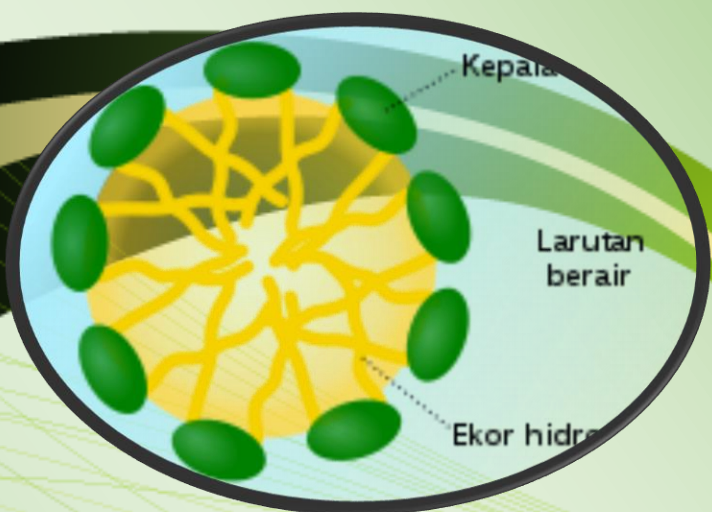


Biosurfaktan



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 kehadiran 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 Pengantar.....	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 hidropatik dan hidrofobik ada dalam satu molekul surfaktan. Molekul surfaktan terdiri dari gugus hidrofobik (ekor) dan gugus hidropatik (kepala). Sifat hidropatik dan hidrofobik dalam satu molekul menyebabkan surfaktan dapat berikatan dengan komponen baik bersifat hidrofobik maupun hidropatik. Interaksi gugus hidrofobik dan gugus hidropatik 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 mengemulsi 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 hidropatik (suka air) dan ekor lipofatik (suka minyak) ini dalam molekul surfaktan merupakan indikasi perilaku yang diharapkan dari produk tersebut. Pengemulsi yang bersifat lipofatik 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., MCC-Z</i>	<i>Polysaccharide</i> <i>Beltrani et al. (2015)</i>

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

	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>Phospholipo-peptide</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 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 spiritivorum</i> AS43		<i>Noparat et al.</i> (2014)
<i>Actinobacteria</i>			
44.	<i>Streptomyces sp.</i> <i>S1</i>	<i>Protein + polysaccharide</i>	<i>Kokare et al.</i> (2007)
45.	<i>Streptomyces sp.</i> <i>S22</i>	<i>Carbohydrate + 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 + Lipid + Fattyacids + peptides</i>	<i>de Paniagua-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 montevidense</i> <i>CLOA70</i>	<i>Carbohydrates + 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*, *actinobakteria*, alga dan *cyanobacteria*, jamur, dan ragi. Biomolekul asam amino dan peptida terbentuk dari *bacteria*, *actinobakteria*, 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*, *actinobakteria*, alga dan *cyanobacteria*, jamur, dan ragi [1, 2].

Komponen hidrofobik dari sebagian besar biosurfaktan adalah lipid. Biomolekul lipid ini terbentuk dari bakteri *bacteria*, *actinobakteria*, 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</i> YB8	Geissler et al., (2019)
3.	<i>Fengycin/ Plipastatin</i>	<i>pps operon</i>	<i>Bacillus subtilis</i> I68	Geissler et al., (2019)
4.	<i>Emulsan</i>	<i>wee</i>	<i>Acinetobacter lwoffii</i> RAG-1	Wittgens and Rosenau, (2018)
5.	<i>Iturin A</i>	<i>ituD</i>	<i>Bacillus subtilis</i> RB14	Geissler et al., (2019)
6.	<i>Alasan</i>	<i>alnA</i>	<i>Acinetobacter radioresistens</i> KA53	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</i> SS101	de Bruijn et al. (2008)
9.	<i>Lichenysin</i>	<i>licA, licB and licC</i>	<i>Bacillus licheniformis</i> JF2	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>Cellobioselipids</i>	<i>Cyp, fgt, fas, fat, fhd, atr and rfl</i>	<i>Pseudozyma flocculosa</i>	<i>Teichmann et al. (2011)</i>
14.	<i>Serrawettin W1</i>	<i>swrW synthetase gene</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Thies, et al. (2014), Clements, et al. (2018)</i>
15.	<i>Di-rhamnolipid</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>Metagenomic 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].

