

Aktivitas Biosurfaktan *Serratia Marcescens* strain MBC1 dalam Mengemulsikan Solar dengan Variasi pH dan Media

Biosurfactant Activity of Serratia Marcescens strain MBC1 in Dissolving Diesel Fuel with pH and Media Variation

Cindy Lukyta Ratih Riyanto¹, Sumardi¹, Salman Farisi¹, Christina Nugroho Ekowati¹, Achmad Arifiyanto^{1*}

¹Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung,
Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brodjonegoro, Rajabasa Bandar Lampung 35141, Indonesia

*Email korespondensi : achmad.arifiyanto@fmipa.unila.ac.id

ABSTRAK

Resiko pencemaran lingkungan akibat tumpahan solar meningkat tiap tahunnya, oleh karena itu diperlukan upaya ramah lingkungan dengan biaya produksi rendah. Penelitian ini menggunakan bakteri *Serratia marcescens* strain MBC1 dengan tujuan menguji aktivitas biosurfaktan yang dihasilkan dalam melarutkan solar. Bakteri ini ditumbuhkan pada media produksi *Trypton Water*, limbah cair produksi tepung tapioka, dan limbah cair produksi tepung maizena yang masing-masing telah diberi variasi pH yaitu 6, 7, dan 8 kemudian diinkubasi selama 7 hari. Biosurfaktan dari media produksi dipanen dengan sentrifuse dan diuji aktivitas biosurfaktan dengan 3 parameter uji yaitu uji *drop collapse*, uji *oil displacement*, dan uji emulsifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biosurfaktan yang dihasilkan dari ketiga jenis media produksi mampu melarutkan solar. Biosurfaktan hasil produksi dari media limbah cair produksi tepung maizena pH 7 menunjukkan aktivitas melarutkan solar paling optimum dengan indeks emulsifikasi sebesar 63.88%.

Kata kunci: biosurfaktan, *Serratia marcescens* strain MBC1, solar

ABSTRACT

The risk of environmental pollution due to diesel fuel spills increases every year therefore it takes an effort that is safe for the environment with low production costs. These bacteria are grown in the media productions that are Tryptone Water, cornstarch wastewater and tapioca wastewater each of them had been given pH variation that are 6, 7, and 8 then incubated for 7 days. Biosurfactants from media productions were harvested by centrifuge and tested for biosurfactant activity with 3 test parameter there are drop collapse test, oil displacement test, and emulsification test. The result showed that the biosurfactants produced from the three types of media production were able to dissolve diesel fuel. Biosurfactant produced from cornstarch wastewater pH 7 showed the most optimum dissolving of diesel fuel with emulsification index is 63.88%

Keywords: biosurfactant, *Serratia marcescens* strain MBC1, diesel fuel

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Energi dari bahan bakar hidrokarbon menjadi kebutuhan yang

cukup tinggi di Indonesia, salah satunya solar. Menurut data dari Badan Pengelola Hilir Minyak dan Gas Bumi (2019), penggunaan solar mencapai 7.56 juta kiloliter (kL). Penggunaan solar dalam jumlah yang berlebih sering kali berdampak

pada perubahan kualitas lingkungan. *Human error* dan lemahnya pengawasan menjadi salah satu faktor meningkatnya resiko pencemaran. Toksisitas yang tinggi pada solar akibat panjangnya rantai hidrokarbon berpotensi mencemari air tanah, mengubah struktur tanah, dan berakibat pada kematian mikroorganisme di habitat tersebut karena tidak mampu lagi untuk beradaptasi (Jagtap *et al.*, 2014).

Upaya penanganan cemaran bahan bakar khususnya solar menjadi sebuah kebutuhan. Penanganan cemaran lingkungan akibat solar seringkali dilakukan dengan pengaplikasian metode kimia. Sayangnya, biaya dan toksisitas senyawa yang digunakan cukup tinggi, selain itu resistensi senyawa kimia sulit dipecah secara biologis sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran baru (Yasmin dan Ria, 2018). Munculnya dampak buruk yang ditimbulkan mendorong eksplorasi bahan alam yang lebih ramah lingkungan dengan biaya produksi yang terbilang murah. Penggunaan mikroorganisme dari golongan bakteri pada metode bioremediasi menjadi alternatif. Salah satu bakteri yang berpotensi menghasilkan senyawa yang dapat melarutkan hidrokarbon berasal dari genus *Serratia*.

