

**UJI AKTIVITAS BIOSURFAKTAN DARI BAKTERI *Serratia marcescens*  
strain MBC 1 PADA MINYAK JELANTAH**

(Skripsi)

Oleh

**BERLIANA DAMAYANTI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## **ABSTRAK**

### **UJI AKTIVITAS BIOSURFAKTAN DARI BAKTERI *Serratia marcescens* strain MBC 1 PADA MINYAK JELANTAH**

**Oleh**

**BERLIANA DAMAYANTI**

Berbagai olahan pangan di Indonesia diolah dengan minyak goreng yang tak jarang menyisakan minyak jelantah. Minyak jelantah seringkali dibersihkan dengan surfaktan sintetik sabun. Campuran minyak dan sabun biasanya dibuang langsung ke lingkungan dan mengakibatkan menurunnya kesuburan tanah dan menghambat proses degradasi oleh mikroorganisme. Karena itu dibutuhkan senyawa alami yang mampu melarutkan minyak jelantah yaitu biosurfaktan. Salah satu bakteri penghasil biosurfaktan yaitu *Serratia marcescens*, bakteri ini menghasilkan biosurfaktan berupa *Serrawettin*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas optimum biosurfaktan bakteri dari *Serratia marcescens* strain MBC 1 pada berbagai media dan pH yang berbeda. Bakteri ini ditumbuhkan di media fermentasi *tryptone water*, limbah cair jagung dan limbah cair singkong dengan pH 6,7 dan 8 untuk diambil supernatannya. Uji yang dilakukan diantaranya uji emulsifikasi, *oil displacement* dan *drop collapse*. Pada uji *drop collapse* didapatkan tetesan datar di setiap perlakuan uji. Hasil indeks emulsifikasi tertinggi didapatkan pada media limbah jagung dengan pH 7 yaitu sebesar 49.26%. Pada uji *oil displacement* zona jernih terbesar didapatkan pada media produksi *tryptone water* dengan pH 7 yaitu 5.72 cm. Data yang didapatkan dianalisis menggunakan uji non parametrik Friedman dilanjutkan dengan uji Bonferroni. Setelah dilakukan uji analisis Friedman didapatkan bahwa jenis media dan variasi pH yang digunakan berpengaruh terhadap indeks emulsi dan zona jernih yang terbentuk. Pada uji lanjut Bonferroni *oil displacement test* terdapat beda nyata perlakuan di media *tryptone water* pH 7 dengan akuades (K-). Pada uji emulsifikasi didapatkan beda nyata pada perlakuan di limbah singkong pH 6 dengan *Tween-80* (K+). Dari hasil yang didapatkan, terbukti bahwa bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1 mampu menghasilkan biosurfaktan yang berpotensi dalam proses biodegradasi minyak jelantah.

Kata Kunci: Biosurfaktan, *Serratia marcescens*, minyak jelantah.

## **ABSTRACT**

### **BIOSURFACTANT ACTIVITY TEST OF *Serratia marcescens* strain MBC 1 IN COOKING OIL**

**By**  
**BERLIANA DAMAYANTI**

Various foods in Indonesia are processed with cooking oil which often leaves used cooking oil. Used cooking oil is often cleaned with synthetic soap surfactants. A mixture of oil and soap is usually discharged directly into the environment and causes a decrease in soil fertility and inhibits the degradation process by microorganisms. Therefore, natural compounds are needed that are able to dissolve used cooking oil, namely biosurfactants. One of the biosurfactant-producing bacteria is *Serratia marcescens*, this bacterium produces a biosurfactant in the form of Serrawettin. This study aims to determine the optimum activity of bacterial biosurfactant from *Serratia marcescens* strain MBC 1 on various media and different pH. These bacteria were grown in tryptone water fermentation media, corn liquid waste and cassava liquid waste with pH 6.7 and 8 to take the supernatant. The tests carried out include emulsification, oil displacement and drop collapse tests. In the drop collapse test, flat drops were obtained in each test treatment. The highest emulsification index results were obtained in corn waste media with a pH of 7, which was 49.26%. In the oil displacement test, the largest clear zone was found in the production medium of tryptone water with a pH of 7, which is 5.72 cm. The data obtained were analyzed using Friedman's non-parametric test followed by Bonferroni's test. After the Friedman analysis test, it was found that the type of media and the variation of pH used had an effect on the emulsion index and the clear zone formed. In the Bonferroni oil displacement test further test, there was a significant difference in the treatment in tryptone water pH 7 media with distilled water (K-). In the emulsification test, it was found that there was a significant difference in the treatment in cassava waste pH 6 with tween-80 (K+). From the results obtained, it is proven that the bacteria *Serratia marcescens* strain MBC 1 is able to produce biosurfactants that have potential in the biodegradation process of used cooking oil.

Keyword: Biosurfactant, *Serratia marcescens*, Used cooking oil

**UJI AKTIVITAS BIOSURFAKTAN DARI BAKTERI *Serratia marcescens*  
strain MBC 1 PADA MINYAK JELANTAH**

**Oleh**

**BERLIANA DAMAYANTI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Pada Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2021**

Judul Skripsi

**: UJI AKTIVITAS BIOSURFAKTAN DARI  
BAKTERI *Serratia marcescens* strain  
MBC 1 PADA MINYAK JELANTAH**

Nama Mahasiswa

**: Berliana Damayanti**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 1717021039**

Jurusan / Program Studi

**: Biologi / S1 Biologi**

Fakultas

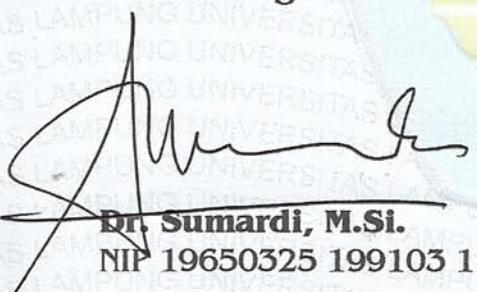
**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II



**Dr. Sumardi, M.Si.**

**NIP 19650325 199103 1 003**



**Drs. M. Kanedi, M.Si.**

**NIP 19610112 199103 1 002**

**2. Ketua Jurusan Biologi**



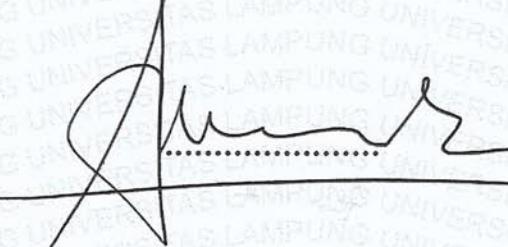
**Drs. M. Kanedi, M.Si.**

**NIP 19610112 199103 1 002**

## **MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

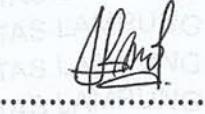
Ketua : **Dr. Sumardi, M.Si.**



Anggota : **Drs. M. Kanedi, M.Si.**



Penguji Utama : **Kusuma Handayani, S.Si., M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2021**

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Berliana Damayanti  
NPM : 1717021039  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Merupakan bagian penelitian dari Bapak Achmad Arifiyanto, S.Si., M.Si yang berjudul:

### **“UJI AKTIVITAS BIOSURFAKTAN DARI BAKTERI *Serratia marcescens* strain MBC 1 PADA MINYAK JELANTAH”**

Baik gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika yang berlaku dan saya memastikan bahwa tingkat similaritas skripsi ini tidak lebih dari 20%.

Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 25 Agustus 2021



(Berliana Damayanti)

NPM. 1717021039

## **RIWAYAT HIDUP**



Penulis dilahirkan di Tangerang pada tanggal 19 Maret 1999 anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Marjito dan Ibu Lestari Handayani. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-kanak Al-Mufidah tahun 2003–2005. Penulis melanjutkan pendidikan dasar di SDN IV Tigaraksa pada 2005–2011, lalu penulis melanjutkan pendidikan Menengah di SMPN II Tigaraksa, Kabupaten Tangerang tahun 2011–2014 dan dilanjutkan ke SMAN 1 Kabupaten Tangerang pada tahun 2014–2017. Pada tahun 2017 penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN dan menyelesaikan pendidikan pada perguruan tinggi meraih gelar Sarjana Sains pada Agustus 2021.

