

Antibacterial Activity of Cajuputi Oil (*Melaleuca leucadendron*) Microcapsules Against *Staphylococcus aureus* Bacteria Applied to Cotton Fabric Fibers

Indania Febry Sulistiyani[✉], Agung Tri Prasetya

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Gedung D6 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia

Info Artikel

Diterima Maret 2022

Disetujui April 2022

Dipublikasikan Mei 2022

Keywords:

Minyak daun kayu putih

Mikrokapsul

Antibakteri

Kain katun

Abstrak

Minyak atsiri memiliki sifat yang sensitif terhadap lingkungan dan mudah terdegradasi saat terpapar oksigen, panas dan juga cahaya. Teknik mikrokapsulasi sangat cocok untuk melindungi sifat dan aktivitas minyak atsiri. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh komposisi bahan penyalut terhadap mikrokapsul minyak daun kayu putih. Mikrokapsul terdiri dari bahan inti dan bahan penyalut. Minyak daun kayu putih dipilih sebagai bahan inti mikrokapsul karena memiliki aktivitas antibakteri dengan komponen dominan 1,8-sineol sebesar 55,43% dan α -terpineol sebesar 16,76%. Bahan penyalut mikrokapsul yang digunakan yaitu maltodekstrin dan gum arab dengan perbandingan 7:1; 6:2; 5:3; 4:4; 3:5; 2:6; dan 1:7. Dari hasil penelitian, mikrokapsul yang memiliki formulasi terbaik yaitu pada perbandingan bahan penyalut 6:2 dengan nilai rendemen 82,35%; kadar air 2,08%; ukuran partikel 1,0512 μ m; dan pelepasan terkontrol 46%. Mikrokapsul dengan formulasi terbaik diuji SEM menghasilkan bentuk yang tidak teratur, diuji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* memiliki zona hambat 15 mm. Mikrokapsul dengan formulasi terbaik ini kemudian diimmobilisasikan ke dalam serat kain katun dengan bantuan poliuretan yang diuji kembali menggunakan SEM. Mikrokapsul yang menempel pada kain tidak merata. Hasil kain katun ini, nantinya digunakan sebagai pelapis pada masker kain sehingga memiliki sifat antibakteri.

Abstract

Essential oils were sensitive and easily degraded when exposed to oxygen, heat, and light. The microencapsulation technique is very suitable to protect the properties and activity of essential oils. The purpose of this study was to determine the effect of coating material composition on cajuputi leaf oil microcapsules. The microcapsules consist of core material and coating material. Cajuputi leaf oil was chosen as the core material for microcapsules because it has antibacterial activity with dominant components of 1,8-cineol of 55.43% and α -terpineol of 16.76%. Microcapsule coating materials used were maltodextrin and gum arabic with a ratio of 7:1; 6:2; 5:3; 4:4; 3:5; 2:6; and 1:7. From the results of the study, the microcapsules that had the best formulation were in the ratio of the coating material to 6:2 with a yield value of 82.35%; water content of 2.08%; particle size of 1.0512 m; and controlled release of 46%. Microcapsules with the best formulation tested by SEM produced irregular shapes, tested for the antibacterial activity of *Staphylococcus aureus* having an inhibition zone of 15 mm. The microcapsules with the best formulation were then immobilized into cotton fabric fibers with the help of polyurethane which was retested using SEM. The results of this cotton cloth will be used as a coating on cloth masks so that it has antibacterial properties.

Pendahuluan

Saat ini, minyak atsiri dan komponen penyusunnya yang beragam digunakan dalam produk sehari-hari seperti kosmetika, produk kebersihan, produk dalam pembuatan makanan, obat-obatan, pengharum, dan agrikultur. Tanaman-tanaman yang dapat diambil minyak atsiri adalah tanaman yang memiliki variasi aromatik karena terdapat kandungan minyak esensial (Sofiani & Pratiwi, 2017). Pengujian karakteristik minyak atsiri bertujuan untuk mengetahui kualitas dari minyak atsiri yang dihasilkan, meliputi warna, massa jenis, indeks bias, kelarutan dalam etanol dan bilangan asam (Wibowo *et al.*, 2018).

Minyak atsiri sangat sensitif terhadap lingkungan dan mudah terdegradasi saat terpapar oksigen, panas dan cahaya. Untuk mengatasi masalah ini, teknik atau prosedur yang tepat telah dikembangkan, dengan menciptakan formulasi minyak atsiri yang sesuai untuk melindungi sifat dan aktivitas dari minyak atsiri sendiri, seperti anti-inflamasi, antibakteri, antijamur, analgesik, sedatif, spasmolitik, dan antioksidan (Stan *et al.*, 2019). Teknik mikroenkapsulasi dapat menjadi solusi yang baik dalam melindungi bahan inti yaitu minyak atsiri.

Bahan penyalut yang digunakan dalam penelitian ini yaitu maltodekstrin dan gum arab. Perbedaan bahan penyalut yang digunakan dapat berpengaruh pada efisiensi enkapsulasi, karena berhubungan dengan jumlah bahan aktif yang tersalut (Jayanudin & Rochmadi, 2017). Setiap bahan penyalut memiliki kekurangan dan kelebihan dalam karakteristik yang dimiliki, sehingga perlu dilakukan variasi bahan penyalut untuk mendapatkan hasil formulasi optimal. Penggunaan perbandingan bahan penyalut pada mikrokapsul bertujuan untuk mengetahui pengaruh pada setiap jenis bahan penyalut terhadap karakteristik mutu mikrokapsul yang dihasilkan (Umi Khasanah *et al.*, 2015).

Penggunaan teknologi mikroenkapsulasi dalam proses pembuatan tekstil pada kain katun telah berkembang pesat dengan menghasilkan produk hasil tekstil yang memiliki peran khusus serta fungsi yang bernilai positif bagi konsumen. Tekstil yang bersifat antimikroba diproduksi menggunakan agen antimikroba pada permukaan serat, benang atau tekstil siap pakai, atau gabungan menjadi serat kain (Karagonlu *et al.*, 2018). Agen antimikroba yang sering digunakan dalam dunia tekstil adalah minyak atsiri, namun ternyata tidak mendapatkan perhatian sebagai agen antimikroba karena sifatnya yang mudah menguap dan tidak direkomendasikan untuk waktu jangka panjang karena akan merusak salah satunya yaitu komponen senyawanya. Bakteri yang digunakan yaitu *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh pada suhu sekitar 35-37°C. Menurut Ibrahim *et al.*, (2017), menyatakan bahwa bakteri ini merupakan bakteri gram positif yang cenderung hidup dengan kelembapan udara yang lebih tinggi dari bakteri gram negatif.