Serratia sp. merupakan genus bakteri potensial dalam mengatasi permasalahan ini. Genus bakteri ini digunakan karena mampu mensintesis senyawa metabolit sekunder biosurfaktan berupa serrawettin yang memiliki kemampuan dalam mengemulsi dan menurunkan tegangan permukaan hidrokarbon. Selain itu, *Serratia* sp. mampu tumbuh diberbagai kondisi lingkungan dengan rentang pH yang cukup luas. Untuk menekan biaya produksi yang tinggi, maka digunakan media alternatif. Pada penelitian ini dilakukan pengujian aktivitas biosurfaktan dari bakteri *Serratia marcescens* strain MBC1 koleksi Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung dalam melarutkan solar menggunakan media limbah cair tepung tapioka, limbah cair tepung maizena, dan *Tryptone Water* dengan masing-masing variasi pH 6, 7, dan 8 untuk mengetahui aktivitas optimum biosurfaktan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan *Tween 80* sebagai kontrol positif dan akuades sebagai kontrol negatif. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji non parametrik *Friedman*. Tahap perlakuan terdiri atas pembuatan *starter*, pembuatan media produksi, produksi biosurfaktan diberbagai media, pemanenan biosurfaktan dari berbagai media, dan pengujian aktivitas biosurfaktan.

Pembuatan Starter

Pembuatan *starter* dilakukan dengan menambahkan 5 mL inokulum bakteri dengan kerapatan sel 10^8 sel.mL⁻¹ ke dalam 100 mL media *Tryptone Water* kemudian diinkubasi pada *incubator shaker* selama 24 jam.

Pembuatan Media Produksi

Media produksi yang digunakan antara lain *Tryptone Water*, limbah cair produksi tepung tapioka dan limbah cair produksi tepung maizena. Media *Tryptone Water* dibuat dengan melarutkan 5 g.L⁻¹ sodium klorida dan 10 g.L⁻¹ *tryptic hydrolysate of casein* ke dalam 1000 mL akuades. Media limbah cair produksi tepung maizena dan tapioka diberi penambahan gula dan garam masing-masing sebanyak 0.5%. Ketiga media tersebut diatur variasi pH menjadi 6, 7, dan 8. Penambahan gula berfungsi sebagai *co-substrate* yang dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri, sehingga produksi biosurfaktan yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini akan mempengaruhi emulsi atau kelarutan pada solar (Putri, 2014).

Produksi Biosurfaktan di Berbagai Media

Starter yang telah diinkubasi selama 24 jam ditambahkan sebanyak 1 mL ke dalam 40 mL masing-masing media produksi. Produksi biosurfaktan dilakukan selama 7 hari pada *incubator shaker*.

Pemanenan Crude Biosurfaktan dari Berbagai Media

Hasil produksi yang telah diinkubasi selama 7 hari dimasukkan ke dalam botol valkon

dan disentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 6000 rpm. Supernatan yang dihasilkan dipisahkan dari pelet untuk selanjutnya digunakan pada pengujian aktivitas biosurfaktan.

Pengujian Aktivitas Biosurfaktan

Pengujian aktivitas biosurfaktan menurut Walter, Sylatk, dan Hausmann (2010), meliputi uji *drop collapse*, *oil displacement*, dan emulsifikasi. Ketiga pengujian ini menggunakan *Tween 80* sebagai kontrol positif dan akuades sebagai kontrol negatif.

a. Uji *drop collapse*

Pengujian ini dilakukan dengan meneteskan 20 µL solar di atas parafilm, kemudian diteteskan 10 µL supernatan di atas permukaan solar. Setelah ditetesi supernatan, diamati perubahan bentuk permukaan *droplet* atau tetesan.

b. Uji *oil displacement*

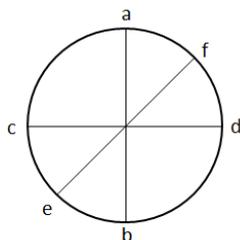
Pengujian ini dilakukan dengan menuangkan 20 mL akuades ke dalam cawan Petri. Pada permukaan akuades tersebut ditetesi 20 µL solar. Sebanyak 10 µL supernatan diteteskan di atas permukaan solar. Kemudian diamati zona jernih yang terbentuk pada permukaan solar. Rumus perhitungan zona jernih dapat dilihat pada Persamaan 1 dan Gambar 1.