Selama menjadi mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Unila, penulis pernah menjadi asisten Mikrobiologi Umum pada 2019-2020, serta Bioteknologi Mikroba pada 2019-2020, serta aktif dalam organisasi HIMBIO FMIPA Unila sebagai Sekertaris Biro Danus periode 2019 dan Sekertaris koordinator Acara Pameran dan Bazar Pekan Konservasi Sumber Daya Alam ke-23, penulis juga menjadi salah satu penerima beasiswa PPA pada tahun 2019. Pada awal tahun 2020 penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Phillips Seafoods Indonesia dengan judul “Uji Bakteri *Salmonella* sp. pada Produk *Value Added* di Laboratorium PT. Phillips Seafood Indonesia” dan pada pertengahan tahun 2020 penulis melaksanakan KKN di Kelurahan Tanjung Agung Raya, Bandar Lampung. Pada akhir tahun 2020 penulis lolos menjadi Finalis PIMNAS-33 yang dilaksanakan oleh KEMENDIKBUD RI dengan judul proposal “Efektivitas Cendawan Entomopatogen *Aspergillus* sp. sebagai bioinsektisida Nyamuk Culex”

*Dengan mengucapkan nama Allāh Subḥanahu  
Waṭa’ala.*

*Kupersembahkan karya kecilku ini untuk:*

*Ibu dan Ayahku tercinta yang telah membesarkan dan  
mendidikku dengan penuh kasih, selalu menyebut  
namaku dalam setiap do’anya, serta selalu meridhoi dan  
mendukung setiap langkahku,*

*Adikku tercinta dan seluruh keluargaku yang juga  
selalu mendukung dan memberikan dukungan selama  
menyelesaikan pendidikan,*

*Bapak dan ibu Dosen yang selalu memberikanku Ilmu  
yang bermanfaat.*

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Karena atas berkah, rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan Judul “**UJI AKTIVITAS BIOSURFAKTAN DARI BAKTERI *Serratia marcescens* strain MBC 1 PADA MINYAK JELANTAH.**”. Penulis sangat menyadari bahwa dalam proses penulisan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Namun, atas bantuan Allah SWT. dan pihak-pihak yang terlibat sehingga seluruh kendala dapat teratasi. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
2. Bapak Drs. M. Kanedi, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung dan selaku pembimbing kedua.
3. Ibu Kusuma Handayani, S.Si., M.Si. selaku Kepala Program Studi S1 Biologi FMIPA Universitas Lampung dan selaku pembahas.
4. Bapak Dr. Sumardi, M.Si. selaku pembimbing utama yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dengan kesabaran dan memberikan banyak masukan pada penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir.
5. Bapak Achmad Arifiyanto, S.Si., M.Si. selaku pemberi proyek penelitian yang telah membantu mengarahkan selama penelitian.
6. Kedua orang tua bapak Marjito dan ibu Lestari Handayani serta Rizky selaku adik yang selalu memberi dukungan moril maupun materi, semangat, dan kerja keras kalian. Gelar sarjana ini penulis persembahkan untuk kalian.

7. Ibu Oni Mastuti, S.Si. selaku laboran Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung yang selalu memberikan kehangatan di laboratorium Mikrobiologi.
8. Keluarga Mikrobiologi 2017 “MINTUY 17” yang selalu memberi keceriaan dan selalu ada untuk membantu penulis selama menjalani penelitian.
9. Phillips Fighter Cindy Lukyta dan Meishy Handerlin yang selalu memberikan dukungan, canda tawa dan membantu penulis dari mulai kerja praktik sampai penelitian.
10. Anak Bapak Keren Mia Fitriani dan Cindy Lukyta yang selalu ada membantu penulis selama melakukan penelitian hingga wisuda.
11. Keluarga Biologi 2017 kelas B yang selalu mendukung dan memberi keceriaan dan kekuatan selama 4 tahun Bersama.
12. Keluarga Biologi Angkatan 2017 selaku teman seperjuangan dari mahasiswa baru hingga wisuda.
13. Ulin, Tatak, Yuni, Rizka, Maya, Wiwiet, Inggrid, Tika, dan Linda yang selalu mendukung dan menyemangati penulis selama di perantauan.
14. Teman-teman kontrakan KASU yang selalu memberikan keceriaan dan semangat.
15. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu.

Bandar Lampung, 25 Agustus 2021

Berliana Damayanti

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Kerangka Pikir .....	3
1.5 Hipotesis .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Minyak Jelantah .....	5
2.2 Bakteri <i>Serratia marcescens</i> .....	6
2.2.1 Klasifikasi .....	6
2.2.2 Morfologi .....	7
2.2.3 Tinjauan Fisiologis .....	7
2.3 Biosurfaktan .....	8
2.4 Mekanisme Kerja Biosurfaktan .....	10
2.4.1 Aktivitas Emulsifikasi .....	10
2.4.2 <i>Drop collapse test</i> .....	11
2.4.3 <i>Oil displacement Test</i> .....	12
2.5 Aplikasi Biosurfaktan .....	13
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Rancangan Penelitian.....	15
3.4 Prosedur Kerja.....	16
3.4.1 Peremajaan Isolat <i>Serratia marcescens</i> strain MBC 1.....	16
3.4.2 Uji Aktivitas Biosurfaktan .....	16
3.4.2.1 Preparasi sampel .....	16

A. Pembuatan starter.....	16
B. Pembuatan media fermentasi .....	17
C. Pemanenan <i>crude</i> biosurfaktan di berbagai media.....	17
D. Perhitungan kadar biomassa sel .....	17
3.4.2.2 Uji <i>Drop collapse</i> .....	18
3.4.2.3 Uji <i>Oil displacement</i> .....	18
3.4.2.4 Uji Emulsifikasi .....	19
3.5 Diagram Alir.....	20
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Hasil .....	21
4.1.1 <i>Drop collapse</i> .....	21
4.1.2 <i>Oil displacement</i> .....	23
4.1.3 Uji Emulsifikasi .....	26
4.1.4 Penimbangan Biomassa.....	29
4.2 Pembahasan .....	30
4.2.1 Kemampuan <i>Serratia marcescens</i> menghasilkan biosurfaktan.	30
4.2.2 <i>Drop collapse</i> .....	31
4.2.3 <i>Oil displacement</i> .....	32
4.2.4 Uji Emulsifikasi .....	33
4.2.5 Penimbangan Biomassa .....	35
4.2.6 Media dan pH optimum.....	36
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1 Simpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Jenis biosurfaktan serta mikroba penghasilnya.....	9
Tabel 2. Tata letak isolat percobaan .....	15
Tabel 3. Hasil pengukuran berat kering sampel .....	30
Tabel 4. Tabel chi-square <i>oil displacement</i> .....	33
Tabel 5. Perbandingan indeks emulsifikasi berbagai jenis bakteri .....	34
Tabel 6. Perbandingan indeks emulsifikasi genus bakteri <i>Serratia</i> sp.....	35
Tabel 7. Tabel chi- square uji emulsifikasi .....	36
Tabel 8. Hasil uji emulsifikasi dengan isolat di media <i>tryptone water</i> .....	47
Tabel 9. Hasil uji emulsifikasi dengan isolat di media limbah jagung .....	47
Tabel 10. Hasil uji emulsifikasi dengan isolat di media limbah singkong.....	47
Tabel 11. Hasil uji <i>oil displacement</i> dengan isolat di media <i>tryptone water</i> .....	48
Tabel 12. Hasil uji <i>oil displacement</i> dengan isolat di media Limbah jagung .....	48
Tabel 13. Hasil uji <i>oil displacement</i> dengan isolat di media limbah singkong....	48
Tabel 14. Nilai Chi-square tabel .....	49
Tabel 15. Uji Bonferroni pH <i>oil displacement</i> .....	49
Tabel 16. Uji Bonferroni jenis media <i>oil displacement</i> .....	50
Tabel 17. Uji Bonferroni pH pada uji emulsifikasi.....	51
Tabel 18. Uji Bonferroni jenis media uji emulsifikasi.....	52

## **DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 1. <i>Serratia marcescens</i> strain MBC 1 Gram staining .....	7
Gambar 2. Struktur kimia <i>Serrawettin</i> .....	8
Gambar 3. Mekanisme pengujian uji emulsifikasi .....	11
Gambar 4. Mekanisme pengujian <i>drop collapse</i> .....	12
Gambar 5. Pengukuran zona jernih.....	19
Gambar 6. Bentuk droplet dengan isolat pada <i>tryptone water</i> .....	21
Gambar 7. Bentuk droplet dengan isolat pada limbah Jagung .....	21
Gambar 8. Bentuk droplet dengan isolat pada limbah singkong .....	22
Gambar 9. bentuk droplet kontrol .....	22
Gambar 10. Bentuk droplet tanpa isolat pada <i>tryptone water</i> .....	22
Gambar 11. Bentuk droplet tanpa isolat pada limbah jagung .....	22
Gambar 12. Bentuk droplet tanpa isolat pada limbah singkong .....	23
Gambar 13. Grafik diameter zona jernih pada <i>oil displacement</i> .....	23
Gambar 14. Zona jernih dengan isolat pada <i>tryptone water</i> .....	24
Gambar 15. Zona jernih dengan isolat pada limbah jagung.....	24
Gambar 16. Zona jernih dengan isolat pada limbah singkong .....	24
Gambar 17. Hasil kontrol <i>oil displacement</i> .....	25

Gambar 18. Zona jernih tanpa isolat pada <i>tryptone water</i> .....	25
Gambar 19. Zona jernih tanpa isolat pada limbah jagung .....	25
Gambar 20. Zona jernih tanpa isolat pada limbah singkong.....	26
Gambar 21. Grafik indeks emulsifikasi .....	26
Gambar 22. Hasil emulsifikasi.....	27
Gambar 23. Tinggi emulsi dengan isolat pada <i>tryptone water</i> dan kontrol .....	27
Gambar 24. Tinggi emulsi dengan isolat pada limbah Jagung .....	28
Gambar 25. Tinggi emulsi dengan isolat pada limbah singkong .....	28
Gambar 26. Tinggi emulsi tanpa isolat pada <i>tryptone water</i> .....	28
Gambar 27. Tinggi emulsi tanpa isolat pada limbah jagung.....	29
Gambar 28. Tinggi emulsi tanpa isolat pada limbah singkong.....	29
Gambar 29. Bentuk droplet isolat di <i>tryptone water</i> pH 6.....	52
Gambar 30. Bentuk droplet isolat di <i>tryptone water</i> pH 7.....	53
Gambar 31. Bentuk droplet isolat di <i>tryptone water</i> pH 8.....	53
Gambar 32. Bentuk droplet isolat di limbah jagung pH 6 .....	53
Gambar 33. Bentuk droplet isolat di limbah jagung pH 7 .....	53
Gambar 34. Bentuk droplet isolat di limbah jagung pH 8 .....	53
Gambar 35. Bentuk droplet isolat di limbah singkong pH 6.....	54
Gambar 36. Bentuk droplet isolat di limbah singkong pH 7.....	54
Gambar 37. Bentuk droplet isolat di limbah singkong pH 8.....	54
Gambar 38. Bentuk droplet tanpa isolat di <i>tryptone water</i> pH 6 .....	54
Gambar 39. Bentuk droplet tanpa isolat di <i>tryptone water</i> pH 7 .....	54
Gambar 40. Bentuk droplet tanpa isolat di <i>tryptone water</i> pH 8 .....	55
Gambar 41. Bentuk droplet tanpa isolat di limbah jagung pH 6.....	55

