

IMOBILISASI MIKROKAPSUL ANTIBAKTERI MINYAK ASIRI *Eucalyptus globulus* PADA KAIN KAPAS DENGAN METODE DEEP COATING

IMMOBILIZATION OF ANTIBACTERIAL MICROCAPSULES OF *Eucalyptus globulus* ESSENTIAL OIL ON COTTON CLOTH WITH DEEP COATING METHOD

Chantika Azka Hunafa¹, Dinda Dede Nabila¹, Dwi Nur Indah Sari¹, Retna Nurkhotimah¹, Miftah
Andiani Lestari¹, Tatang Wahyudi², Euis Julaeaha¹

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
E-mail: chantika19002@mail.unpad.ac.id

²Balai Besar Tekstil
E-mail: tatangwahyudi@kemenperin.go.id

Tanggal diterima: 1 Oktober 2021, direvisi: 10 Desember 2021, disetujui terbit: 21 Desember 2021

ABSTRAK

Imobilisasi mikrokapsul antibakteri minyak asiri *Eucalyptus globulus* pada kain kapas telah dilakukan dengan cara *deep coating*. Mikrokapsul yang berisi minyak asiri *E. globulus* dibuat dengan metode koaservasi kompleks menggunakan penyalut alginat-gelatin. Hasil pengukuran GC-MS terhadap minyak asiri *E. globulus* komersial menunjukkan komponen utamanya adalah isopropil miristat 63,69% dan 1,8-sineol sebesar 29,35%. Mikrokapsul dibuat dalam dua sampel, yang dibedakan dari penggunaan minyak asiri *E. globulus* dalam Sampel I yakni 4 g dan Sampel II yakni 6 g. Ukuran rata-rata mikrokapsul Sampel I sebesar 1,550 μm dan Sampel II sebesar 1,154 μm . Kandungan minyak asiri (*Oil Content*; OC) dan efisiensi enkapsulasi (*Encapsulation Efficiency*; EE) secara berurutan, yaitu OC 78,70%; 42,49% dan EE 75,19%; 51,54%. Morfologi mikrokapsul Sampel I terlihat bentuknya lebih membulat dibanding Sampel II. Hasil uji antibakteri terhadap *S. aureus* lebih tinggi dibandingkan dengan terhadap *E. coli*. Sampel I lebih aktif dibandingkan Sampel II.

Kata kunci: Antibakteri, *E. globulus*, Imobilisasi, Mikroenkapsulasi, Minyak Asiri.

ABSTRACT

Immobilization of antibacterial microcapsules of Eucalyptus globulus oil on cotton cloth has been done by means of deep coating. Microcapsules containing E. globulus essential oil were made by a complex coaservation method using an alginate-gelatin coater. GC-MS measurements of commercial E. globulus essential oil showed its main components were 63.69% miristat isoprophile and 1.8-sineol at 29.35%. Microcapsules were prepared in two samples, which were differed by the use of E. globulus oil in Sample I 4 g and Sample II 6 g. The average size of microcapsules Sample I was 1.550 μm and Sample II was 1.154 μm . Oil content (OC) and encapsulation efficiency (EE) were respectively, OC 78.70%; 42.49% and EE 75.19%; 51.54%. The microcapsules morphology of Sample I looks more rounded than Sample II. Antibacterial test results against S. aureus were higher than against E. coli. Sample I is more active than Sample II.

Keywords: Antibacterial, *E. globulus*, Immobilization, Microencapsulation, Essential Oil.

PENDAHULUAN

Minyak asiri merupakan campuran senyawa aroma volatil kompleks yang dihasilkan oleh tanaman tertentu sebagai metabolit sekunder, yang secara kimia tersusun atas senyawa mono dan seskuiterpen serta polipropanoid aromatik. Minyak asiri disintesis oleh tumbuhan melalui jalur asam mevalonat untuk senyawa terpen, sedangkan polipropanoid melalui jalur asam sikimat (*shikimic acid*). Tumbuhan yang menghasilkan minyak asiri

diantaranya jeruk, pepermin, kayu manis, kayu putih, dan lain-lain.^{1,2}

E. globulus merupakan tanaman penghasil minyak asiri dari keluarga *Myrtaceae* yang terdistribusi di berbagai belahan dunia, baik di daerah tropis maupun subtropis. Di Indonesia, penyebaran *E. globulus* ini berada di daerah Alor, Flores, Pantar, Adonara, Timor, Wetar, Lembata, dan Lombok. *E. globulus* memiliki wangi yang harum atau aromatik menyegarkan, serta memiliki

rasa yang pedas dan sedikit pahit.³ Campuran monoterpen dan monoterpen teroksidasi pada minyak asiri *E. globulus* dapat menyebabkan aktivitas antimikroba. Komponen kimia yang terkandung dalam minyak asiri *E. globulus* dilaporkan mempunyai aktivitas antibakteri sehingga dapat diaplikasikan pada bidang farmakologis.^{4,5}