Rumus pengukuran zona jernih:

$$\frac{ab+cd+ef}{3} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- ab = diameter vertikal zona jernih
- cd = diameter horizontal zona jernih
- ef = diameter diagonal zona jernih



Gambar 1. Rumus Pengukuran Zona Jernih

c. Uji emulsifikasi

Uji emulsifikasi dilakukan dengan mencampurkan supernatan dengan solar pada tabung reaksi dengan perbandingan 1:1 kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* selama 3 menit dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah itu diamati emulsi yang terbentuk. Rumus perhitungan indeks emulsifikasi terdapat pada Persamaan 2.

$$E24 (\%) = \frac{\text{Tinggi lapisan emulsi}}{\text{Tinggi lapisan total}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

E24= Indeks emulsifikasi setelah 24 jam

HASIL DAN PEMBAHASAN

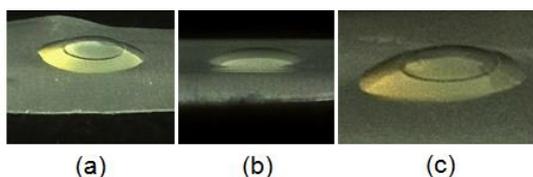
Pengujian aktivitas biosurfaktan dilakukan dengan tiga parameter uji yaitu *drop collapse*, *oil displacement*, dan emulsifikasi (Walter et al., 2010). Pengujian *drop collapse* menunjukkan destabilisasi bentuk *droplet* menjadi datar akibat penurunan tegangan permukaan yang diakibatkan oleh tetesan supernatan yang mengandung biosurfaktan. Analisis kualitatif dilakukan dengan mengamati bentuk *droplet* pada masing-masing media dan variasi pH.

Pada pengujian ini ketiga jenis media produksi dengan masing-masing variasi pH menunjukkan *droplet* berbentuk datar, hal ini menunjukkan indikator positif yaitu terdapat kemampuan biosurfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan solar. Pada pengujian ini *Tween 80* digunakan sebagai kontrol positif dan akuades sebagai kontrol negatif yang dapat dilihat pada Tabel 1.

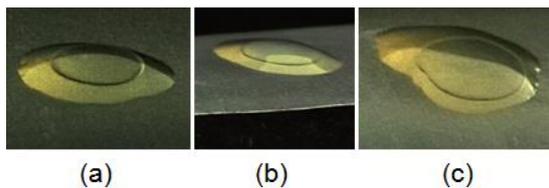
Tabel 1. Bentuk *droplet* hasil pengujian *drop collapse*

Media	pH	Bentuk <i>droplet</i>
<i>Tryptone Water</i>	6	Datar
	7	Datar
	8	Datar
Limbah cair jagung	6	Datar
	7	Datar
Limbah cair singkong	8	Datar
	6	Datar
Kontrol Positif	7	Datar
	8	Datar
Kontrol Negatif		Cembung

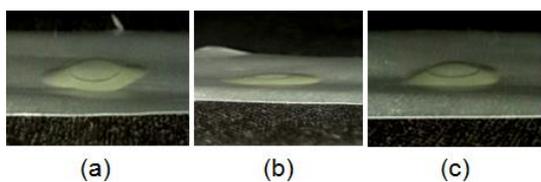
Hasil pengujian *drop collapse* didapatkan dari mengamati perubahan bentuk *droplet*, namun tidak dilakukan pengukuran tinggi ataupun waktu yang dibutuhkan *droplet* untuk berubah bentuk. Hasil yang didapat dibandingkan dengan bentuk *droplet* pada kontrol positif dan negatif. Hasil perlakuan menunjukkan bentuk yang hampir sama dengan kontrol positif (Gambar 2, 3, dan 4).