Gambar 42. Bentuk droplet tanpa isolat di limbah jagung pH 7.....	55
Gambar 43. Bentuk droplet tanpa isolat di limbah jagung pH 8.....	55
Gambar 44. Bentuk droplet tanpa isolat di limbah singkong pH 6.....	55
Gambar 45. Bentuk droplet tanpa isolat di limbah singkong pH 7 .....	55
Gambar 46. Bentuk droplet tanpa isolat di limbah singkong pH 8.....	56
Gambar 47. Zona jernih dengan isolat di <i>trypton water</i> pH 6 .....	56
Gambar 48. Zona jernih dengan isolat di <i>trypton water</i> pH 7 .....	56
Gambar 49. Zona jernih dengan isolat di <i>trypton water</i> pH 8 .....	56
Gambar 50. Zona jernih dengan isolat di limbah jagung pH 6 .....	57
Gambar 51. Zona jernih dengan isolat di limbah jagung pH 7 .....	57
Gambar 52. Zona jernih dengan isolat di limbah jagung pH 8 .....	57
Gambar 53. Zona jernih dengan isolat di limbah singkong pH 6 .....	57
Gambar 54. Zona jernih dengan isolat di limbah singkong pH 7 .....	58
Gambar 55. Zona jernih dengan isolat di limbah singkong pH 8 .....	58
Gambar 56. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di <i>trypton water</i> pH 6.....	58
Gambar 57. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di <i>trypton water</i> pH 7 .....	58
Gambar 58. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di <i>trypton water</i> pH 8.....	59
Gambar 59. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di limbah jagung pH 6.....	59
Gambar 60. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di limbah jagung pH 7.....	59
Gambar 61. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di limbah jagung pH 8.....	59
Gambar 62. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di limbah singkong pH 6.....	59
Gambar 63. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di limbah singkong pH 7 .....	60
Gambar 64. Bentuk <i>oil displacement</i> tanpa isolat di limbah singkong pH 8 .....	60
Gambar 65. Hasil uji emulsifikasi supernatan di <i>tryptone water</i> pH 6.....	60

Gambar 66. Hasil uji emulsifikasi supernatan di <i>tryptone water</i> pH 7 .....	60
Gambar 67. Hasil uji emulsifikasi supernatan di <i>tryptone water</i> pH 8.....	61
Gambar 68. Hasil uji emulsifikasi supernatan di limbah jagung pH 6 .....	61
Gambar 69. Hasil uji emulsifikasi supernatan di limbah jagung pH 7 .....	61
Gambar 70. Hasil uji emulsifikasi supernatan di limbah jagung pH 8 .....	61
Gambar 71. Hasil uji emulsifikasi supernatan di limbah singkong pH 6.....	62
Gambar 72. Hasil uji emulsifikasi supernatan di limbah singkong pH 7.....	62
Gambar 73. Hasil uji emulsifikasi supernatan di limbah singkong pH 8.....	62

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Berbagai olahan makanan di Indonesia diolah menggunakan minyak goreng. Minyak goreng merupakan hasil olahan kelapa sawit yang diambil ekstraknya (Kusumastuty dkk, 2013). Menurut Badan Pusat Statistik (2018) konsumsi minyak goreng pertahunnya mencapai 36.59 ton. Penggunaan minyak goreng hanya dapat digunakan maksimal tiga kali pemakaian. Pemanasan minyak goreng berulang kali pada suhu tinggi (160-180°C) mengakibatkan terhidrolisisnya lemak menjadi asam lemak bebas yang mudah teroksidasi. Asam lemak bebas yang terbentuk dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti kanker, jantung koroner, stroke dan hipertensi. Penggunaan minyak goreng tidak jarang menyisakan limbah minyak bekas pakai, atau di masyarakat disebut dengan minyak jelantah (Rian dkk., 2015).

Proses pengorengan minyak yang terus-menerus akan mengakibatkan terbentuknya senyawa karsinogenik (Sinaga dkk., 2014). Masyarakat seringkali membuang minyak jelantah karena merusak cita rasa makanan dan berbau tengik (Sulistianingsih, 2019). Bau tengik ini dihasilkan dari bilangan peroksidasi yang tinggi (Nurhasnawati dkk., 2015). Sisa minyak pada peralatan masak dapat dibersihkan menggunakan sabun atau deterjen. Sayangnya, sabun ternyata hanya dapat mengemulsi minyak tanpa menghilangkannya dari lingkungan (Ravensca dan Saleh, 2017).

Minyak jelantah yang bercampur sabun yang dibuang ke saluran air atau ke

pekarangan dapat menghambat jalannya air. Polutan yang berasal dari jelantah dapat menyebabkan pori-pori tanah tertutup, sehingga sirkulasi udara menjadi terhambat yang mengakibatkan menurunnya kesuburan tanah (Sulistianingsih, 2019). Hasil emulsifikasi jelantah dan sabun juga dapat menghambat proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme (Ravensca dan Saleh, 2017).

Mekanisme kerja sabun sama dengan surfaktan. Secara kimiawi, surfaktan adalah senyawa *amphipathic* yang menurunkan tegangan permukaan antara minyak dan air, sehingga meningkatkan kelarutan minyak dalam air (Singh *et al.*, 2019). Selain dari bahan kimia, surfaktan dapat disintesis dari agensi hidup seperti bakteri, jamur maupun alga yang dikenal sebagai biosurfaktan. Dibandingkan surfaktan sintetis, biosurfaktan memiliki keunggulan yakni lebih mudah terdegradasi, juga ramah lingkungan karena tidak menyisakan minyak di alam (Furi dan Coniwanti, 2012). Biosurfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan, sehingga membantu meningkatkan kinerja enzim lipase (Putri dkk., 2021). Tegangan permukaan direduksi lalu terbentuk mikroemulsi, sehingga hidrokarbon dapat larut dalam air (Rahayu, 2018).

Sejumlah mikroba penghasil biosurfaktan diantaranya *Rhodobacteraceae bacterium*, *Pseudomonas citronellolis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Burkholderia glumae* (Laini dan Napoleon, 2014) *Bacillus pumilus* (Sulistinah, 2016) *Pseudomonas aeruginosa* (Saikia dkk., 2012) dan *Serratia marcencens* (Almansoory *et al.*, 2017). Bakteri *Klebsiella quasivariicola* IUMR-B53 mampu mengemulsi 95,76% limbah minyak goreng (Ren *et al.*, 2020), selain itu biosurfaktan dari *Pseudomonas aeruginosa* yang diproduksi dengan substrat minyak jelantah juga mampu mengemulsi n-hexane sampai 62.5% (Sharma *et al.*, 2019). Dalam penelitian Araújo *et al.* (2019) menyatakan bahwa biosurfaktan mentah produksi *S. marcencens* UCP 1549 mampu melarutkan 94% oli motor yang terkandung di pasir.

Di laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung terdapat koleksi bakteri yaitu *Serratia marcescens* strain MBC 1. *Serratia marcescens* merupakan salah satu bakteri penghasil biosurfaktan jenis lipopeptida yaitu *serrawettin* (Almansoory *et al.*, 2017), karena itu perlu dilakukan penelitian terkait potensi *Serratia* dalam melarutkan minyak jelantah sehingga dapat dijadikan agen biosurfaktan. Namun, proses produksi biosurfaktan dari bakteri masih membutuhkan biaya yang relatif tinggi akibat mahalnya media sintetik yang digunakan. Untuk itu digunakan media produksi yang lebih murah dan memiliki sumber nutrisi yang tidak kalah dari media sintetik yaitu air limbah jagung dan singkong. Limbah jagung dan singkong tersebut didapatkan dari salah satu industri pengolah pangan di kabupaten Pesawaran sebagai sumber nutrisi *Serratia marcescens* strain MBC 1 guna menurunkan biaya produksi.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui apakah isolat *Serratia marcescens* strain MBC 1 yang diinokulasi di berbagai media mampu menghasilkan biosurfaktan yang dapat melarutkan minyak jelantah.
2. Mengetahui pH optimum isolat *Serratia marcescens* strain MBC 1 dalam menghasilkan biosurfaktan.
3. Mengetahui media optimum *Serratia marcescens* strain MBC 1 dalam menghasilkan biosurfaktan.

## **1.3 Kerangka Pikir**

Sisa minyak jelantah yang sudah tidak dapat digunakan biasanya langsung dibuang masyarakat ke pekarangan, minyak yang menempel di

pengorengan biasanya dibersihkan dengan menggunakan sabun terlebih dahulu, produk sabun sebagai solusi untuk membersihkan minyak justru menimbulkan masalah di lingkungan. Minyak jelantah yang bercampur sabun yang dibuang ke saluran air dapat menghambat jalannya air, sirkulasi udara menjadi terhambat dan berakibat pada lambatnya pertumbuhan tanaman serta menurunnya kesuburan tanah.