Kandungan senyawa aktif pada minyak asiri daun *E. globulus* yaitu 1,8-sineol, linalool, dan pinocarveol. Senyawa ini yang mampu menghambat pertumbuhan dan membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* serta dapat melancarkan pernapasan.⁶

S. aureus adalah bakteri gram positif yang berdiameter sekitar 0,8 - 1,0 μm . *S. aureus* tumbuh dengan optimum pada suhu 37°C dengan waktu pembelahan 0,47 jam. Bakteri ini biasanya terdapat pada saluran pernapasan atas dan kulit.⁷

Tujuan digunakan teknik mikroenkapsulasi yaitu untuk mencegah terjadinya penguapan dari minyak asiri *E. globulus* yang bersifat volatil, sehingga dapat mempertahankan kandungan metabolit sekunder dalam *E. globulus* tersebut. Kelebihan lainnya adalah untuk mengontrol pelepasan dari minyak asiri sehingga dapat menambah umur simpan produk.⁸ Mikroenkapsulasi ini juga tergolong ke dalam suatu teknologi terbaru yang diaplikasikan dalam bidang tekstil dan masih terus dikembangkan di Indonesia.

Paper ini melaporkan imobilisasi mikro kapsul minyak asiri *E. globulus* pada kain kapas. Mikroenkapsulasi dilakukan dengan metode koaservasi kompleks menggunakan penyalut alginat-gelatin, pengikat silang glutaraldehid, dan pengemulsi tween 80. Kain dan mikro kapsul diuji aktivitas antibakterinya terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan pembuatan masker kain antibakteri sesuai standar SNI.

METODE

Bahan

Minyak asiri *E. globulus* diperoleh dari PT. Darjeeling Sembrani Aroma, Bandung. Kain kapas 100% diperoleh dari Balai Besar Tekstil, Bandung. *Filter membrane* diperoleh dari PT. Global Meditek Utama, Yogyakarta. *Polioksietilen sorbitan monooleate/polysorbate* ($\text{C}_{64}\text{H}_{124}\text{O}_{26}$) diperoleh dari PT. Subur Jaya Kimia, Bandung. Akuades, glutaraldehid, gelatin, natrium alginat, natrium sulfat anhidrat, asam asetat glasial, *n*-heksana, asam sitrat, natrium dihidrogen fosfat dihidrat, kloroform, dan etanol seluruhnya diperoleh dari *Merck*. Hasil pembiakan bakteri Gram positif *S. aureus* ATCC 6538, bakteri Gram negatif *E. coli* ATCC 11229, MHA (*Muller Hinton Agar*), NA (*Nutrient Agar*), dan ampisillin (1000 ppm/cakram) diperoleh dari

Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Sentral Universitas Padjadjaran.

Peralatan

Pembuatan mikro kapsul dilakukan dengan teknik koaservasi kompleks. Penetapan komponen minyak asiri dengan GC-MS versi Mass Hunter GC/MS Acquisition 10.0.368 dengan metode Anise Oil. Karakterisasi mikro kapsul menggunakan Spektrometer UV-Vis merek Perkin-Elmer tipe Lambda 35, *Particle Size Analyzer* (PSA) Beckman Coulter tipe LS 13 320, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merek JEOL tipe JSM-6510.

Prosedur

Penetapan Komponen Kimia Penyusun Minyak Asiri *E. globulus* dengan GC-MS

Komponen kimia minyak asiri *E. globulus* dianalisis menggunakan GC-MS dengan kolom kapiler DB 35 ms dengan panjang 30 m, diameter kolom 0,25 mm dengan ketebalan film fasa cair 0,25 mikron. Analisis berlangsung dengan pemrograman temperatur dari 60-350°C dengan kecepatan kenaikan temperatur 10°C/menit menggunakan fasa gerak gas Helium (He), temperatur injektor 325°C, dan jumlah minyak yang diinjeksikan sebanyak 1 μL .