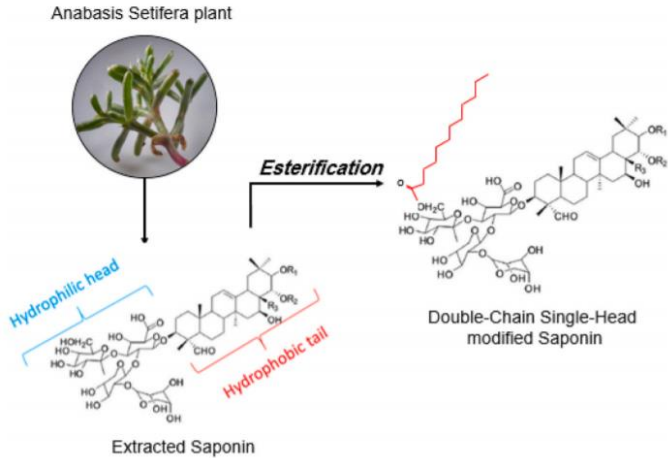
Untuk memperoleh hasil ekstraksi yang optimum maka ada perlakuan suhu dan konsentrasi pelarut. Hasil ekstraksi maksimum untuk biji kinoa yaitu pada suhu 50°C dengan konsentrasi pelarut 50%, untuk kedelai yaitu pada suhu 40°C dengan konsentrasi pelarut 40°C, dan untuk buah aserola yaitu

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

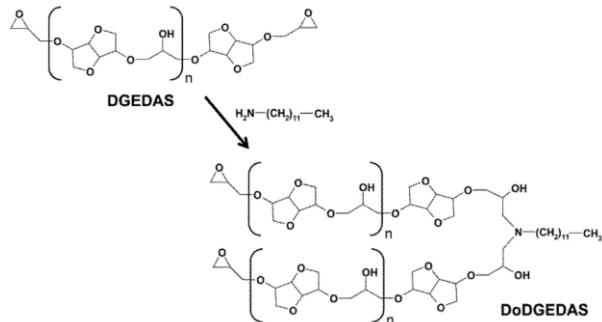
Surfaktan kationik berbasis sukrosa dan pati sudah banyak tersedia secara komersial. Biosurfaktan kationik turunan alkil dari fruktosa menunjukkan

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 *dodecyl* 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))

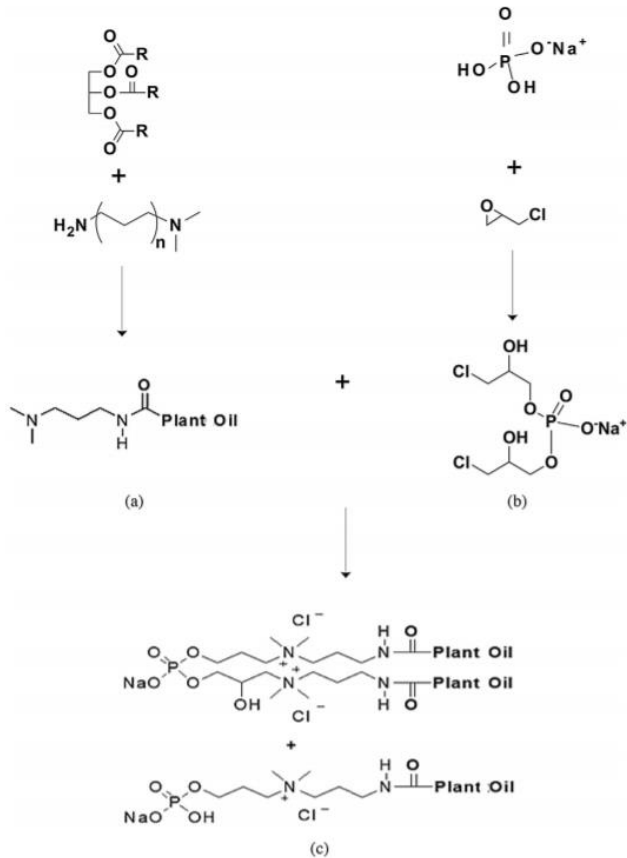
Gliserol merupakan produk sampingan penting dari industri oleokimia. Gliserol karbonat adalah satu senyawa turunan gliserol yang paling berpotensi multifungsi. Oligomerisasi gliserol karbonat, dibantu oleh gliserol akan menghasilkan produksi oligomer polihidroksilasi yang kaya akan gugus karbonat linier. 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