Oleh karena itu dibutuhkan solusi alami yang aman untuk menanggulangi hal-hal tersebut. Sebelum dibuang ke lingkungan, minyak jelantah dapat dilarutkan terlebih dahulu dengan menggunakan biosurfaktan. Biosurfaktan merupakan senyawa *amphiphilic* yang mampu menurunkan tegangan permukaan antara minyak dan air, sehingga meningkatkan kelarutan minyak dalam air. Biosurfaktan dapat disintesis dari bakteri, algae maupun jamur. Salah satu bakteri penghasil biosurfaktan yaitu *Serratia marcescens*. Bakteri ini menghasilkan biosurfaktan berupa lipopeptida yaitu *serrawettin*. Biosurfaktan *serrawettin* diharapkan mampu menanggulangi masalah lingkungan yang disebabkan oleh minyak jelantah sebelum dibuang ke lingkungan.

#### 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Isolat bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1 pada berbagai media mampu menghasilkan biosurfaktan yang dapat melarutkan minyak jelantah.
2. Didapatkan pH optimum bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1 dalam menghasilkan biosurfaktan.
3. Didapatkan jenis media optimum bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1 dalam menghasilkan biosurfaktan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Minyak Jelantah**

Minyak jelantah adalah minyak bekas pakai dengan kualitas buruk akibat digunakan untuk menggoreng berulang kali, minyak ini berasal dari kelapa sawit. Proses penggorengan pada suhu tinggi (160 °C - 180 °C) dan adanya kontak dengan udara maupun air mengakibatkan terjadinya reaksi degradasi yang kompleks dalam minyak, sehingga menghasilkan berbagai senyawa sebagai hasil dari reaksi tersebut (Rahayu, 2018). Minyak jelantah memiliki kadar asam, malonaldehid dan nilai peroksida yang jauh dibawah standar. Di dalam minyak jelantah juga terdapat logam berat seperti timbal, kadmium arsenik serta zat-zat berbahaya seperti *benzopyrene* (Geng *et al.*, 2020). Pada tahun 2018 secara statistik output tahunan penggunaan minyak sawit di Indonesia mencapai 36.59 ton, banyaknya jumlah sisa penggunaan minyak goreng berbanding lurus dengan sisa minyak jelantah yang dihasilkan sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan menyebabkan penyakit apabila digunakan terus menerus.

Minyak jelantah yang digunakan mengalami kerusakan akibat digunakan berulang kali. Kerusakan tersebut terjadi akibat proses hidrolisis, oksidasi dan polimerisasi. Minyak yang mengalami oksidasi dan polimerisasi akan mengakibatkan perubahan warna menjadi gelap dan keruh akibat bahan pangan yang digoreng dalam minyak terlarut sehingga menurunkan kualitas minyak (Derguine-Mecheri *et al.*, 2018). Sementara reaksi hidrolisis terjadi akibat interaksi antara air dan lemak yang menyebabkan putusnya asam lemak

pada minyak sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol.

Penggunaan minyak jelantah dapat memberikan dampak pada gangguan kesehatan. Pemanasan minyak goreng yang berulang kali pada suhu tinggi akan mengakibatkan hidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas yang mudah teroksidasi, sehingga minyak dapat membentuk asam lemak trans yang dapat menyebabkan penyakit. Minyak goreng yang dipakai berulangkali dapat berpotensi menimbulkan penyakit kanker dan penyempitan pembuluh darah yang dapat memicu penyakit jantung koroner serta stroke (Nurhasnawati dkk., 2015).

## **2.2 Bakteri *Serratia marcevens***

### **2.2.1 Klasifikasi bakteri *Serratia marcevens***

Klasifikasi ilmiah bakteri *Serratia* menurut (Bergeys, 1994):

Kingdom	: Eubacteria
Fillum	: Proteobacter
Class	: Gamma Proteobacter
Ordo	: Enterobacterales
Family	: Yersiniaceae
Genus	: <i>Serratia</i>
Spesies	: <i>Serratia marcescens</i>

## 2.2.2 Morfologi Bakteri *Serratia marcescens*

*Serratia marcescens* merupakan bakteri yang berbentuk batang pendek, gram-negatif, bersifat motil karena memiliki flagela peritrik dan respirasinya anaerob fakultatif (Dalimunthe dkk., 2019). Bakteri ini dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berupa pigmen merah muda atau yang disebut prodigiosin (Arifiyanto dkk, 2021). Bakteri ini berdiameter 0.5-0.8  $\mu\text{m}$  dan panjang 0.9- 2  $\mu\text{m}$  bakteri ini dapat tumbuh pada suhu 5-40°C dalam kisaran pH 5-9 dan habitat alaminya ditemukan di air, tanah, permukaan tanaman bahkan dalam tubuh manusia (Nasiroh dkk., 2015) .

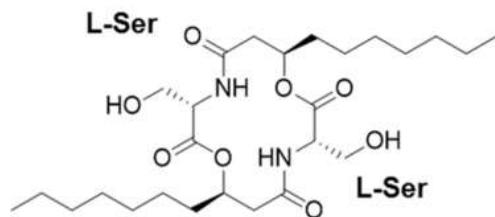


Gambar 1. *Serratia marcescens* Gram staining (Gillen and Gibbs, 2011)

## 2.2.3 Tinjauan fisiologis *Serratia marcescens*

Bakteri *Serratia marcescens* tidak memiliki kapsul atau spora dan menghasilkan koloni berlendir, membentuk koloni bulat, serta berbau busuk saat di tumbuhkan di atas agar cawan pada 25- 30°C selama 1-2 hari. Sekitar setengah strain menghasilkan pigmen merah prodigiosin. *Serratia* memiliki spesies yang beragam secara ekologis dan genetik dalam keluarga Enterobacteriaceae. Berbagai strain *Serratia marcescens* dapat hidup di air dan tanah, sebagai rhizobakteri, dan endofit tumbuhan. (Zhao et al., 2019).

Bakteri *Serratia* memiliki hasil uji biokimia berupa gram negatif, berbentuk lonjong, uji katalase positif, oksidase negatif, tidak dapat memfermentasi laktosa, bersifat motil, indol negatif, uji sitrat positif, DNase positif, uji urease yang negatif (Abdullah dkk., 2017). Bakteri *Serratia marcescens* dapat mempercepat proses degradasi tanah yang tercemar dengan minyak bumi karena menghasilkan surfaktan utama yaitu *serrawettin* yang memiliki berat molekul 514.7g/mol (Clements *et al.*, 2019).



Gambar 2. Struktur Kimia *serrawettins*. *Serrawettin* W1 (Clements *et al.*, 2019).

### 2.3 Biosurfaktan

Biosurfaktan adalah senyawa amfifatik yang terdiri dari gugus hidrofilik dan hidrofobik yang, dalam sebagian besar kasus diproduksi oleh mikroorganisme. Biosurfaktan seringkali kurang beracun dan lebih biodegradable dari surfaktan sintetis, dengan demikian sangat cocok untuk aplikasi di lingkungan seperti remediasi hidrokarbon dalam tanah, dispersi tumpahan minyak dan peningkatan proses pemulihan minyak (Saikia dkk., 2012). Selain itu, biosurfaktan secara ekstraselular menyebabkan emulsifikasi hidrokarbon sehingga meningkatkan kelarutan hidrokarbon dalam air. Saat ini biosurfaktan telah diaplikasikan untuk bioremediasi daerah tercemar logam berat, perairan yang terkontaminasi oleh limbah minyak, zat tambahan pada kosmetik dan sebagai biokontrol (Sulistinah, 2016).

Keuntungan paling signifikan dari biosurfaktan dibanding surfaktan kimiawi dapat dilihat dari dampak ekologisnya. Beberapa keuntungan lain dari biosurfaktan seperti bersifat biodegradabel, toksitas rendah, dapat disintesis dari bahan baku yang murah dan terbarukan, stabil pada kondisi pH, suhu maupun kekuatan ionik yang ekstrem (Wibisana, 2018).