Mikroenkapsulasi Minyak Asiri *E. globulus*

Pembuatan mikro kapsul minyak asiri *E. globulus* mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Julaha dkk.,⁹ tahapannya sebagai berikut. Pertama, gelatin ditimbang sebanyak 2,8 g, lalu dilarutkan dengan akuades sebanyak 140 mL dalam gelas kimia 250 mL, campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 60°C dengan kecepatan 600 rpm. Kedua, dimasukkan *polysorbate* sebanyak 0,8 g dan 2 g minyak asiri *E. globulus* ke dalam larutan gelatin dan ditambahkan larutan natrium alginat (0,8 g dalam 40 mL) tetes demi tetes, setelah tercampur diaduk kembali selama 15 menit pada suhu 60°C dan diasamkan dengan 2,5% (v/v) larutan asam asetat glasial sampai dengan pH 3,75. Ketiga, suspensi didinginkan pada suhu 5-10°C. Saat mikro kapsul terbentuk, ditambahkan 0,18 g glutaraldehid secara perlahan, dipanaskan sampai dengan suhu 35°C, diaduk kembali selama 3-4 jam sekaligus didinginkan sampai dengan suhu ruangan. Setelah dingin, mikro kapsul disaring dan dicuci dengan *n*-heksana, terakhir dikeringkan lalu disimpan dalam lemari pendingin. Mikro kapsul dibuat dengan dua variasi jumlah minyak asiri *E. globulus*, Sampel I menggunakan massa minyak asiri *E. globulus* sebanyak 4 g dan Sampel II sebanyak 6 g. Pengerjaan setiap sampel dilakukan dengan tiga kali pengulangan (triplo).

Karakterisasi Mikrokapsul Minyak Asiri *E. globulus*

Mengacu pada Wahyudi dkk., 2020¹⁰ efisiensi enkapsulasi dilakukan dengan beberapa tahap. Pertama, pembuatan kurva baku minyak asiri *E. Globulus* pada variasi konsentrasi 100-500 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum 224 nm dengan Spektrometer UV-Vis. Kedua, penetapan kadar ekstrak dalam mikrokapsul dengan cara ditimbang sebanyak 2 g mikrokapsul *E. globulus*, kemudian disuspensikan dalam 10 mL *n*-heksana. Banyaknya kandungan minyak asiri diperoleh dengan memplotkan pada kurva kalibrasi. Persamaan matematika untuk menghitung *OC* dan *EE* terdapat pada Persamaan (1) dan (2).

$$\text{Oil Content (\%)} = \frac{w_1}{w} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{EE (\%)} = \frac{w_1}{w_2} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

w = Total berat mikrokapsul

w1 = Jumlah minyak sebenarnya yang tersalut

w2 = Jumlah minyak yang ditambahkan

Pengukuran partikel mikroenkapsulasi *E. globulus* dilakukan dengan alat PSA *Beckman Coulter LS 13 320, equipped with optical Fraunhofer*, dengan cairan pembawanya air.

Pengukuran morfologi hasil mikroenkapsulasi. Pengukuran morfologi digunakan alat SEM merek JEOL tipe JSM-6510, dengan perbesaran 1000x.

Imobilisasi Mikrokapsul *E. globulus* pada Kain Kapas

Imobilisasi menggunakan metode *deep coating* dengan beberapa tahapan. Pertama, kain katun dicelupkan ke dalam 100 mL campuran larutan (yang berisi mikrokapsul 20%, asam sitrat 3%, katalis natrium sulfat anhidrat 1,5%, dan *polysorbate*

0,8 g) selama 5-15 menit sambil diaduk. Kemudian diangkat secara vertikal dengan kecepatan yang konstan, selanjutnya dikeringkan kain dengan menjemur selama 1 jam. Kain yang sudah kering diamati morfologinya dengan menggunakan alat SEM merek JEOL tipe JSM-6510 dengan perbesaran 100x dan 500x.

