.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Modifikasi struktur ekstrak saponin dari tanaman <i>Anabasis setifera</i> dengan cara esterifikasi	22
Gambar 2.2. Reaksi kimia yang menghasilkan turunan <i>dodechyl</i> dari DGEDAS [5]	24
Gambar 3.1. Proses sintesis biosurfaktan LP(O) dimana minyak nabati sesuai dengan minyak rapessed; (a) zat perantara-1, (1) zat perantara-2. (c) LP(O) [3]	33
Gambar 3.2. Proses sintesis biosurfaktan LP(A) dimana R sesuai dengan asam rapessed; (a) zat perantara-1, (b) zat perantara-2, (c) LP(A) [3]	34
Gambar 3.3. Proses sintesis surfaktan FEA dimana R1 sesuai dengan gugus laurel di FEA-1, gugus setil di FEA-2 dan gugus stearil di FEA-3 masing-masing dan R sesuai dengan gugus <i>cocoyl</i> [5]	38
Gambar 3.4. Sintesis HGVES [6]	40
Gambar 4.1. Diagram alir produksi biosurfaktan dari <i>Bacillus licheniformis</i> L20	47
Gambar 4.2. Diagram alir produksi biosurfaktan dari <i>Kurtia Gibsonii</i> KH2	52

Gambar 4.3. Diagram alir produksi biosurfaktan dan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dan <i>Meyerozyma sp.</i>	54
Gambar 4.4. Diagram alir produksi biosurfaktan dari tanaman <i>soapwort</i>	56
Gambar 4.5. Diagram alir produksi biosurfaktan dari Biji <i>Chenopodium Quinoa</i> (Kinoa), <i>Glycine Max</i> (Kedelai), dan Buah <i>Malphiguia Emarginata</i> (Aserola)	59
Gambar 4.6. Diagram alir produksi biosurfaktan dari tanaman <i>Anabis setifera</i>	62
Gambar 4.7. Diagram alir produksi biosurfaktan <i>1-Octadecyl 5-Betainylamino-5-Deoxy-B-D-Fructopyranoside Hydrochloride</i>	68
Gambar 4.8. Diagram alir produksi biosurfaktan DoDGEDAS	69
Gambar 4.9. Diagram alir produksi biosurfaktan dari sintesis gula-asam amino	75
Gambar 4.10. Diagram alir produksi biosurfaktan <i>polyoxyethylene</i>	76
Gambar 4.11. Diagram alir produksi biosurfaktan oligomer (ester parsial oligo-(gliserol karbonat-gliserol))	80

Gambar 4.12. Diagram alir produksi biosurfaktan LP(O)	83
Gambar 4.13. Diagram alir produksi biosurfaktan LP(A)	84
Gambar 4.14. Diagram alir produksi biosurfaktan dari minyak jagung	86
Gambar 4.15. Diagram alir produksi biosurfaktan dari minyak kelapa	89
Gambar 4.16. Diagram alir produksi biosurfaktan HGVES	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat biokimia agen permukaan aktif	4
Tabel 2. Sifat biokimia agen permukaan aktif	12

PENDAHULUAN

Surfaktan adalah suatu senyawa kimia yang bersifat amfipatik dimana sifat hidropilik dan hidropobik ada dalam satu molekul surfaktan. Molekul surfaktan terdiri dari gugus hidropobik (ekor) dan gugus hidropilik (kepala). Sifat hidropilik dan hidrofobik dalam satu molekul menyebabkan surfaktan dapat berikatan dengan komponen baik bersifat hidropobik maupun hidropilik. Interaksi gugus hidrofobik dan gugus hidropilik dengan fluida, menyebabkan surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan antar fase. Surfaktan dalam jumlah sedikit apabila ditambahkan ke dalam suatu campuran dua fase yang tidak saling bercampur seperti minyak dan air dapat mengemulsikan kedua fase tersebut menjadi emulsi yang stabil.

Aplikasi surfaktan ditentukan oleh nilai *Hydrophilic Lipophilic Balance* (HLB) dan *Critical Micelle Concentration* (CMC). Sistem HLB memungkinkan untuk memilih surfaktan yang tepat dengan mudah sebagai pengemulsi. Proporsi persentase berat antara kepala hidropilik (suka air) dan ekor lipofilik (suka minyak) ini dalam molekul surfaktan merupakan indikasi perilaku yang diharapkan dari produk tersebut. Pengemulsi yang bersifat lipofilik diberi nomor HLB yang rendah

dan pengemulsi yang bersifat hidrofilik diberi nomor HLB yang tinggi. Titik tengahnya kira-kira sepuluh dan nilai yang ditetapkan berkisar dari satu hingga empat puluh. Nilai CMC surfaktan berpengaruh terhadap aktivitas penurunan tegangan permukaan. Biasanya diinginkan untuk nilai CMC yang rendah dan aktivitas penurunan tegangan permukaan yang tinggi. Nilai CMC juga digunakan untuk acuan penggunaan konsentrasi surfaktan. Nilai CMC dianggap tercapai ketika tidak ada penurunan lebih lanjut dalam tegangan permukaan dengan peningkatan konsentrasi surfaktan.

Sebagian besar surfaktan ini berasal dari sintetis, yang dihasilkan secara kimia dari minyak mentah, tidak sepenuhnya dapat terurai secara hayati dan berpotensi menimbulkan masalah lingkungan karena sifatnya yang persisten. Salah satu contohnya adalah Alkil Benzen Sulfonat. Karena senyawa benzene atau senyawa aromatik ini memiliki struktur tertutup, sehingga menyebabkan sulit untuk didegradasi oleh mikroorganisme. Sebagian besar surfaktan dihilangkan di instalasi pengolahan limbah, tetapi beberapa di antaranya masih berakhir di air permukaan, tanah atau sedimen. Hal ini menyebabkan akumulasi surfaktan di lingkungan semakin meningkat.

Oleh karena itu, dapat digunakan jenis surfaktan ramah lingkungan dari sumber daya terbarukan dimana lebih *biodegradable*, toksisitas rendah, memiliki kelarutan yang tinggi, dan toleran terhadap kondisi ekstrim. Biosurfaktan merupakan surfaktan yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan surfaktan yang menggunakan bahan baku dari sumber daya alam seperti karbohidrat, protein, dan lemak/minyak. Biosurfaktan dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, diantaranya lingkungan, obat-obatan, kesehatan, pertanian dan industri. Salah satu contoh biosurfaktan yaitu biosurfaktan dari *Kurtia Gibsonii* KH2 yang dapat digunakan untuk biodekolorisasi limbah tekstil.

BAB I

BIOSURFAKTAN DARI MIKROORGANISME

Biosurfaktan dari mikroba merupakan biosurfaktan yang mengandung biomelekul amfipatik dengan segudang konstituen biomolekul dari berbagai sumber mikroba. Mikroorganisme yang digunakan dapat dari habitat darat, air tawar, maupun air laut [1].

Berdasarkan jurnal Makande dkk, biosurfaktan yang dilaporkan mengandung karbohidrat sebagai mono/oligosakarida dan lipid sebagai konstituen utama, polisakarida, asam amino sebagai peptida, dan protein sebagai konstituen minor. Selain itu juga terdapat biosurfaktan yang memiliki biomolekul lain seperti asam lemak atau turunan alkil dan juga mengandung konstituen lain yang tidak diketahui yang dapat membentuk agen permukaan aktif. Berikut adalah sifat biokimia dari agen permukaan aktif [1]:

Tabel 1. Sifat biokimia agen permukaan aktif

Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
Eubacteria		
1. <i>Pedobacter sp.</i> , <i>MCC-Z</i>	<i>Polysaccharide</i>	<i>Beltrani et al.</i> (2015)

	Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
2.	<i>Azotobacter sp.</i>	<i>Exopolysaccharide</i>	<i>Sianipar et al., (2016)</i>
3.	<i>Paenibacillus macerans</i> TKU029		<i>Liang et al. (2014)</i>
4.	<i>Lactis. Helveticus</i> MTCC 5463		<i>Shah and Prajapati (2014)</i>
5.	<i>Breaddyrhizobium elkanii</i> SEMIA 587		<i>Moretto et al. (2015)</i>
6.	<i>Lactobacillus acidophilus</i> ATCC 4356	<i>Protein Fatty acids</i>	<i>Shokouhfard et al. (2015) 7</i>
7.	<i>Lactobacillus pentosus</i>		<i>Vecino et al. (2015)</i>
8.	<i>Methylobacterium sp.</i>	<i>Protein complex</i>	<i>Joe et al. (2013)</i>
9.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> strain PA1	<i>Carbohydrate + Lipids</i>	<i>Soares dos Santos et al. (2016)</i>
11.	<i>Pseudomonas & Rhodococcus</i>		<i>Petrikov et al. (2013)</i>
12.	<i>Brevibacterium and Vibrio.</i> PBN295		<i>Graziano et al. (2016)</i>
13.	<i>Callyspongia diffusa</i> MB30		<i>Dhasayan et al. (2014)</i>
14.	<i>Rhodococcus ruber</i> IEGM231		<i>Baeva et al. (2014)</i>
15.	<i>Virgibacillus salarius</i>		<i>Elazzazy et al. (2015)</i>

	Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
16.	<i>Rhodococcus ruber</i> <i>IEGM231</i>		<i>Kuyukina et al.</i> (2016)
17.	<i>Pseudoalteromonas</i> sp. <i>TG12</i>	<i>Carbohydrate + proteins/amino acids</i>	<i>Gutierrez et al.</i> (2008)
18.	<i>Halomonas</i> sp.		<i>Gutierrez et al.</i> (2008)
19.	<i>Antarctobacter</i> sp.		<i>Gutierrez et al.</i> (2008)
20.	<i>A.calcoaceticus</i> <i>KA53</i>		<i>Rosenberg and Ron</i> (1997)
21.	<i>Enterobacter</i> sp. <i>214</i>		<i>Toledo and Calvo</i> (2008)
22.	<i>B. subtilis</i> 28		<i>Toledo and Calvo</i> (2008)
23.	<i>Alcaligenes faecalis</i> 212		
24	<i>B. licheniformis</i> <i>TT33</i>		<i>Suthar et al.</i> (2009)
25.	<i>S. silvestris</i> <i>AM1</i>		<i>Markande et al.</i> (2013)
26.	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>CFR 2194</i>	<i>Protein + polysaccharide + glycoprotein</i>	<i>Madhu and Prapulla</i> (2014)
27.	<i>Brevibacterium luteolum</i>	<i>Lipids + peptides</i>	<i>Vilela et al.</i> (2014)
28.	<i>Bacillus licheniformis</i> <i>R2</i>		<i>Joshi et al.</i> (2015)
29.	<i>Bacillus</i> sp. <i>AM13</i>		<i>Shaligram et al.</i> (2016)

	Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
30.	<i>Paenibacillus dendritiformis</i> CN5		<i>Bezza and Nkhalambayausi Chirwa (2015)</i>
31.	<i>Pseudomonas sp. PDD-14b-2, Xanthomonas campestris PDD-32b-52, & Pseudomonas syringae PDD-32b-74</i>		<i>Renard et al., (2019)</i>
32.	<i>Bacillus velezensis H3</i>	<i>Lipids + polypeptides</i>	<i>Liu et al., (2010)</i>
33.	<i>Bacillus licheniformis NIOT-AMKV06</i>		<i>Lawrance, et al., (2014)</i>
34.	<i>Staphylococcus hominis</i>	<i>Phospholipopeptide</i>	<i>Rajeswari et al. (2016)</i>
35.	<i>Lactobacillus spp</i>	<i>Carbohydrates + Lipids + Proteins</i>	<i>Satpute et al. (2016)</i>
36.	<i>Serratia marcescens S10</i>		<i>Ahmed and Hassan (2013)</i>
37.	<i>Variovorax paradoxus 7bCT5</i>		<i>Franzetti et al. (2009)</i>
38.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		<i>Sharma et al. (2015)</i>
39.	<i>Terricolous lichen, Peltigera membranacea</i>		<i>Sigurbjörnsdóttir and Vilhelmsson (2016)</i>

	Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
40.	<i>Lactobacillus casei</i> <i>MRTL3</i>		<i>Sharma et al.</i> (2014)
41.	<i>Bacillus sphaericus</i> <i>EN3</i> & <i>Bacillus</i> <i>azotoformans</i> <i>EN16</i>		<i>Adamu et al.</i> (2015)
42.	<i>Anoxybacillus sp</i>		<i>Xia et al.</i> (2015)
43.	<i>Sphingobacterium</i> <i>spiritivorum AS43</i>		<i>Noparat et al.</i> (2014)
<i>Actinobacteria</i>			
44.	<i>Streptomyces sp.</i> <i>S1</i>	<i>Protein +</i> <i>polysaccharide</i>	<i>Kokare et al.</i> (2007)
45.	<i>Streptomyces sp.</i> <i>S22</i>	<i>Carbohydrate +</i> <i>Protein + Lipid</i>	<i>Maniyar et al.</i> (2011)
<i>Algae & Cyanobacteria</i>			
46.	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Exopolysaccharide</i>	<i>Mishra et al.</i> (2011)
47.	<i>Microalgae</i>	<i>Carbohydrate +</i> <i>Lipid + Fattyacids +</i> <i>peptides</i>	<i>de Paniagua-</i> <i>Michel et al.,</i> (2014)
<i>Fungi</i>			
48.	<i>Aspergillus flavus</i> <i>AF612</i>	<i>Carbohydrates</i>	<i>Ishaq et al.</i> (2015)
49.	<i>Trichosporon</i> <i>montevideense</i> <i>CLOA70</i>	<i>Carbohydrates +</i> <i>Lipids</i>	<i>Monteiro et al.</i> (2010)

	Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
50.	<i>Geotrichum sp.</i> CLOA40		
51.	<i>Pantoea ananatis</i> BRT175		Smith et al. (2016)
52.	<i>Trichosporon mycotoxinivorans</i> CLA2	Carbohydrates + Fattyacids	De Souza et al. (2012)
53.	<i>Fusarium sp.</i> BS-8	Lipids + Peptides	Qazi et al. (2014)
54.	<i>Penicillium sp.</i>	Carbohydrates + Lipids + Proteins	Luna-Velasco et al. (2007)
55.	<i>Cunninghamella echinulate</i>		Andrade Silva et al. (2014)
56.	<i>Myroidesodoratus</i> JCM7458 & <i>M. odoramitimus</i> JCM7460	Lipid + Fatty acids	Maneerat et al. (2006)
<i>Yeast</i>			
57.	<i>S. cerevisiae</i>	Carbohydrate/ polysaccharide + lipid	Solaiman et al. (2016)
58.	<i>Candida bombicola</i>		
59.	<i>Vibrio alginolyticus</i> 3B-2	Carbohydrate/ polysaccharide + Protein/peptide	Hu et al. (2015)
60.	<i>Trichosporon montevideense</i> CLOA72		Ferreira et al. (2016)

	Mikroorganisme	Agen permukaan aktif	Referensi
61.	<i>C. krusei</i>		
62.	<i>C. albicans</i>		
63.	<i>Yarrowia lipolytica</i> , IMUFRJ 50,682	Carbohydrate + Fatty acid	Monteiro et al. (2010)
64.	<i>Candida tropicalis</i> BPU1	Polyhydroxy- butyrate	Priji et al. (2013)
65.	<i>Aureobasidium</i> <i>pullulans</i> L3-GPY	Glycerol liamocin	Kim et al. (2015)

Biomolekul karbohidrat dan oligosakarida dalam biosurfaktan terbentuk dari *bacteria*, *actinobacteria*, alga dan *cyanobacteria*, jamur, dan ragi. Biomolekul asam amino dan peptida terbentuk dari *bacteria*, *actinobacteria*, alga dan *cyanobacteria*, dan jamur. Sedangkan biomolekul lipopeptida sebagian besar terbentuk dari spesies *Bacillus*. Mereka dicirikan oleh adanya bagian hidrofilik. Biomolekul asam amino polimer atau protein terdapat pada biosurfaktan dari archaea. Selain itu juga terbentuk dari *bacteria*, *actinobacteria*, alga dan *cyanobacteria*, jamur, dan ragi [1, 2].

Komponen hidrofobik dari sebagian besar biosurfaktan adalah lipid. Biomolekul lipid ini terbentuk dari bakteri *bacteria*, *actinobacteria*, alga dan *cyanobacteria*, jamur, dan ragi. Di antara

glikolipid yang paling banyak dipelajari adalah rhamnolipid, yang diproduksi terutama oleh genera *Pseudomonas* dan *Rhodococcus*. Sedangkan komponen minor lainnya dari biosurfaktan yang membentuk gugus hidrofobik dan hidrofilik yaitu terbentuk dari *bacteria*, alga dan *cyanobacteria*, jamur, dan ragi [1, 2].

Beberapa mikroorganisme dapat melepaskan asam lemak bebas, yang menunjukkan aktivitas surfaktan ketika n-alkana ditambahkan ke media kultur. Biosurfaktan ini termasuk asam lemak jenuh dalam kisaran C12-C14 yang dihiasi dengan gugus hidroksil dan cabang alkil. Biosurfaktan ini telah ditemukan pada bakteri pereduksi sulfur seperti *Thiobacillus thiooxidans* dan *Corynebacterium lepus* [2].