Gambar 2. *Droplet* yang terbentuk oleh biosurfaktan dari media *Tryptone Water* pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c).



Gambar 3. *Droplet* yang terbentuk oleh biosurfaktan dari media limbah cair produksi tepung maizena pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c)



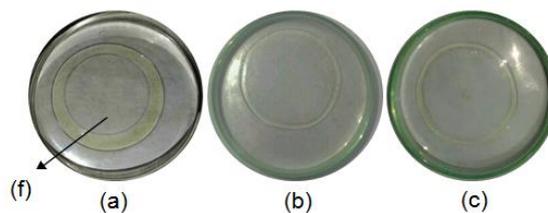
Gambar 4. *Droplet* yang terbentuk oleh biosurfaktan dari media limbah cair produksi tepung tapioka pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c).

Pada pengujian ini, diameter zona jernih yang paling besar dihasilkan oleh biosurfaktan yang dihasilkan dari media produksi *Tryptone Water* pH 7 sebesar 5.31 cm, sedangkan diameter zona jernih yang paling kecil dihasilkan oleh biosurfaktan yang dihasilkan dari media limbah cair produksi tepung tapioka pH 8 sebesar 2.93 cm yang terdapat pada Tabel 2. Diameter zona jernih yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan diameter zona jernih

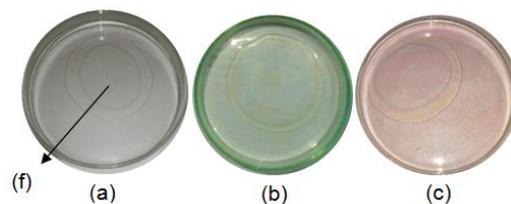
kontrol positif yang dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7.

Tabel 2. Diameter Zona Jernih Dari Pengujian *Oil Displacement*

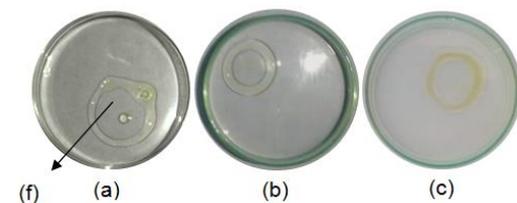
Media	pH	Diameter Zona (cm)
<i>Tryptone Water</i>	6	4.46
	7	5.31
	8	5.20
Limbah Cair Tepung Maizena	6	3.46
	7	5.27
Limbah Cair Tepung Tapioka	6	4.00
	7	2.70
Kontrol Positif	7	5.03
	8	2.93
Kontrol Negatif		6.93
		0



Gambar 5. Diameter zona jernih oleh biosurfaktan dari media *Tryptone Water* pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c).



Gambar 6. Diameter zona jernih oleh biosurfaktan dari media limbah cair produksi tepung maizena pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c)



Gambar 7. Diameter zona jernih oleh biosurfaktan dari media limbah cair produksi tepung tapioka pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c).

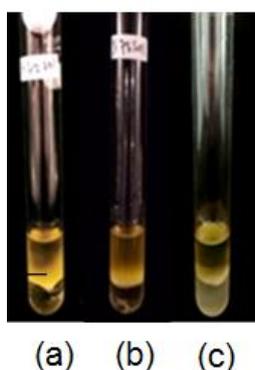
Pada pengujian ini, ketiga jenis media dan variasi pH mampu menghasilkan

diameter zona jernih. Diameter zona jernih paling optimum dihasilkan pada pH 7. Biosurfaktan yang dihasilkan dari ketiga jenis media produksi menghasilkan diameter zona jernih berturut-turut dari yang paling besar adalah *Tryptone Water*, dilanjutkan dengan media limbah cair produksi tepung maizena dan limbah cair produksi tepung tapioka.

Pada pengujian ini indeks emulsifikasi paling besar dihasilkan oleh biosurfaktan hasil produksi dari media limbah cair produksi tepung maizena dengan pH 7 sebesar 63.88% sedangkan indeks emulsifikasi paling kecil terbentuk dari biosurfaktan hasil produksi dari media limbah cair produksi tepung tapioka dengan pH 8 sebesar 9.52%. Indeks emulsifikasi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan indeks emulsifikasi kontrol positif. Seluruh data indeks emulsifikasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 8, 9, dan 10 menunjukkan emulsi yang terbentuk.