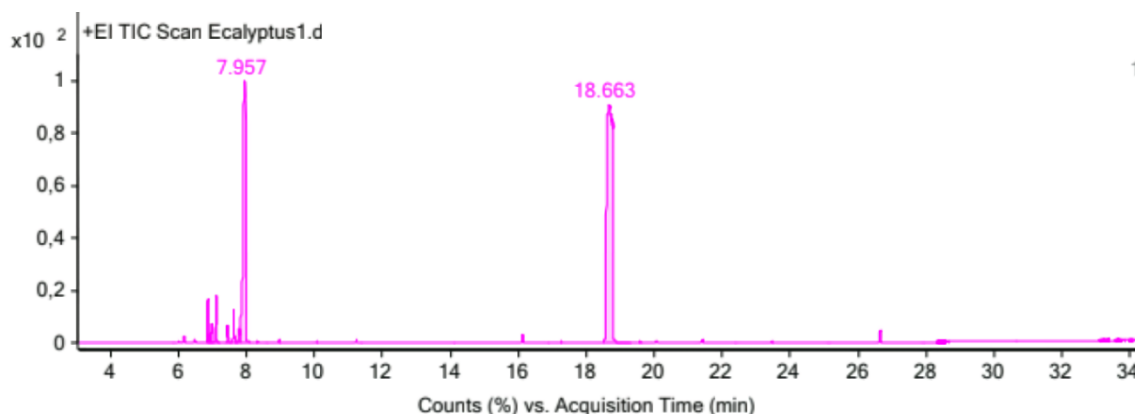
Pengujian Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dari minyak asiri *E. globulus* mengikuti penelitian yang telah dilakukan Julaeha dkk.,⁹ metode uji antibakteri yang digunakan yaitu metode *Kirby bauer* terhadap bakteri Gram positif *S. aureus* ATCC 6538 dan bakteri Gram negatif *E. coli* ATCC 11229. Prosedurnya dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama, strain mikroba dikulturkan semalam sekitar 10⁵ CFU/mL dengan larutan garam steril, kemudian sebanyak 500 µL suspensi bakteri diletakkan di atas media agar yang berisi MHA (*Muller Hinton Agar*) untuk bakteri Gram positif dan NA (*Nutrient Agar*) untuk bakteri Gram negatif. Cakram kosong steril diresapi dengan 20 µL sampel yang akan diujikan. Ampicillin (1000 ppm/cakram) digunakan sebagai kontrol positif dan *n*-heksana sebagai kontrol negatif. Pelat diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Aktivitas antibakteri diukur berdasarkan zona penghambatan (mm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kandungan Minyak Asiri *E. globulus* dengan Metode GC-MS

Kromatogram GC-MS minyak asiri *E. globulus* ditunjukkan pada Gambar 1 dan komposisi kimianya pada Tabel 1. Komponen utama minyak *E. globulus* adalah isopropil miristat 63,69% dan 1,8-sineol sebesar 29,35%. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan Lorca, A dkk.,¹¹ bahwa kedua senyawa ini yang diduga berperan penting sebagai antibakteri, pembantu melancarkan pernapasan, dan antioksidan.¹²



Gambar 1. Kromatogram minyak *E. globulus*

Tabel 1. Komposisi kimia minyak asiri *E. globulus*

Puncak	Senyawa	Waktu Retensi (min)	Luas Puncak (%)	Kualitas
1	β-Feladren	6,862	1,59	16,49
2	β-Mirsen	7,11	1,69	18,81
3	α-Feladren	7,447	0,64	6,35
4	1,3-sikloheksadiena, 1-metil-4-(1-metiletil)	7,628	1,38	12,43
5	p-Simene	7,773	0,95	5,35
6	1,8-Sineol	7,957	29,35	99,93
7	Isopropil miristat	18,663	63,69	91,07

Karakterisasi Mikrokapsul Kandungan Minyak Asiri (%OC) dan Efisiensi Enkapsulasi (%EE)

Mikrokapsul yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi kandungan minyak asiri (%OC) dan Efisiensi Enkapsulasi (%EE) dengan alat UV-Vis pada panjang gelombang 224 nm. Hasil penentuan kandungan minyak dan efisiensi enkapsulasi pada Sampel I dan II terdapat pada Tabel 2. Kandungan minyak pada Sampel I lebih besar dibandingkan Sampel II, sehingga dapat diketahui bahwa minyak yang terperap dalam mikrokapsul Sampel I lebih banyak. Selain itu, semakin tinggi nilai %EE maka semakin efisien proses mikroenkapsulasi berlangsung, sehingga terlihat bahwa Sampel I memberikan hasil lebih baik.