Biosurfaktan, yang termasuk dalam tipe metabolit sekunder telah menunjukkan berbagai kombinasi biomolekul dan struktur amfipatiknya dan memiliki kaset gen yang beragam. Beberapa biosurfaktan yang paling banyak dipelajari jenis gennya tercantum dalam tabel 2 sebagai berikut [1] :

Tabel 2. Sifat biokimia agen permukaan aktif

No.	Biosurfaktan/ Bioemulsifier	Gen	Mikroorganisme	Referensi
1.	<i>Rhamnolipid</i>	<i>rhl gene cluster (rhlA, rhlB, rhlR, and rhlI)</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Wittgens and Rosenau, (2018)
2.	<i>Plipastatin</i>	<i>lpa-8</i>	<i>Bacillus subtilis YB8</i>	Geissler et al., (2019)
3.	<i>Fengycin/ Plipastatin</i>	<i>pps operon</i>	<i>Bacillus subtilis I68</i>	Geissler et al., (2019)
4.	<i>Emulsan</i>	<i>wee</i>	<i>Acinetobacter lwoffii RAG-1</i>	Wittgens and Rosenau, (2018)
5.	<i>Iturin A</i>	<i>ituD</i>	<i>Bacillus subtilis RB14</i>	Geissler et al., (2019)
6.	<i>Alasan</i>	<i>alnA</i>	<i>Acinetobacter radioresistens KA53</i>	Wittgens and Rosenau, (2018)
7.	<i>Mannosylerythritol Lipids</i>	<i>Emt1, Mmc1, Mac1, Mac2</i>	<i>Ustilago maydis</i>	Saika et al., (2018)
8.	<i>Massetolide A</i>	<i>massA, massB, and massC</i>	<i>Pseudomonas fluorescens SS101</i>	de Bruijn et al. (2008)
9.	<i>Lichenysin</i>	<i>licA, licB and licC</i>	<i>Bacillus licheniformis JF2</i>	Das et al. (2008); Geissler et al. (2019)

No.	Biosurfaktan/ Bioemulsifier	Gen	Mikroorganisme	Referensi
10.	<i>Viscosin</i>	<i>LuxR-type transcriptional regulators</i>	<i>Pseudomonas fluorescens SBW25</i>	<i>de Bruijn et al. (2009)</i>
11.	<i>Flavolipids</i>	<i>Branched chains synthesis pathway</i>	<i>Synthetic</i>	<i>Ahad et al. (2010)</i>
12.	<i>Sophorolipid</i>	<i>cyp52M1, ugtA1, ugtB1 and mdr</i>	<i>Starmerella bombicola (Candida)</i>	<i>Kurtzman, et al. (2010)</i>
13.	<i>Cellobio- selipids</i>	<i>Cyp, fgt, fas, fat, fhd, atr and rfl</i>	<i>Pseudozyma flocculosa</i>	<i>Teichmann et al. (2011)</i>
14.	<i>Serrawettin WI</i>	<i>swrW synthetase gene</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Thies, et al. (2014), Clements, et al. (2018)</i>
15.	<i>Di-rhamno- lipid</i>	<i>tetR, fd, fdR, acdH, addH, and acS</i>	<i>Dietzia maris As13-3</i>	<i>Wang, et al. (2014)</i>
16.	<i>Lactone Esterase</i>	<i>sble</i>	<i>Starmerella bombicola</i>	<i>Roelants, et al. (2015)</i>
17.	<i>Metagenomic biosurfactant protein 1 (MBSP1)</i>	<i>Metage- nomic gene fra</i>	<i>Haloarchaea</i>	<i>da Silva Araújo, et al. (2020)</i>

Kemampuan mikroorganisme untuk memanfaatkan biomolekul dalam kombinasi yang berbeda telah menghasilkan sejumlah besar biomolekul yang tidak semuanya terperinci, Banyak biosurfaktan kuat yang kurang dalam data biomolekulnya, sehingga mengambat penggunaan maksimumnya. Akan tetapi, karena adanya berbagai kombinasi biomolekul, biosurfaktan memiliki potensi diberbagai bidang.

1.1. Contoh Biosurfaktan Dari Mikroorganisme

1.1.1. Biosurfaktan yang Diproduksi dari *Bacillus Licheniformis* L20

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Qiu Liu, dkk (2021), biosurfaktan yang dimetabolisme oleh *Bacillus licheniformis* L20 yang diambil dari tanah dioptimasi menggunakan sumber karbon yang berbeda yaitu glukosa, sukrosa, dan laktosa. Biosurfaktan yang dihasilkan merupakan biosurfaktan lipopeptida. Indeks emulsifikasi biosurfaktan diuji dalam beberapa variabel yaitu suhu, pH, dan salinitas. Indeks emulsifikasi biosurfaktan di tertinggi diperoleh dengan menggunakan media berbasis laktosa. Hasil karakterisasi penelitian ini menunjukkan bahwa

Bacillus licheniformis L20 menghasilkan biosurfaktan lipopeptida. Walaupun biosurfaktan ini tidak dapat secara signifikan menurunkan IFT (tegangan antar muka) antara minyak dan air, biosurfaktan ini menunjukkan aktivitas pengemulsi yang menjanjikan dan stabilitas pada suhu tinggi (85°C) dengan salinitas tinggi (NaCl, 25% berat; CaCl₂, 17,5% berat) dan berbagai pH (4-11). Dalam percobaan *core flooding*, biosurfaktan mampu memulihkan sekitar 19,58% minyak asli ditempat dari inti baru pasir pada suhu dibawa 80°C yang menunjukkan kemampuan optimal biosurfaktan untuk memulihkan minyak sisaa dari media berpori di reservoir [3].

1.1.2. Biosurfaktan Lipopeptida yang Diproduksi Oleh *Kurthia Gibsonii* KH2

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Farhah Husna Mohd Nor, dkk (2021), biosurfaktan yang diperoleh yaitu biosurfaktan lipopeptida, yang merupakan hasil sintesis oleh *strain Kurthia gibsonii* KH2 menggunakan molase sebagai substrat terbarukan untuk pertumbuhan. Berdasarkan hasil

penelitian, biosurfaktan ini memiliki emulsifikasi yang tinggi hingga 63% dan menunjukkan stabilitas dalam 7% (b/v) molase dan 5% (b/v) salinitas pada pH 7 dan 40°C. Hasil produksi maksimum dari biosurfaktan lipopeptida yaitu pada yield 2 g/L. Efisiensi penghilangan warna maksimum yang dicapai hingga 85% dalam 24 jam. Hal ini dapat mengurangi toksisitas air limbah tekstil terhadap organisme yang ada [4].

1.1.3. Biosurfaktan yang Diproduksi oleh *Pseudomonas Aeruginosa* dan *Meyerozyma sp.*

Ramlah Rehman, dkk (2021) telah melakukan penelitian mengenai produksi biosurfaktan oleh *P. aeruginosa* dan *Meyerozyma sp.* dan potensi biodegradasi hidrokarbon minyak mentah. Berdasarkan hasil penelitian, biosurfaktan yang diperoleh yaitu biosurfaktan glikolipid di mana dari *P. aeruginosa* diidentifikasi sebagai mono- dan di-rhamnolipid sedangkan *Meyerozyma sp.* menghasilkan jenis sophorolipid asam dan laktonik. Biosurfaktan glikolipid menunjukkan aktivitas emulsifikasi yang sangat baik terhadap hidrokarbon

yang diujikan (minyak tanah, solar, bensin, minyak mustard, minyak kanola, minyak zaitun, dan minyak mentah. Produksi biosurfaktan merangsang perubahan signifikan pada hidrofobisitas permukaan sel *P. aeruginosa* dan *Meyerozyma sp.* di bawah pengaruh minyak mentah. Kedua strain tersebut mampu mendegradasi sebagian besar hidrokarbon rantai pendek yang ada dalam minyak mentah dalam waktu 14 hari dari masa inkubasi. Misel campuran rhamnolipid dan sophorolipid sangat mampu mendukung 91% dan 87% dari biodegradasi minyak mentah [5].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Markande, A. R. and Patel, D., Varjani, S.; 2021; *A Review on Biosurfactants: Properties, Applications, and Current Developments; Bioresource Technology* 330; 1-11.
- [2] Gutnick, D. L. and Bach, H.; 2011; *Industrial Biotechnology and Commodity Products: Biosurfactants; USA: Elsevier B.V.* 699-715.

- [3] Liu, Qi et al.; 2021; *Production, Characterization, and Application of Biosurfactant Produced by Bacillus Licheniformis L20 for Microbial Enhanced Oil Recovery*; *Journal of Cleaner Production* 307; 1-9.
- [4] Nor, F. H. M. et al.; 2021; *Production of Lipopeptide Biosurfactant by Kurthia Gibsonii KH2 and Their Synergistic Action in Biodecolourisation of Textile Wastewater*; *Environmental Technology & Innovation* 22; 1-10.
- [5] Rehman, R. et al.; 2021; *Crude Oil Biodegradation Potential of Biosurfactant-Producing Pseudomonas Aeruginosa and Meyerozyma Sp.*; *Journal of Hazardous Materials* 418; 1-12.

BAB II

BIOSURFAKTAN DARI KARBOHIDRAT

2.1. Biosurfaktan Dari Tumbuhan

Surfaktan yang berasal dari tumbuhan tersebar luas di alam dan dapat diklasifikasikan sebagai fosfolipid, protein atau protein hidrolisat, dan saponin. Di antaranya, saponin tersebar luas pada kingdom tumbuhan dengan ciri yaitu strukturnya yang mengandung aglikon steroid atau triterpenoid yang terkait dengan satu atau lebih molekul gula [2].

2.1.1. Biosurfaktan Dari Ekstrak Tanaman *Soapwort*

Akar dari tanaman *soapwort* dapat diekstrak menjadi biosurfaktan yang dapat digunakan pada proses EOR. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Nowrouzi, I. dkk (2020), CMC yang diperoleh rendah. Selain itu perolehan minyak meningkat lebih dari 32% dengan injeksi tersier slug polimer-alkali-surfaktan [1].

2.1.2. Biosurfaktan Dari Ekstrak Biji *Chenopodium Quinoa* (Kinoa), *Glycine Max* (Kedelai), Dan Buah *Malphiguia Emarginata* (Aserola).

Káren G.O. Bezerra, dkk (2021) telah melakukan penelitian pembuatan biosurfaktan menggunakan ekstrak tumbuhan, yaitu biji *Chenopodium quinoa* (kinoa), *Glycine max* (kedelai), dan buah *Malphiguia emarginata* (aserola). Pada penelitian diperoleh metode yang paling tepat untuk ekstraksi biosurfaktan yaitu dengan ekstraksi hidroalkoholik agitasi dibantu dengan ultrasound menggunakan 50% etanol (AHE). Dari hasil penelitian, ekstraksi biji kinoa, kedelai, dan buah aserola mengandung saponin triterpenoid dengan aktivitas permukaan dan kapasitas pengemulsi yang baik [2].

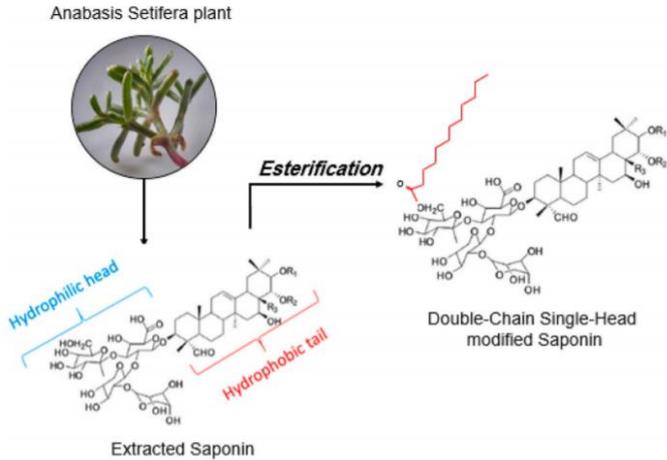
Untuk memperoleh hasil ekstraksi yang optimum maka ada perlakuan suhu dan konsentrasi pelarut. Hasil ekstraksi maksimum untuk biji kinoa yaitu pada suhu 50°C dengan konsentrasi pelarut 50%, untuk kedelai yaitu pada suhu 40°C dengan konsentrasi pelarut 40°C, dan untuk buah aserola yaitu

pada suhu 40°C dengan konsentrasi pelarut 50%. Ekstrak biji kinoa memberikan emulsifikasi terbaik terhadap minyak kelapa, yaitu 100%. Untuk ekstrak kedelai, konsentrasi ekstrak tidak mempengaruhi indeks emulsifikasi tetapi mencapai 54% terhadap minyak kelapa. Sedangkan, semakin tinggi konsentrasi ekstrak buah aserola semakin tinggi juga indeks emulsifikasinya, yaitu mencapai 86% [2].

2.1.3. Biosurfaktan Dari Ektstrak Tanaman *Anabasis Setifera*

Saponin yang diekstrak dari tanaman *Anabasis setifera* dapat dimodifikasi melalui sintesis esterifikasi *Double Chain Single-Head*. Nowrouzi, I. dkk (2021) telah melakukan sintesis biosurfaktan dari tanaman *Anabasis setifera* untuk proses EOR. Ekstrak saponin dari tanaman *Anabasis setifera* dilarutkan pada *N,N-dimethylformamide anhydrous* dan direaksikan dengan asam lemak jenuh asil klorida (C₁₂) dengan rasio 1:1 dengan saponin, sehingga diperoleh biosurfaktan. Dari hasil penelitian, nilai CMC yang diperoleh rendah yang cocok untuk proses EOR dan faktor perolehan minyak total pada akhir

proses injeksi sekunder adalah sekitar 70%. Dari hasil penelitian juga diperoleh kondisi optimum biosurfaktan yaitu pada suhu 75°C [3].



Gambar 2.1. Modifikasi struktur ekstrak saponin dari tanaman *Anabasis setifera* dengan cara esterifikasi [3].

2.2. Biosurfaktan Dari Turunan Gula

2.2.1. Biosurfaktan Kationik Dari Sintesis 1-Octadecyl 5-Betainylamino-5-Deoxy-B-D-Fructopyranoside Hydrochloride

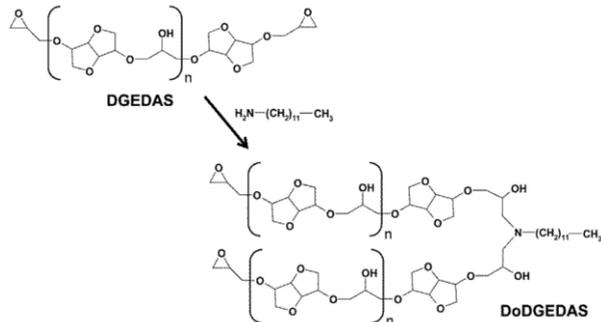
Surfaktan kationik berbasis sukrosa dan pati sudah banyak tersedia secara komersial. Biosurfaktan kationik turunan alkil dari fruktosa menunjukkan

potensi dan monomer fruktosanya dapat menjadi bahan awal yang ekonomis jika terdapat metode alkilasi yang efisien. Goursaud, F. dan Benvegnu, T. melakukan penelitian mengenai regioselektif dari betain glisin kationik alami ke *D-fructopyranoside* yang memiliki satu rantai alkil panjang C18 untuk memperoleh biosurfaktan kationik. Dari hasil penelitian, biosurfaktan *fructiside* kationik dapat mengurangi tegangan permukaan pada nilai karakteristik untuk aktivitas biosurfaktan yang cukup signifikan. Nilai konsentrasi misel kritis (CMC) dan tegangan permukaan sebanding dengan nilai yang diperoleh dari rantai panjang baru glisin betaine ester dan amida [4].

2.2.2. Biosurfaktan Dari Sintesis *Isosorbide*

Isosorbide adalah turunan gula yang diperoleh dengan dehidrasi ganda sorbitol. *Isosorbide* ini memiliki sifat termal yang sangat baik dan biodegradabilitas, dan telah dievaluasi sebagai alternatif bisfenol-A dalam berbagai bidang. Sebagian besar surfaktan berbasis gula yang paling sederhana tidak larut dalam air, sehingga merupakan

surfaktan yang cocok untuk emulsi tanpa air, sehingga untuk mendapatkan surfaktan yang larut dalam air perlu penggabungan beberapa *isosorbide* (prapolimer) dengan cara polikondensasi. Polikondensasi *isosorbide* dengan *epichlorhydrin* menghasilkan *diglycidyl ether* dari *polyisosorbide* (DGEDAS). Kemudian untuk memperoleh turunan monoalkilasi DGEDAS dilakukan polikondensasi pendek DGEDAS dengan *dodecylamine* (DA), sehingga memperoleh biosurfaktan DoDGEDAS dengan DGEDAS sebagai kepala hidrofilik dan DA sebagai ekor hidrofolik [5].



Gambar 2.2. Reaksi kimia yang menghasilkan turunan *dodechyl* dari DGEDAS [5].

Produk DoDGEDAS yang dihasilkan yaitu 70% surfaktan dan 30% air. Biosurfaktan DoDEGAS menunjukkan sifat termal yang baik yaitu hingga 300°C sehingga cocok untuk aplikasi polikondensasi dan kompatibel dengan operasi pemrosesan lelehan bahan polimer. Biosurfaktan DoDEGAS menunjukkan nilai CMC yang rendah karena oligomer *isosorbide* yang pendek. Oligomer *isosorbide* ini memberikan kelarutan air pada biosurfaktan DoDGEDAS. Tetapi biosurfaktan DoDEGAS ini mampu menstabilkan tetesan emulsi air minyak pada konsentrasi yang lebih rendah daripada pengemulsi biasa. Titik isoelektrik biosurfaktan berada pada pH basa yaitu 12,3, sehingga tetesan emulsi tersebut bermuatan positif [5].

2.2.3. Biosurfaktan Dari Sintesis Gula-Asam Amino

Katalisis misel telah digunakan untuk mensintesis biosurfaktan kationik berbasis gula-asam amino (N,N,N-trimethyl-2-oxo-2-((2R,3S,4S,5R)-3,4,5-trihidroksi-6-(tetradecyloxy)tetrahydro-2H-pyran-2-yl)methoxy)ethan-1-amine iodide) dengan bahan baku terbarukan berupa *D-glucopyranoside*

dalam media air. Dibandingkan dengan metode yang menggunakan pelarut *dimethylformamide* (DMF), metode katalisis misel lebih unggul dalam hal efisiensi, konsumsi energi, dan masalah lingkungan. Biosurfaktan kationik ini memiliki nilai CMC yang lebih tinggi dan sifat yang lebih hidrofilik daripada dengan biosurfaktan non-ionik yang berarti lebih larut dalam air. Biosurfaktan kationik yang disintesis ini juga merupakan zat yang mudah terurai [6].