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dilakukan penelitian untuk mengembangkan pemanfaatan minyak atsiri daun kayu putih yang diaplikasikan dalam kain katun dengan skala mikro menggunakan bahan dinding maltodekstrin dengan variasi komposisi bahan menggunakan metode *freeze drying* sebagai masker antibakteri. Masker ini nantinya diinginkan dapat memiliki tingkat ke higienisan yang lebih unggul dibandingkan masker pada umumnya sehingga dapat melindungi diri dari bakteri yang *Staphylococcus aureus*.

Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat destilasi uap (Stahl), spektrofometer UV-Vis (BMG-Lab-Tech Fluorostar Omega), Scanning Electron Microscopy/SEM (JEOL tipe JSM-6510), thermometer, Gas Chromatography (Anglient 6820 Versi A. 01. 03), GCMS (Shimadzu GC-MS 2010 Plus), Particle Size Analyzer/PSA (Horiba Scientific nano partica SZ-100), neraca analitik (Ohaus Analytical Plus), Freeze Dryer (Eyela FDU-1200), magnetit stirrer, hot plate, autoclave (GEA LS-75LJ), FT-IR (Bruker vertex), Inkubator (Fisher), ose, pinset, bunsen, labu ukur, penggaris.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kayu putih 5 kg yang diperoleh dari Perhutani Padangan, kain katun berukuran 5 cm x 7 cm, maltodekstrin dan gum arab sebagai bahan kulit (*shell*) kapsul, tween 80, poliuretan, Na₂SO₄ anhidrat 5 gram, 0,8 mL DMSO, etanol, media NA, aquades, kapas, kassa, plastik, dan bakteri *S. aureus*.

Penelitian ini diawali dengan mengisolasi minyak daun kayu putih sebanyak 5 kg dengan menggunakan destilasi uap-air. Destilat yang diperoleh dipisahkan dan ditambahkan Na₂SO₄ untuk mengikat air yang dikandung dalam minyak yang dihasilkan. Minyak yang dihasilkan diuji kualitasnya dan dianalisis menggunakan GC-MS (Muyassaroh, 2016).

Enkapsulasi dilakukan dengan metode dari (Edris *et al.*, 2016), dengan beberapa modifikasi. Tahapan awal yaitu dengan pembuatan mikroemulsi menggunakan konsentrasi 40% total padatan dengan perbandingan bahan penyalut antara maltodekstrin dan gum arab seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan rasio bahan penyalut pada mikrokapsul

No	Rasio bahan penyalut (%)		Bahan inti (%) minyak kayu putih
	Maltodextrin	Gum arab	
1.	7	1	2
2.	6	2	2
3.	5	3	2
4.	4	4	2
5.	3	5	2
6.	2	6	2
7.	1	7	2

Perbandingan yang digunakan dalam proses mikrokapsul antara bahan inti dan bahan penyalut yaitu 1:4 diaduk menggunakan magnetit stirrer dengan kecepatan 750 rpm selama 30 menit. Mikroemulsi yang terbentuk kemudian dimasukkan kedalam *freeze dryer* pada suhu -40°C selama 36 jam. Hasil yang diperoleh kemudian diuji kadar air (Marpaung *et al.*, 2009), rendemen yang dihasilkan (Hasrini *et al.*, 2017), ukuran partikel (Dalimunthe *et al.*, 2018), pelepasan terkontrol (Noval & Malahayati, 2016), gugus fungsional (Dalimunthe *et al.*, 2018), aktivitas antibakteri (Warsito *et al.*, 2017), diimmobilisasikan ke dalam serat kain katun dan morfologi mikrokapsul serta serat kain katun (Mulyawan *et al.*, 2018).

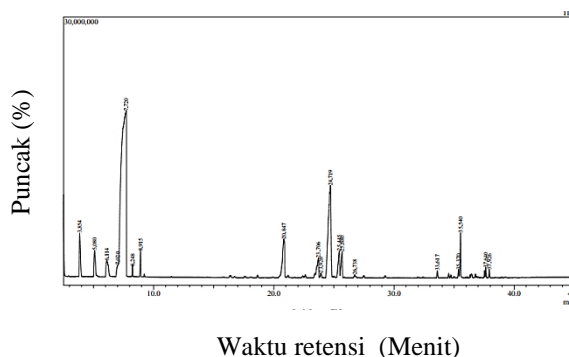
Hasil dan Pembahasan

Pembuatan minyak atsiri daun putih dilakukan dengan metode destilasi uap-air. Minyak atsiri yang didapatkan berwarna kuning kehijauan dengan bau khas dari minyak kayu putih. Warna kuning muda dan beraroma khas minyak kayu putih memperlihatkan bahwa kualitas yang dihasilkan bagus (Utomo & Mujiburohman, 2018) dengan bau yang memiliki rasa pedas (Hasan & Kurji, 2018). Kualitas kemurnian pada minyak kayu putih diuji berdasarkan sifat kimianya yaitu uji sineol, berat jenis, indeks bias, rendemen dan putaran optik (Agustina, 2010) seperti pada Tabel 2..

Tabel 2. Hasil uji kualitas minyak kayu putih.

Sifat fisik	Hasil	Sifat kimia	Hasil
Warna	Kuning kehijauan	Uji Sineol	55,43%
Bau atau aroma	Khas minyak kayu putih	Berat Jenis	0,889
		Rendemen	1,057%

Rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan dengan menghitung perbandingan antara hasil minyak atsiri dengan bahan tanaman yang diolah pada penelitian ini sebanyak 1,057% yang sebanding dengan penelitian Muyassaroh, (2016), yang diperoleh berkisar antara 0,84-1,21%. Faktor yang mempengaruhi besar rendemen yang dihasilkan yaitu jenis penyulingan, perlakuan pada saat ekstraksi, waktu isolasi, asal bahan baku daun kayu putih, pengemasan dan penyimpanan bahan.