Tabel 2. Nilai kandungan minyak dan efisiensi

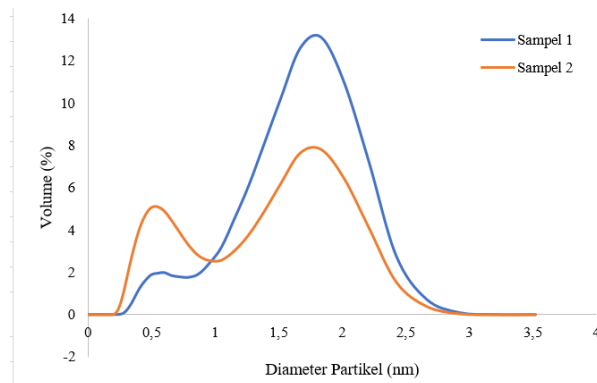
Sampel	w (g)	w1 (g)	w2 (g)	Kandungan minyak (%)	EE (%)
1	3,82	3,00	4,00	78,70±0,73	75,19±0,88
2	7,27	3,09	6,00	42,49±0,89	51,54±1,34

Ket: w = Total berat mikrokapsul; w1 = Jumlah minyak sebenarnya yang tersalut; w2 = Jumlah minyak yang ditambahkan.

Dalam metode koaservasi kompleks, karakteristik bahan seperti penyalut dan inti kapsul, viskositas, jenis pelarut, dan penambahan zat aditif yang terkandung dalam parameter formulasi semuanya akan mempengaruhi parameter %OC dan %EE. Selain itu, kondisi pembuatan seperti suhu, nilai pH, dan kecepatan pengadukan juga menjadi penentu keberhasilan mikroenkapsulasi.¹³

Ukuran Partikel Mikrokapsul

Ukuran partikel mikrokapsul ditetapkan dengan *Particle Size Analyzer* (PSA), hasilnya seperti terlihat pada Gambar 2.

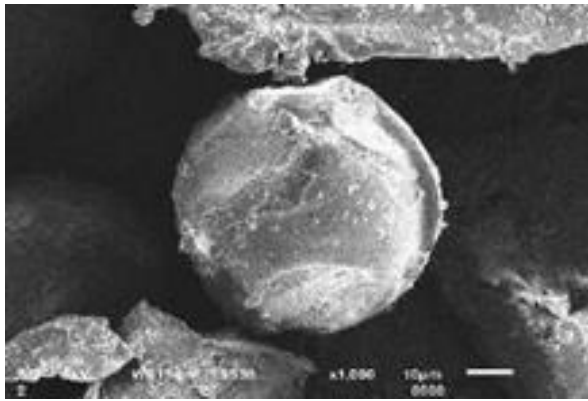


Gambar 2. Spektrum PSA dari 2 sampel mikrokapsul minyak asiri *E. globulus*

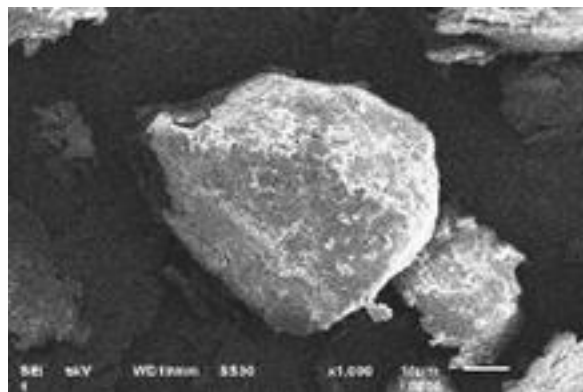
Dari Gambar 2, terlihat semua sampel yang telah diuji masuk kategori mikrokapsul. Sampel I dan Sampel II menghasilkan ukuran partikel rata-rata berturut-turut sebesar 1,550 μm dan 1,154 μm dengan distribusi partikel mendekati homogen, yang ditunjukkan dengan harga mean/median mendekati nilai 1, yaitu 0,9492 μm untuk Sampel I dan 1,1598 μm untuk Sampel II. Namun homogenitas Sampel I lebih baik daripada Sampel II. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, Sampel I memperlihatkan hampir satu puncak dengan sedikit bahu, tapi Sampel II puncak kedua masih cukup tinggi.

Morfologi Mikrokapsul

Mikrokapsul yang dihasilkan dianalisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui morfologi (bentuk dan ukuran) dan topografi (tekstur dan permukaan). Hasil pengukuran mikrokapsul ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 dengan perbesaran 1000x. Pada Sampel I terlihat permukaan mikrokapsulnya lebih halus, sedangkan Sampel II memiliki permukaan mikrokapsul yang kurang halus.