2.2.4. Biosurfaktan Anionik Dari Sintesis Gula 6-Sulfat

Sintesis biosurfaktan berbasis gula dengan gugus fosfat sebagai bagian hidrofilik menunjukkan aktivitas permukaan yang lebih unggul dibandingkan surfaktan yang hanya mengandung satu bagian non polar atau hidrofobik. Tiga keluarga biosurfaktan berbasis gula (*alkyl-6-O-sulfo- β -D-glycopyranosides*, *N-acyl-6-O-sulfo- β -D-glycopyranosylamines* and *N-alkyl-6-Osulfo-D-glyconamides*) dan sembilan senyawa sulfat baru berupa glikolipid 4 GlcOC8S, 5 GlcOC12S, 6 GalOC8S, 14 GlcNC8S, 15 GlcNC12S, 16 GalNC12S, 23 GlcCC8S, 24 GlcCC12S, 25 GalCC8S, 26 GalCC12S, 30 XylCC8S, dan 31

XylCC12S disintesis dalam satu atau tiga langkah yang kemudian dibandingkan dengan surfaktan yang tersedia secara komersial (*sodium laureth sulfate* (SLES) dan *sodium dodecylsulfate* (SDS)). Biosurfaktan anionik berbasis gula yang disintesis ditemukan menunjukkan sifat adsorpsi permukaan yang menarik sebanding dengan surfaktan anionik yang tersedia secara komersial. Nilai CMC biosurfaktan menurun dengan meningkatnya panjang rantai alkil. Glikolipid dengan rantai yang lebih panjang (C12) (5 GlcOC12S, 24 GlcCC12S, 26 GalCC12S, 31 XylCC12S) memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mengurangi tegangan permukaan. Biosurfaktan ini memiliki sifat berbusa yang baik sebanding dengan surfaktan anionik komersial dan efek iritasi yang lebih rendah untuk kulit manusia [7].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nowrouzi, I. et al.; 2020; *Characterization and Evaluation of A Natural Surfactant Extracted from Soapwort Plant For Alkali-Surfactant-Polymer (ASP) Slug Injection into Sandstone Oil Reservoirs*; *Journal of Molecular Liquids* 318; 1-10.
- [2] Bezerra, K. G. O. et al.; 2021; *Plant-Derived Biosurfactants: Extraction, Characteristics, and Properties for Application in Cosmetics; Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 34;1-10.
- [3] Nowrouzi, I. et al.; 2021; *Double-Chain Single-Head Modification of Extracted Saponin from Anabasis Setifera Plant and Its Effects on Chemical Enhanced Oil Recovery Process by Surfactant-Alkali Slug Injection into Carbonate Oil Reservoirs*; *Journal of Petroleum Science and Engineering* 201; 1-10.
- [4] Goursaud, F. and Benvegnu, T.; 2009; *Synthesis of 1-Octadecyl 5-Betainylamino-5-Deoxy- β -D-Fructopyranoside Hydrochloride as A New Long-Chain Cationic Sugar-Based Surfactant*; *Carbohydrate Research* 344; 1-4.

- [5] *Abdelkade, M. B. et al.*; 2018; *Synthesis and Emulsifier Properties of a New Bio-Sourced Surfactant Based on Isosorbide*; *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 492; 1-11.
- [6] *Esmaeilian, N. et al.*; 2020; *Synthesis of an Ionic Sugar-Amino Acid Based Surfactant in Aqueous Media*; *Journal of Molecular Liquids* 318; 1-7.
- [7] *Abdellahi, B. et al.*; 2021; *Synthesis and Interfacial Properties of New 6-Sulfate Sugar-Based Anionic Surfactants*; *Tetrahedron Letters* 74; 1-5.

BAB III

BIOSURFAKTAN DARI ASAM LEMAK/MINYAK

3.1. Biosurfaktan *Polyoxyethylene* dari Minyak Sawit

Minyak sawit dapat digunakan sebagai biosurfaktan yang mudah terurai dan ramah lingkungan. Salah satu biosurfaktan yang dapat disintesis dari minyak sawit adalah *polyoxyethylene mono-digliserid* (POE-MDG) melalui proses gliserolisis dilanjutkan proses etoksilasi. Proses gliserolisis merupakan proses untuk mendapatkan *Mono-digliserid* (MGD) dimana gliserol direaksikan dengan minyak atau asam lemak. Proses selanjutnya yaitu proses etoksilasi, yaitu MGD hasil gliserolisis direaksikan dengan *Polyethylene glycol* (PEG) sehingga diperoleh biosurfaktan POE-MGD. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Purwaningtyas, E. F. dan Pramudono, B. (2009), kondisi optimum proses gliserolisis dicapai pada rasio gliserol:minyak sawit = 3:5, suhu 70°C, dan waktu 4 jam dengan konversi 0,785. Untuk mendapatkan aktivitas biosurfaktan, rasio PEG dan MGD pada etoksilasi yang digunakan yaitu 4:1 [1].

3.2. Biosurfaktan Oligomer (Ester Parsial Oligo-(Gliserol Karbonat-Gliserol))

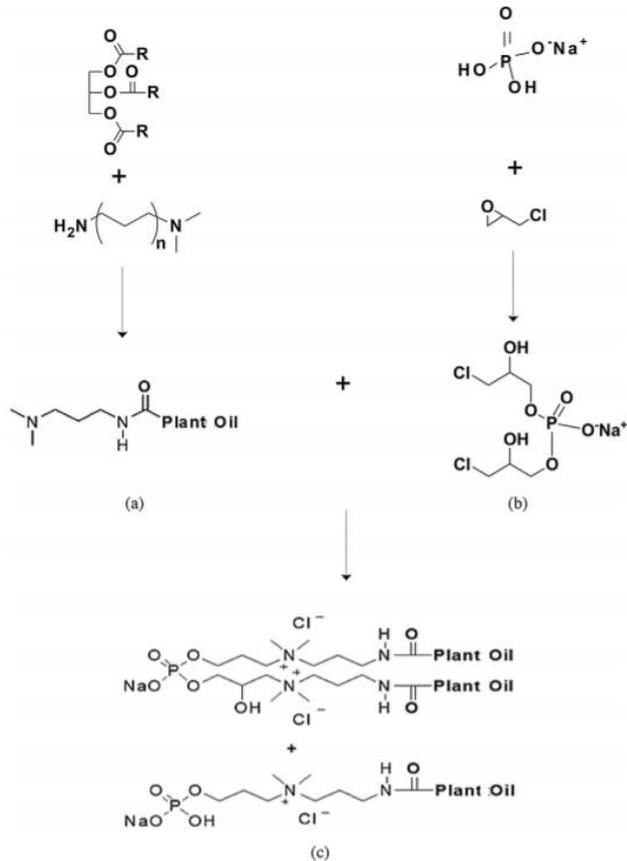
Gliserol merupakan produk sampingan penting dari industri oleokimia. Gliserol karbonat adalah satu senyawa turunan gliserol yang paling berpotensi multifungsi. Oligomerisasi gliserol karbonat, dibantu oleh gliserol akan menghasilkan produksi oligomer polihidroksilasi yang kaya akan gugus karbonat linier. Penyisipan gugus karbonat linier ke dalam kerangka berbasis gliserol membuat oligomer menjadi amfilik dan menurunkan tegangan permukaan. Gliserol karbonat, disintesis in-situ dari gliserol, di sini dioligomerisasi menjadi oligomer polihidroksilasi, dan dibantu oleh gliserol. Ester parsial dan total oligomer gliserol karbonat jatuh ke dalam kategori molekul "oligo-gemini". Efektivitas penggunaan ester parsial oligo-(gliserol karbonat-gliserol) sebagai sistem multifungsi permukaan aktif ditunjukkan oleh kemampuannya untuk menstabilkan emulsi terbalik dan emulsi ganda dengan inversi fase katastropik [2].

3.3. Biosurfaktan *Zwitterionic* dari Minyak Rapeseed dan Asam Rapeseed

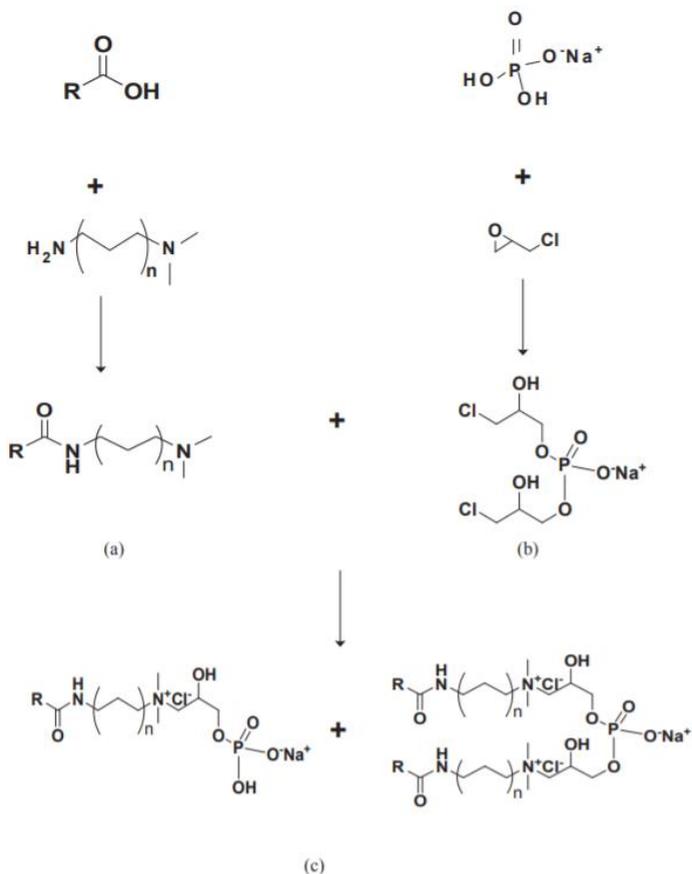
Surfaktan *zwitterionic* memiliki kemampuan untuk mengurangi sifat yang tidak diinginkan dari beberapa surfaktan, seperti iritasi kulit, dan kecenderungan untuk mengupas rambut dan kulit yang terlalu lembab sehingga baru baru ini banyak diteliti. Salah satunya yaitu terbuat dari sintesis minyak rapeseed dan asam rapeseed. SuMin Lee dkk (2018) telah melakukan penelitian mengenai biosurfaktan dari minyak rapeseed (LP(O)) dan biosurfaktan dari asam rapeseed (LP(A)) [3].

Untuk mendapatkan biosurfaktan dari minyak rapeseed dibuat zat perantara-1 LP(O) dan zat perantara-2 LP(O). Zat perantara-1 LP(O) ini terbentuk dari reaksi antara minyak rapeseed dengan *dimethylaminopropylamine* dengan bantuan katalis. Sedangkan zat perantara-2 LP(O) dibentuk dari reaksi antara epiklorohidrin dengan monosodium fosfat dengan bantuan fosfat. Sintesis antara zat perantara-1 LP(O) dengan zat perantara 2 LP(O) inilah diperoleh biosurfakran LP(O). Mengganti bahan dasar pada proses sintesis diatas menjadi asam rapeseed maka akan diperoleh biosurfakan

LP(A). Berikut adalah skema sintesis biosurfaktan LP(O) dan LP(A) [3].



Gambar 3.1. Proses sintesis biosurfaktan LP(O) di mana minyak nabati sesuai dengan minyak rapeseed; (a) zat perantara-1, (b) zat perantara-2, (c) LP(O) [3].



Gambar 3.2. Proses sintesis biosurfaktan LP(A) di mana R sesuai dengan asam rapeseed; (a) zat perantara-1, (b) zat perantara-2, (c) LP(A) [3].

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa biosurfaktan LP(O) dan LP(A) memiliki sifat antarmuka yang sangat baik. Namun, biosurfaktan LP(O) memiliki sifat antarmuka yang

lebih baik daripada LP(A) seperti CMC rendah, tegangan permukaan dan antarmuka, dan stabilitas busa yang sangat baik. Pada uji toksisitas oral akut (LD50) menunjukkan bahwa kedua surfaktan LP sangat ringan dibandingkan dengan surfaktan nonionik dan anionik konvensional yang digunakan dalam formulasi deterjen seperti *polyoxyethylene lauryl ether* dan *dodecylbenzene sulfonic acid*. Biodegradabilitas utama LP(A) dan LP(O) telah ditemukan masing-masing 96,2% dan 99,3%, menunjukkan bahwa kedua surfaktan dapat diterima untuk aplikasi kosmetik dan deterjen. Tes iritasi kulit akut dan iritasi mata akut mengungkapkan bahwa baik surfaktan LP(A) dan LP (O) bersifat ringan. Namun, surfaktan LP(A) lebih mengiritasi daripada surfaktan LP(O) terutama karena asam lemak yang tersisa selama sintesis [3].

3.4. Biosurfaktan dari Sintesis Minyak Jagung

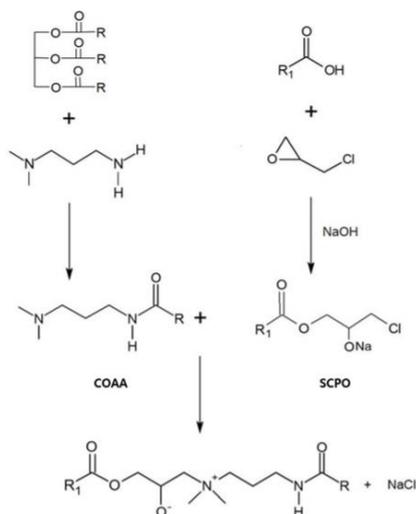
Minyak jagung merupakan tanaman minyak yang menarik karena komposisi dan karakteristiknya yang disukai, serta diproduksi dalam jumlah besar di dunia. Dapat diantisipasi bahwa efek produk kimia minyak jagung identik dengan produk yang dihasilkan dari minyak nabati lainnya. Minyak jagung dapat disintesis menjadi demulsifier baru

yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk pemisahan emulsi air-minyak. Saad, M. A. dkk (2020) telah melakukan penelitian mengenai produksi biosurfaktan yang disintesis dari minyak jagung dengan dietanolamin dengan bantuan katalis. Biosurfaktan ini semakin efisiensi sebagai demulsifier seiring dengan meningkatnya waktu pengendapan dan konsentrasi biosurfaktan yang digunakan. Kondisi optimum dipemisahan emulsi air-minyak yaitu sebanyak 97% dengan konsentrasi biosurfaktan sebesar 4000 ppm [4].

3.5. Biosurfaktan dari Sintesis Minyak Kelapa.

Biosurfaktan berbasis asam lemak merupakan salah satu kelas surfaktan ramah lingkungan yang memenuhi persyaratan biokompatibilitas, biodegradabilitas, tidak beracun dan ringan. Da Nan Yea dkk (2021) telah melakukan penelitian mengenai produksi biosurfaktan dari minyak kelapa. Biosurfaktan ini dihasilkan dari sintesis antara minyak kelapa amida amina (COAA) (*N*-(3-(*dimethylamino*) *propyl*) *dodecanamide*) dengan SCPO (*sodium 1-chloro-3-(dodecanoyloxy) propane-2-olate*). Untuk mendapatkan COAA, minyak kelapa dengan rantai alkil R berupa gugus lauril, gugus miristil, gugus palmitil,

gugus stearil, dan gugus oleil disintesis dengan *dimethylaminopropylamine* dengan bantuan katalis. Sedangkan untuk mendapatkan SCPO, terlebih dahulu asam lemak (asam laurat, asam palmitat dan asam stearat) direaksikan dengan *epichlorohydrin* dengan bantuan katalis sehingga dihasilkan 3-chloro-2-hydroxypropyl dodecanoate yang kemudian disintesis dengan NaOH sehingga dihasilkan SPCO. Dari hasil penelitian diperoleh tiga jenis biosurfaktan FEA berbasis asam lemak yang berbeda yaitu FEA-1, FEA-2, dan FEA-3 di mana bagian hidrofobik dari surfaktan FEA R1 dalam Skema 1 sesuai dengan gugus lauril di FEA-1, gugus setil di FEA-2 dan kelompok stearil di FEA-3 masing-masing [5].



Gambar 3.3. Proses sintesis surfaktan FEA di mana R₁ sesuai dengan gugus lauril di FEA-1, gugus setil di FEA-2 dan gugus stearil di FEA-3 masing-masing dan R sesuai dengan gugus *cocoyl* [5].

Biosurfaktan FEA yang disintesis menunjukkan bahwa ketiga surfaktan FEA memiliki sifat antarmuka yang sangat baik. Secara khusus, biosurfaktan FEA-3 telah ditemukan lebih efektif dalam mengurangi energi antarmuka daripada FEA-1 dan FEA-2 karena FEA-3 lebih hidrofobik. Untuk uji *soil removal*, biosurfaktan FEA-3 diukur menjadi 88,2%, menunjukkan bahwa FEA-3 menunjukkan detergeni yang lebih baik daripada surfaktan konvensional

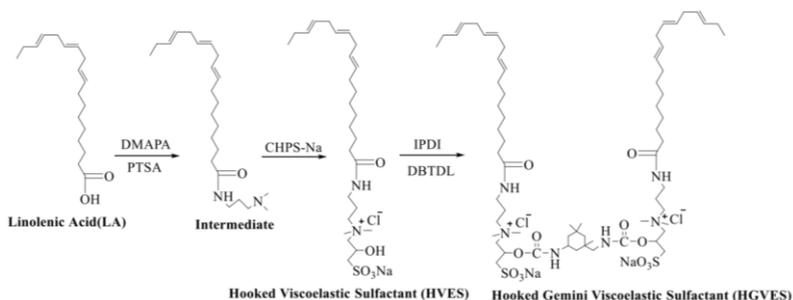
yang digunakan dalam produk deterjen. Uji kompatibilitas lingkungan seperti biodegradabilitas, toksisitas oral, dan iritasi kulit/mata telah mengungkapkan bahwa FEA-3 mudah terurai secara hayati, tidak beracun, tidak menyebabkan iritasi dan ringan, menunjukkan bahwa surfaktan FEA-3 dapat digunakan dalam formulasi produk deterjen sejak FEA-3 memiliki sifat antarmuka yang unggul dan keramahan lingkungan yang sangat baik [5].

3.6. Biosurfaktan Viskoelastik Gemini dari Sintesis Minyak Linolenat

Surfaktan viskoelastik biasanya meliputi surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan amfoter betaine dan surfaktan non-ionik yang biasanya terdiri dari rantai kepala hidrofilik dan rantai ekor hidrofobik. Tidak seperti surfaktan viskoelastik rantai tunggal tradisional, surfaktan gemini dihubungkan oleh kelompok penghubung dan memiliki dua kelompok rantai hidrofilik dan hidrofobik. Surfaktan gemini juga memiliki aktivitas permukaan yang lebih tinggi dibandingkan surfaktan viskoelastik rantai tunggal, yang dapat mengurangi konsentrasi penggunaan [5].

Chen Wang dkk (2021) telah melakukan penelitian mengenai *Hooked Gemini Viscoelastic Surfactant*

(HGVES). HGVES disintesis melalui reaksi asam linolenat dengan 3-(Dimethylamino)-1-propylamine (DMAPA), 3-Chloro-2-hydroxy-propanesulfonic acid sodium salt (CHPS-Na), dan isophorone diisocyanate (IPDI). Sifat HGEVS kemudian dengan gemini viscoelastic surfactant (GVES) [3].



Gambar 3.4. Sintesis HGVES [6].