Keunggulan lain dari biosurfaktan yaitu ramah lingkungan karena tidak menyisakan minyak di alam (Furi dan Coniwanti, 2012). Jenis biosurfaktan dan mikroba penghasilnya disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Jenis biosurfaktan serta mikroba penghasilnya

	Jenis Biosurfaktan	Jenis Mikroba
Glikolipid	Trehalosa mykolat	<i>Arthrobacter paraffineus;</i> <i>Mycobacterium phlei;</i> <i>Rhodococcus crythropolis</i>
	Trehalosa ester	<i>Mycobacterium fortitum;</i> <i>Micromonospora</i> sp.; <i>Mycobacterium smegmatis;</i> <i>Mycobacterium paraffinicum</i>
	Mono-, Di-, Trisakarida mykolat	<i>Arthrobacter</i> sp.; <i>Corynebacterium diphtheria;</i> <i>Mycobacterium smegmatis</i>
Rhamnolipida		<i>Pseudomonas</i> sp.; <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	Sophorolipida	<i>Candida</i> spp.; <i>Torulopsis petrophilum</i> ; <i>Torulopsis apicola</i> ; <i>Torulopsis bombicola</i>
Fosfolipida dan Asam Lemak	Fosfolipida dan Asam Lemak	<i>Candida</i> spp.; <i>Corynebacterium</i> spp.; <i>Micrococcus</i> spp.
	Fosfolipida	<i>Acinetobacter</i> spp.; <i>Aspergilus</i> spp.; <i>Thiobacillus thioxidans</i>
Lipopeptida dan Lipoprotein	Gramiciden	<i>Bacillus brevis</i>
	Polymyxin	<i>Bacillus polymyxa</i>
	Serrawettin	<i>Serratia marcescens</i>
	Ornithin-lipida	<i>Pseudomonas rubescens</i>
	Ceripilin	<i>Gluconobacter cerinus</i>
	Lysin-lipida	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; <i>Streptomyces sioyaensis</i>
	Surfaktin-subtilysin	<i>Bacillus subtilis</i>
	Peptida lipida	<i>Bacillus licheniformis</i>
	Viscosin	<i>Pseudomonas fluorescens</i>

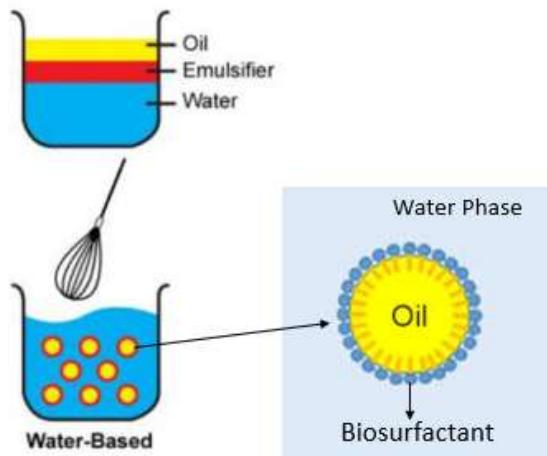
	<b>Jenis Biosurfaktan</b>	<b>Jenis Mikroba</b>
Surfaktan Polimer	Lipo heteropolisakarida	<i>Arthrobacter calcoaceticus</i> RAG-1
	Heteropolisakarida	<i>Arthrobacter calcoaceticus</i> A2
	Polisakarida protein	<i>Arthrobacter calcoaceticus</i> strains; <i>Candida lipolytica</i>
	Manno-protein	<i>Saccaromyces cerevisiae</i>
	Karbohidrat protein	<i>Candida petrophilum</i> ; <i>Endomycopsis lipolytica</i>
	Mannan- komplek lipida	<i>Candida tropicalis</i>
	Mannosa/erythrosa-lipida	<i>Shizosaccharomyces melanogramma</i> ; <i>Ustilago maydis</i>
	Kompleks karbohidrat- protein-lipida	<i>Debaryomyces polymorphus</i> ; <i>Pseudomonas spp.</i> ; <i>Pseudomonas fluorescens</i>
Biosurfaktan Partikular	Membran vesikula	<i>Acinetobacter sp.</i> H01-N
	Fimbriae	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	Seluruh bagian sel	Berbagai jenis mikroba

(Desai and Banat, 1997)

## 2.4 Mekanisme Kerja Biosurfaktan

### 2.4.1 Aktivitas Emulsifikasi

Emulsi merupakan dispersi suatu larutan di dalam larutan lain dimana molekul kedua campuran tersebut tidak saling bercampur atau bercampur sebagian dengan bantuan agen pengemulsi atau surfaktan (Rahayu, 2018). Surfaktan menyebabkan dispersi hidrokarbon dalam emulsi air, akibat bagian ekor dari surfaktan yang mengikat minyak dan bagian kepala yang mengikat air sehingga membentuk mikrodroplet atau misel yang selanjutnya diangkut ke dalam sel mikroba (Rodriguez *et al.*, 2015). Mekanisme uji emulsifikasi ditampilkan pada Gambar 3.

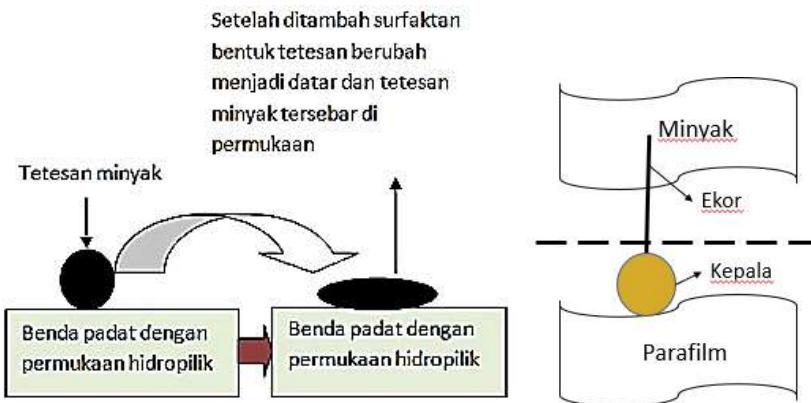


Gambar 3. Mekanisme uji emulsifikasi

Kestabilan emulsi pada surfaktan merupakan kesetimbangan antara gaya tarik-menarik dan tolak-menolak yang terjadi antar partikel. Apabila gaya tersebut tetap seimbang, maka globula-globula fasa terdispersi dalam sistem emulsi dapat dipertahankan agar tidak tergabung (Suryanti dkk., 2016). Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan suatu cairan dan di antarmuka fasa baik cair-gas maupun cair-cair (Swasono dkk., 2012).

#### **2.4.2 *Drop collapse Test***

Metode *drop collapse* merupakan metode yang sensitif serta mudah dalam mendeteksi keberadaan biosurfaktan (Soberón-chávez *et al.*, 2010). Minyak yang bersifat hidropobik apabila minyak diteteskan diperlakukan benda padat yang bersifat hidropilik, bentuk tetesan akan cembung disebabkan karena tegangan permukaan tetesan minyak tidak sama dengan permukaan benda padat. Hal ini disebabkan karena gaya kohesi molekul minyak lebih besar dibandingkan dengan gaya adesi antara permukaan minyak dan padatan.



Gambar 4. Mekanisme pengujian *drop collapse*

Setelah surfaktan ditambahkan ke permukaan antar fase, tetesan minyak akan terdistribusi di permukaan padatan (Reningtyas dan Mahreni, 2015). Mekanisme pengujian *drop collapse* disajikan pada Gambar 4.

#### 2.4.3 *Oil displacement test*

Pengujian aktivitas biosurfaktan dengan teknik uji *oil displacement* dilakukan dengan melihat perpindahan minyak dan menghasilkan zona perpindahan yang terbentuk dipermukaan minyak.

Terbentuknya zona jernih menunjukkan adanya kemampuan menurunkan tegangan permukaan karena adanya kandungan biosurfaktan pada supernatan. Nilai ODA (*oil displacement area*) pada aktivitas biosurfaktan merupakan salah satu kriteria untuk mendukung pemilihan produsen biosurfaktan yang potensial dari mikroba.

Metode ini diprediksi lebih baik daripada metode *drop collapse* dalam uji produksi biosurfaktan karena sangat sensitif untuk deteksi. Metode ini juga memiliki beberapa keuntungan yaitu hanya membutuhkan sampel dalam jumlah sedikit serta pengujinya yang sangat cepat, mudah dilakukan, serta tidak memerlukan peralatan khusus (Rahayu, 2018).

## 2.5 Aplikasi Biosurfaktan

Biosurfaktan dapat digunakan sebagai agen pelarut, pengemulsi minyak, dan solubilizer. Biosurfaktan diaplikasikan dalam beberapa bidang antara lain kosmetik, deterjen, pengolahan makanan, industri tekstil, perawatan, pengolahan logam, pengolahan kertas dan industri cat. Dewasa ini biosurfaktan seringkali digunakan dalam studi *Enhanced Oil Recovery* (EOR) guna meningkatkan bioremediasi hidrokarbon (Reningtyas dan Mahreni, 2015)

Selain sebagai agen pengemulsi dan bahan tambahan dalam industri pangan, biokontrol atau agen antimikroba dalam industri farmasi dan kesehatan, juga mempercepat proses bioremediasi senyawa toksik di lingkungan (Singh *et al.*, 2019).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada bulan Januari sampai bulan April 2021

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cawan Petri, jarum ose, Bunsen, tabung reaksi, *Laminar air flow ESCO Airstream Class II BSC*, neraca digital US Solid 220 0.0001g, sentrifuse Fischer Scientific 225, Erlenmeyer, gelas ukur, pipet tetes, *vortex mixer Maxi mix II*, oven Heraeus ST50, *hot plate magnetic stirrer* Gr Herb 791, jangka sorong, dan autoklaf ALP KT-30LDP AC 220V.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu media pertumbuhan *Tryptone Soya Agar*-Merck (*Casein peptone* 15g/L, *Soya pepton* 5g/L, NaCl 5g/L, Agar 15g/L) dan *Tryptone water*-Merck (*tryptone* 10g/L dan NaCl 5g/L), *Tween 80*-Merck, larutan *buffer*, isolat bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1 koleksi Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung, akuades, alkohol 70%, spirtus, minyak jelantah serta limbah singkong, dan limbah jagung yang didapat dari industri rumahan di kabupaten Pesawaran yang diberi 0.5% sukrosa teknis dan 0.5 % NaCl.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu jenis media (*Tryptone water*, limbah cair jagung dan singkong) dan faktor kedua yaitu variasi pH (6,7 dan 8), dilakukan 3 pengulangan. Terdapat 11 perlakuan uji serta digunakan kontrol positif berupa *tween-80* dan kontrol negatif menggunakan akuades. Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu: kemampuan supernatan dalam mengemulsi minyak yang dapat dilihat dari indeks emulsi pada uji emulsifikasi, kemampuan supernatan dalam menurunkan tegangan permukaan minyak dan air yang dibuktikan dengan bentuk permukaan *droplet* yang berubah menjadi rata pada uji *drop collapse*, dan kemampuan supernatan dalam menyisihkan lapisan minyak yang dibuktikan dengan besarnya diameter zona jernih pada uji *oil displacement*. Metode pengujian aktivitas biosurfaktan dilakukan dengan modifikasi dari metode (Ibrahim, 2018) dengan rincian tata letak sebagai berikut:

**Tabel 2.** Tata letak isolat produksi

S73	T71	J61	S62	J83	T63	T82	T81	J72
S71	T83	J81	J62	J71	J63	S72	S63	T73
S83	T62	J73	J82	S81	T72	T61	S61	S82

Keterangan:

T6: *Tryptone water* + starter *Serratia marcescens* dengan pH 6

T7: *Tryptone water* + starter *Serratia marcescens* dengan pH 7

T8: *Tryptone water* + starter *Serratia marcescens* dengan pH 8

J6: Limbah air rebusan jagung + starter *Serratia marcescens* dengan pH 6

J7: Limbah air rebusan jagung + starter *Serratia marcescens* dengan pH 7

J8: Limbah air rebusan jagung + starter *Serratia marcescens* dengan pH 8

S6: Limbah air rebusan singkong + starter *Serratia marcescens* dengan pH 6

S7: Limbah air rebusan singkong + starter *Serratia marcescens* dengan pH 6

S8: Limbah air rebusan singkong + starter *Serratia marcescens* dengan pH 8

1,2,3: Pengulangan ke-1, ke-2 dan ke-3

Hasil data pengujian indeks emulsifikasi dan diameter zona jernih pada uji *oil displacement* pada berbagai media dan variasi pH akan dianalisis dengan uji nonparametric Friedman dan dilanjutkan dengan uji Bonferroni untuk melihat beda nyata terkecil.

### **3.4 Prosedur Kerja**

#### **3.4.1 Peremajaan isolat *Serratia marcescens* strain MBC1**

Peremajaan *Serratia marcescens* strain MBC1 koleksi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung dilakukan dengan diambil 1 ose biakan bakteri pada cawan Petri, lalu dimurnikan dengan metode *streak* diatas media *Tryptone Soy Agar*, kemudian diinkubasi pada suhu ruang (27°C) selama 24 jam.

#### **3.4.2 Uji Aktivitas Biosurfaktan.**

Uji aktivitas biosurfaktan menggunakan modifikasi dari metode (Ibrahim, 2018) terdiri dari:

##### **3.4.2.1 Preparasi sampel**

Preparasi sampel terdiri dari beberapa tahap diantaranya:

###### **A. Pembuatan starter**

Starter dibuat dengan cara diinokulasikan bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1 kedalam media *Tryptone water* dan diinkubasi 24 jam sampai didapatkan kerapatan sel  $10^8$  U/mL.

### B. Pembuatan media fermentasi

Starter dengan kerapatan sel  $10^8$  U/mL yang telah dibuat kemudian dimasukkan kedalam berbagai media antara lain *Tryptone water* dengan cara dilarutkan menggunakan akuades 15g/L, limbah rebusan air jagung dan limbah rebusan singkong yang diberi 0.5% sukrosa teknis dan 0.5% NaCl di dalam tabung Erlenmeyer volume 100 mL diisi dengan 40 mL masing-masing media yang telah diatur pH nya sampai 6,7 dan 8 dengan larutan *buffer*. Media fermentasi tersebut selanjutnya diinkubasi selama 7 hari di *shaking incubator*. Dibuat juga media dengan perlakuan yang sama tanpa penambahan starter. Media fermentasi dibuat sebanyak 3 Erlenmeyer per masing-masing perlakuan.

### C. Pemanenan *crude* biosurfaktan di berbagai media

Media fermentasi dan kontrol yang telah diinkubasi selama 7 hari kemudian dikeluarkan dari *shaking incubator*, lalu dimasukkan ke dalam botol falcon dan sentrifuse selama 30 menit dengan kecepatan 6000 rpm. Supernatan yang didapat kemudian dipisahkan dari *pellete*.

### D. Perhitungan kadar biomassa sel

*Pellet* dari berbagai media fermentasi dengan variasi pH dan kontrol yang telah dipisahkan dari supernatan kemudian dikeringkan di oven menggunakan alumunium *foil* yang telah ditimbang sebelumnya, lalu ditimbang dengan neraca digital. Berat kering dapat dihitung dengan rumus:

$$X \text{ (g/L)} = \frac{\text{Berat alumunium foil berisi sel kering (g)} - \text{Berat alumunium foil kosong (g)}}{\text{Volume sampel (mL)}} \times 10^3$$

Keterangan: X (g/L): berat kering sel

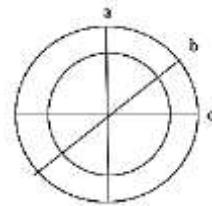
$10^3$ : konversi satuan dari (g/L) ke (mg/L)

### 3.4.2.2 Uji *Drop collapse*

Uji *drop collapse* menggunakan *parafilm* yang bersifat hidrofilik yang ditetesi 20  $\mu\text{L}$  minyak jelantah yang sifatnya hidrofobik. Bentuk tetesan minyak adalah bulat yang disebabkan gaya kohesi molekul minyak lebih besar dari gaya adhesi antar minyak dan gelas objek. Di atas tetesan minyak ditetesi 10  $\mu\text{L}$  supernatan dan diamati setelah 1 menit. Jika supernatan mengandung biosurfaktan maka lapisan permukaan tetesan minyak akan mendatar akibat penurunan tegangan permukaan antar fase. Apabila supernatan tidak mengandung biosurfaktan lapisan permukaan minyak akan tetap cembung. Dilakukan hal yang sama pada media yang diinkubasi tanpa starter bakteri. Uji kontrol positif digunakan *tween 80*, dan kontrol negatif digunakan akuades sebagai pembanding.

### 3.4.2.3 Uji *Oil displacement*

Metode ini menggunakan 20 mL akuades steril lalu ditambahkan 20 $\mu\text{L}$  minyak jelantah sampai membentuk lapisan di atas akuades steril, selanjutnya ditetesi 10  $\mu\text{L}$  supernatan dari berbagai media di tengah lapisan minyak. Jika supernatan mengandung biosurfaktan maka akan terbentuk zona jernih sehingga lapisan minyak akan melebar. Jika supernatan tidak mengandung biosurfaktan maka tidak akan terbentuk zona jernih pada lapisan minyak. Dilakukan hal yang sama pada media yang diinkubasi tanpa starter bakteri. Uji kontrol positif digunakan *tween 80* dan kontrol negatif digunakan akuades sebagai pembanding.



Gambar 5. Pengukuran zona jernih secara: (a) vertikal, (b) diagonal, (c) horizontal

#### 3.4.2.4 Uji Emulsifikasi

Uji ini digunakan supernatan dari berbagai macam media. Supernatan selanjutnya dicampurkan dengan minyak jelantah dengan perbandingan 1:1 dan divortex selama 3 menit hingga homogen. Diamkan campuran tersebut selama 24 jam pada suhu ruang lalu ukur kembali tinggi emulsi. Selanjutnya tinggi emulsi yang didapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