Tabel 3. Indeks Emulsifikasi Dari Pengujian Emulsifikasi oleh *Serratia marcescens* Strain MBC1

Media	pH	Indeks Emulsifikasi (%)
<i>Tryptone Water</i>	6	37.06
	7	47.49
	8	19.36
Limbah cair Tepung Maizena	6	36.82
	7	63.88
Limbah cair Tepung Tapioka	8	40.09
	6	13.92
Kontrol Positif	7	28.46
	8	9.52
Kontrol Negatif		91.45
		0



Gambar 8. Emulsi yang terbentuk oleh biosurfaktan dari media *Tryptone Water* pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c).



Gambar 9. Emulsi yang terbentuk oleh biosurfaktan dari media limbah cair produksi tepung maizena pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c).



Gambar 10. Emulsi yang terbentuk oleh biosurfaktan dari media limbah cair produksi tepung tapioka pH 6 (a), 7 (b), dan 8 (c)

Pada pengujian ini, ketiga jenis media dan variasi pH mampu menghasilkan emulsi. Emulsi paling optimum terbentuk pada pH 7. Biosurfaktan hasil dari media produksi menghasilkan indeks emulsifikasi berturut-turut dari yang paling besar adalah limbah cair produksi tepung maizena, dilanjutkan dengan media *Tryptone Water* dan limbah cair produksi tepung tapioka. Emulsi yang terbentuk berwarna putih kekuningan di antara solar dan supernatan.

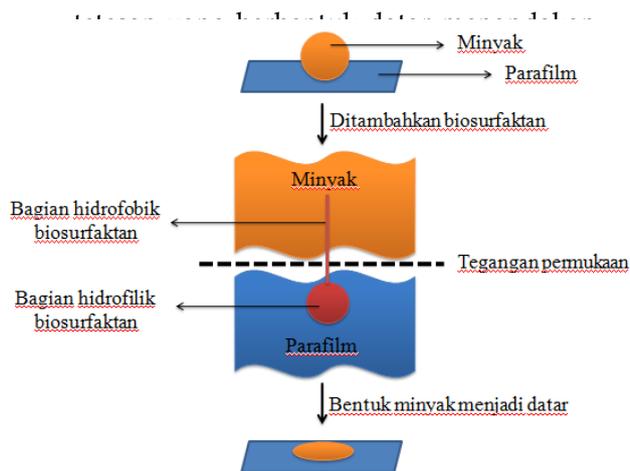
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan biosurfaktan yang disintesis oleh bakteri *Serratia marcescens* strain MBC1 dalam melarutkan solar. Biosurfaktan bekerja dengan cara

menurunkan tegangan permukaan solar. Pada *Serratia marcescens* strain MBC1 senyawa biosurfaktan yang dihasilkan berupa serrawettin. Serrawettin merupakan golongan biosurfaktan lipopeptida dengan berat molekul 514.7 g.mol⁻¹. Produksi biosurfaktan dalam hal ini serrawettin dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain substrat pertumbuhan, sumber nutrisi, pH, salinitas, dan pertumbuhan bakteri (Araujo et al., 2019).

Pengujian aktivitas biosurfaktan dilakukan dengan tiga parameter uji yaitu *drop collapse*, *oil displacement*, dan emulsifikasi (Walter et al., 2010). Media produksi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Tryptone Water* dan dua jenis *low cost medium* yaitu limbah cair produksi tepung meizena dan tapioka. Selain mampu menekan biaya produksi, limbah cair tersebut masih memiliki beberapa kandungan yang dapat memacu pertumbuhan bakteri dan produksi biosurfaktannya. Limbah cair produksi tepung maizena masih mengandung karbohidrat, mineral, dan fosfat (Furqani, 2018), sementara limbah cair produksi tepung tapioka masih mengandung karbohidrat, mineral, fosfat, dan nitrogen (Suryanti et al., 2014).

