

***SYNTHESIS OF MICROEMULSION USING SURFACTANT AND ESSENTIAL OIL OF LEMON RIND (*Citrus limon*) AS FACE MIST***

**SINTESIS MIKROEMULSI MENGGUNAKAN SURFAKTAN DAN MINYAK ATSIRI KULIT BUAH LEMON (*Citrus limon*) SEBAGAI FACE MIST**

**Tania Suciati, L. Suhendra<sup>\*</sup>, B. A. Harsojuwono**

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Kode pos : 80361; Telp/Fax : (0361) 701801.

Diterima 18 Oktober 2022 / Disetujui 14 November 2022

**ABSTRACT**

*Lemon rind essential oil microemulsion made in the form of a face mist using a microemulsion technique to increase the efficiency of the use of lemon rind essential oil. This study aims were to determine the effect of the surfactants mixtured in forming essential oil of lemon rind microemulsion and to determine the ratio of surfactants mixtured and essential oil of lemon rind (*Citrus limon*) to determine the best ratio on mi- croemulsion characteristics. This experiment designed with step 1 ratio of surfactants mixtured (Tween 20: Tween 80: Span 80) which was 97: 2.75: 0.25; 97:2.5:0.5; 97:2.25:0.75; 97:2.0:1; 97:1.75; 1.25. In step 2 the ratio of surfactants mixtured and lemon rind essential oil was 90:10; 87.5: 12.5; 85:15; 82.5:17.5; 80:20. The data were analyzed for its variance using excel. The results showed that the ratio of the surfactans mixtured and lemon rind essential oil had an effect on the characteristics of the resulting microemulsion. In step 1, the ratio of surfactants mixtured 97: 2.75: 0.25 (Tween 20: Tween 80: Span 80) is the best ratio for making essential oil microemulsion of lemon rind with the smallest turbidity index value after 24 hours incubation and after centrifugation  $0.245\pm 0.010\%$  and  $0.203\pm 0.059\%$ . In step 2, The ratio of surfactants mixtured and essential oil of lemon rind 85:15 was the best ratio with turbidity index values after 24 hours incubation and after centrifugation  $0.298\pm 0.037\%$  and  $0.334\pm 0.161\%$ . The lemon rind essential oil microemulsion formed two curves, with particle sizes of 16.2 nm and 1272.2 nm and a potential zeta value of 0 mV. Lemon rind essential oil microemulsion 85:15 was stable for 8 weeks of storage.*

**Keywords:** *microemulsion, surfactant, ratio, essential, Citrus limon*

**ABSTRAK**

Mikroemulsi minyak atsiri kulit lemon dibuat dalam bentuk *face mist* menggunakan teknik mikroemulsi untuk meningkatkan efisiensi minyak atsiri kulit lemon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon (*Citrus limon*) serta mengetahui rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon (*Citrus limon*) untuk mengetahui rasio terbaik terhadap karakteristik mikroemulsi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Langkah pertama, rasio campuran surfaktan (Tween 20: Tween 80: Span 80) yaitu 97: 2.75: 0.25; 97:2.5:0.5; 97:2.25:0.75; 97:2.0:1; 97:1.75; 1.25. Pada tahap 2, rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon adalah 90:10; 87,5: 12,5; 85:15; 82.5:17.5; 80:20. Data

---

\* Korespondensi Penulis:  
Email: [lutfi\\_s@unud.ac.id](mailto:lutfi_s@unud.ac.id)

dianalisis menggunakan excel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon berpengaruh terhadap karakteristik mikroemulsi yang dihasilkan. Rasio campuran surfaktan 97 : 2.75 : 0.25 ( Tween 20 : Tween 80 : Span 80 ) merupakan rasio terbaik untuk pembuatan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dengan nilai indeks turbiditas terkecil setelah inkubasi 24 jam dan setelah sentrifugasi sebesar  $0,245 \pm 0,010\%$  dan  $0,203 \pm 0,059\%$ . Pada langkah 2, rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon 85:15 adalah rasio terbaik dengan nilai indeks turbiditas setelah inkubasi 24 jam dan setelah sentrifugasi  $0,298 \pm 0,037\%$  dan  $0,334 \pm 0,161\%$ . Mikroemulsi minyak atsiri kulit lemon membentuk dua kurva memiliki ukuran partikel 16,2 nm dan 1272,2 nm dan nilai zeta potensial 0 mV. Mikroemulsi minyak atsiri kulit lemon 85:15 stabil selama 8 minggu penyimpanan.