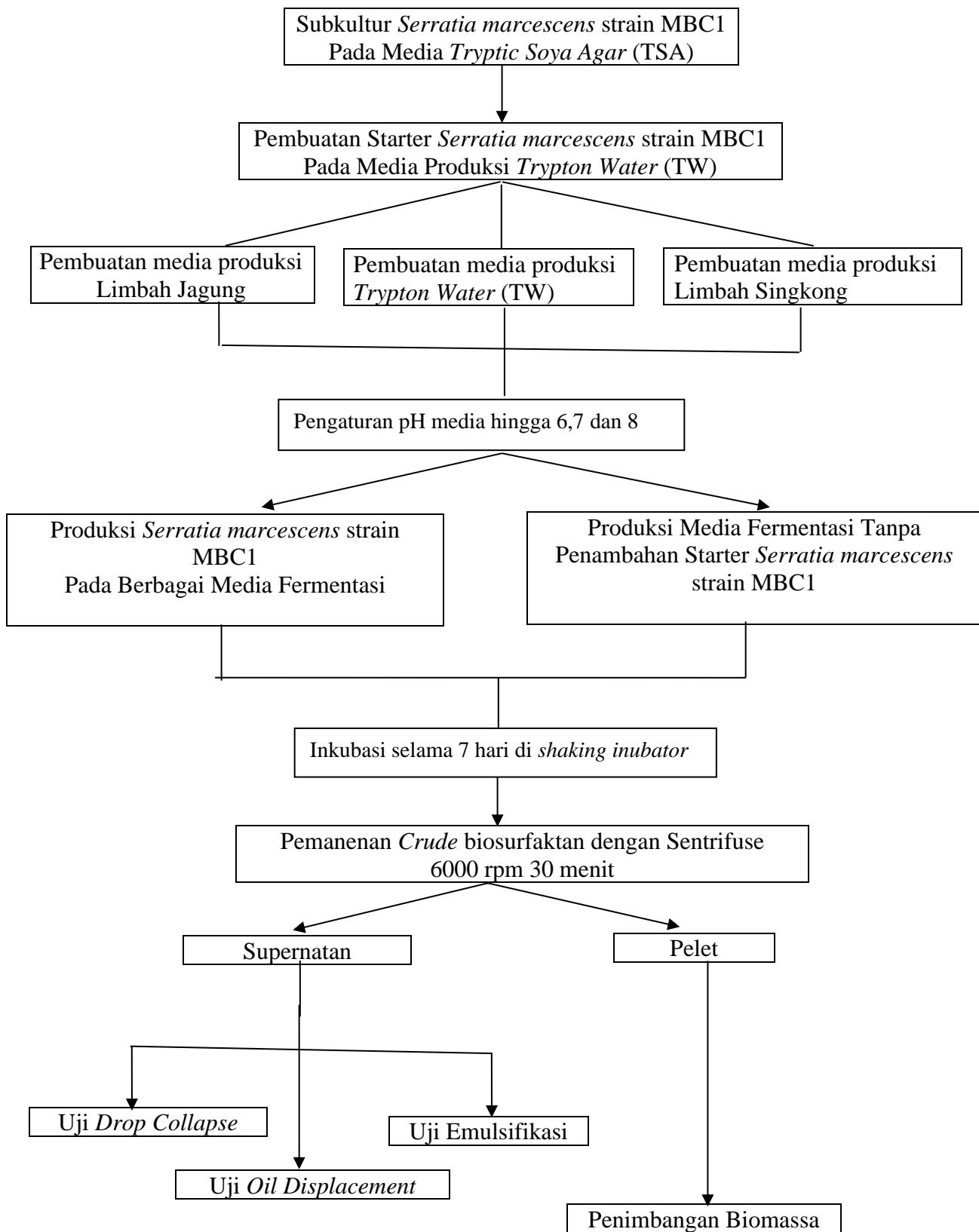
$$E_{24} = \frac{\text{Tinggi layer emulsi}}{\text{Tinggi total larutan}} \times 100\%$$

Keterangan: E24: Indeks emulsi setelah 24 jam

Apabila supernatan mengandung biosurfaktan maka akan terbentuk lapisan emulsi atau buih diantara fase minyak dan air yang akan tetap stabil dari jam pertama sampai 24 jam. Sedangkan apabila supernatan tidak mengandung biosurfaktan maka tidak terbentuk emulsi atau buih diantara 2 fase. Dilakukan hal yang sama pada media yang diinkubasi tanpa starter bakteri. Kontrol positif digunakan *Tween 80* dan kontrol negatif digunakan akuades sebagai pembanding.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Pengujian Aktivitas Biosurfaktan



## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Setelah dilakukan penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bakteri *Serratia marcenscens* strain MBC1 terbukti mampu memproduksi biosurfaktan pada media *trypone water*, limbah jagung dan limbah singkong dengan menghasilkan bentuk datar pada uji *drop collapse*, menghasilkan diameter tertinggi sebesar 5.72 cm pada uji *oil displacement* dan menghasilkan indeks emulsi tertinggi sebesar 49.26%,
2. Kondisi lingkungan optimum bakteri *Serratia marcenscens* strain MBC1 dalam menghasilkan biosurfaktan terdapat pada pH 7, dibuktikan pada uji emulsifikasi, *oil displacement* serta penimbangan biomassa yang memiliki hasil terbaik di pH 7
3. Media optimum *Serratia marcenscens* strain MBC1 dalam menghasilkan biosurfaktan yaitu media *trypone water*, dibuktikan pada *oil displacement* dan pengukuran biomassa yang memiliki hasil terbaik di media *trypone water*

### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) guna menganalisis kandungan minyak jelantah sebelum dan sesudah diberi supernatan dari bakteri *Serratia marcescens* strain MBC 1.
2. Melakukan optimasi media guna memaksimalkan produksi biosurfaktan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. H., Al-Ammiri, H., & Al-Ammiri, H. H. 2017. Isolation and Identification of *Serratia marcescens* from Bovine Mastitis infections in Iraq and their Susceptibility to Antibiotics. 489. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(2), 489–492.
- Alami, N. H. et al. 2011. Ekstraksi Dan Karakterisasi Biosurfaktan, *Berkala Hayati Edisi Khusus*, 1(8), pp. 65–71.
- Anastasia Wulan Pratidina Swasono, Putri Dei Elvarosa Sianturi, & Zuhrina Masyithah. 2012. Sintesis Surfaktan Alkil Poliglikosida Dari Glukosa Dan Dodekanol Dengan Katalis Asam. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1), 5–9.  
<https://doi.org/10.32734/jtk.v1i1.1398>
- Araújo, H. W. C., Andrade, R. F. S., Montero-Rodríguez, D., Rubio-Ribeaux, D., Alves Da Silva, C. A., & Campos-Takaki, G. M. 2019. Sustainable biosurfactant produced by *Serratia marcescens* UCP 1549 and its suitability for agricultural and marine bioremediation applications. *Microbial Cell Factories*, 18(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-1046-0>
- Arifiyanto, A., Putri, M. H., Damayanti, B., & Riyanto, C. L. R. 2021. The biological prospective of red-pigmented bacteria cultured from contaminated agar media. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(3), 1152–1159.  
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220310>
- Askari, M. 2018 Singkong sebagai Media Alternatif Pertumbuhan Jamur Candida albicans. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Borah, D., Agarwal, K., Khataniar, A., Konwar, D., Gogoi, S. B., & Kallel, M. (2019). A newly isolated strain of *Serratia* sp. from an oil spillage site of Assam shows excellent bioremediation potential. *3 Biotech*, 9(7), 1–12.  
<https://doi.org/10.1007/s13205-019-1820-7>
- Cahyaningsih, F. 2017. Pertumbuhan Bibit F0 Jamur Tiram dan Jamur Merang Pada Ubi Singkong Sebagai Media Alternatif. 3–6.  
[http://eprints.ums.ac.id/54429/11/Naskah\\_Publikasi.pdf](http://eprints.ums.ac.id/54429/11/Naskah_Publikasi.pdf)
- Clements, T., Ndlovu, T., Khan, S., & Khan, W. 2019. Biosurfactants produced by *Serratia* species: Classification, biosynthesis, production and application. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(2), 589–602.

<https://doi.org/10.1007/s00253-018-9520-5>

- Cooper, D. G. and Paddock, D. A. 1984. Production of a biosurfactant from *Torulopsis bombicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, 47(1), pp. 173–176. doi: 10.1128/aem.47.1.173-176.1984.
- Dalimunthe, C. I., Dahlan, A., & Tistama, R. 2019. Potensi Bakteri *Serratia* Sp. Sebagai Agensia Hayati Penyakit Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*). *Jurnal Agro Estate*, 3(1), 35–46.
- Derguine-Mecheri, L., Kebbouche-Gana, S., Khemili-Talbi, S., & Djenane, D. 2018. Screening and biosurfactant/bioemulsifier production from a high-salt-tolerant halophilic *Cryptococcus* strain YLF isolated from crude oil. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 712–724.  
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.10.088>
- Desai, J. D., & Banat, I. M. 1997. Microbial production of surfactants and their commercial potential. *Microbiology and Molecular Biology Reviews : MMBR*, 61(1), 47–64. <https://doi.org/10.1128/.61.1.47-64.1997>
- Dusane, D. H., Pawar, V. S., Nancharaiah, Y. V., Venugopalan, V. P., Kumar, A. R., & Zinjarde, S. S. 2011. Anti-biofilm potential of a glycolipid surfactant produced by a tropical marine strain of *Serratia marcescens*. *Biofouling*, 27(6), 645–654. <https://doi.org/10.1080/08927014.2011.594883>
- Fadhlil Almansoory, A., Abu Hasan, H., Idris, M., Sheikh Abdullah, S. R., Anuar, N., & Musa Tibin, E. M. 2017. Biosurfactant production by the hydrocarbon-degrading bacteria (HDB) *Serratia marcescens*: Optimization using central composite design (CCD). *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 47, 272–280. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.11.043>
- Fitria, N., & Setiawati, F. 2020. Modifikasi Media Jagung (*Zea mays*) dan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) sebagai Media Pertumbuhan *Aspergillus flavus*. *Jurnal Reka Lingkungan*, 8(1), 57–66.  
<https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v8i1.57-66>
- Furi, T. A., & Coniwanti, P. 2012. Ampas Tebu Dan Konsentrasi Natrium Bisulfit (NaHSO<sub>3</sub>) Pada Proses Pembuatan Surfaktan. 18(4), 49–58.
- Geng, L., Xu, Q., Yu, X., Jiang, C., Zhang, Z., & Li, C. 2020. Laboratory performance evaluation of a cold patching asphalt material containing cooking waste oil. *Construction and Building Materials*, 246, 117637.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117637>
- Gillen, A. D., & Gibbs, R. 2011. *Serratia marcescens*: The Miracle Bacillus. Answers in Depth, 6.
- Hassan, I., Bream, A. S., El-Sayed, A., & Yousef, A. M. (2017). International Journal of Advanced Research in Biological Sciences Assessment of disinfection by-products levels in Aga surface water plant and its distribution