**Gambar 1.** Hasil *Gas Chromatography* minyak kayu putih

Hasil analisis kandungan senyawa pada Gambar 1 menghasilkan 19 puncak dengan nama senyawa yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis GC-MS minyak daun kayu putih

No. puncak	Waktu retensi (menit)	Nama senyawa	Nama senyawa	Luas puncak (%)
1	3,854	α -Pinene, Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene	C ₁₀ H ₁₆	2.89
2	5,080	1- β -Pinene, Bicyclo[3.1.1]heptane	C ₁₀ H ₁₆	2.24
3	6,114	β -Myrcene, 1,6-octadiene	C ₁₀ H ₁₆	2.31
4	7,020	1-limonene, Cyclohexane	C ₁₀ H ₁₆	0.98
5	7,720	Eucalyptol (1,8-sineol)	C ₁₀ H ₁₈ O	55.43
6	8,248	γ -terpinene, 1,4-cyclohexadiene	C ₁₀ H ₁₆	0.43
7	8,915	Benzene, 1-methyl(1-methylethyl)-	C ₁₀ H ₁₄	1.11
8	20,847	Trans-caryophyllene, Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene	C ₁₅ H ₂₄	5.86
9	23,706	α -humulene, 1,4,8-cycloundecatriene	C ₁₅ H ₂₄	2.63
10	23,926	β -chamigrene, 3,7,7-trimethyl-11-methylene-	C ₁₅ H ₂₄	0.35
11	24,719	3-cyclohexene-1-methanol, α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	16.76
12	25,445	Naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	2.54
13	25,680	β -selinene	C ₁₅ H ₂₄	2.11
14	26,738	δ -cadinene, azulene, naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	0.28
15	33,617	(-)-caryophyllene oxide, (-)-5-oxatricyclo[8.2.0.0(4,6)]dodecane	C ₁₅ H ₂₄ O	0.37
16	35,370	Globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	0.40
17	35,540	Epiglobulol	C ₁₅ H ₂₆ O	2.23
18	37,640	β -eudesmol, 2-naphthalenemethanol	C ₁₅ H ₂₆ O	0,71
19	37,926	Glubulol, junipercamphor	C ₁₅ H ₂₆ O	0,37

Senyawa dengan kelimpahan yang paling besar pada hasil analisis yang dihasilkan terletak pada puncak 5 dengan nama senyawa eucalyptol atau 1,8-sineol sebanyak 55,43% dan senyawa pada puncak 11 yaitu α -terpineol dengan persen kandungan sebanyak 16,76%. Menurut Sadlon & Lamson (2010), senyawa 1,8-sineol dan α -terpineol berperan sebagai antibakteri, antioksidan, kekebalan tubuh, analgesic, dan spasmolitik. Sedangkan senyawa α -terpineol memiliki sifat dalam antioksidan, antikanker, sitotoksik, analgesic, anti-inflamasi (Ali, 2021).

Teknik mikroenkapsulasi dilakukan dengan menggunakan proses *freeze drying*, dengan 7 variasi bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab (7:1 ; 6:2 ; 5:3 ; 4:4 ; 3:5 ; 2:6 ; 1:7). Suspense emulsi dibentuk menjadi serbuk mikrokapsul dengan menggunakan *freeze dryer* dengan suhu -40°C selama 36 jam.

**Gambar 2** Hasil mikrokapsul minyak daun kayu putih menggunakan *freeze dryer*

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa mikrokapsul minyak daun kayu putih yang dihasilkan pada formula A₁, A₂, A₃, A₄ berwarna putih, tidak menggumpal dan memiliki bau khas minyak daun kayu putih, sedangkan pada formulasi A₅, A₆, A₇ mikrokapsul yang dihasilkan berwarna putih kekuningan, sedikit menggumpal dan memiliki bau khas minyak daun kayu putih. Formulasi A₁, A₂, A₃, A₄ sesuai dengan penelitian (Yuliyati *et al.*, 2020), dimana maltodekstrin tidak menyebabkan perubahan warna menjadi kecoklatan karena memiliki sifat pencoklatan yang rendah pada saat pembentukan sebuah matrik.

Tabel 4. Hasil rendemen mikrokapsul minyak daun kayu putih.

Rasio bahan penyalut		Aquades (ml)	Tween 80 (g)	Minyak daun kayu putih (g)	Berat mikrokapsul yang diperoleh (g)	Persen rendeme n (%)
Maltodekstrin (g)	Gum arab (g)					
3,5	0,5	30	1	1	3,8268	76,54
3,0	1,0	30	1	1	4,1177	82,35
2,5	1,5	30	1	1	3,9622	79,24
2,0	2,0	30	1	1	3,7524	75,05
1,5	2,5	30	1	1	3,4463	68,90
1,0	3,0	30	1	1	3,4374	68,75
0,5	3,5	30	1	1	3,5312	70,62

Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin besar massa gum arab, maka semakin kecil rendemen yang dihasilkan. Kecuali, pada formulasi maltodekstrin dan gum arab (2:6) dan (1:7), yang mana pada formula (2:6) dihasilkan rendemen yang paling banyak dengan 82,35% sedangkan pada formula (1:7) mengalami kenaikan rendemen. Berkurangnya rendemen yang dihasilkan, disebabkan karena viskositas gum arab yang cukup tinggi. Menurut penelitian Irsyad *et al.*, (2017), rendemen yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh waktu pengeringan, dimana semakin lama pengeringan, maka rendemen yang dihasilkan semakin rendah, yang disebabkan oleh air yang terkandung dan komponen lainnya yang larut dalam air akan semakin banyak yang menguap karena pengeringan semakin lama.