Nilai CMC HGVES lebih rendah dibandingkan dengan GVES, yang sebagian besar disebabkan karena HGVES memiliki ikatan rangkap tak jenuh sedangkan GVES tidak. Tegangan permukaan HGVES sedikit lebih rendah daripada GVES. Dikombinasikan dengan CMC, HGVES memiliki aktivitas permukaan yang lebih baik daripada GVES. HGVES memiliki suhu yang lebih baik dan viskositas yang lebih tinggi dalam kondisi asam. Hal ini dikarenakan banyaknya gugus sulfonat pada sistem HGVES dan

hidrofobitasnya pada kondisi asam lebih baik daripada pada kondisi basa, dimana benang misel lebih mudah terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HGVES 2% berat memiliki karakteristik viskositas yang lebih baik pada pH 4 [6].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwaningtyas, E. F. dan Pramudono, B.; 2009; Pembuatan Surfaktan Polyoxyethylene Dari Minyak Sawit: Pengaruh Rasio Mono-Digliserida dan *Polyethylen Glykol*; Jurnal Reaktor Vol. 12 No. 3; 175-182.
- [2] Holmiere, S. et al.; 2017; *Esters of Oligo-(Glycerol Carbonate-Glycerol): New Biobased Oligomeric Surfactants*; *Journal of Colloid and Interface Science* 487; 1-8.
- [3] Lee, S. M. et al.; 2018; *Synthesis of Environment Friendly Biosurfactants and Characterization of Interfacial Properties for Cosmetic and Household Products Formulations*; *Colloids and Surfaces A* 536; 1-10.
- [4] Saad, M. A. et al.; 2020; *Eco-Friendly Surfactant to Demulsification Water in Oil Emulsion: Synthesis,*

Characterization and Application; Chemical Data Collections 30; 1-8.

- [5] *Yea, D.N. et al.; 2021; Synthesis of Eco-Friendly Fatty Acid Based Zwitterionic Biosurfactants from Coconut Oil Sources and Characterization of Their Interfacial Properties. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 97. 1-12.*
- [6] *Chen Wang et al.; 2021; Hooked Gemini Viscoelastic Surfactant Based on Linolenic Oil for Oil Recovery and Its Various Gel-Breaking Mechanisms; Journal of Petroleum Science and Engineering 204; 1-11.*

BAB IV

TEKNOLOGI PRODUKSI BIOSURFAKTAN

4.1. Biosurfaktan dari Mikroorganisme

4.1.1. Biosurfaktan dari *Bacillus Licheniformis* L20

1. Isolasi *Bacillus licheniformis* L20 dari tanah pada cawan agar [1].
2. Membuat kaldu kultur dan trace element [1]:
 - a. Kaldu kultur (g/L): Sumber karbon berupa glukosa, Sukrosa, Laktosa (10,00); NH_4NO_3 (3,00); KH_2PO_4 (5,00); K_2HPO_4 , (2,00); NaCl (10,00); $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,20); $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,01); CaCl_2 (0,01).
 - b. 1 mL/L *Trace element* (g/L): EDTA-2Na (15,00); $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (16,00); $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,30); $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (4,50); $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, (0,20); $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0,70); $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,40); H_3BO_3 (1,00).
3. Produksi Biosurfaktan: Koloni *Bacillus licheniformis* L20 pada cawan agar diinokulasi ke dalam 100 mL media *Lactose Broth* (LB) dalam labu 250 ml dalam inkubator bergoyang pada suhu

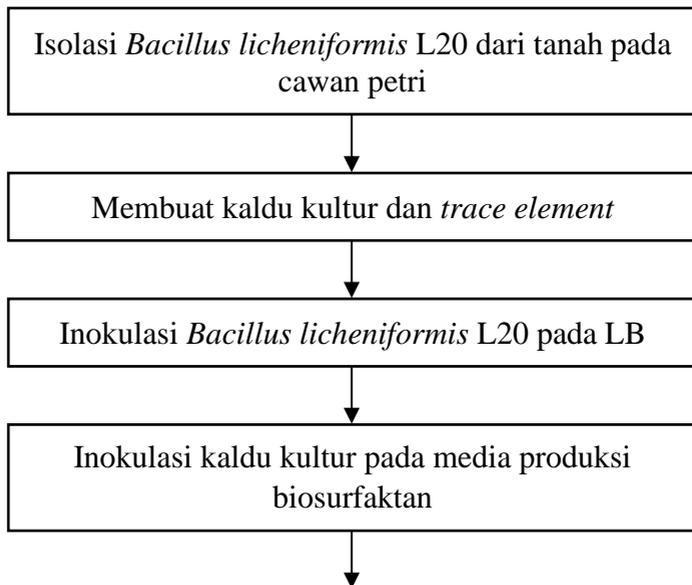
37°C dan 120 rpm selama 12 jam. Kaldu kultur diinokulasi ke dalam media produksi biosurfaktan 1 L dalam labu 3 L dan dikultur dalam inkubator bergoyang pada 37°C dan 120 rpm selama 7 hari. Pertumbuhan strain dan produksi biosurfaktan oleh *Bacillus licheniformis* L20 dievaluasi menggunakan media produksi biosurfaktan dengan karbon yang berbeda (Glukosa, Sukrosa, Laktosa). Sampel diambil pada waktu-waktu tertentu dalam proses kultur untuk mengetahui kepadatan sel dan hasil biosurfaktan. Kepadatan sel diukur dengan menggunakan OD600 (UV-4802, Unico, US), dan tegangan permukaan (SFT) dan aktivitas pengemulsi diukur dengan supernatant [1].

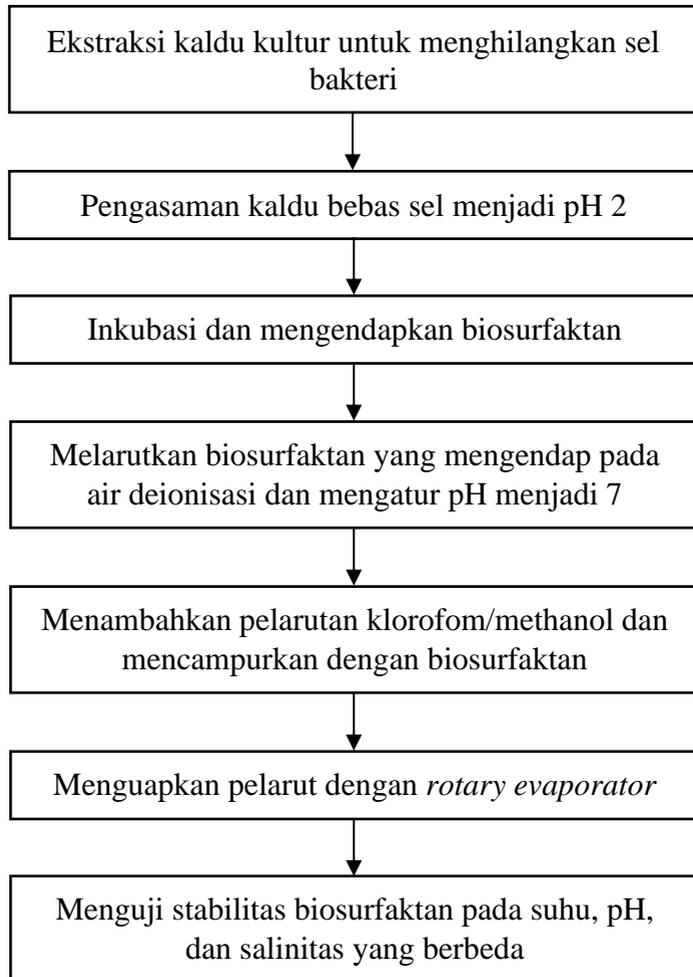
4. Ekstraksi biosurfaktan dan pengendapan asam: Untuk menghilangkan sel, kaldu kultur diekstraksi pada 8000 rpm selama 10 menit di bawah 20°C. Kemudian kaldu kultur sel bebas yang mengandung biosurfaktan kemudian diasamkan hingga pH 2,0 menggunakan larutan HCl 6 M. Setelah diinkubasi pada suhu 4°C selama 16 jam, larutan ini disentrifugasi pada kecepatan 8000 rpm

selama 20 menit pada suhu 20°C untuk mendapatkan kembali biosurfaktan yang diendapkan. Biosurfaktan yang diendapkan dilarutkan dalam air deionisasi dan pH diatur menjadi 7,0 menggunakan larutan NaOH 1 M. Kemudian larutan campuran kloroform/metanol (v:v = 2:1) ditambahkan ke dalam biosurfaktan kasar, sampai rasio kloroform/metanol/air adalah 8:4:3. Setelah tercampur sempurna, lapisan organik dikumpulkan dan pelarut ini diuapkan dalam rotary evaporator pada 40°C. Padatan yang diuapkan dikeringkan dalam oven 60°C hingga diperoleh serbuk berwarna kuning muda [1].

5. Penentuan stabilitas: Untuk menguji stabilitas biosurfaktan ini, beberapa variabel lingkungan seperti suhu, pH, dan salinitas diselidiki. Untuk kestabilan suhu, campuran supernatan/minyak diinkubasi pada suhu 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, dan 85°C selama 120 jam, kemudian dihitung ketinggian lapisan emulsi dan indeks emulsifitasnya. Untuk kestabilan pH, pH supernatan sel bebas diatur menjadi 1, 2, 3, 4, 5, 6,

7, 8, 9, 10, 11, dan 12 dengan penambahan larutan HCl 2 M atau NaOH 2 M, kemudian dihitung indeks emulsifitasnya setelah menginkubasi campuran supernatan/minyak pada suhu 45°C selama 120 jam. Untuk stabilitas salinitas, supernatan disuplementasi dengan konsentrasi NaCl dan CaCl₂ yang berbeda (2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; dan 25 wt%), kemudian dihitung indeks emulsifitasnya setelah diinkubasi campuran supernatan/minyak pada suhu 45°C, selama 120 jam [1].





Gambar 4.1. Diagram alir produksi biosurfaktan dari *Bacillus licheniformis* L20

4.1.2. Biosurfaktan dari *Kurtia Gibsonii* KH2

1. Isolasi kemungkinan bakteri pendegradasi warna dan *strain* penghasil biosurfaktan dari limbah cair tekstil dengan teknik pengayakan [2].
2. Membuat media *Nutrient Broth* (NB) dan kaldu gliserol LB [2]:
 - a. *Nutrient Broth* (NB) (g/L): Pepton (10,00); ekstrak ragi (3,00); dan Natrium Klorida (NaCl) (5,00).
 - b. Kaldu gliserol LB: Tripton (1,00 g); ekstrak ragi (0,50 g), NaCl (0,05 g), gliserol (15,00 g); dan air deionasi (100 mL).
3. Identifikasi *strain* KH2: Limbah cair tekstil (22,5 mL) dipindahkan secara aseptik ke dalam serangkaian labu Erlenmeyer 250 mL yang berisi media NB 2,5 mL diikuti dengan inkubasi pada 40°C, 150 rpm selama 24 jam. Kultur pengayaan diencerkan secara serial (pengenceran bertingkat) hingga 10^{-7} dan alikuot dari setiap pengenceran disebarkan pada media nutrient agar (NA) yang dilengkapi dengan 100 mg/L pewarna dan diinkubasi pada suhu 40°C selama 24 jam dalam

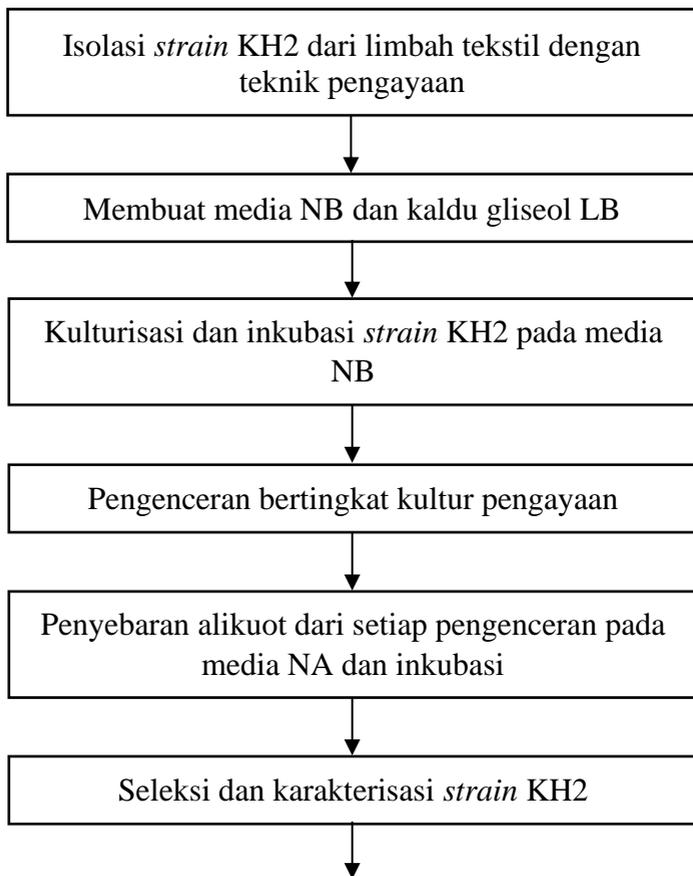
inkubator. Setelah 24 jam inkubasi, koloni yang menonjol diseleksi dan dikarakterisasi dengan morfologi koloni dan pewarnaan gram. Strain bernama KH2 dipertahankan dalam kaldu gliserol LB pada suhu 80°C. Analisis urutan 16S rRNA dilakukan untuk mengidentifikasi strain KH2 [2].

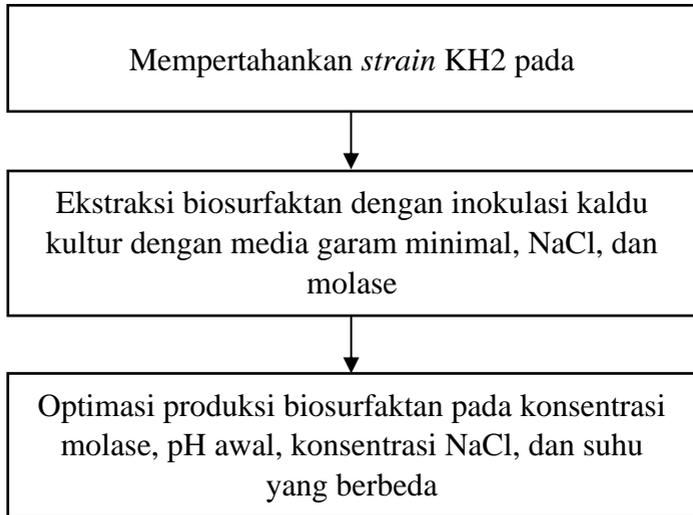
4. Optimalisasi produksi biosurfaktan: Untuk meningkatkan hasil produksi biosurfaktan, empat parameter termasuk konsentrasi sumber karbon, pH awal, konsentrasi NaCl, dan suhu diselidiki. Untuk fermentasi produksi biosurfaktan, komposisi media garam minimal yang digunakan adalah sebagai berikut: 3 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,5 g/L K_2HPO_4 , 0,5 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan 0,1 g/L KCl. Strain dikultur pada konsentrasi yang berbeda dari 1, 3, 5, 7, dan 10% (b/v) molase. Untuk menentukan pengaruh pH awal, nilai pH 2, 4, 7, 10, dan 12 disesuaikan menggunakan 1M HCl atau 1M NaOH. Suhu 30°C, 40°C, 50°C, dan 60°C digunakan untuk menganalisis pengaruh berbagai suhu dan pengaruh perbedaan konsentrasi NaCl terhadap produksi biosurfaktan diukur pada 2%,

5%, 7%, 10 %, dan 12% (b/v). Nilai E24 untuk setiap efek ditentukan untuk semua percobaan. Kultur dipertahankan pada 150 rpm selama 5 hari [2].

5. Penerapan *strain* KH2 dalam biodekolorisasi: *Strain* KH2 ditumbuhkan dalam media NB pada suhu 40°C selama 24 jam dalam kondisi pengocokan (150 rpm). Setelah 24 jam, 4 mL sel yang tumbuh dipindahkan secara aseptik ke dalam botol universal 40 mL yang berisi 36 mL air limbah tekstil dan diinkubasi pada suhu 40°C dalam kondisi statis. Pengujian penghilangan warna dilakukan pada konsentrasi awal yang berbeda dari air limbah tekstil (10%, 30%, 50%, 70% dan 100% (v/v)) pada beberapa interval waktu (6, 15, 24, 48, 72, 96, 120, 144 dan 168 jam) dengan pH berkisar antara 6 sampai 9. Limbah tekstil yang tidak mengandung bakteri (abiotik) digunakan sebagai kontrol. Setelah setiap 20 menit inkubasi, biomassa yang dihasilkan disentrifugasi pada 10.000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan supernatan dan pellet.

Karakteristik warna sebelum dan sesudah percobaan ditentukan dengan menggunakan supernatan berdasarkan Metode Weighted Ordinated dari American Dye Manufacturer Institute (ADMI) [2].





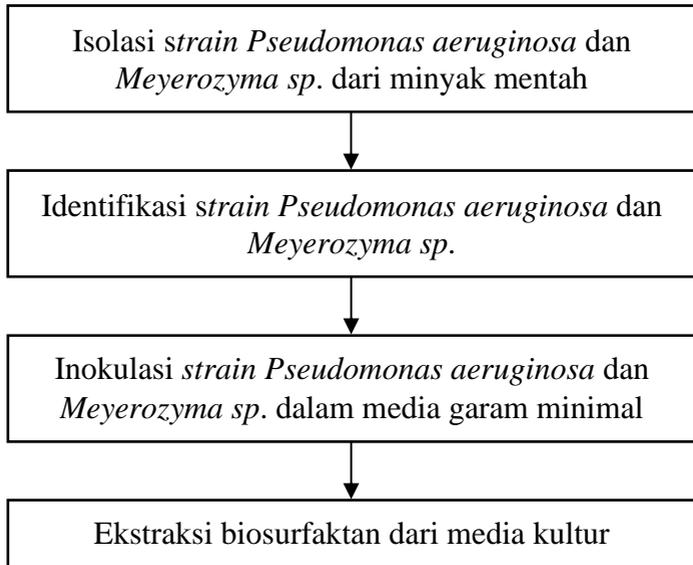
Gambar 4.2. Diagram alir produksi biosurfaktan dari *Kurtia Gibsonii* KH2

4.1.3. Biosurfaktan dari *Pseudomonas Aeruginosa* dan *Meyerozyma Sp.*

1. Produksi Biosurfaktan: Strain *Pseudomonas aeruginosa* dan *Meyerozyma sp.* sebelumnya diisolasi dari minyak mentah. Identifikasi molekuler dari strain ini dilakukan oleh 16 S dan 5.8 S rRNA *sequencing*. Strain diinokulasi secara terpisah dalam media garam minimal (MSM) sebagai berikut : 10 g/L K_2HPO_4 , 5 g/L NaH_2PO_4 ,

2 g/L NaNO₃, 0,2 g/L MgSO₄.7H₂O, 0,01 g/L CaCl₂.2H₂O, 0,08 g/L FeSO₄.7H₂O ditambah minyak mentah 1% (v/v) pada pH 7 dan diinkubasi dalam *orbital shaker* pada suhu 37°C dan 150 rpm selama 72–96 jam. Setelah inkubasi, senyawa aktif permukaan (SACs) diekstraksi dari media kultur mengikuti metode yang dilaporkan oleh Sajna dkk (2015). Biosurfaktan yang telah dimurnikan kemudian dilakukan analisis kimia [3].