**Kata kunci :** mikroemulsi, surfaktan, rasio, atsiri, *Citrus limon*

## PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan minyak yang memiliki bau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya. Minyak atsiri termasuk dalam golongan senyawa organik terpenoid yang bersifat larut dalam minyak, termasuk salah satunya adalah minyak atsiri dari kulit buah lemon (Perangin-angin dan Mardiyah, 2017). Minyak atsiri dari kulit buah lemon memiliki kandungan yang terdiri dari limonena (55 – 80%),  $\alpha$ -pinene (2,0 – 2,5%) ,  $\beta$ -pinene (10 – 17%),  $\gamma$ -terpinena (3 – 10%), dan juga ditemukan dalam jumlah yang lebih kecil adalah linalol alkohol (0,1 – 0,9%), geraniol (0,9 – 1,7%), senyawa tersebut memiliki peran sebagai antioksidan (Nizhar, 2012).

Minyak atsiri kulit buah lemon tidak stabil karena mudah teroksidasi oleh adanya udara dan cahaya. Emulsi merupakan suatu alternatif untuk mencegah terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh oksidasi. Emulsi merupakan sistem dispersi yang terdiri dari fase minyak, fase air dan surfaktan. Ada tiga jenis emulsi yaitu makroemulsi (1 – 100  $\mu$ l), mikroemulsi (10 – 100 nm), dan nanoemulsi (20 – 500 nm) (Srikant *et al.*, 2016). Mikroemulsi mempunyai kestabilan terhadap termodinamika, jernih, transparan, dan mempunyai kemampuan penetrasi yang baik ke dalam kulit dibandingkan dengan makroemulsi dan nanoemulsi (Mahdi, 2004). Mikroemulsi dapat diaplikasikan sebagai produk *face mist* dikarenakan pembuatan *face mist* sebagian besar berbasis air. *Face mist* merupakan suatu produk skincare yang sifatnya air dan mengandung bahan alami yang bermanfaat bagi kulit. Minyak atsiri kulit buah lemon sedikit larut dalam air, sehingga untuk produk *face mist* dapat digunakan teknik mikroemulsi.

Pembentukan mikroemulsi dipengaruhi oleh rasio surfaktan dan minyak, jenis surfaktan, suhu, pH dan pengenceran. Surfaktan atau *surface active agent* merupakan molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan lipofilik (suka minyak/lemak) pada molekul yang sama. Surfaktan memiliki beberapa jenis yaitu surfaktan kationik, anionik, nonionik dan amfoterik. Pada penelitian ini menggunakan surfaktan nonionik. Keunggulan dari surfaktan nonionik yaitu surfaktan yang tidak memiliki muatan dan surfaktan tersebut tidak terpengaruh oleh perubahan pH (Cho *et al.*, 2008). Penggunaan surfaktan nonionik relatif aman karena memiliki toksisitas rendah terhadap kulit (Hasrawati, 2016).

Penelitian ini menggunakan *mixed surfactant* yaitu kombinasi dari surfaktan nonionik Tween 20, Tween 80 dan Span 80. Penggunaan tiga surfaktan dengan nilai HLB (*Hidrofilik Lipofilik Balance*) yang berbeda dapat membentuk mikroemulsi yang lebih stabil dibandingkan dengan dua campuran surfaktan atau hanya satu surfaktan. Hal tersebut terbukti pada penelitian Dwipayana (2021) menggunakan surfaktan (Tween 80: Span 80: Tween 20) dengan perbandingan 92: 5,5: 2,5 menghasilkan mikroemulsi dengan kenampakan tidak keruh.

Rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri juga dapat memengaruhi stabilitas mikroemulsi

(Sari *et al.*, 2015). Apabila rasio minyak lebih besar akan menyebabkan terbentuknya mikroemulsi yang keruh, karena jumlah minyak yang terlarut lebih besar sehingga menyebabkan bentuk misel semakin menggelembung. Kemudian, apabila rasio minyak lebih kecil menyebabkan kandungan senyawa bioaktif pada mikroemulsi menjadi sedikit (Suhendra *et al.*, 2012). Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Dwipayana *et al.* (2021), mengenai mikroemulsi minyak jahe menggunakan rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri jahe yaitu 100:0; 98:2; 96:4; 94:6; 92:2; 90:10; 88:12; 86:14; 84:16; 82:18. Rasio mikroemulsi terstabil yang diperoleh dalam penelitian tersebut menghasilkan perbandingan terstabil 96:4.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan sediaan mikroemulsi minyak dalam air (m/a) menggunakan minyak atsiri kulit buah lemon sebagai fase minyak dan campuran surfaktan Tween 20, Tween 80 dan Span 80. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio campuran surfaktan dan rasio campuran surfaktan dengan minyak atsiri kulit buah lemon terhadap karakteristik mikroemulsinya sebagai *face mist*.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, tween 20 (Subur Kimia Jaya), tween 80 (Subur Kimia Jaya), span 80 (Green Pharmacy), minyak atsiri kulit buah lemon diperoleh dari Toko Galeri Essential Oil di Denpasar, aquades (Water One), dan buffer sitrat. Sedangkan, Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu hot plate (Thermo Scientific), magnetic stirrer, gelas beaker (Iwaki), pipet mikro (Thermo Scientific), spatula, gelas ukur (Iwaki), buret, Particle Size Analyzer (HORIBA SZ-100), spektrofotometer (Biochrome SN 133467), centrifuge (Centurion Scientific Centrifuge – K3 Series), botol vial, dan kertas label.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang memiliki dua tahap. Pada percobaan pertama yaitu penentuan campuran surfaktan (Tween 20: Tween 80: Span 80) yang terbaik terhadap nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon. Pada Percobaan ini perlakuan campuran surfaktan pada rasio 97: 2.75: 0.25; 97:2.5:0.5; 97:2.25:0.75; 97:2.0:1; 97:1.75; 1.25. Percobaan ini dirancang menggunakan rancangan acak lengkap bila ada perbedaan dilanjutkan uji BNT. Pada percobaan ini menggunakan rasio campuran surfaktan dan minyak astiri kulit buah lemon sebesar 90:10 pada masing-masing level percobaan. Variabel yang diamati merupakan nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon setelah inkubasi 24 jam dan setelah sentrifugasi.

Pada percobaan kedua yaitu penentuan rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon. campuran surfaktan yang digunakan pada tahapan penelitian ini atas hasil dari penelitian tahap pertama. Pada tahapan percobaan ini perlakuan rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri pada level perlakuan yaitu 90:10; 87.5:12,5; 85:15; 82,5:17,5:80:20. Variabel yang diamati merupakan nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon setelah inkubasi 24 jam, sentrifugasi, nilai indeks turbiditas terhadap buffer sitrat pH 4,5; 5,5 dan 6,5 dan pengenceran 1:9; 1:49; dan 1:99. Percobaan ini dirancang menggunakan rancangan acak lengkap bila ada perbedaan dilanjutkan uji BNT. Hasil rasio terbaik dari variabel tersebut diamati ukuran partikel, zeta potensial, serta stabilitas mikroemulsi minyak astiri kulit buah lemon selama penyimpanan. Pada variabel nilai indeks turbiditas mikroemulsi selama penyimpanan terhadap pH dan pengenceran dilakukan penyimpanan selama 8 minggu, pengamatan dilakukan setiap 2 minggu dan

data dianalisis menggunakan regresi linear untuk memperoleh laju kerusakan selama penyimpanan.

### **Pelaksanaan Penelitian Pembuatan Mikroemulsi**

Pada pembuatan mikroemulsi dari tiga jenis surfaktan yaitu Tween 20, Tween 80 (surfaktan hidrofilik) dan Span 80 (surfaktan lipofilik). Rasio campuran surfaktan (Tween 20, Tween 80 dan Span 80) dibuat menggunakan rasio surfaktan dan minyak 90:10. Kemudian, Rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri lemon dengan rasio 90:10; 87,5:12,5; 85:15; 82,5:17,5; 80:20(v/v) masing-masing rasio sebanyak 5 ml., Mikroemulsi tersebut diaduk di atas *hot plate* menggunakan *magnetic stirrer* selama 4 menit dengan kecepatan 700 rpm, pada suhu  $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Proses pengadukan dilanjutkan dengan penambahan aquades tetes demi tetes sebanyak 10 ml. Selanjutnya, mikroemulsi diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Larutan dilakukan pengujian sesuai dengan parameter yang diamati. Mikroemulsi dikatakan stabil apabila dapat diamati secara visual yaitu tidak adanya kekeruhan atau pemisahan fase dan tetap transparan (Suhendra *et al.*, 2012).