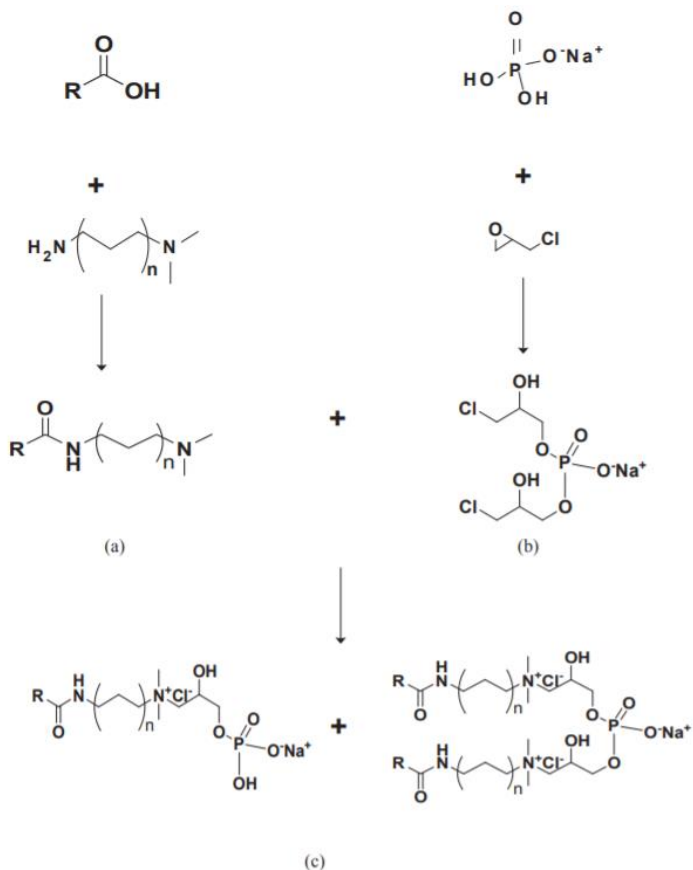
Surfaktan *zwitterionic* memiliki kemampuan untuk mengurangi sifat yang tidak diinginkan dari beberapa surfaktan, seperti iritasi kulit, dan kecenderungan untuk mengupas rambut dan kulit yang terlalu lembab sehingga baru baru ini banyak diteliti. Salah satunya yaitu terbuat dari sintesis minyak rapeseed 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 biosurfaktan LP(O). Mengganti bahan dasar pada proses sintesis diatas menjadi asam rapeseed maka akan diperoleh biosurfaktan

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

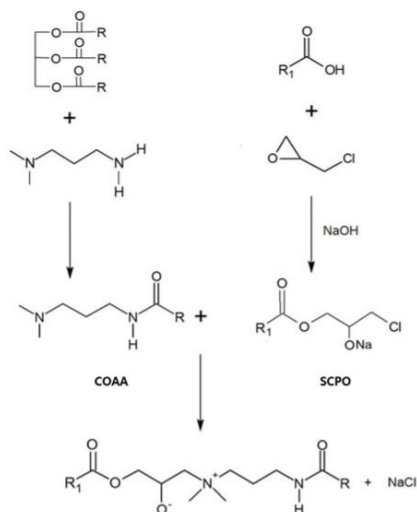
Minyak jagung merupakan tanaman minyak yang menarik karena komposisi dan karakteristiknya yang disukai, serta diproduksi dalam jumlah besar di dunia. Dapat diantisipasi bahwa efek produk kimia minyak jagung identik dengan produk yang dihasilkan dari minyak nabati lainnya. Minyak jagung dapat disintesis 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 detergensi yang lebih baik daripada surfaktan konvensional

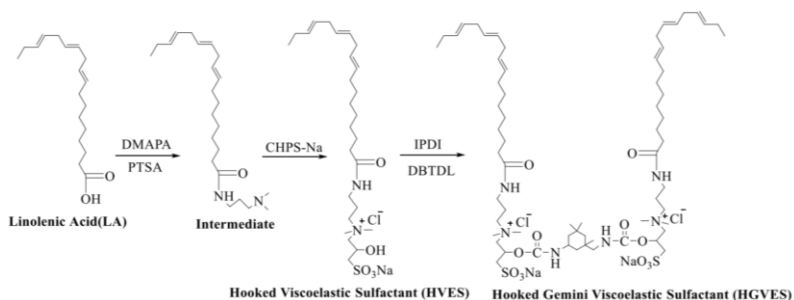
yang digunakan dalam produk deterjen. Uji kompatibilitas lingkungan seperti biodegradabilitas, toksisitas oral, dan iritasi kulit/mata telah mengungkapkan bahwa FEA-3 mudah terurai secara hayati, tidak beracun, tidak menyebabkan iritasi dan ringan, menunjukkan bahwa surfaktan FEA-3 dapat digunakan dalam 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.*