2. Biodegradasi minyak mentah oleh bakteri: Kultur benih *Pseudomonas aeruginosa* dan *Meyerozyma sp.* diinokulasi pada konsentrasi 1% v/v dalam labu erlenmeyer 250 mL yang berisi 100 mL MSM steril dengan 1% minyak mentah sebagai satu-satunya sumber karbon. Labu yang tidak diinokulasi disiapkan sebagai kontrol. Minyak mentah terlebih dahulu diautoklaf sebelum proses degradasi. Semua labu diinkubasi pada suhu 37°C dan 150 rpm selama 21 hari. Sampel ditarik pada hari ke 7, 14 dan 21 untuk estimasi laju biodegradasi melalui pengujian [3].



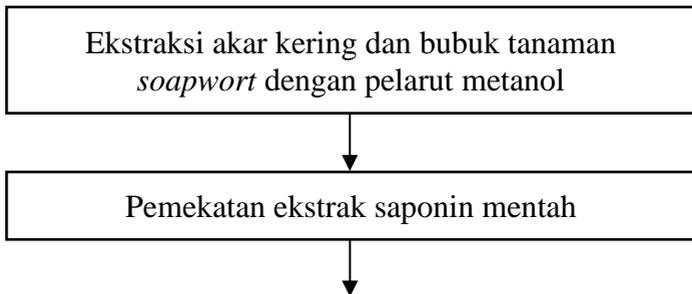
Gambar 4.3. Diagram alir produksi biosurfaktan dari *Pseudomonas aeruginosa* dan *Meyerozyma sp.*

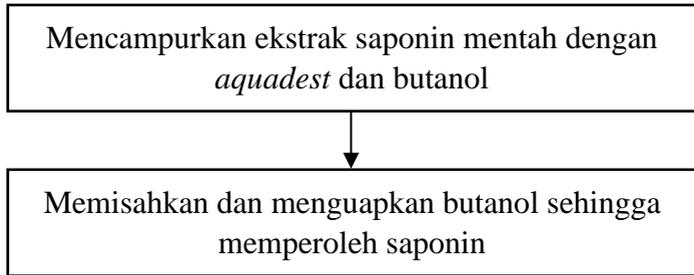
4.2. Biosurfaktan dari Karbohidrat

4.2.1. Biosurfaktan dari Ektstrak Tanaman *Soapwort*

1. Ekstraksi saponin: 300 g akar kering dan bubuk tanaman *soapwort* diekstraksi dengan melarut metanol 80% menggunakan gelombang ultrasonik ultrasonik 70 kHz pada suhu 25°C selama satu jam. Larutan bening bagian atas kemudian dipekatkan dengan evaporator berputar [4].

2. Pemurnian saponin: Ekstrak saponin mentah yang diperoleh dari langkah sebelumnya dicampur dengan 50 ml *aquadest* dan dituangkan ke dalam corong pisah. 2,5 ml butanol jenuh dari air ditambahkan dan dicampur dengan baik. Lapisan bawah berupa air dicampur dengan volume awal butanol dan lapisan butanol dipisahkan dan disimpan kembali. Proses pemisahan ini dilakukan tiga kali dan tiga fase butanol dicampur dan diuapkan *dengan rotary vacuum evaporator* pada 55°C sehingga diperoleh saponin murni [4].





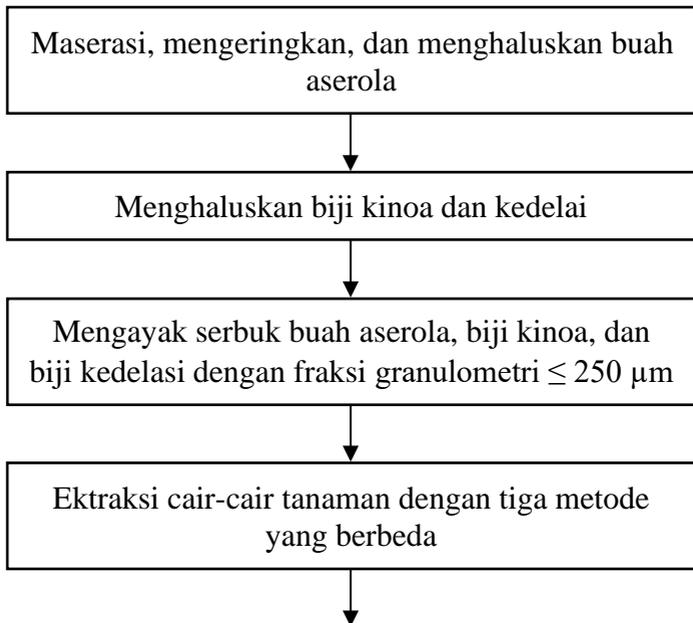
Gambar 4.4. Diagram alir produksi biosurfaktan dari tanaman *soapwort*

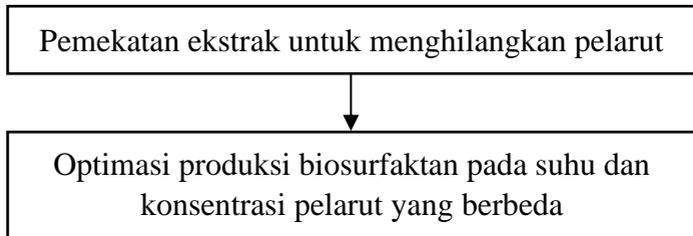
4.2.2. Biosurfaktan dari Biji *Chenopodium Quinoa* (Kinoa), *Glycine Max* (Kedelai), dan Buah *Malphiguia Emarginata* (Aserola)

1. Persiapan bahan tanaman: Buah aserola dimaserasi dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 48 jam. Daging buah yang sudah kering kemudian dihaluskan menggunakan alat penghancur sehingga berwujud tepung. Biji kinoa dan kedelai juga dihaluskan sebelum proses ekstraksi. Serbuk yang dihasilkan diayak dalam ayakan vertikal untuk mendapatkan fraksi dengan granulometri $\leq 250 \mu\text{m}$ [5].
2. Ekstraksi biosurfaktan: Dilakukan tiga proses ekstraksi cair-cair proses produksi untuk memilih

metode yang tepat untuk mendapatkan ekstrak kaya biosurfaktan. Proses ekstraksi yang pertama dilakukan dengan merebus air. Kemudian bahan tanaman dihomogenkan dalam air dengan perbandingan 1:10 (b/v) dan direbus selama 4 jam. Ekstrak air disaring dan diliofilisasi. Pada proses ekstraksi yang kedua, ekstraksi hidroalkohol statis dilakukan dengan etanol 80% dalam bahan tanaman: rasio pelarut 1:3 (b/v). Campuran dibiarkan berdiri pada suhu kamar selama 16 jam dan kemudian disaring, dipekatkan, dan diliofilisasi. Yang ketiga yaitu ekstraksi hidroalkohol lain yang dilakukan dengan agitasi, menggunakan etanol 50% dan dibantu oleh ultrasound, dalam bahan tanaman: rasio pelarut 1:5 (b/v). Campuran kemudian diaduk dalam pengocok orbital (24 jam, 50°C, dan 180 rpm) dan campuran diultrasound selama 30 menit, disentrifugasi selama 10 menit pada 4.500 rpm, dan disaring. Ekstrak dipekatkan untuk menguapkan pelarut dan bagian berairnya diliofilisasi [5].

3. Optimalisasi produksi biosurfaktan : Ekstraksi dilakukan untuk menyelidiki bagaimana pengaruh faktor suhu dan konsentrasi pelarut dalam memperoleh ekstrak kaya biosurfaktan. Oleh karena itu, rancangan percobaan dilakukan pada suhu 40 °C, 45 °C, dan 50°C dan pada konsentrasi pelarut 50%, 60%, dan 70% [5].





Gambar 4.5. Diagram alir produksi biosurfaktan dari dari Biji *Chenopodium Quinoa* (Kinoa), *Glycine Max* (Kedelai), dan Buah *Malphiguia Emarginata* (Aserola)

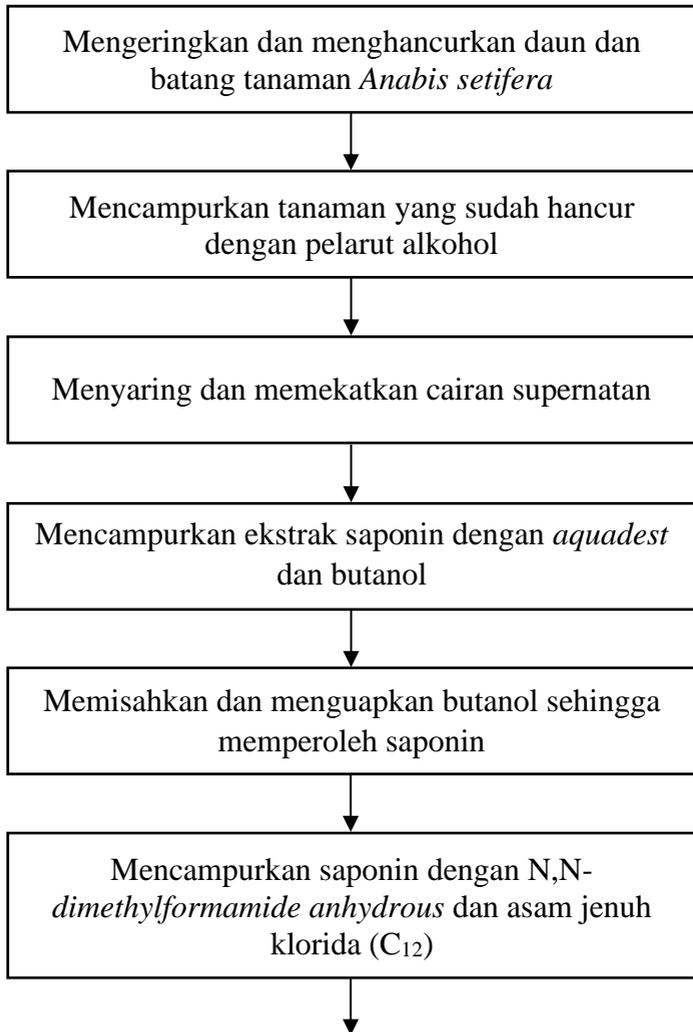
4.2.3. Biosurfaktan dari Ektstrak Tanaman *Anabasis Setifera*

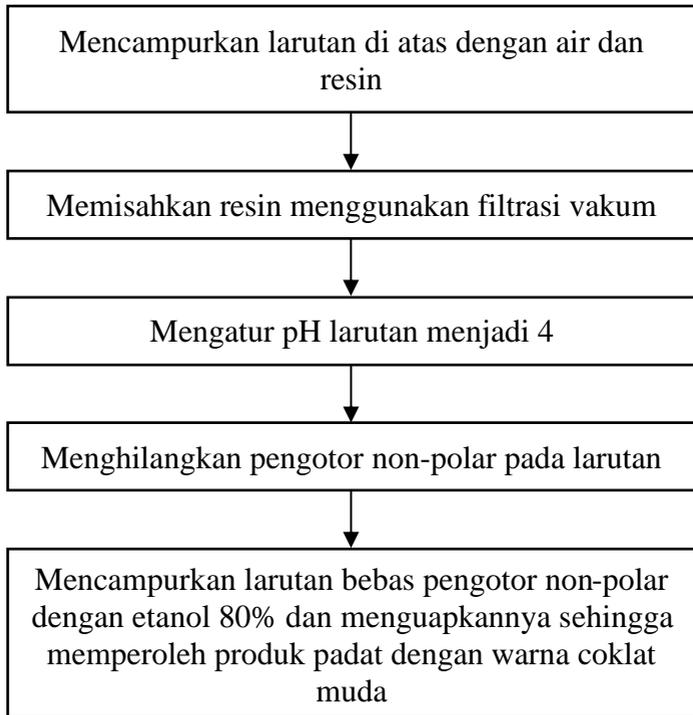
1. Ekstraksi saponin: 400 g daun dan batang tanaman *Anabis setifera* dikeringkan di tempat teduh dan pada suhu kamar setelah dibersihkan. Kemudian tanaman dihancurkan dan dicampur dengan pelarut alkohol 80%. Cairan supernatan yang terbentuk disaring dan dipekatkan menggunakan distilasi vakum pada suhu 50°C selama 24 jam. Kemudian dilakukan pemisahan ekstrak saponin sebanyak tiga kali dengan dilarutkan pada air dan ditambahkan butanol. Ketiga fase butanol dicampur menjadi satu kemudian diuapkan dalam

ruang hampa pada suhu 55°C dan dibuat saponin murni [6].

2. Sintesis biosurfaktan: 360 mg saponin yang diekstraksi dari tanaman *Anabasis setifera* dilarutkan dalam 10 cm³ N,N-dimethylformamide anhydrous dalam labu bulat 50 cm³. Asam lemak jenuh asil klorida (C₁₂) ditambahkan dengan rasio 1:1 dengan saponin dan dua kali lebih banyak asam lemak dan kalium karbonat pada larutan yang dihasilkan. Selanjutnya, campuran diaduk selama 4 jam pada suhu kamar dan dicampur dengan 10 cm³ air dan 30 g resin berpori AB-8. Setelah 1 jam, resin dikumpulkan dengan filtrasi vakum dan dicuci dengan air beberapa kali. Produk dielusi pada resin setelah dicuci beberapa kali dengan etanol. Larutan dievakuasi dan pH-nya diatur menjadi 4 dengan HCl. Fasa berair dicuci beberapa kali dengan campuran heksana dan etil asetat untuk menghilangkan pengotor non-polar kemudian dikeringkan. Produk yang diperoleh pada tahap ini dicampur dengan etanol, kemudian fasa etanol-basa diuapkan dengan

panas. Produk padat akhirnya diperoleh dengan warna coklat sangat muda [6].





Gambar 4.6. Diagram alir produksi biosurfaktan dari tanaman *Anabis setifera*

4.2.4. Biosurfaktan Sintesis 1-Octadecyl 5-Betainylamino-5-Deoxy-B-D-Fructopyranoside Hydrochloride

Sintesis biosurfaktan ini terdiri dari beberapa reaksi yaitu:

1. Reaksi pembentukan 1-*Octadecyl* β -D-*fructopyranoside* (2): Pada suspensi D-fruktosa (12 g; 66,6 mmol) dalam THF kering (100 mL) ditambahkan 1-oktadekanol (27,03 g). FeCl_3 (32,44 g) kemudian ditambahkan dalam jumlah kecil setelah larutan didinginkan hingga 0°C . Campuran diaduk pada suhu kamar selama 6 jam di bawah N_2 diikuti dengan penambahan piridin kering (200 mL) pada 0°C . Setelah diaduk selama 15 menit pada suhu kamar, Ac_2O (88 mL) dimasukkan ke dalam campuran reaksi pada 0°C . Pelarut yang dihasilkan diatur pada suhu kamar di bawah pengadukan kuat semalaman sebelum diencerkan dengan CH_2Cl_2 , dicuci dengan 5% cairan HCl (sampai berubah warna) dan air (sampai pH netral), berturut-turut. Pemurnian residu menghasilkan *octadecyl* β -D-*fructopyranoside* perasetilasi (12,10 g; 30%) sebagai padatan putih. Ke dalam larutan senyawa ini, dalam MeOH (120 mL) dan CHCl_3 (120 mL) ditambahkan Et_3N (20 mL) dan air (20 mL). Setelah diaduk selama 17 jam pada suhu 35°C ,

pelarut dihilangkan pada kondisi vakum dan diresidu. Hasilnya *octadecyl β-D-fructopyranoside* yang tidak terlindungi (6,42 g, yield 99%) sebagai padatan putih [7].

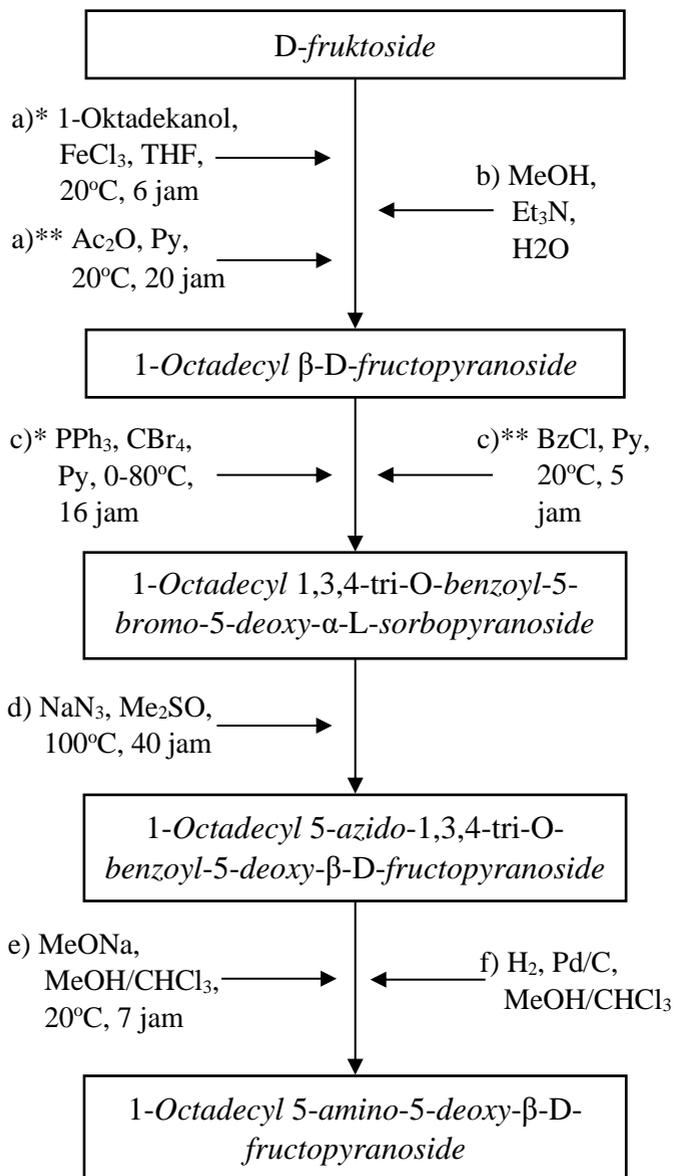
2. *1-Octadecyl 1,3,4-tri-O-benzoyl-5-bromo-5-deoxy-α-L-sorbopyranoside (3)*: Ke dalam larutan **2** (2 g) dalam piridin kering (70 mL) yang didinginkan hingga 0°C ditambahkan berturut-turut dalam beberapa bagian PPh₃ (4,36 g) dan CBr₄ (5,83 g). Setelah diaduk pada suhu 80°C selama 16 jam, campuran reaksi didinginkan sampai suhu kamar dan kelebihan reagen dihancurkan dengan menambahkan MeOH (20 mL). Pelarut dihilangkan di bawah tekanan yang berkurang dan benzoilasi produk dilakukan di tempat. Ke residu ditambahkan perlahan-lahan pada 0°C piridin kering (50 mL) dan benzoil klorida (3,22 mL). Larutan yang dihasilkan dipertahankan pada suhu kamar selama 5 jam dan dituang ke dalam air es (50 mL) sebelum ditambahkan CH₂Cl₂ (3x50 mL). Produk kasar dimurnikan sehingga didapatkan turunan α-L-

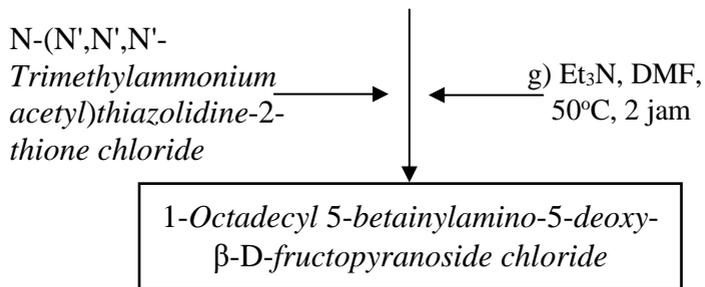
sorbopyranoside **3** (3,09 g; 83%) dalam bentuk minyak tidak berwarna [7].