Media produksi yang digunakan diberi variasi pH dengan tujuan mengetahui pH optimum biosurfaktan dalam melarutkan solar. Variasi pH yang dipilih adalah 6, 7, dan 8. Beberapa hal yang mendasari pemilihan variasi pH antara lain pH 6, 7, dan 8 mewakili suasana asam, netral, dan basa. Selain itu, kebanyakan bakteri khususnya genus *Serratia* mampu tumbuh pada kisaran pH 5-9 yang mana pH 5 dan 9 adalah pH minimum dan maksimum bakteri tersebut untuk tumbuh. Ciccylliona et al. (2012) melakukan pengujian aktivitas biosurfaktan pada pH 6, 7, dan 8. Ketiganya menunjukkan terbentuknya indikator positif pada masing-masing uji. Oleh karena itu diduga pH optimum aktivitas biosurfaktan berkisar antara 6, 7, dan 8.

Pengujian *drop collapse* adalah salah satu pengujian kualitatif untuk mendeteksi adanya kandungan biosurfaktan pada suatu mikroba. Indikator pengujian ditentukan oleh destabilisasi bentuk dari *droplet* atau tetesan supernatan di atas minyak. Hasil



Gambar 11. Ilustrasi Mekanisme Gaya Kohesi dan Adhesi Dalam Mempengaruhi Bentuk *Droplet*

Biosurfaktan memiliki dua kepolaran sekaligus yaitu hidrofilik dan hidrofobik. Pada kontrol negatif, bentuk *droplet* cembung karena sifat minyak yang hidrofobik tidak dapat menarik sifat hidrofilik pada parafilm. Pada kondisi ini, gaya kohesi atau gaya tarik menarik partikel yang sejenis lebih besar dari pada gaya adhesi, sehingga tidak terjadi penurunan tegangan permukaan. Setelah minyak ditetesi supernatan yang mengandung biosurfaktan, maka daerah hidrofilik supernatan akan berikatan dengan daerah hidrofilik parafilm, dan daerah hidrofobik supernatan akan berikatan dengan daerah hidrofobik minyak, hal ini menyebabkan gaya adhesi dan kohesi menjadi sama besar. Akibatnya terjadi penurunan tegangan permukaan yang ditandai dengan bentuk datar pada *droplet* (Rodriguez et al., 2015). Pengujian ini tidak terlalu sensitif karena bentuk tetesan tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada masing-masing media dan variasi pH. Namun destabilisasi *droplet* ini tetap bisa digunakan untuk deteksi awal adanya senyawa biosurfaktan.

Pengujian kedua yang dilakukan adalah *oil displacement* yaitu metode yang digunakan untuk mengetahui aktivitas biosurfaktan dengan indikator positif

berupa terbentuknya zona jernih pada permukaan minyak. Pengukuran zona jernih dilakukan menggunakan jangka sorong berdasarkan rumus perhitungan diameter zona jernih. Perhitungan dengan rumus tersebut karena zona yang terbentuk pada pengujian *oil displacement* tidak berbentuk bulat sempurna, sehingga diperlukan pengukuran dari tiga sisi berbeda.

Pengujian *oil displacement* adalah metode yang mudah dan cepat dalam mendeteksi aktivitas biosurfaktan, dilakukan dengan melihat zona perpindahan yang terbentuk di atas permukaan minyak seperti pada gambar. Zona jernih menandakan adanya biosurfaktan yang terkandung dalam supernatan. Zona jernih membentuk misel akibat bagian hidrofobik dan hidrofilik supernatan menyatu dan menyebabkan terjadinya tekanan yang membuat tegangan permukaan solar menurun, sehingga terbentuk zona jernih pada bagian yang ditetesi supernatan (Gozan et al., 2014).

Berdasarkan hasil yang didapat, diameter zona jernih pada media *Tryptone Water* paling besar dibandingkan dengan media produksi lain. Hal ini karena *Tryptone Water* adalah media awal pertumbuhan *Serratia marcescens* strain MBC1 yang paling optimum dibandingkan media pertumbuhan lain. Media ini sangat cocok digunakan untuk produksi *family enterobacteriaceae*. Selain itu, produksi biosurfaktan akan meningkat seiring dengan pemberian sumber nitrogen yang tinggi (Yuliana et al., 2019), hal ini sesuai dengan komposisi *Tryptone Water* yang terdiri atas *Tryptone* sebagai sumber nitrogen. Media *Tryptone Water* memiliki kisaran pH 7.0-7.5. Hal ini menjadi salah satu alasan aktivitas biosurfaktan paling tinggi terbentuk pada pH 7, karena pH ini sangat sesuai dengan pH pertumbuhan genus *Serratia*.