Gambar 3. Mikrograf SEM mikro kapsul Sampel I perbesaran 1000x

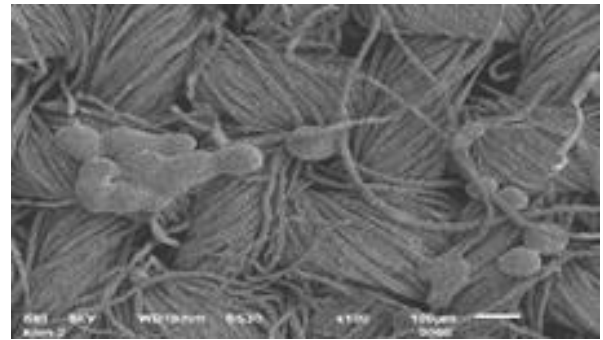


Gambar 4. Mikrograf SEM mikro kapsul Sampel II perbesaran 1000x

Imobilisasi Mikro kapsul pada Kain Kapas

Imobilisasi mikro kapsul dilakukan pada kain kapas karena selain memiliki sifat yang sangat nyaman, juga kemampuannya untuk mempertahankan kelembaban dan dapat menyerap keringat.¹⁴ Bahan yang berasal dari selulosa memiliki banyak keuntungan, seperti biokompatibilitas, toksisitas rendah, kelarutan dalam air, dan biodegradabel.¹⁵ Asam sitrat digunakan karena merupakan bahan alami yang ramah lingkungan dan tidak beracun. Asam sitrat merupakan asam polikarboksilat dan dapat bereaksi dengan kain kapas melalui reaksi esterifikasi.¹⁶

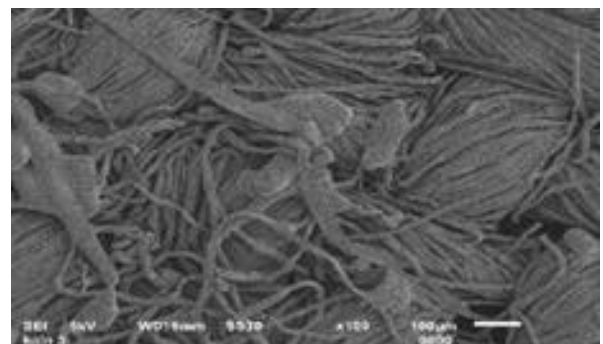
Hasil pengukuran SEM pada kain yang telah diimobilisasi mikro kapsul dilakukan dengan perbesaran 100x dan 500x, seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6 untuk Sampel I dan Gambar 7 dan Gambar 8 untuk Sampel II. Penempelan mikro kapsul Sampel I pada kain lebih baik dibandingkan Sampel II karena mikro kapsul yang menempel pada kain lebih banyak.



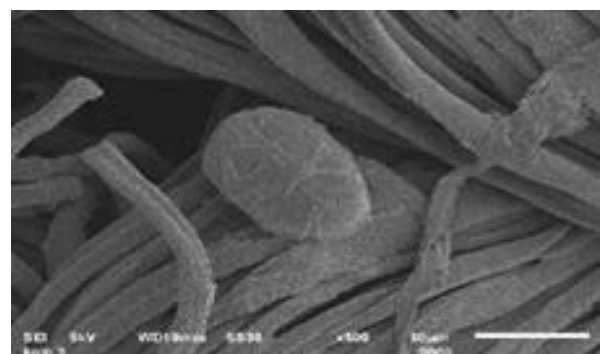
Gambar 5. Mikrograf SEM hasil imobilisasi mikro kapsul Sampel I perbesaran 100x



Gambar 6. Mikrograf SEM hasil imobilisasi mikro kapsul Sampel I perbesaran 500x



Gambar 7. Mikrograf SEM hasil imobilisasi mikro kapsul Sampel II perbesaran 100x



Gambar 8. Mikrograf SEM hasil imobilisasi mikro kapsul Sampel II perbesaran 500x

Hasil Uji Aktivitas Antibakteri

Hasil uji antibakteri dari sampel minyak asiri *E. globulus*, mikrokapsul, dan kain yang telah diimmobilisasi ditunjukkan pada Tabel 3. Dari tabel tersebut terlihat semua sampel menunjukkan aktif baik terhadap *S. aureus* maupun *E. coli*.

Berdasarkan pengamatan, Sampel I menunjukkan lebih aktif dibanding Sampel II yang dibuktikan dengan diameter zona hambat lebih besar dibandingkan dengan Sampel II. Diameter zona bening (*clear zone*) merupakan petunjuk adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri oleh suatu senyawa antibakteri dalam ekstrak.¹⁷ Aktivitas minyak asiri *E. globulus* utuh lebih aktif daripada sampel minyak asiri *E. globulus* yang sudah dimikroenkapsulasi, hal ini mungkin terjadi karena minyak asiri *E. globulus* belum dilepaskan seluruhnya dari mikrokapsul.