3. *1-Octadecyl 5-azido-1,3,4-tri-O-benzoyl-5-deoxy-β-D-fructopyranoside* (**4**): Di bawah N₂, natrium azida (NaN₃) (2,96 g; 45,6 mmol) ditambahkan ke dalam larutan **3** yang diaduk (3,07 g) dalam Me₂SO kering (40 mL). Campuran reaksi diaduk selama 43 jam pada 100°C. Setelah didinginkan sampai suhu kamar, pelarut dituangkan ke dalam EtOAc (300 mL) dan dicuci dengan air (3x300 mL). Produk kasar dimurnikan sehingga mendapatkan produk yang diinginkan (**4**) (2,64 g, 90%) sebagai minyak tidak berwarna [7].
4. *1-Octadecyl 5-amino-5-deoxy-β-D-fructopyranoside* (**5**): Ke dalam larutan **4** (2,6 g, 3,4 mmol), dalam MeOH kering (40 mL) dan CHCl₃ kering (10 mL) ditambahkan larutan MeONa 0,3 M dalam MeOH (5 mL). Campuran diaduk selama 7 jam pada suhu kamar, dinetralkan dengan resin asam (Amberlite IR 120), disaring, dan dipekatkan. Produk kasar dimurnikan untuk menghasilkan senyawa azido tak terlindung (1,32

g; 85%) berwujud bubuk putih. Suatu larutan senyawa ini (1,15 g; 2,5 mmol) dalam campuran MeOH (30 mL) dan CHCl₃ (30 mL) diaduk dengan adanya 10% Pd/C (400 mg) dan di bawah atmosfer gas hidrogen pada suhu kamar selama 24 jam. Katalis dihilangkan dengan penyaringan, dan filtrat dipekatkan sampai kering di bawah tekanan yang berkurang. Produk kasar dimurnikan sehingga menghasilkan turunan 5- *aminodeoxy-fructopyranoside* 5 (1,01 g; *yield* 94%) yang berwujud bubuk putih [7].

5. 1-Octadecyl 5-betainylamino-5-deoxy-β-D-fructopyranoside chloride (**1**): N-(N',N',N'-Trimethylammonium acetyl)thiazolidine-2-thione chloride (**6**) (700 mg) dan Et₃N (277 μL) ditambahkan ke dalam larutan 5-amino-D-fruktoside (**5**) (850 mg) dalam DMF kering di bawah N₂. Campuran reaksi diaduk pada 50°C selama 2 jam. Kemudian pelarut dihilangkan untuk menghasilkan campuran (**1**) (739 mg, *yield* 66%) dalam bentuk padatan putih [7].



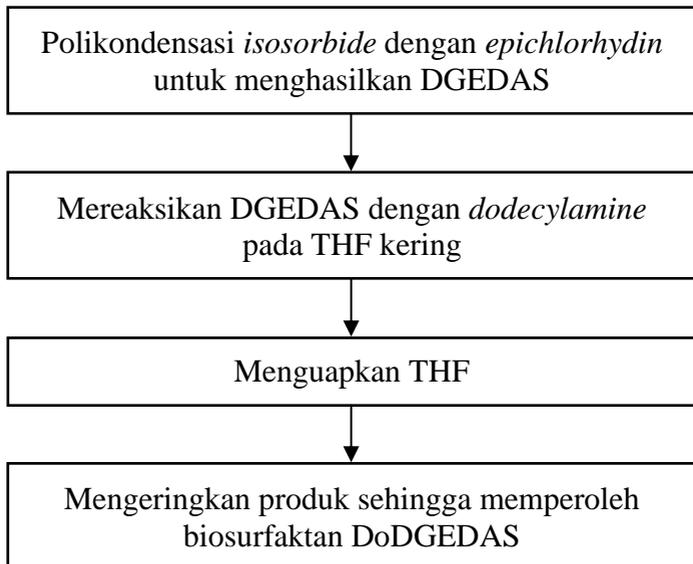


Gambar 4.7. Diagram alir produksi biosurfaktan 1-Octadecyl 5-Betainylamino-5-Deoxy-B-D-Fructopyranoside Hydrochloride

4.2.5. Biosurfaktan dari Sintesis *Isosorbide*

1. Bahan: *Diglycidyl ether* dari 1,4:3,6-dianhidro-D-sorbitol (DGEDAS, *equivalent epoxy weight* (EEW) = 252 g/mol) yang disintesis seperti pada bab 2; Tetrahydrofuran (THF, 98%) yang dikeringkan di atas aluminium oksida dasar (98%); *Dodecylamine* (DA, 98%) [8].
2. Sintesis DoDGEDAS: Stoikiometri DA sehubungan dengan DGEDAS adalah 20 mol% sesuai dengan 10 mol% sehubungan dengan gugus epoksi DGEDAS. Campuran DGEDAS (5 g, 20 mmol gugus epoksi) dan DA (0,37 g, 2 mmol) dalam 50 mL THF kering dipanaskan pada 100°C

selama dua jam. Jalannya reaksi diikuti dengan kromatografi lapis tipis (KLT) di atas silika gel menggunakan eluen kloroform-metanol (20/80) dan pewarnaan pelat KLT dengan larutan ninhidrin (0,5%) dalam butan-1-ol/asam asetat (99/1) campuran. THF diuapkan dan produk dikeringkan di bawah vakum pada 50°C. DoDGEDAS dipulihkan sebagai cairan kental kuning [8].



Gambar 4.8. Diagram alir produksi biosurfaktan DoDGEDAS

4.2.6. Biosurfaktan dari Sintesis Gula-Asam Amino

Reaksi *Koenigs-Knorr* digunakan untuk mensintesis beta anomerik dari *tetradecyl glucopyranoside*, sebagai berikut:

1. 1,2,3,4,6-Penta-O-*acetyl*- β -D-*glucopyranose* (**I**): D-Glukosa (28 mmol) dan natrium asetat anhidrat (48,8 mmol) ditambahkan ke anhidrida asetat (260 mmol). Campuran dipanaskan pada 100°C di bawah pengadukan magnetik selama 2 jam, setelah mendapatkan larutan yang jernih campuran reaksi didinginkan sampai suhu lingkungan. Larutan didinginkan dengan dituangkan ke dalam air es (250 mL) dengan pengadukan kuat untuk mengendapkan. Pengendapan dicuci dengan air dan direkristalisasi dari metanol untuk menghasilkan 1,2,3,4,6-penta-O-*acetyl*- β -D-*glucopyranose* (**I**) sebagai kristal putih (9,39 g; *yield* 86%) [9].
2. 2,3,4,6-Tetra-O-*acetyl*- α -D-*glucopyranosyl bromide* (**II**): Senyawa **I** (24 mmol) dilarutkan dalam 25 mL diklorometana (DCM) dan larutan didinginkan hingga 0°C. Larutan HBr (33%)

dalam asam asetat glasial (25 mL) ditambahkan ke dalam larutan yang didinginkan dan campuran reaksi dipanaskan sampai suhu sekitar dengan pengadukan magnetis. Kemudian campuran didinginkan dengan air es (50 mL), diekstraksi dengan DCM (2×60 mL), dicuci dengan larutan jenuh NaHCO₃ (2×50 mL), dikeringkan di atas natrium sulfat, disaring dan dipekatkan pada kondisi vakum. Produk kemudian direkristalisasi untuk mendapatkan senyawa (II) berupa jarum putih (8,98 g; *yield* 91%) [9].

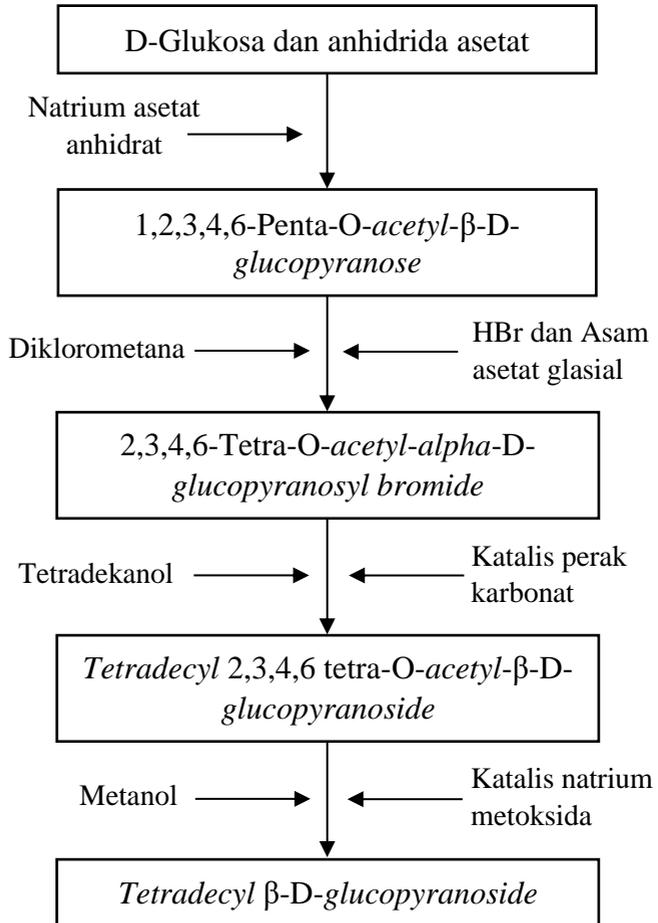
3. *Tetradecyl 2,3,4,6 tetra-O-acetyl-β-D-glucopyranoside (III): Tetradecil 2,3,4,6 tetra-O-acetyl-α-D-glucopyranoside* disintesis melalui reaksi senyawa (II) dengan tetradekanol dengan katalis perak karbonat. Tetradekanol (20 mmol) dan CH₂Cl₂ kering ditambahkan ke bejana larutan senyawa (II) (10 mmol). Satu gram katalis perak karbonat ditambahkan ke dalam campuran. Reaksi dibiarkan berlangsung semalaman di bawah pengadukan pada kondisi ambien. Kemudian suspensi disaring dan dipekatkan.

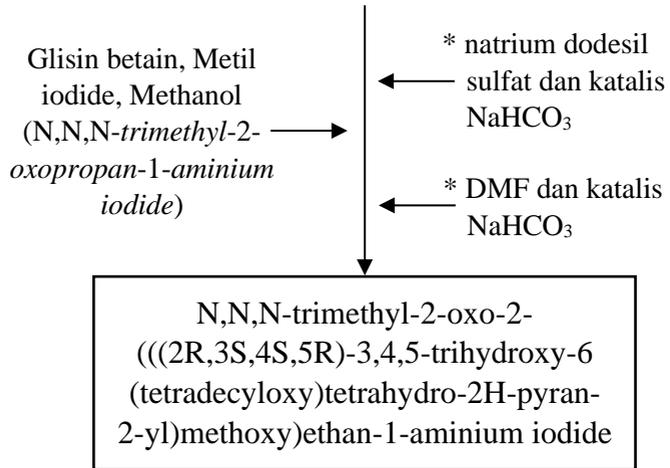
Produk kemudian dimurnikan untuk memperoleh senyawa (**III**) (2,34 g; *yield* 43%) [9].

4. *Tetradecyl β-D-glucopyranoside* (**IV**, surfaktan non-ionik): Untuk menghasilkan senyawa (**IV**) deasetilasi dilakukan dengan mereaksikan senyawa (**III**) (4 mmol) dalam metanol dengan katalis natrium metoksida. Residu reaksi deasetilasi dinetralkan, kemudian dimurnikan untuk mendapatkan *tetradecyl β-D-glucopyranoside* sebagai surfaktan non-ionik berbasis alam (1,09 g; *yield* 73%) [9].
5. *N,N,N-trimethyl-2-oxopropan-1-aminium iodide* (**V**): *N,N,N-trimethyl-2-oxopropan-1-aminium iodide* disintesis dengan mereaksikan glisin betain dengan metil iodida berlebih dalam metanol pada suhu kamar selama 2 jam. Metanol dan metil iodida yang tidak bereaksi diuapkan pada kondisi vakum untuk memperoleh senyawa (**V**) dalam bentuk serbuk putih [9].
6. *N,N,N-trimethyl-2-oxo-2-(((2R,3S,4S,5R)-3,4,5-trihydroxy-6 (tetradecyloxy)tetrahydro-2H-pyran-2-yl)methoxy)ethan-1-aminium iodide* (**VI**,

surfaktan kationik): Untuk menghasilkan senyawa akhir (**VI**) dua metode digunakan :

- a. Dibuat larutan 5% (B/B%) senyawa **V** (2 mmol) dalam air. 0,1 mmol natrium dodesil sulfat (SDS) sebagai co-surfaktan dan 0,0075 g NaHCO_3 sebagai katalis ditambahkan ke dalam larutan. Kemudian 1 mmol senyawa **IV** ditambahkan dan suhu dinaikkan menjadi 70°C dengan pengadukan magnet selama 4 jam. Aparatus *dean-stark* digunakan untuk menghilangkan metanol terbentuk. Produk yang diinginkan diekstrak, dikeringkan di atas natrium sulfat, dan dimurnikan (338 mg; *yield* 56%) [9].
- b. Produk akhir (**VI**) disintesis dengan transesterifikasi senyawa **V** dan **IV** dalam DMF dengan katalis NaHCO_3 pada suhu 110°C selama 5 jam (193 mg; *yield* 32%) [9].





Gambar 4.9. Diagram alir produksi biosurfaktan dari sintesis gula-asam amino

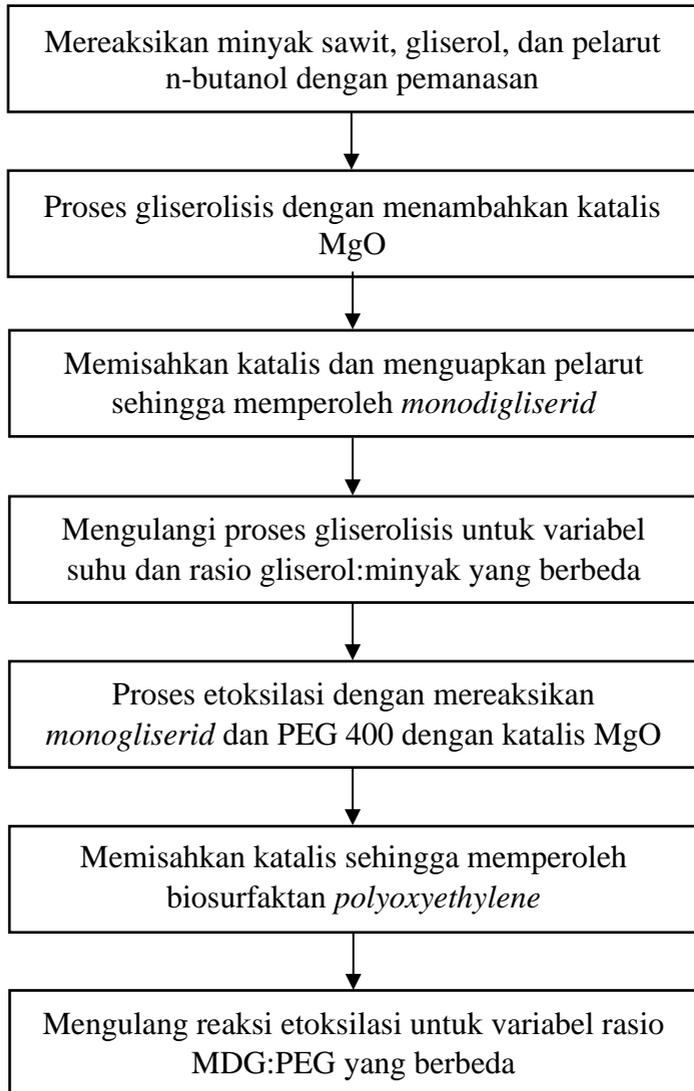
4.3. Biosurfaktan dari Asam Lemak/Minyak

4.3.1. Biosurfaktan *Polyoxyethylene* dari Minyak Sawit

1. Proses glikolisis: 50 g minyak sawit, 114 g gliserol, 135 ml pelarut n-butanol direaksikan dalam labu leher tiga. Pemanasan dilakukan sampai suhu 70°C , dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah suhu operasi tercapai, selanjutnya ditambahkan katalis MgO sebanyak 2,04 g, dan proses gliserolisis dilakukan selama 4 jam. Setelah proses gliserolisis selesai,

selanjutnya didiamkan selama 24 jam dengan tujuan agar katalis dapat mengendap sempurna. Pemisahan katalis dari hasil gliserolisis dilakukan dengan cara dekantasi, sedangkan sisa solven dipisahkan dengan cara distilasi yaitu menggunakan rotary vacuum evaporator. Cara yang sama digunakan untuk variabel suhu 70°C, 80 °C, dan 90°C; variabel rasio gliserol:minyak (w:w) 2, 2,5, dan 3 [10].