Pengujian ketiga yang dilakukan adalah uji emulsifikasi. Indikator positif ditandai dengan terbentuknya emulsi. Terbentuknya emulsi menandakan adanya aktivitas biosurfaktan. Emulsi yang terbentuk dihitung indeks emulsifikasi menggunakan jangka sorong dengan rumus persentase indeks emulsifikasi setelah 24 jam karena

pada waktu tersebut emulsi yang terbentuk paling stabil.

Biosurfaktan memiliki daerah dengan dua kepolaran yang berbeda yaitu hidrofilik dan hidrofobik. Daerah yang bersifat hidrofilik akan berikatan dengan supernatan dan daerah yang bersifat hidrofobik akan berikatan dengan minyak. Kondisi ini menyebabkan biosurfaktan yang terkandung dalam supernatan mampu menjembatani penyatuan minyak dengan supernatan sehingga terbentuk emulsi (Reningtyas, 2015).

Berdasarkan hasil yang didapat, indeks emulsifikasi yang paling tinggi terbentuk dari biosurfaktan yang dihasilkan dari media limbah cair produksi tepung maizena dengan pH 7, sedangkan indeks emulsifikasi paling rendah terbentuk dari biosurfaktan yang dihasilkan dari media limbah cair produksi tepung tapioka dengan pH 8. Media limbah cair produksi tepung maizena memiliki kandungan gula dan protein yang cukup tinggi, hal ini digunakan bakteri sebagai sumber karbon dalam proses produksi. Hasil penelitian Rodriguez et al. (2015) melaporkan bahwa medium limbah cair produksi tepung maizena mampu meningkatkan produksi biosurfaktan yang dihasilkan oleh *Serratia marcescens*.

Penelitian Ciccylyona et al. (2012) terkait produksi biosurfaktan dengan variasi pH 6, 7, dan 8 menunjukkan bahwa ketiga pH tersebut mampu memacu produksi biosurfaktan, hanya saja memiliki kemampuan yang berbeda. Perbedaan hasil dapat terjadi akibat pertumbuhan optimum jenis mikroba yang berbeda-beda. Komarawidjaja (2009) melaporkan bahwa bakteri yang mensintesis biosurfaktan masih mendegradasi hidrokarbon pada pH 5.5-8.0. Namun, aktivitas optimum terjadi pada pH netral sampai sedikit asam. Hal ini mendukung hasil penelitian yang didapat dalam penelitian ini.

Faktor selain pH adalah jenis substrat atau media yang digunakan. Pada penelitian ini *Tryptone Water* dan limbah cair produksi tepung maizena menunjukkan aktivitas yang lebih baik dari pada limbah cair produksi tepung tapioka. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan lama masa penyimpanan, proses pemasakan, tingkat

kematangan, dan kandungan nutrisi dari masing-masing media. *Tryptone Water* mengandung 10 g.L⁻¹ protein dan 5 g.L⁻¹ garam, sementara dalam 100 g jagung kandungan protein sebesar 3.4 g, garam 1 mg, dan lemak 1.5 g. Dalam 100 g singkong kandungan protein hanya 1.0 g dan lemak 0.3 g (Direktorat Gizi Depkes RI, 1981). Menurut Cooper et al. (1981), mikroba membutuhkan protein dan garam yang tinggi untuk tumbuh dan membentuk biosurfaktan. Dalam hal ini limbah cair produksi tepung tapioka memiliki komposisi yang jumlahnya lebih rendah dari media produksi lain, tentunya berdampak pada rendahnya aktivitas biosurfaktan yang dihasilkan.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa variasi pH dan media mempengaruhi kemampuan biosurfaktan yang dihasilkan oleh *Serratia marcescens* strain MBC1 dalam melarutkan solar. Hal ini dibuktikan dengan terbentuknya hasil positif pada ketiga parameter uji dengan nilai yang berbeda-beda. Biosurfaktan paling baik dihasilkan dari media limbah cair produksi tepung maizena pH 7 dengan aktivitas melarutkan solar paling optimum yang ditunjukkan oleh indeks emulsifikasi sebesar 63.88%.