Kadar air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting kualitas suatu bahan dan produk kering yang akan menentukan kerusakan pada bahan. Persen kadar air pada sampel mikrokapsul minyak daun kayu putih dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis kadar air mikrokapsul minyak daun kayu putih

Rasio bahan penyalut		Kadar air (%)
Maltodekstrin (g)	Gum arab (g)	
3,5	0,5	3,07
3,0	1,0	2,08
2,5	1,5	2,34
2,0	2,0	3,86
1,5	2,5	4,90
1,0	3,0	5,16
0,5	3,5	5,53

Tabel 5 menunjukkan bahwa semakin kecil konsentrasi maltodekstrin, maka semakin besar kadar air yang dihasilkan, kecuali pada formulasi A₂. Kadar air pada perbandingan bahan penyalut 6:2 memiliki nilai kadar air paling rendah yaitu 2,08%, sedangkan pada perbandingan bahan penyalut 1:7 memiliki nilai kadar air paling tinggi yaitu 5,53%. Hal ini sesuai pada penelitian Ketaren *et al.*, (2017), dimana penambahan gum arab dapat meningkatkan kadar air dalam suatu produk karena gum arab berfungsi sebagai pengikat air dan tingginya kadar air juga dipengaruhi oleh sifat viskositas gum arab yang tinggi.

Ukuran partikel

Ukuran partikel dari mikrokapsul minyak daun kayu putih diukur menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA). Dari 7 sampel mikrokapsul minyak daun kayu putih, hanya 3 sampel yang dianalisis, yaitu variasi maltodekstrin:gum arab (6:2), (4:4) dan (2:6). Hasil analisis menggunakan PSA pada Tabel 6 menunjukkan bahwa ukuran mikrokapsul minyak daun kayu putih yang dihasilkan berkisar rata-rata lebih dari 1 μ m. Menurut penelitian Jyothi *et al.*, (2010), mikrokapsul dapat dideskripsikan sebagai bentuk mikro, apabila masuk rentang 1-5000 μ m.

Dari ketujuh sampel yang dihasilkan, hanya 3 sampel yang diuji menurut perbandingan massa bahan penyalut maltodekstrin:gum arab yaitu perbandingan 6:2 ; 4:4 dan 2:6. Menurut Ho *et al.*, (2015), ukuran partikel mikrokapsul juga dipengaruhi oleh kadar air, dimana jika kadar air yang tinggi, dapat

menyebabkan terjadinya penggumpalan atau aglomerasi partikel sehingga dihasilkan mikrokapsul dengan ukuran partikel yang lebih besar.

Tabel 6 Hasil analisis ukuran partikel menggunakan PSA

Rasio bahan penyalut		Ukuran partikel (μm)
Maltodekstrin (g)	Gum arab (g)	
3,0	1,0	1,0512
2,0	2,0	1,1035
1,0	3,0	1,7177

Pelepasan terkontrol

Analisis pelepasan terkontrol pada mikrokapsul minyak daun kayu putih digunakan untuk mengetahui jumlah minyak yang mungkin dapat dilepaskan dari bahan penyalut. Pengukuran pelepasan terkontrol ditentukan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 272 nm dengan pengukuran persamaan regresi linear kurva standart minyak daun kayu putih dengan variasi konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, dan 100 ppm.

Berdasarkan pengujian larutan standart minyak daun kayu putih, didapatkan kurva standart minyak daun kayu putih dengan persamaan regresi $y = 0,0007x + 0,0398$ dengan korelasi linear R^2 sebesar 0,9795.

Tabel 7. Hasil konsentrasi minyak yang terlepas pada mikrokapsul minyak daun kayu putih

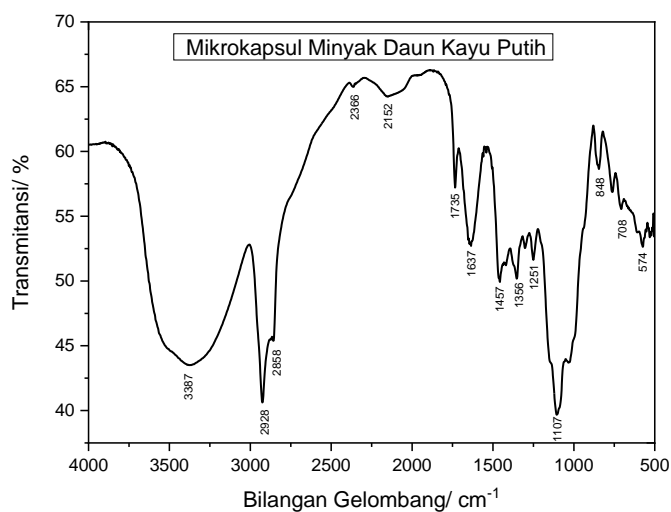
Rasio bahan penyalut maltodekstrin : gum arab	Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
7:1	10	0,061	30,28
	60	0,069	41,71
6:2	10	0,066	37,42
	60	0,072	46,00
5:3	10	0,070	43,14
	60	0,079	56,00
4:4	10	0,073	47,43
	60	0,084	63,14
3:5	10	0,075	50,29
	60	0,085	64,57
2:6	10	0,078	54,57
	60	0,089	70,29
1:7	10	0,079	56,00
	60	0,091	73,14

Hasil perhitungan didapatkan konsentrasi pelepasan terkontrol pada mikrokapsul minyak daun kayu putih pada Tabel 7 menunjukkan bahwa semakin lama, minyak daun kayu putih yang dilepaskan semakin banyak dan diiringi semakin banyaknya gum arab yang ditambahkan sebagai bahan penyalut. Hal ini sebanding dengan penelitian dari Cano-Higueta *et al.*, (2015), yang menyatakan pelepasan pada mikrokapsul maltodekstrin:gum arab (25:75) sebanyak 40,56% lebih besar daripada mikrokapsul maltodekstrin:gum arab (75:25) dengan 11,78%.

Laju pelepasan bahan aktif dipengaruhi oleh kelarutan bahan pelapis pada lingkungan saat pelepasan, yang mengakibatkan kontribusi sebagai penghancur struktur mikrokapsul yang lebih cepat ataupun lebih lambat (Norkaew *et al.*, 2019). Hubungan antara jumlah pelepasan bahan inti dengan waktu menunjukkan bahwa pelepasan bahan inti dikontrol oleh erosi bahan penyalut (Anwar *et al.*, 2006).