2. Proses etoksilasi: 30 g *monodiglisericid* hasil gliserolisis (pada kondisi optimum) direaksikan dengan 120 g PEG 400, dengan katalis MgO sebanyak 3,1 g, pada suhu 160°C, dan kecepatan pengadukan 400 rpm, selama 120 menit. Setelah hasil etoksilasi dipisahkan dari katalisnya, kemudian dilakukan uji kimia, dan stabilitas emulsi. Cara yang sama digunakan untuk variabel rasio MDG:PEG (w:w) 0,25, 0,66, 1,00, 1,50, dan 4,00 [10].



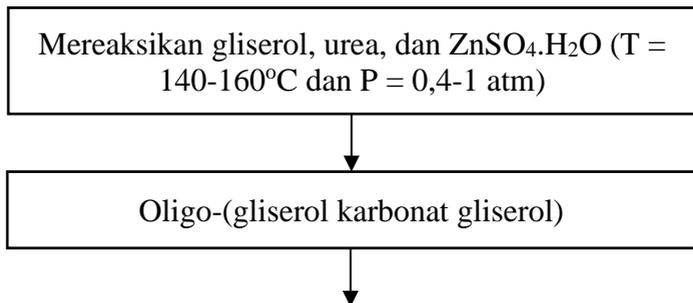
Gambar 4.10. Diagram alir produksi biosurfaktan *polyoxyethylene*

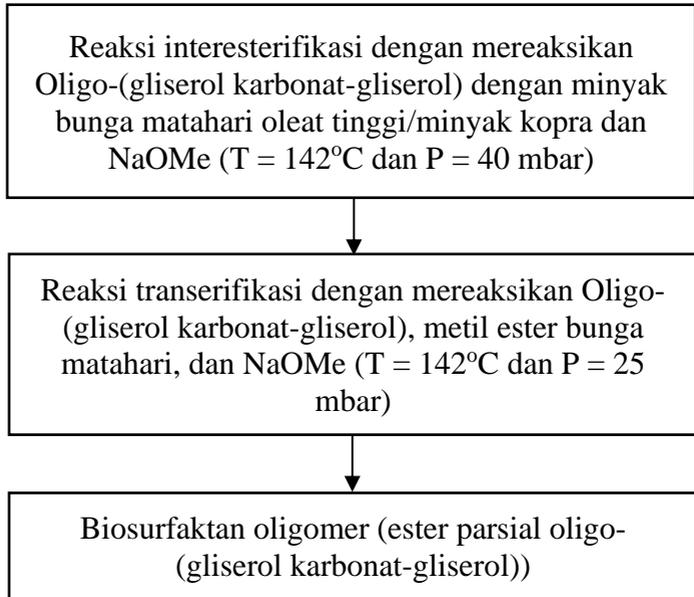
4.3.2. Biosurfaktan Oligomer (Ester Parsial Oligo-(Gliserol Karbonat-Gliserol))

1. Bahan: Gliserol (kemurnian 99,0%); Urea; $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; Natrium Metilasi (NaOMe); Minyak kopra (Condat) sebagai sumber asam laurat; Minyak bunga matahari oleat tinggi (HOSO, Arterris) sebagai sumber asam oleat [11].
2. Oligomerisasi in situ gliserol karbonat dengan metode satu pot : Gliserol (120 g), urea (82 g) dan $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (2,6 g) dimasukkan ke dalam reaktor tertutup untuk membuat media reaksi. Media reaksi dipanaskan dengan pengadukan selama 3 jam pada 140°C dan tekanan 4×10^3 Pa. Amonia yang terbentuk dilepaskan kemudian suhu reaksi dinaikkan menjadi 160°C selama 150 menit pada tekanan atmosfer [11].
3. Asilasi parsial melalui reaksi interesterifikasi: Oligo-(gliserol karbonat-gliserol) (25,06 g), minyak bunga matahari oleat tinggi (103,5 g), atau minyak kopra (79,5 g) dimasukkan ke dalam reaktor dengan NaOMe (1,26 g) dan dipanaskan pada 142°C dengan pengadukan di bawah tekanan

40 mbar selama 8 jam. Dua fase diperoleh pada pendinginan. Fase bawah mengandung oligomer sisa yang tidak bereaksi, sedangkan fase atas mengandung oligomer teresterifikasi yang diinginkan [11].

4. Asilasi total dengan transesterifikasi: Oligo-(gliserol karbonat-gliserol) (24,94 g), metil ester bunga matahari (107,79 g), dan NaOMe (1,41 g) dimasukkan ke dalam reaktor, diaduk (300 rpm) dan dipanaskan pada suhu 142°C di bawah tekanan 25 mbar selama 8 jam. Reaksi dihentikan setelah 8 jam. Dua fase diperoleh pada pendinginan. Bahan pulih dalam sistem Dean-Stark adalah metanol (91%), air (7%) dan jejak gliserol, dan gliserol karbonat [11].





Gambar 4.11. Diagram alir produksi Biosurfaktan oligomer (ester parsial oligo-(gliserol karbonat-gliserol))

4.3.3. Biosurfaktan *Zwitterionic* dari Minyak Rapeseed (LP(O)) dan Asam Rapeseed (LP(A))

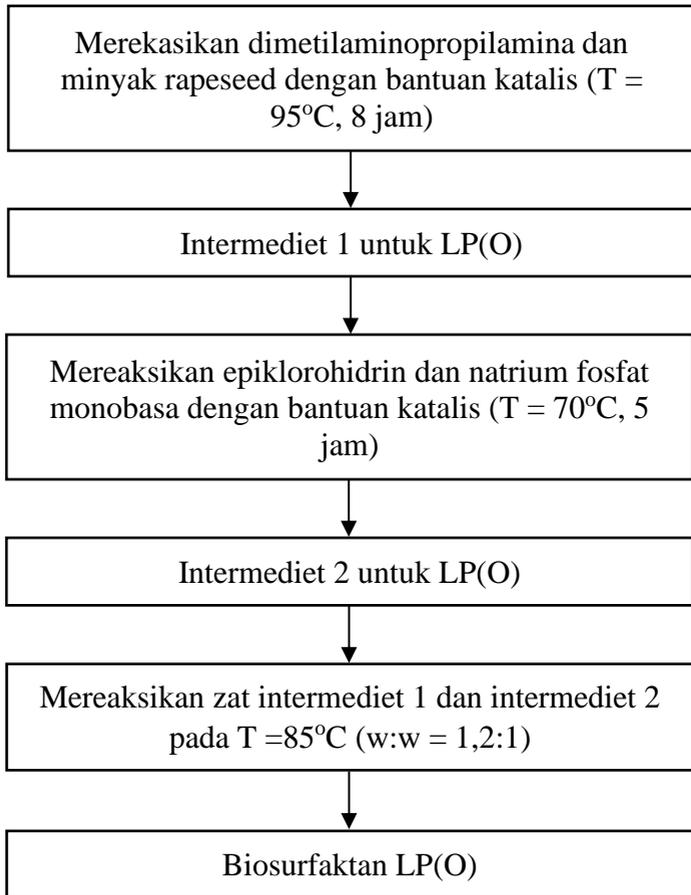
1. Intermediet 1 untuk LP(O): 1 mol dimetilaminopropilamina dan 3,2 mol minyak rapeseed ditambahkan ke dalam reaktor yang dilengkapi. Bejana reaksi dipanaskan sampai 95°C dan ditambahkan 0,01% berat katalis berdasarkan jumlah total, yang dibuat dari 50%

asam hipofosfat dan asam p-toluenasulfonat dengan berat yang sama. Reaksi berlangsung selama 8 jam [12].

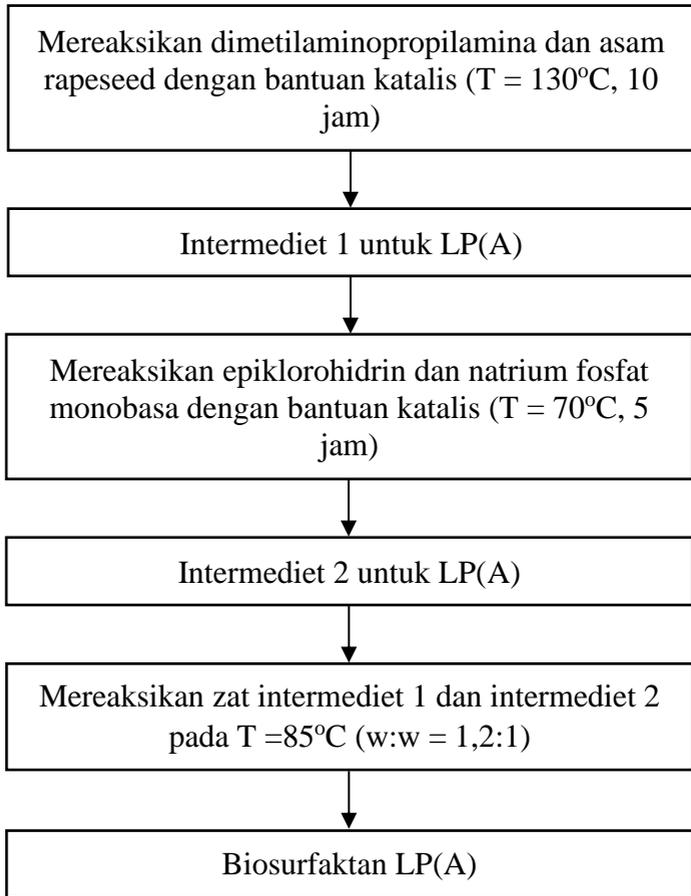
2. Intermediet 2 untuk LP(O): 1,95 mol epiklorohidrin dan 1 mol natrium fosfat monobasa ditambahkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk mekanis. Bejana reaksi dipanaskan hingga 70°C dan ditambahkan 0,01% berat katalis berdasarkan jumlah total, yang dibuat dari Na₂CO₃ dan NaOH dengan berat yang sama. Reaksi berlangsung selama 5 jam [12].
3. Sintesis LP(O): Zat intermediet 1 dan zat intermediet 2 (w/w;1,2/1) direaksikan pada suhu 85°C tanpa katalis. Diperoleh produk akhir LP(O) lebih tinggi dari 95% [12].
4. Intermediet 1 untuk LP(A): 3,5 mol dimetilaminopropilamina dan 1,0 mol asam rapeseed ditambahkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk mekanis. Bejana reaksi dipanaskan sampai 130°C dan ditambahkan 0,01% berat katalis berdasarkan jumlah total, yang dibuat dari 50% asam hipofosfat dan asam p-

toluenasulfonat dengan berat yang sama. Reaksi berlangsung selama 10 jam [12].

5. Intermediet 2 untuk LP(A): 1,95 mol epiklorohidrin dan 1 mol natrium fosfat monobasa ditambahkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk mekanis. Bejana reaksi dipanaskan hingga 70°C dan ditambahkan 0,01 % berat katalis berdasarkan jumlah total, yang dibuat dari Na₂CO₃ dan NaOH dengan berat yang sama. Reaksi berlangsung selama 5 jam [12].
6. Sintesis LP(A): Zat intermediet 1 dan zat intermediet 2 (w/w;1,2/1) direaksikan tanpa katalis pada 85°C. Diperoleh produk akhir LP(A) lebih tinggi dari 95% [12].



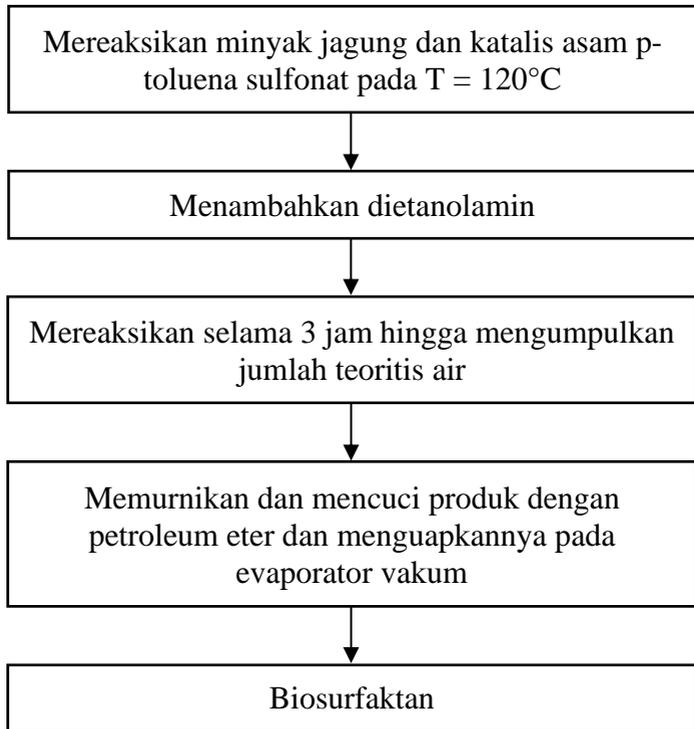
Gambar 4.12. Diagram alir produksi biosurfaktan LP(O)



Gambar 4.13. Diagram alir produksi biosurfaktan LP(A)

4.3.4. Biosurfaktan dari Sintesis Minyak Jagung

1. Proses sintesis: Minyak jagung dan katalis asam p-toluena sulfonat (0,83 g) dimasukkan ke dalam labu reaksi 250 mL yang dilengkapi dengan kondensor refluks, pengaduk magnet, dan termometer. Campuran reaksi dipanaskan perlahan hingga 120°C sambil diaduk sampai katalis larut dan dietanolamin (33,33 mL) kemudian ditambahkan perlahan-lahan. Selanjutnya suhu dinaikkan secara bertahap hingga mencapai 175°C dalam waktu 1 jam. Reaksi dilanjutkan selama 2 jam di bawah pengadukan terus menerus pada suhu tetap 175°C sampai jumlah teoritis air terkumpul. Produk diperoleh setelah mengumpulkan 8 mL air. Kemudian, sampel dikeluarkan dari mantel pemanas dan dibiarkan dingin. Produk akhir dimurnikan dan dicuci dengan petroleum eter dan diuapkan dalam evaporator vakum [13].



Gambar 4.14. Diagram alir produksi biosurfaktan dari minyak jagung

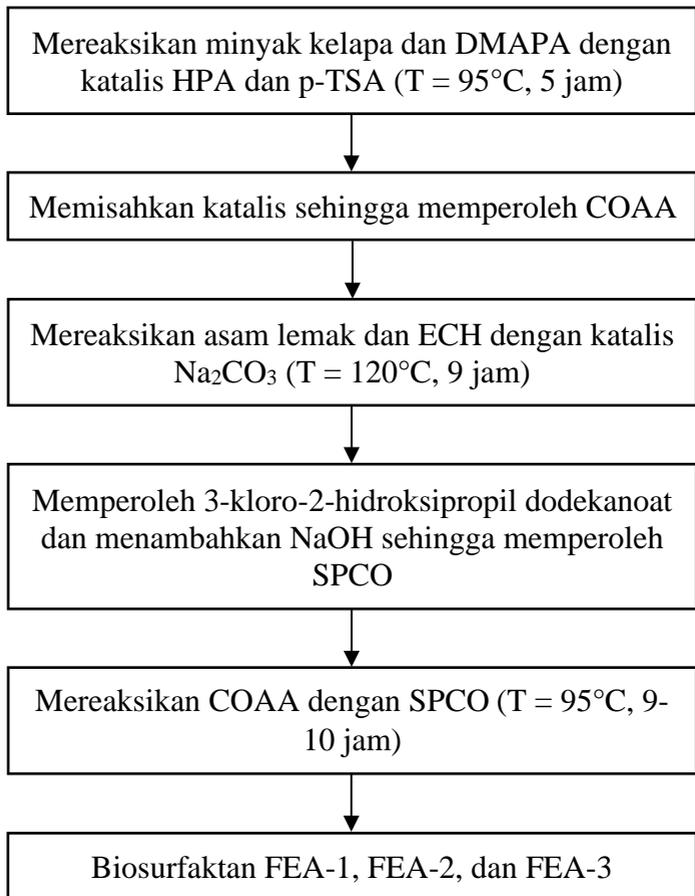
4.3.5. Biosurfaktan dari Sintesis Minyak Kelapa

1. Bahan : Minyak kelapa dengan Rantai alkil R yang terdiri dari 55,0% gugus lauril, 20,0% gugus miristil, 15,0% gugus palmitil, 8,0% gugus stearil dan 2,0% gugus oleil (w%); Asam lemak (asam laurat, asam palmitat dan asam stearate;

kemurnian >90%) kemurnian lebih dari 99%; *Dimethylaminopropylamine* (DMAPA, C₅H₁₄N₂); Asam hipofosfat (HPA, H₃PO₂); *Epichlorohydrin* (ECH, C₃H₅ClO); *para-toluenesulfonic acid monohydrate* (p-TSA, CH₃C₆H₄SO₃H H₂O, kemurnian 99%); *n-hexadecane* (C₁₆H₃₄, kemurnian 99%) dan *n-decane* (C₁₀H₂₂, kemurnian 99%) [14].

2. Sintesis biosurfaktan: Minyak kelapa dan 3,2 mol DMAPA direaksikan dalam bejana reaksi pada 95°C selama 5 jam menggunakan campuran katalis HPA (0,1 wt% berat total minyak kelapa dan DMAPA) dan p-TSA (0,1 wt% berat total minyak kelapa dan DMAPA) untuk mensintesis COAA (minyak kelapa amida amina) (N-(3-(dimetilamino) propil) dodekanamida). Setelah reaksi 5 jam, campuran katalis HPA dan p-TSA yang dihilangkan menggunakan sejumlah kecil H₂O. Hasil COAA yang diperoleh lebih dari 98%. Di sisi lain, 1,0 mol asam lemak dan 1,01 mol ECH direaksikan dalam bejana reaksi pada 120°C selama 9 jam menggunakan katalis Na₂CO₃ (0,05

wt% berat total asam lemak dan ECH) untuk membuat 3-kloro-2-hidroksipropil dodekanoat. Selanjutnya, 3-kloro-2-hidroksipropil dodekanoat ditambahkan dengan larutan NaOH 50% berat untuk menghasilkan zat SCPO (natrium 1-kloro-3-(dodekanoiloksi) propana-2-olat). 1,0 mol COAA dan 1,0 mol SCPO ditambahkan ke bejana reaksi yang dilengkapi dengan pengaduk, sistem kontrol suhu, dan termometer. Reaksi antara COAA dan SCPO dilakukan pada suhu 95°C tanpa menggunakan katalis. Reaksi berlangsung selama 9-10 jam dan hasil produk akhir yaitu bisurfaktan FE-A 1-((3-*dodecanamidopropyl dimethylammonio*)-3-(*dodecanoyloxy*)*propane-2-olate* dengan hasil lebih dari 92%. Dalam penelitian ini, tiga biosurfaktan berbasis asam lemak yang berbeda FEA-1, FEA-2 dan FEA-3 disiapkan di mana bagian hidrofobik dari surfaktan FEA-R1 sesuai dengan gugus lauril di FEA-1, gugus setil di FEA-2 dan gugus stearil di FEA-3 [14].