Aktivitas antibakteri terhadap *S. aureus* lebih tinggi dibandingkan dengan *E. coli*. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan sifat kedua bakteri. *S.*

aureus merupakan bakteri Gram positif yang memiliki dinding sel tebal berupa peptidoglikan, sedangkan *E. coli* merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki dinding sel yang lebih tipis hanya berupa lipopolisakarida.

Aktivitas antibakteri oleh minyak asiri terjadi karena keberadaan terpenoid yang dapat merusak membran sel bakteri dengan protein transmembran, sehingga menghambat pertumbuhan sel bakteri.¹⁸ Fase berair digantikan oleh terpenoid sehingga menyebabkan ekspansi membran, meningkatnya fluiditas dan permeabilitas, gangguan protein, penghambatan pernapasan, serta pengubahan proses transportasi ion. Minyak asiri yang bersifat lipofilik dapat berinteraksi dengan mengubah permeabilitas membran sel dalam mikroorganisme. Karakter lipofilik tersebut mengakumulasi lipid pada dinding sel, sehingga dapat menyebabkan protein terdenaturasi dan kehilangan integritas membran, kemudian akan mengarahkannya kepada kebocoran sitoplasma dan akhirnya mati.⁹

Tabel 3. Hasil Uji Antibakteri

Hasil Uji Antibakteri terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)				
Sampel	Diameter Penghambatan (mm)		Rataan Diameter (mm) ¹	Keterangan
Sampel I	8,85	8,90	8,88 ^{bc} ±0,025	Aktif
Sampel II	7,60	8,60	8,10 ^b ±0,5	Aktif
<i>E. globulus</i>	9,70	9,40	9,55 ^c ±0,15	Aktif
Kain I	10,10	9,25	9,68 ^c ±0,425	Aktif
Kain II	8,55	7,40	7,98 ^b ±0,575	Aktif
Ampicillin	12,25	11,50	11,88 ^d ±0,375	Aktif
<i>n</i> -heksana	6,00	6,00	6,00 ^a	Tidak Aktif

Hasil Uji Antibakteri terhadap <i>Escherichia coli</i> (ATCC 11229)				
Sampel	Diameter Penghambatan (mm)		Rataan Diameter (mm) ¹	Keterangan
Sampel I	6,30	6,60	6,4 ^a ±0,15	Aktif
Sampel II	6,10	6,15	6,13 ^a ±0,025	Aktif
<i>E. globulus</i>	6,80	7,70	7,25 ^a ±0,45	Aktif
Kain I	11,50	8,20	9,85 ^b ±1,65	Aktif
Kain II	7,65	6,80	7,23 ^a ±0,425	Aktif
Ampicillin	10,00	11,10	10,55 ^b ±0,55	Aktif
<i>n</i> -heksana	6,00	6,00	6,00 ^a	Tidak Aktif

¹Ket.: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tiap perlakuan dengan nilai p <0.05

KESIMPULAN

Mikrokapsul minyak *E. globulus* berhasil dibuat dengan metode mikrokapsulasi koaservasi kompleks dengan membuat dua sampel yang berbeda berdasarkan penggunaan minyak asiri *E. globulus* pada Sampel I sebanyak 4 g dan Sampel II 6 g. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa karakter dan morfologi mikrokapsul Sampel I lebih

baik daripada Sampel II. Ukuran rata-rata partikel hasil mikrokapsul yang diperoleh Sampel I dan Sampel II berturut-turut sebesar 1,550 µm dan 1,154 µm. Mikrokapsul *E. globulus* dan kain yang sudah diimmobilisasi minyak asiri *E. globulus* aktif menghambat pertumbuhan bakteri. Aktivitas antibakteri Sampel I dan Sampel II lebih baik terhadap bakteri *S. aureus* daripada *E. coli* dengan

nilai rata-rata zona hambat Sampel I dan Sampel II terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli* berturut-turut adalah $8,88^{bc} \pm 0,025$ mm; $8,10^b \pm 0,5$ mm dan $6,4^a \pm 0,15$ mm; $6,13^a \pm 0,025$ mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas dukungan pendanaan Penelitian Kreativitas Mahasiswa tahun 2021 dan kepada Balai Besar Tekstil serta Universitas Padjadjaran atas kerjasama penelitian dan fasilitas yang diberikan.