Analisis Gugus Fungsi dengan FT-IR

Salah satu sampel mikrokapsul minyak daun kayu putih dengan formulasi terbaik dianalisis menggunakan instrument *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) dengan mengamati spektrum gelombang. Hasil analisis mikrokapsul minyak daun kayu putih dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Spektra FT-IR mikrokapsul minyak daun kayu putih

Spectrum FT-IR ditunjukkan pada Gambar 3 memperlihatkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3387 cm^{-1} yang merupakan gugus O-H dari ikatan hidrogen dan asam karboksilat dengan menunjukkan pita serapan kuat dan lebar. Identifikasi bahan penyalut gum arab dibuktikan dengan adanya gugus C-H sp^3 atau aldehyd pada bilangan gelombang 2928 cm^{-1} sampai 2868 cm^{-1} dengan intensitas yang tajam (Singh *et al.*, 2009). Bilangan gelombang 1251 cm^{-1} merupakan gugus senyawa C-O eter, bilangan gelombang 1107 cm^{-1} merupakan gugus senyawa C-C, bilangan gelombang $1637\text{--}1735\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus senyawa COO- karboksilat pada gum arab, bilangan gelombang 1457 cm^{-1} merupakan gugus senyawa -CH_2 , dan bilangan gelombang 1356 cm^{-1} merupakan gugus senyawa -CH_3 .

Hasil FT-IR pada mikrokapsul minyak daun kayu putih sesuai dengan penelitian sebelumnya menurut Appolonia Ibekwe *et al.*, (2017), yaitu gum arab memiliki gugus O-H, C-H, COO- dan karbohidrat. Adapun hasil analisis FT-IR pada mikrokapsul yang tersalut maltodekstrin dalam penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian dari (Sun *et al.*, 2013).

Pengujian aktivitas antibakteri

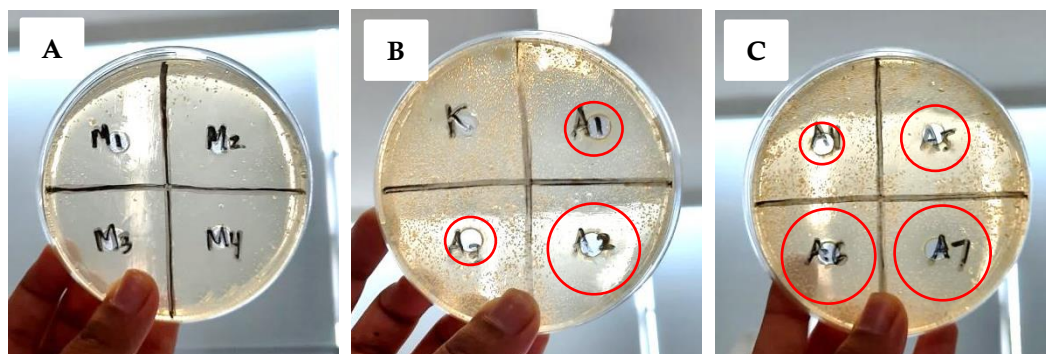
Tabel 8. Hasil uji zona hambat yang dihasilkan

Sampel	Konsentrasi (%)	Zona hambat (mm)	
Minyak Daun Kayu Putih	25	15	
	50	17	
	75	20	
	100	23	
DMSO (kontrol negatif)	-	Tidak menunjukkan adanya zona hambat	
	50 (A ₁)	13	
	50 (A ₂)	15	
	50 (A ₃)	11	
	Mikrokapsul Minyak Daun Kayu Putih	50 (A ₄)	10
		50 (A ₅)	13
		50 (A ₆)	15
50 (A ₇)		16	

Pengujian atibakteri *Staphylococcus aureus* terhadap minyak daun kayu putih dan mikrokapsul minyak daun kayu putih dilakukan untuk semua variasi dengan metode difusi sumuran Kirby-Bauer. Uji antibakteri pada minyak daun kayu putih dilakukan dengan menggunakan 4 variasi konsentrasi minyak daun kayu putih, yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% per 2 ml, Sedangkan pada mikrokapsul minyak daun kayu putih hanya digunakan 1 variasi saja yaitu 50% di setiap variasi bahan penyalut yang diencerkan

menggunakan aquades steril. Larutan kontrol negatif yang digunakan sebagai pembanding adalah DMSO (*Dimethyl Sulfoxide*). Hasil uji antibakteri pada Gambar 4 ditandai dengan munculnya diameter zona hambat yang diukur menggunakan penggaris ditunjukkan pada Tabel 8.

Inokulum bakteri *Staphylococcus aureus* yang digunakan yaitu 10^6 CFU/ml. Hasil uji aktivitas antibakteri minyak daun kayu putih pada Tabel 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi minyak daun kayu putih, maka semakin tinggi pula kandungan senyawa yang terkandung dalam minyak daun kayu putih, sehingga ukuran diameter zona hambat yang terbentuk juga semakin besar. Zona hambat yang dihasilkan diantaranya yaitu 15 mm; 17 mm; 20 mm; dan 23 mm. Menurut Dewi *et al.*, (2018), terdapat 4 kategori daya hambat zat antibakteri berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk yaitu kategori lemah bila diameter kurang dari 5 mm, kategori sedang dengan diameter 5-10 mm, kategori tinggi dengan diameter 10-20 mm, dan kategori sangat tinggi dengan diameter lebih dari 20 mm.



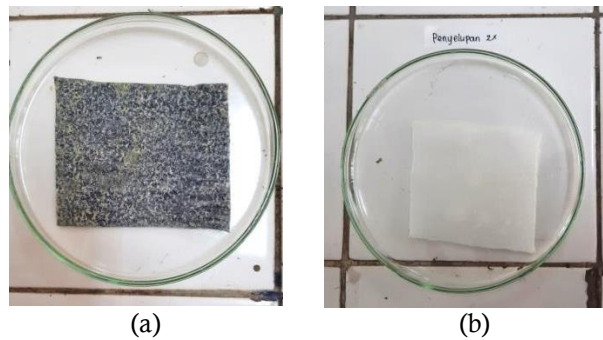
Gambar 4 Diameter zona hambat terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. (a) Uji antibakteri minyak kayu putih, (b) Uji antibakteri mikrokapsul minyak kayu putih dan kontrol, (c) Uji antibakteri mikrokapsul minyak daun kayu putih.