- system, Dakhlia, Egypt. Int. J. Adv. Res. Biol. Sci, 4(4), 37–43.  
<https://doi.org/10.22192/ijarbs>
- Hu, X., Cheng, T., & Liu, J. 2018. A novel *Serratia* sp. ZS6 isolate derived from petroleum sludge secretes biosurfactant and lipase in medium with olive oil as sole carbon source. *AMB Express*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0698-9>
- Huang, Y., Zhou, H., Zheng, G., Li, Y., Xie, Q., You, S., & Zhang, C. 2020. Isolation and characterization of biosurfactant-producing *Serratia marcescens* ZCF25 from oil sludge and application to bioremediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(22), 27762–27772.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09006-6>
- Ibrahim, H. M. M. 2018. Characterization of biosurfactants produced by novel strains of *Ochrobactrum anthropi* HM-1 and *Citrobacter freundii* HM-2 from used engine oil-contaminated soil. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(1), 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.12.005>
- Jemil N, Hmidet N, Ben Ayed H, Nasri M 2018 Physicochemical characterization of Enterobacter cloacae C3 lipopeptides and their applications in enhancing diesel oil biodegradation. *Process Saf Environ Prot* 117:399–407
- Khaerunnisa, R., Kurniati, I., Nurhayati, D., & Dermawan, A. 2019. Pemanfaatan Air Rebusan Umbi Kuning Dan Ungu Sebagai Media Alternatif Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(1), 269. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v1i1.753>
- Korayem, A. S., Abdelhafez, A. A., Zaki, M. M., & Saleh, E. A. 2015. Optimization of biosurfactant production by *Streptomyces* isolated from Egyptian arid soil using Plackett–Burman design. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2015.09.001>
- Kusumastuty, I., Andarini, A., & Aswin, a. 2013. Perbedaan Pengaruh Pemberian Minyak Kelapa Sawit (Palm Oil) Dan Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Terhadap Perbaikan Profil Lemak (Kolesterol) Pada Tikus Dengan Dietaaterogenik. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*, 22(2), 113–120.
- Laini, R. E., & Napoleon, A. 2014. Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Biosurfaktan yang Ber- potensi sebagai Agen MEOR ( Microbial Enhanced Oil Recovery ) dari Sumur Minyak di Sungai Angit. 17, 9–13.
- Nasiroh, U., Isnawati, & Trimulyono, G. 2015. Aktivitas Antifungi *Serratia marcescens* terhadap Alternaria porri Penyebab Penyakit Bercak Ungu Secara in Vitro. *LenteraBio*, 4(1), 13–18.
- Nurhasnawati, H., Supriningrum, R., & Caesariana, N. 2015. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Yang Digunakan Pedagang Goreangan. 1(1), 25–30.
- Patel S, Homaei A, Patil S, Daverey A 2019 Microbial biosurfactants for oil spill

- remediation: pitfalls and potentials. *Appl Microbiol Biotechnology* 103:27–37.  
<https://doi.org/10.1007/s00253-018-9434-2>
- Patowary, K., Patowary, R., Kalita, M. C., & Deka, S. 2017. Characterization of biosurfactant produced during degradation of hydrocarbons using crude oil as sole source of carbon. *Frontiers in Microbiology*, 8(FEB), 1–14.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00279>
- Putri, M. H., Handayani, K., Setiawan, W. A., Damayanti, B., Ratih, C. L., & Arifiyanto, A. 2021. Screening of Extracellular Enzymes on *Serratia marcescens* strain MBC1. *Jurnal Riset Biologi Dan Aplikasinya*, 3(1), 23–29.
- Rahayu, Y. P. 2018. Uji Aktivitas Lipase dan Biosurfaktan dari Bakteri Keratinolitik.
- Ramadass K, Megharaj M, Venkateswarlu K, Naidu R 2018 Bioavail- ability of weathered hydrocarbons in engine oil-contaminated soil: impact of bioaugmentation mediated by *Pseudomonas* spp. on bioremediation. *Sci Total Environ* 636:968–974
- Ravensca, I., & Saleh, C. 2017. Pembuatan Surfaktan Berbahan Dasar Minyak Biji Ketapang *Terminalia catappa* Dengan Trietanolamina. 02(2).
- Ren, J., Fan, B., Huhetaoli, Niu, D., Gu, Y., & Li, C. 2020. Biodegradation of Waste Cooking Oils by *Klebsiella quasivaricola* IUMR-B53 and Characteristics of Its Oil-Degrading Enzyme. *Waste and Biomass Valorization*.  
<https://doi.org/10.1007/s12649-020-01097-z>
- Reningtyas, R., & Mahreni. 2015. Biosurfaktan. *Eksbergi*, XII(2), 12–22.
- Rian, E., Faiz, H. A., & Firdaus, E. R. 2015. Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi- Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. 7182, 402–409.
- Richana, N., Irawadi, T., Nur, M., Sailah, I., Syamsu, K., & Arkenan, Y. 2007. Ekstraksi Xilan dari Tongkol Jagung. *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 4(1), 38–43.  
<https://doi.org/10.21082/jpasca.v4n1.2007.38-43>
- Rifai, A. 2020. Prospektif Umbi Atau Umbi-Umbian Sebagai Media Pertumbuhan Jamur. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Rodriguez, D., Andrade, R., Ramos, D., Rubio, D., Lima, R., Araújo, H., & Campo, G. 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 Sciences*, 7(August), 550–562.
- Saikia, R. R., Deka, S., Deka, M., & Sarma, H. 2012. Optimization of environmental factors for improved production of rhamnolipid biosurfactant by *Pseudomonas aeruginosa* RS29 on glycerol. *Journal of Basic Microbiology*,

- 52(4), 446–457. <https://doi.org/10.1002/jobm.201100228>
- Sembiring, E., Sangi, M. S., & Suryanto, E. 2016. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Dan Fraksi Dari Biji Jagung (*Zea mays L.*). *Chemistry Progress*, 9(1), 14–20. <https://doi.org/10.35799/cp.9.1.2016.13908>
- Sharma, S., Datta, P., Kumar, B., Tiwari, P., & Pandey, L. M. 2019. Production of novel rhamnolipids via biodegradation of waste cooking oil using *Pseudomonas aeruginosa* MTCC7815. *Biodegradation*, 30(4), 301–312. <https://doi.org/10.1007/s10532-019-09874-x>
- Sinaga, S., Haryanto, A., & Triyono, S. 2014. Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 27–34.
- Singh, P., Patil, Y., & Rale, V. 2019. Biosurfactant production: emerging trends and promising strategies. *Journal of Applied Microbiology*, 126(1), 2–13. <https://doi.org/10.1111/jam.14057>
- Soberón-chávez, G., Abdel-mawgoud, A. M., Hausmann, R., & Le, F. 2010. Biosurfactants and Bioengineering of Production (Issue September 2010). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14490-5>
- Su, C., Xiang, Z., Liu, Y., Zhao, X., Sun, Y., Li, Z., Li, L., Chang, F., Chen, T., Wen, X., Zhou, Y., & Zhao, F. 2016. Analysis of the genomic sequences and metabolites of *Serratia surfactantfaciens* sp. nov. YD25T that simultaneously produces prodigiosin and serratettin W2. *BMC Genomics*, 17(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-3171-7>
- Sulistianingsih, D. W. 2019. Optimasi Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalisator Kalsium Oksida (CaO) dengvan Proses Metanolisis (Variabel Suhu Reaksi). *Jurnal Inovasi Proses*, 4(2), 5–10.
- Sulistinah, R. R. and N. 2016. Preliminary Screening Of Biosurfactan Producing Microorganisms. *Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016*, 740–747.
- Suryanti, V., Hastuti, S., & Handayani, D. S. 2016. Biosynthesis of Biosurfactant By *Pseudomonas Aeruginosa* Using Cassava Flour Industrial Wastewater As Media. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 10(1), 22. <https://doi.org/10.20961/alchemy.v10i1.12>
- Thavasi, R., Sharma, S., & Jayalakshmi, S. 2013. Evaluation of Screening Methods for the Isolation of Biosurfactant Producing Marine Bacteria. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*, 04(02). <https://doi.org/10.4172/2157-7463.s1-001>
- Vera, L. U. S., Hasbi, M., & Purwanto, E. 2019. Isolasi Dan Seleksi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Dari Lumpur Sungai Siak, Disekitar Pelabuhan Sungai Duku, Pekanbaru.

- Wei, Y. H., Lai, H. C., Chen, S. Y., Yeh, M. S., & Chang, J. S. 2004. Biosurfactant production by *Serratia marcescens* SS-1 and its isogenic strain SMΔR defective in SpnR, a quorum-sensing LuxR family protein. *Biotechnology Letters*, 26(10), 799–802. <https://doi.org/10.1023/B:BILE.0000025881.95596.23>
- Wibisana, A. 2018. Isolasi Dan Skrining Mikroba Penghasil Biosurfaktan Dari Air Laut Yang Tercemar Minyak. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 55. <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1680>
- Wicaksono, S., Kusdiyantini, E., & Raharjo, B. 2017. Pertumbuhan Dan Produksi Pigmen Merah Oleh *Serratia marcescens* Pada Berbagai Sumber Karbon. *Jurnal Biologi*, 6(3), 66–75.
- Yuliana, N. 2008. Kinetika Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Isolat T5 Yang Berasal Dari Tempoyak. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 13(2), 108–116.
- Zhao, L., Ma, Y., Yang, X., Iqbal, A., Ruan, C., & Zang, L. 2019. Identification of *Serratia marcescens* isolated from *Antheraea pernyi* eggs and determination of bacterial pathogenicity and transmission pathway. *Journal Of Invertebrate Pathology*, 107297. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.107297>