Gambar 4.15. Diagram alir produksi biosurfaktan dari minyak kelapa

4.3.6. Biosurfaktan Viskoelastik Gemini dari Sintesis Minyak Linolenat

1. Bahan: Asam linolenat (LA, >99%); asam stearat (SA, >99%) disediakan oleh Aladdin (Shanghai, Cina). 3-(Dimethylamino)-1 propylamine

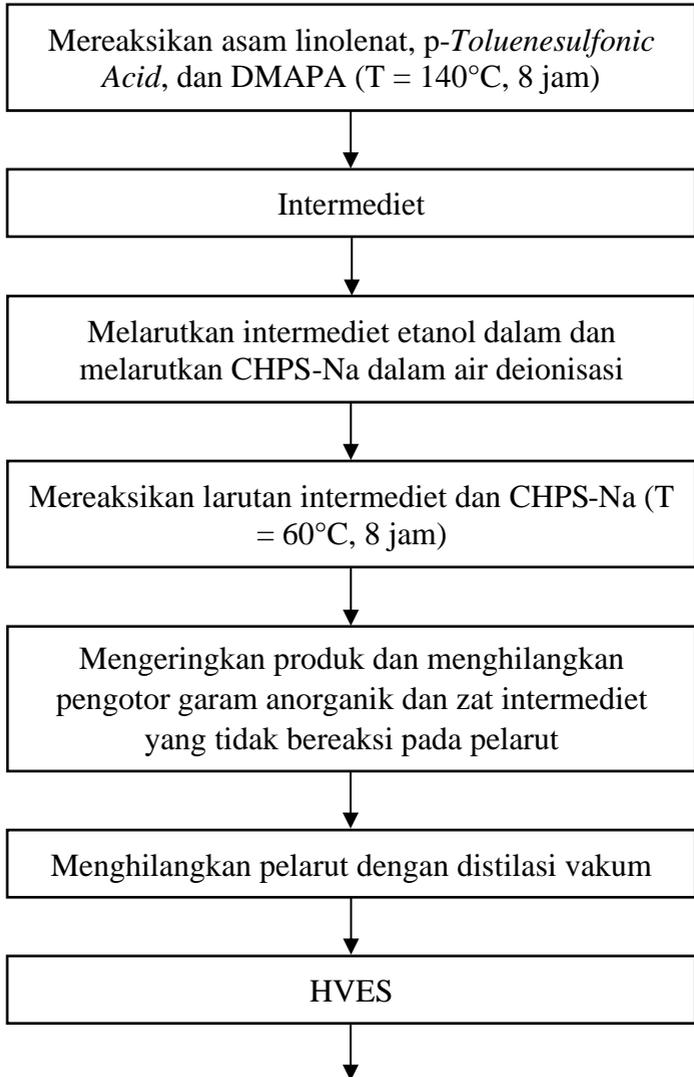
(DMAPA, >99%), 3-Chloro-2 hydroxypropane sulfonic acid sodium salt (CHPS-Na, >95%), *p-Toluenesulfonic acid* (PTSA, >99%), *isophorone diisocyanate* (IPDI, >99%), *N,N-Dimethyl formamide* (DMF, >99%), Kalsium klorida anhidrat (CaCl_2 , >96%), Magnesium klorida heksahidrat (>96%), Natrium klorida (NaCl , >99,5%); Natrium hidroksida (NaOH , >96%) Etanol (>99,7%), Asam klorida (HCl , 36-38 wt%), petroleum eter (bp 60–90 C) dan kalium permanganat (KMnO_4 , >99,5%) diperoleh dari Tianli Chemical Reagent Co., Ltd (Tianjin Cina). Natrium bisulfit (NaHSO_3 , 58,5–65%) dan amonium persulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, >98%) dibeli dari Pabrik Reagen Kimia Tianjin Damao (Tianjin China). Semua larutan disiapkan dengan air deionisasi [15].

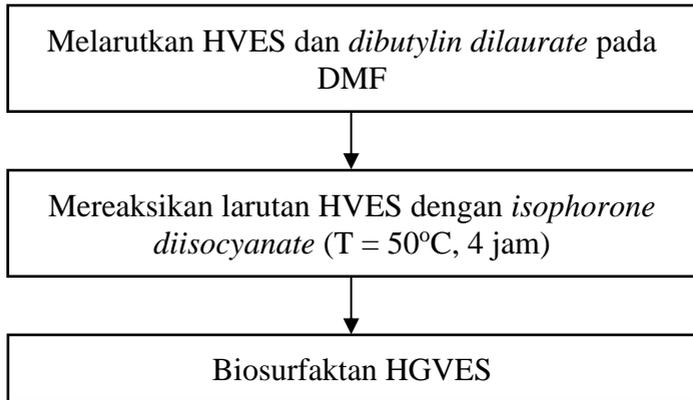
2. Persiapan intermediet: Asam linolenat (LA; 55,68 g; 0,2 mol) dan *p-Toluenesulfonic Acid* (PTSA; 0,4 g; 0,5% berat) ditambahkan ke dalam labu reaksi 250 mL. 3-(*Dimethylamino*)-1 *propylamine* (DMAPA; 24,52 g; 0,24 mol) diteteskan ke LA

pada 25°C. Kemudian labu reaksi dipanaskan hingga suhu 140°C sambil diaduk selama 8 jam [15].

3. Sintesis HGVES: Intermediet (36,35 g; 0,1 mol) dilarutkan dalam etanol dalam labu reaksi 250 mL. *3-Chloro-2 Hydroxypropane Sulfonic Acid Sodium Salt* (CHPS-Na; 23,59 g; 0,12 mol) dilarutkan dalam air deionisasi, kemudian dimasukkan ke dalam labu reaksi pada suhu 60°C untuk bereaksi selama 8 jam. Setelah reaksi, produk dikeringkan dengan vakum dan dilarutkan dalam etanol untuk menghilangkan pengotor garam anorganik. Petroleum eter ditambahkan untuk menghilangkan zat antara yang tidak bereaksi. Setelah distilasi vakum, diperoleh HVES. Kemudian, HVES (20,92 g; 0,04 mol) dan *Dibutyltin Dilaurate* (DBTDL; 0,13 g, 0,5% berat) dilarutkan dalam *N,N-Dimethyl formamide* (DMF; 59,20 g, 70% berat). *Isophorone Diisocyanate* (IPDI; 4,45 g, 0,02 mol) diteteskan ke dalam labu perlahan-lahan pada suhu 50°C

untuk bereaksi selama 4 jam. Produk HGVES diperoleh. Kemurniannya adalah 76,8% [15].





Gambar 4.16. Diagram alir produksi biosurfaktan HGVES

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Liu, Qi et al.; 2021; *Production, Characterization, and Application of Biosurfactant Produced by Bacillus Licheniformis L20 for Microbial Enhanced Oil Recovery*; *Journal of Cleaner Production* 307; 1-9.
- [2] Nor, F. H. M. et al.; 2021; *Production of Lipopeptide Biosurfactant by Kurthia Gibsonii KH2 and Their Synergistic Action in Biodecolourisation of Textile Wastewater*; *Environmental Technology & Innovation* 22; 1-10.

- [3] *Rehman, R. et al.*; 2021; *Crude Oil Biodegradation Potential of Biosurfactant-Producing Pseudomonas Aeruginosa and Meyerozyma Sp.*; *Journal of Hazardous Materials* 418; 1-12.
- [4] *Nowrouzi, I. et al.*; 2020; *Characterization and Evaluation of A Natural Surfactant Extracted from Soapwort Plant For Alkali-Surfactant-Polymer (ASP) Slug Injection into Sandstone Oil Reservoirs*; *Journal of Molecular Liquids* 318; 1-10.
- [5] *Bezerra, K. G. O. et al.*; 2021; *Plant-Derived Biosurfactants: Extraction, Characteristics, and Properties for Application in Cosmetics*; *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 34;1-10.
- [6] *Nowrouzi, I. et al.*; 2021; *Double-Chain Single-Head Modification of Extracted Saponin from Anabasis Setifera Plant and Its Effects on Chemical Enhanced Oil Recovery Process by Surfactant-Alkali Slug Injection into Carbonate Oil Reservoirs*; *Journal of Petroleum Science and Engineering* 201; 1-10.
- [7] *Goursaud, F. and Benvegnu, T.*; 2009; *Synthesis of 1-Octadecyl 5-Betainylamino-5-Deoxy- β -D-Fructopyranoside Hydrochloride as A New Long-Chain Cationic Sugar-Based Surfactant*; *Carbohydrate Research* 344; 1-4.

- [8] *Abdelkade, M. B. et al.*; 2018; *Synthesis and Emulsifier Properties of a New Bio-Sourced Surfactant Based on Isosorbide*; *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 492; 1-11.
- [9] *Esmaeilian, N. et al.*; 2020; *Synthesis of an Ionic Sugar-Amino Acid Based Surfactant in Aqueous Media*; *Journal of Molecular Liquids* 318; 1-7.
- [10] Purwaningtyas, E. F. dan Pramudono, B.; 2009; Pembuatan Surfaktan Polyoxyethylene Dari Minyak Sawit: Pengaruh Rasio Mono-Digliserida dan *Polyethylen Glykol*; *Jurnal Reaktor* Vol. 12 No. 3; 175-182.
- [11] *Holmiere, S. et al.*; 2017; *Esters of Oligo-(Glycerol Carbonate-Glycerol): New Biobased Oligomeric Surfactants*; *Journal of Colloid and Interface Science* 487; 1-8.
- [12] *Lee, S. M. et al.*; 2018; *Synthesis of Environment Friendly Biosurfactants and Characterization of Interfacial Properties for Cosmetic and Household Products Formulations*; *Colloids and Surfaces A* 536; 1-10.
- [13] *Saad, M. A. et al.*; 2020; *Eco-Friendly Surfactant to Demulsification Water in Oil Emulsion: Synthesis,*

Characterization and Application; Chemical Data Collections 30; 1-8.

- [14] Yea, D.N. et al.; 2021; *Synthesis of Eco-Friendly Fatty Acid Based Zwitterionic Biosurfactants from Coconut Oil Sources and Characterization of Their Interfacial Properties. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 97. 1-12.*
- [15] Chen Wang et al.; 2021; *Hooked Gemini Viscoelastic Surfactant Based on Linolenic Oil for Oil Recovery and Its Various Gel-Breaking Mechanisms; Journal of Petroleum Science and Engineering 204; 1-11.*

BAB V

APLIKASI BIOSURFAKTAN

5.1. Bidang Industri

- 5.1.1. Minyak bumi: Biosurfaktan telah menunjukkan hasil yang baik terhadap aplikasi *Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR). Penerapan MEOR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu in-situ dan ex-situ. Metode in-situ dilakukan dengan cara menginjeksi mikroba potensial dan nutrisi melalui sumbu injeksi. Sedangkan untuk metode ex-situ, produk mikroba diproduksi di luar dan disuntikkan ke dalam sumbu [1].
- 5.1.2. Farmasi: Biosurfaktan memiliki kemampuan untuk mencampur formulasi hidrofobik sehingga memiliki aplikasi dalam industri farmasi. Biosurfaktan dapat diterapkan sebagai mikroemulsi dalam sistem penghantaran, pencampuran, dan formulasi obat [1].
- 5.1.3. Makanan : Kemampuan biosurfaktan untuk membentuk emulsi yang stabil dapat digunakan sebagai bahan pembasah atau membantu dalam pencampuran bahan makanan. Biosurfaktan juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan makanan/

zat adiktif dan pengawet karena aktivitas mikrobanya. Selain itu juga dapat digunakan sebagai agen pembersih dan anti biofilm karena agen aktif permukaan mereka [1].

5.1.4. Pertanian : Biosurfaktan dapat diaplikasikan dalam pengolahan limbah agroindustri dan kotoran hewan. Selain itu dapat digunakan sebagai pengendalian patogen tanaman salah satunya jamur fitopatogen serta dapat meningkatkan perlindungan benih dan kesuburan [1].

5.2. Kedokteran/Kesehatan

Biosurfaktan memiliki banyak aplikasi pada bidang kesehatan. Biosurfaktan memiliki aktivitas antimikroba yaitu antimikoplasma, antijamur, aglicidal, antiamoebal, zoosporicidal, antivirus. Aplikasi biomedis dari biosurfaktan juga termasuk dalam penyembuhan luka, dermatologis, perawatan rongga mulut, dan sistem pemberian obat. Sebagai contoh, biosurfaktan glikolipid yang diproduksi oleh bakteri dapat digunakan untuk apoptosis, penghentian pertumbuhan dan diferensiasi sel melanoma maligna murin (sel kanker kulit). Atau Surfaktan lipopeptida seperti surfaktin dan iturin A yang memiliki

aktivitas antibakteri, antivirus, dan antitumor dan juga sebagai imunomodulator untuk toksin spesifik dan penghambat enzim spesifik [1].

5.3. Biofilm

Sifat amfipatik dari biosurfaktan dan keterbasahannya memberi mereka kemampuan untuk mempengaruhi adhesi dan kematian mikroorganisme sehingga secara langsung mempengaruhi aktivitas korosi yang merata (pada baja tahan karat AISI 30, baja karbon, dan paduan aluminium). Biosurfaktan dari *Bacillus sp.* (seperti *Lichenysin* yang diproduksi oleh *Bacillus licheniformis*) menunjukkan aktivitas anti-biofilm baik dalam perawatan sebelum dan sesudah biofilm. Efek biosurfaktan dan surfaktan sintetik dalam sistem bioelektrokimia yaitu pada parameter seperti arus, daya, resistansi internal, kinerja katodik, dan produksi hidrogen [1].

5.4. Biopoliuretan

Biosurfaktan dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan biopoliuretan. Busa poliuretan kaku (PUR) banyak digunakan sebagai bahan isolasi panas dalam industri bangunan dan konstruksi, teknik sipil dan mesin karena konduktivitas termalnya yang rendah dibandingkan dengan

produk komersial lainnya dari jenis ini. Poliuretan berbasis bio dapat dibuat dari minyak zaitun, selulosa yang terurai secara hayati dan sorbitol [2-4].

5.5. Kecantikan

Sebagian besar produk komersial dari industri kesehatan dan kosmetik mengandung surfaktan seperti pengemulsi, bahan pembusa, bahan pembasah, dan pembersih. Produk-produk ini termasuk pasta gigi, deodoran, produk perawatan kuku, sampo, krim kulit, dll. Sophorolipids telah dimasukkan sebagai humektan dalam merek kosmetik, sedangkan mikolat disertakan untuk formulasi krim dan pasta. Biosurfaktan dari tanaman juga berpotensi sebagai bahan dalam produksi sabun, sampo, dan kosmetik [5-6].

5.6. Lingkungan

Biosurfaktan telah dilaporkan menjadi kontributor penting dari degradasi xenobiotik organisme bentik. Berdasarkan hasil penelitian, biosurfaktan *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Candida* masing-masing yaitu *rhamnolipid*, *sophorolipid*, dan *surfaktin* berpotensi untuk bioremediasi tumpahan minyak. Biosurfaktan dari keragaman mikroorganisme awan telah dilaporkan mengubah tegangan

permukaan aerosol yang mengakibatkan perubahan dalam mode presipitasi. Biosurfaktan telah dilaporkan secara luas untuk meningkatkan kesehatan tanah dengan meningkatkan bioremediasi. Biosurfaktan telah dilaporkan secara luas untuk meningkatkan kesehatan tanah dengan meningkatkan bioremediasi dan dapat dianggap sebagai pendekatan modern untuk kemajuan teknik nano bioteknologi untuk pengolahan tanah dan air. berdasarkan hasil penelitian, biosurfaktan *zwitterionic* yang berbasis asam lemak dapat membentuk busa sebagai agen pemadam kebakaran [1, 7, 8].

Biosurfaktan juga dapat dijadikan bahan bakar berbasis emulsi. Emulsi minyak dalam air atau air dalam minyak yang stabil, jika cukup homogen, dapat dibakar untuk energi, asalkan kadar airnya tidak melebihi sekitar 30%. Pembakaran minyak mentah menggunakan aplikasi ini identik dengan pembakaran bahan bakar minyak ringan dalam hal suhu pembakaran, efisiensi, dan lampu mati. Emisi gas nitrogen yang dihasilkan sedikit lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya air mungkin ada emisi NO_x yang lebih sedikit. Selain itu, fakta bahwa fase minyak terdiri dari tetesan kecil kemungkinan besar menyumbang pengurangan suhu pembakaran karena dalam bentuk tetesan,

efisiensi pembakaran mungkin agak lebih tinggi daripada dengan bahan bakar hidrokarbon biasa mengingat luas permukaannya lebih besar [6].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Markande, A. R., Patel, D., and Varjani, S.; 2021; A Review on Biosurfactans: Properties, Applications, and Current Developments; Bioresource Technology 330; 1-11.*
- [2] *Coman, A. E. et al.; 2021; Synthesis and Characterization of Renewable Polyurethane Foams Using Different Biobased Polyols from Olive Oil; European Polymer Journal 149. 1-10.*
- [3] *Kuranska, A. et al.; 2016; Bio-Based Polyurethane-Polyisocyanurate Composites with an Intumescent Flame Retardant; Polymer Degradation and Stability 127; 1-9.*
- [4] *Furtwengler, P. et al.; 2017; Synthesis and Characterization of Polyurethane Foams Derived of Fully Renewable Polyester Polyols from Sorbitol; European Polymer Journal 97; 1-9.*
- [5] *Bezerra, K. G. O. et al.; 2021; Plant-Derived Biosurfactants: Extraction, Characteristics, and Properties for Application in*

- Cosmetics; Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 34.
1-10.
- [6] Gutnick, D. L. and Bach, H.; 2011; *Industrial Biotechnology and Commodity Products: Biosurfactants; USA: Elsevier B.V.* 699-715.
- [7] Yea, D.N. et al.; 2021; *Synthesis of Eco-Friendly Fatty Acid Based Zwitterionic Biosurfactants from Coconut Oil Sources and Characterization of Their Interfacial Properties; Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 97; 1-12.
- [8] Lee, S. M. et al.; 2018; *Synthesis Of Environment Friendly Biosurfactants and Characterization of Interfacial Properties for Cosmetic and Household Products Formulations; Colloids and Surfaces A* 536; 1-10.