Uji antibakteri pada mikrokapsul minyak daun kayu putih dilakukan untuk mengetahui kemampuan bahan pelapis pada mikrokapsul dalam mempertahankan aktivitas antibakteri pada minyak daun kayu putih murni. Sampel di inkubasi selama 24 jam dengan konsentrasi 0,5 gr/ml yang menunjukkan zona hambat pada sampel berturut turut sebesar 13 mm, 15 mm, 11 mm, 10 mm, 13 mm, 15 mm, 16 mm. Hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa variasi penambahan penyalut gum arab pada sampel menghasilkan zona hambat yang naik turun. Menurut penelitian Karaaslan *et al.*, (2021), yang menyatakan bahwa gum arab memiliki aktivitas antimikroba, sedangkan untuk maltodekstrin tidak. Sehingga hasil yang seharusnya, semakin besar massa gum arab, maka semakin besar pula zona hambat yang dihasilkan. Karena gum arab memiliki gugus -OH yang memiliki efek luar biasa pada pengikatan sel protein, inaktivasi enzim dan replikasi DNA mikroorganisme.

Mikrokapsul yang dianggap memiliki efektivitas antibakteri yang optimum yaitu formulasi A₂. Mikrokapsul yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki zona hambat yang lebih kecil dibandingkan dengan minyak atsiri daun kayu putih.

Immobilisasi mikrokapsul ke dalam serat kain katun

Mikrokapsul minyak daun kayu putih diimmobilisasikan kedalam serat kain katun dengan bantuan *binder*/pengikat poliuretan. Poliuretan yang digunakan 5% dari resep campuran poliuretan A dan poliuretan B. Binder poliuretan ini digunakan sebagai pengikat antara mikrokapsul minyak daun kayu putih dengan serat kain katun seperti proses *coating*. Pengujian ini dilakukan dengan mencelupkan kain katun ke dalam campuran aquades dan poliuretan sebanyak 2x dan dikeringkan selama 2 menit menggunakan oven pada suhu 60°C. Immobilisasi mikrokapsul minyak daun kayu putih dicelupkan pada kain tidak berwarna dan berwarna. Kain katun yang telah diimmobilisasi mikrokapsul minyak daun kayu putih dihitung persen mikrokapsul yang menempel pada kain yaitu sebesar 14,80%.

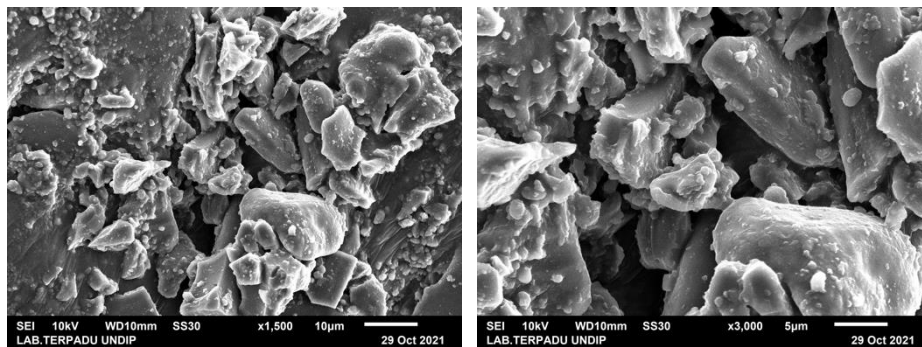


Gambar 5. Hasil immobilisasi mikrokapsul minyak daun kayu putih pada kain katun (a) Kain berwarna; (b) Kain tidak berwarna

Analisis Morfologi dengan SEM pada Mikrokapsul

Bentuk dan morfologi mikrokapsul yang dihasilkan, di karakterisasi menggunakan instrument *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada 500x, 1500x, 3000x, dan 5000x. Dari ketujuh mikrokapsul yang dihasilkan, analisis SEM hanya dilakukan pada variasi konsentrasi bahan penyalut maltodekstrin dan gum arab dengan perbandingan 6:2, yang mana memiliki formula yang paling baik dalam pelepasan terkontrol yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Hasil analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) menunjukkan bahwa mikrokapsul yang dihasilkan tidak beraturan, tidak berbentuk bulat dan memiliki ukuran yang berbeda. Hasil ini kemungkinan dikarenakan pada saat pengeringan beku atau *freeze dryer* tidak mengering sempurna dan pada saat pengadukan menggunakan *magnetit stirrer* tidak merata. Faktor yang mempengaruhi bentuk dan morfologi mikrokapsul ialah kecepatan pengadukan dan viskositas. Pengadukan emulsi yang cepat, maka bentuk yang dihasilkan semakin kecil. Menurut penelitian Khasanah *et al.*, (2015), rasio bahan penyalut (maltodekstrin : gum arab : susu skim) 2:4:0 menghasilkan bentuk keriput yang disebabkan karena adanya maltodekstrin yang tidak memiliki kemampuan untuk pengemulsi, sementara gum arab memiliki kemampuan pengemulsi yang baik.



Gambar 6. Analisis bentuk mikrokapsul minyak daun kayu putih dengan SEM

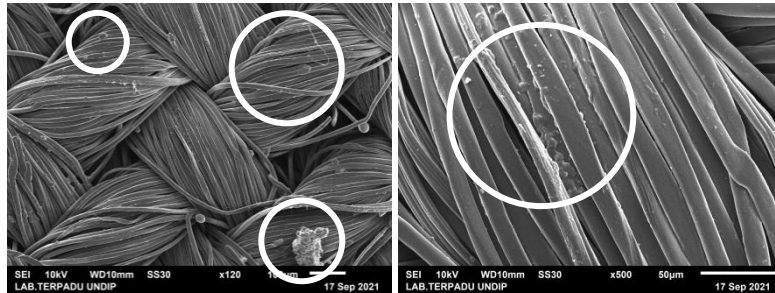
Analisis Morfologi dengan SEM pada Serat Kain

Hasil immobilisasi mikrokapsul minyak daun kayu putih dengan *binder* poliuretan diamati menggunakan *Scanning Electron Microscopy* dengan melihat keberadaan mikrokapsul yang menempel pada serat kain katun. Sampel mikrokapsul minyak daun kayu putih yang digunakan yaitu sampel A₂ dengan perbandingan bahan penyalut 6:2.

Mikrokapsul tidak dapat berfiksasi dengan kain karena penyalut yang digunakan tidak reaktif sehingga tidak dapat bertahan secara lama. Oleh karena itu diperlukan suatu zat yang dapat membantu menahan mikrokapsul agar tidak lepas pada permukaan kain, salah satunya dengan penggunaan bantuan *binder*.