PUSTAKA

1. Nugraheni, A., Yunarto, N., & Sulistyningum, N. Optimasi Formula Mikrokapsulasi Ekstrak Rimpang Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) dengan Penyalut Berbasis Air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. **5** (2). pp. 98-105 (2015).
2. O'Dowd, K., Nair, K. M., Forouzandeh, P., Mathew, S., Grant, J., Moran, R., Bartlet, J., Bird, J., & Pillai, S. C. Face Masks and Respirators in the Fight Against the COVID-19 Pandemic: A Review of Current Materials, Advances and Future Perspectives. *Materials* **13**(15) pp. 3363-3390 (2020).
3. Serafino, A., Vallebona, Paola S., Andreola, F., Manuela, Z., Mercuri, L., Federici, M., Rasi, G., Garaci, E., & Pierimarchi, P. Stimulatory effect of Eucalyptus essential oil on innate cell-mediated immune response. *BMC Immunology*. doi: 10.1186/1471-2172-9-17 (2008).
4. Knoblach K., Pauli A., Iberi B.,a Wegand H., Weis N. Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, 1: 119–128. (1989)
5. Aggarwal K.K., Khanuja S.P.S., Ahmad A., Kumar T.R.S., Gupta V.K., Kumar S. Antimicrobial activity profiles of the two enantiomers of limonene and carvone isolated from the oils of *Mentha spicata* and *Anethum sowa*. *Flavour and Fragrance Journal*, 17: 59–63. (2002)
6. Liza, F. K. & Zelika, M. R. Kandungan Senyawa Kimia dan Bioaktivitas dari *Eucalyptus globulus* Labill. *Jurnal Farmaka*. **14**(2). pp. 67 (2016).
7. Ibrahim, J. Tingkat Cemaran Bakteri *Staphylococcus aureus* pada Daging Ayam yang dijual di Pasar Tradisional Makassar. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar (2017).
8. Novenda, F. K., Irham, M. A. & Ramadhan, R. A. Airfine: masker dengan mikrofilter berbasis biopolimer dari limbah ampas tapioka (*Cassava waste pulp*), p. 17200012 (2017).
9. Julaeha, E., Puspita, S., Wahyudi, T., Nugraha, J., & Eddy, D. R. Mikrokapsulasi Minyak Asiri Jeruk Nipis dengan Koersvasi Kompleks yang Beraktivitas Antibakteri untuk Aplikasi Pada Bahan Tekstil', *Arena Tekstil*. **35**(2). 68-73 (2020).
10. Wahyudi, T., Agus S.M., Cica K., Untung P., & Euis J. Pembuatan Mikrokapsul Minyak Jeruk (*Citrus Aurantifolia*) Untuk Aplikasi Pada Penyempurnaan Tekstil. *Arena Tekstil*. **32**(1). pp. 1–8. doi: 10.31266/at.v32i1.2661 (2017).
11. Lorca A., Andrea M., Navarette P., Rafael E. Pediculicide Formulation Based On Eucalyptus Globulus Essential Oil. *PCT/CL2016/000015*. (2016).
12. Madouri, L. H., Asma, B., Madani, K. Chemical Composition, Antimicrobial, and Antioxidant Activities of Essential Oil of Eucalyptus globulus from Algeria. *Elsevier Journal of Industrial Crops and Products*. 78: 148-153 (2015).
13. Paulo F. dan Santos, L. Design of Experiments for Microencapsulation Applications: A Review. *Materials science and engineering*. 33, 1327-1340 (2017).
14. Khodary, M.M.M., El-Rafie, H.M., Abdel Salam, H.M., & El-Rafie, M.H. Imparting Eco-friendly Antibacterial and Antiinflammatory Finishing by Microencapsulation Technique for Cotton Fabric. *International Design Journal*, 7 (2), 131-140 (2017).
15. Singh, S., & Dutt, D. Cotton pulp for bone tissue engineering. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 1–14 (2020).
16. Fouda, M.M.G., & Fahmy, H.M. Multifunctional finish and cotton cellulose fabric. *Carbohydrate Polymer*, 86 (2), 625– 629 (2011).
17. Hermawan, A. Pengaruh Ekstrak Daun Sirih (*Piper betle* L.) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Dengan Metode Difusi Disk, Artikel Ilmiah, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga Surabaya (2007).
18. Cahyani, I. M., & Khoeriyah, M. 'Efektivitas Antibakteri Minyak Asiri Daun Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) dalam Sediaan Krim Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 29213', *Jurnal Ilmu Farmasi & Klinik*, 14(2), pp. 20–24 (2017).