DAFTAR PUSTAKA

- Araujo, H. W. C., Andrade, R. F. S., Rodriguez, D. M., Ribeiro, D. R., Silva, C. A. A., & Takaki, G. M. C. (2019). Sustainable biosurfactant produce by *Serratia marcescens* UCP 1549 and its suitability for agricultural and marine bioremediation application. *Microbial Cell factories*, 18(2), 1-13. Doi: [10.1186/s12934-018-1046-0](https://doi.org/10.1186/s12934-018-1046-0)
- Ciccyliana, D. Y., dan Nawfa, R. (2012). Pengaruh pH terhadap produksi biosurfaktan oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* lokal. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 1(1), 1-6.
- Cooper, D. D. G & Paddock, D. A. (1984). Production of a biosurfactans from *torulopsis bombicola*. *Applied Environmental Microbiology*, 47, 173-176.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. (1981). *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Penerbit Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Furqani, L. H. (2018). *Pemanfaatan air rebusan biji dan tongkol jagung sebagai substrat produksi bakteri Bacillus pumilus UAAC 21623 dan uji aktivitas antibakterinya* [skripsi, Universitas Andalas]. Digital Library.
- Gozan, M., Fatimah, I. N., Nanda, C., dan Haris, A. (2014). Produksi biosurfaktan *Pseudomonas aeruginosa* dengan substrat limbah biodiesel terozonasi untuk peningkatan perolehan minyak bumi. *Journal of Agro-based Industry*, 31(2), 39-44.
- Jagtap, S. S., Woo, M., Kim, T. S., Dhiman, S. S., Kim, D., & Lee, J. K. (2014). Phytoremediation of diesel contaminated soil and saccharification of the resulting biomass. *Fuel*, 116, 292-298.
- Komarawidjaja, W. (2009). Karakteristik dan pertumbuhan konsorsium mikroba lokal dalam media mengandung minyak bumi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(1), 114-119.
- Putri, L. K. (2014). Pengaruh penambahan glukosa sebagai co-substrat dalam pengolahan limbah minyak solar menggunakan sistem High Rate Alga Reactor (HRAR) [skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November]. Digital Library.
- Reningtyas dan Mahreni, R. (2015). Biosurfaktan. *Eksergi*, 12(2), 12-22.
- Rodriguez, D. M., Andrade, R. F. S., Ribeiro, D. L. R., Ribeiro, D. R., Lima, R. A., Araujo, H. W. J. & Takaki, G. M. C. (2015). Bioremediation of petroleum derivative using biosurfactant produced by *Serratia marcescens* UCP/WFCC 1549 in low cost medium. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 4(7), 550-562.
- Suryanti, Y., Hastuti, S., Handayani, D. S., dan Windrawati. (2014). Biosintesis biosurfaktan oleh *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan limbah cair industri tapioka sebagai media. *ALCHEMY jurnal penelitian kimia*, 10(1), 22-30.
- Walter, V., Sylдатk, C., Hausmann, R. (2010). Screening concepts for the isolation of biosurfactant producing microorganisms.

- Adv Exp Med Biol.*, 672, 1-13. Doi: [10.1007/978-1-4419-5979-9_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5979-9_1)
- Yasmin, Z., Wulansarie, R. (2018). Review perbandingan pencemaran minyak di perairan dengan proses bioremediasi menggunakan metode biostimulus
- Yuliana, C., Hertadi, R., dan Wahyuningrum, D. (2019). Produksi dan optimasi biosurfaktan dari bakteri halofilik *Chromohalobacter japonicas* BK-AB18. *CHEESA: Chemical Engineering Research Article*, 2(2), 56-65. Doi: [10.25273/cheesa.v2i2.5410](https://doi.org/10.25273/cheesa.v2i2.5410)

- dan bioaugmentasi. *Jurnal Reka Buana*, 3(1), 67-72. Doi: [10.33366/rekabuana.v3i1.943](https://doi.org/10.33366/rekabuana.v3i1.943)