Keberadaan mikrokapsul yang menempel pada kain katun dapat dilihat dengan adanya bulatan-bulatan kecil yang tampak pada Gambar 7, yang dapat disimpulkan mikrokapsul yang menempel pada kain katun hanya sedikit, kemungkinan disebabkan karena waktu pencelupan yang terlalu singkat dan kurang merata serta dimungkinkan karena pemotongan kain pada saat uji SEM berada di pinggir sehingga mikrokapsul yang menempel tidak sebanyak yang berada di tengah kain. Menurut penelitian dari Lam *et*

al., 2013), kain yang telah terimmobilisasi mikrokapsul kitosan-gelatin mampu bertahan hingga 20x pencucian sehingga mengalami penurunan secara bertahap.



Gambar 7 Hasil SEM kain katun terimmobilisasi mikrokapsul minyak daun kayu putih dengan poliuretan dengan perbesaran 150 dan 300x.

Pengamatan secara visual dan organoleptik pada kain katun setelah pencelupan memperlihatkan perubahan tekstur yang lebih kasar dan berwarna kuning. Pada kain yang berwarna, pencampuran poliuretan dan mikrokapsul terlihat jelas secara kasat mata dengan menunjukkan adanya lapisan berwarna kuning yang menyebabkan kain memiliki tekstur kasar dan kaku, sedangkan untuk kain yang tidak berwarna, permukaan kain katun yang ditampakkan tidak begitu terlihat jelas lapisan poliuretan dan mikrokapsulnya. Menurut penelitian Mulyawan *et al.*, (2018), adanya penambahan binder akan meningkatkan persen kekakuan dengan penambahan 25,69%. Kain katun yang sudah terimmobilisasi mikrokapsul minyak daun kayu putih ini nantinya akan berfungsi sebagai lapisan ke 2 dalam pembuatan masker kain. Sehingga, masker kain yang digunakan memiliki fungsi antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

Simpulan

Minyak daun kayu putih dipilih sebagai bahan inti mikrokapsul karena memiliki aktivitas antibakteri dengan melihat dari uji GC-MS, komponen dominan 1,8-sineol sebesar 55,43% dan α -terpineol sebesar 16,76%. Dari hasil penelitian, mikrokapsul yang memiliki formulasi terbaik yaitu pada perbandingan bahan penyalut 6:2 dengan nilai rendemen 82,35% ; kadar air 2,08% ; ukuran partikel 1,0512 μm ; dan pelepasan terkontrol 46%. Mikrokapsul diuji aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 50% memiliki zona hambat 15 mm. Mikrokapsul dengan formulasi terbaik ini kemudian diimmobilisasikan ke dalam serat kain katun.

Daftar Referensi

- Agustina, E. 2010. Penentuan Kemurnian Minyak Kayu Putih Dengan Teknik Analisis Perubahan Sudut Putar Polarisasi Cahaya Akibat Medan Listrik Luar. *Jurnal Neutrino*, 3(1): 10–17.
- Ali, N. M. 2021. Phytochemical Screening and in Vitro Antimicrobial and Anticancer Activities of Different Extracts of *Rosmarinus officinalis* (Rosemary): A Comparative Study. *Advances in Pharmacology and Pharmacy*, 9(3): 45–55.
- Anwar, E., Yusmarlina, D., Rahmat, H., & Kosasih. 2006. Fosforilasi Pregelatinasi Pati Garut (*Maranta arundinaceae* L.) sebagai Matriks Lablet Lepas Terkendali Teofilin. *Majalah Farmasi Indonesia*, 17(1): 37–44.
- Ibekwe, C.A., Oyatogun, G.M., Esan, T.A., & Oluwasegun, K. M. 2017. Synthesis and Characterization of Chitosan/Gum Arabic Nanoparticles for Bone Regeneration. *American Journal of Materials Science and Engineering*, 5(1): 28–36.
- Cano-Higuita, D. M., Vélez, H. A. V., & Telis, V. R. N. 2015. Microencapsulation of turmeric oleoresin in binary and ternary blends of gum Arabic, maltodextrin and modified starch | Microencapsulação de oleoresina de cúrcuma em misturas binárias e ternárias de goma arábica, maltodextrina e amido modificado. *Ciencia e Agrotecnologia*, 39(2): 173–182.

- Dalimunthe, G. I., & Muchlisyam, M. 2018. Mikroenkapsulasi Metronidazol Menggunakan Hemiselulosa Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) Dengan Metode Gelasi Ionik. *Talenta Conference Series: Tropical Medicine (TM)*, 1(3): 067–073.
- Dewi, N. P. U. S., Oktavilliantika, A. A. I. A. S., Yanti, N. L. P. K.M., & Arisanti, C. I. S. 2018. Pengaruh Jenis dan Rasio Maltodekstrin DE 10 dan Gum Arab Terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Stabilitas Mikroenkapsulasi Antosianin Ekstrak Etanol Umbi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.*). *Jurnal Farmasi Udayana*, 7(1): 19.
- Edris, A. E., Kalembe, D., Adamiec, J., & Piaołkowski, M. 2016. Microencapsulation of *Nigella sativa* oleoresin by spray drying for food and nutraceutical applications. *Food Chemistry*, 204: 326–333.
- Hasan, A., & Kurji, B. M. 2018. Extraction of Oil from *Eucalyptus Camadulensis* Using Water Distillation. *Extraction of Oil from Eucalyptus Camadulensis Using Water Distillation Method*. 14(October 2018): 7–12.
- Hasrini, R. F., Zakaria, F. R., Adawiyah, D. R., & Suparto, I. H. 2017. Mikroenkapsulasi Minyak Sawit Mentah Dengan Penyalut Maltodekstrin Dan Isolat Protein Kedelai. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 28(1): 10–19.
- Ho, L. P., Pham, A. H., & Le, V. V. M. 2015. Effects of Core/Wall Ratio and Inlet Temperature on the Retention of Antioxidant Compounds during the Spray Drying of Sim (*Rhodomyrtus tomentosa*) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 2088–2095.
- Ibrahim, Jumriani., Irnawaty, K. K. 2017. Tingkat Cemar Bakteri. Tingkat Cemar Bakteri *Staphylococcus Aureus* Pada Daging Ayam Yang Di Jual Di Pasar Tradisional Makasar, 3: 169–181.
- Irsyad, M., Mappiratu, & Rahim, A. 2017. Anthocyanin Production Covered by Maltodextrin from Rosella Flower Petals (*Hibiscus Sabdariffa, L.*) and Its Application in Functional Food Processing. *E-Jurnal Mitra Sains*, 5(1): 12–25.
- Jayanudin, J., & Rochmadi, R. 2017. Pengaruh Perbedaan Bahan Penyalut Terhadap Efisiensi Enkapsulasi Oleoresin Jahe Merah. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(2): 275–287.
- Jyothi, N. V. N., Prasanna, P. M., Sakarkar, S. N., Prabha, K. S., Ramaiah, P. S., & Srawan, G. Y. 2010. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *Journal of Microencapsulation*, 27(3): 187–197.
- Karaaslan, M., Şengün, F., Cansu, Ü., Başığit, B., Sağlam, H., & Karaaslan, A. 2021. Gum arabic/maltodextrin microencapsulation confers peroxidation stability and antimicrobial ability to pepper seed oil. *Food chemistry*, 337: 127748. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127748>
- Karagonlu, S., Başal, G., Ozyıldız, F., & Uzel, A. 2018. Preparation of Thyme Oil Loaded Microcapsules for Textile Applications. *International Journal of New Technology and Research*, 4(3): 263122.
- Ketaren, E. P., Ginting, S., & Julianti, E. 2017. Pengaruh Perbandingan Gum Arab Dengan Pektin Sebagai Penstabil Terhadap Mutu Selai Wortel Nenas (The Effect of Ratio Gum Arabic and Pectin As A Stabilizer on The Quality of Carrot Pineapple Jam). *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 5(1): 136–139.
- Lam, P. L., Li, L., Yuen, C. W. M., Gambari, R., Wong, R. S. M., Chui, C. H., & Lam, K. H. 2013. Effects of multiple washing on cotton fabrics containing berberine microcapsules with anti-*Staphylococcus aureus* activity. *Journal of Microencapsulation*, 30(2): 143–150.
- Marpaung, A. L. R. P., Tafzi, F., & Rahmayani, I. 2009. Pengaruh Perbandingan Maltodekstrin Dan Gum Arab Pada Mikroenkapsulasi Ekstrak Daun Duku Kumpeh (*Lansium Domesticum corr.*), Artikel pada Repository Universitas Jambi.
- Mulyawan, A. S., Wahyudi, T., & Tekstil, B. B. 2018. Efektifitas Binder Pada Penyempurnaan Kain Kapas Dengan Mikrokapsul Menggunakan Teknik Padding. *Arena Tekstil*, 33(1): 11–18.
- Muyassaroh. 2016. Steam Distillation *Eucalyptus* Trees To the Variation of Operating Pressure and Treatment Materialsto Optimize Sineol Content in *Eucalyptus* Oil. *Teknik Kimia*, 10(2): 36–41.

- Norkaew, O., Thitisut, P., Mahatheeranont, S., Pawin, B., Sookwong, P., Yodpitak, S., & Lungkaphin, A. 2019. Effect of wall materials on some physicochemical properties and release characteristics of encapsulated black rice anthocyanin microcapsules. *Food Chemistry*, 294(May): 493–502.
- Noval, & Malahayati, S. 2016. *Teknologi Penghantaran Obat Terkendali*. Banyumas (Jawa Tengah): Penerbit CV. Pena Persada.
- Sadlon, A. E., & Lamson, D. W. 2010. Immune-modifying and antimicrobial effects of eucalyptus oil and simple inhalation devices. *Alternative Medicine Review*, 15(1): 33–47.
- Singh, V., Srivastava, A., & Tiwari, A. 2009. Structural elucidation, modification and characterization of seed gum from *Cassia javahikai* seeds: A non-traditional source of industrial gums. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(3): 293–297.
- Sofiani, V., & Pratiwi, R. 2017. Riview Artikel :Pemanfaatan Minyak Atsiri Pada Tanaman Sebagai Aromaterapi Dalam Sediaan-Sediaan Farmasi. *Farmaka*, 15(2): 1–13.
- Stan, M. S., Chirila, L., Popescu, A., Radulescu, D. M., Radulescu, D. E., & Dinischiotu, A. 2019. Essential oil microcapsules immobilized on textiles and certain induced effects. *Materials*, 12(12): 1–15.
- Sun, P., Yang, H., Wang, Y., Liu, K., & Xu, Y. 2013. Lipase-catalyzed Synthesis and Characterization of Stearic acid Dextrin Ester. *Research in Health and Nutrition*, 1(1):7-11.
- Umi Khasanah, L., Anandhito, B. K., Rachmawaty, T., Utami, R., & Manuhara, G. J. 2015. Pengaruh Rasio Bahan Penyalut Maltodekstrin, Gum Arab, Dan Susu Skim Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Mikrokapsul Oleoresin Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *Jurnal Agritech*, 35(04): 414.
- Utomo, D. B. G., & Mujiburohman, M. 2018. Pengaruh Kondisi Daun Dan Waktu Penyulingan Terhadap Rendemen Minyak Kayu Putih. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2): 124–128.
- Warsito, W., Noorhamdani, N., Sukardi, S., & Dwi Susanti, R. 2017. Microencapsulation Of Citrus Hystrix Oil And Its Activity Test As An Antimicrobial Agent. *Journal of Enviromental Engineering and Sustainable Technology*, 4(2): 131–137.
- Wibowo, D. P., Rustamsyah, A., & Kurniawan, Y. 2018. Karakterisasi Dan Aktivitas Repelen Minyak Atsiri Sereh Wangi (*Cymbopogon Nardus* L), Akar Wangi (*Vetiveria Zizanoides* L.), Nilam (*Pogestemon Cablin*), Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*) Asal Kabupaten Garut Terhadap Nyamuk *Aedes aegypti* Betina, *Jurnal Ilmu Farmasi & Farmasi Klinik*, 13(2): 1–6.
- Yuliyati, T., Cahyono, E., & Wijayati, N., 2020. Enkapsulasi Minyak Kemangi (*Ocimum basilicum*) pada Maltodekstrin dan Î²-siklodekstrin. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1): 10-16. <https://doi.org/10.15294/ijcs.v9i1.33011>.