### **Variabel yang Diamati**

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon (Suhendra *et al.*, 2012), nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon terhadap sentrifugasi (Suhendra *et al.* 2012), nilai indeks turbiditas terhadap buffer sitrat pada pH 4,5; 5,5 dan 6,5 dan pengenceran (Lin *et al.*, 2009), stabilitas nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon selama penyimpanan terhadap pH dan Pengenceran (Indirasvari *et al.*, 2018), uji zeta potensial (Imanto *et al.*, 2019) dan uji analisis ukuran partikel mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon (Khalida, 2019).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Nilai Indeks Turbiditas Mikroemulsi Minyak Atsiri Kulit Buah lemon Pada Campuran Surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon**

Hasil keragaman menunjukkan bahwa rasio campuran surfaktan berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon. Nilai indeks turbiditas dan kenampakan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai indeks turbiditas (%) campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon setelah inkubasi 24 jam dan setelah sentrifugasi

Rasio Campuran surfaktan (Tween 20: Tween 80: Span 80)	Mikroemulsi setelah inkubasi 24 jam		Stabilitas mikroemulsi setelah sentrifugasi (4000 Rpm)	
	Nilai indeks turbiditas (%)	Kenampakan	Nilai indeks turbiditas (%)	Kenampakan
97: 2,75: 0,25	0.246±0.010 <sup>b</sup>	Transparan	0.203±0.059 <sup>a</sup>	Transparan
97: 2,5: 0,5	0.263±0.011 <sup>a</sup>	Transparan	0.216±0.022 <sup>a</sup>	Transparan
97: 2,25: 0,75	0.265±0.012 <sup>a</sup>	Transparan	0.216±0.050 <sup>a</sup>	Transparan
97: 2: 1	0.267±0.009 <sup>a</sup>	Transparan	0.222±0.007 <sup>a</sup>	Transparan
97:1,75:1,25	0.273±0.006 <sup>a</sup>	Transparan	0.240±0.005 <sup>a</sup>	Transparan

Keterangan: huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 1 menunjukkan nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada semua perlakuan campuran surfaktan mempunyai nilai indeks turbiditas di bawah 1% dan memiliki kenampakan transparan. Rasio 97: 2,75: 0,25 merupakan campuran surfaktan yang

memiliki nilai indeks turbiditas terkecil sebesar  $0.245 \pm 0.011\%$ . Pada perlakuan 97: 2,75: 0,25 rasio surfaktan tween 80 lebih besar daripada perlakuan lainnya. Tween 80 merupakan tween yang menghasilkan emulsi tipe minyak dalam air (m/a) sedangkan span menghasilkan emulsi tipe air dalam minyak (a/m) (Aulton dan Diana, 1991). Pada mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon memiliki karakteristik tipe minyak dalam air sehingga rasio tween 80 lebih tinggi akan meningkatkan kelarutan dalam tipe tersebut. Sedangkan, pada rasio surfaktan span 80 lebih tinggi akan menghasilkan nilai indeks yang lebih besar. Hal tersebut disebabkan karena span 80 bersifat hidrofobik kemungkinan bagian hidrofilik berada di bagian dalam pada suatu molekul surfaktan. Rasio campuran surfaktan 97: 2,75: 0,25 digunakan untuk menentukan rasio tertinggi yang diperoleh minyak atsiri kulit buah lemon untuk membentuk mikroemulsi.

Nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada semua perlakuan setelah sentrifugasi memiliki nilai indeks turbiditas kurang dari 1% dan kenampakan tetap transparan. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada semua perlakuan memiliki karakteristik tetap stabil dan tidak terjadi pemisahan fase setelah dilakukan sentrifugasi. Mikroemulsi dikatakan stabil jika tidak menunjukkan adanya kerusakan atau pemisahan fase pada saat sentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 30 menit (Cho *et al.*, 2008). Pengamatan uji sentrifugasi bertujuan untuk mengetahui stabilitas mikroemulsi oleh pengaruh gaya sentrifugal (Mitsui, 1998).

#### Nilai Indeks Turbiditas Mikroemulsi Minyak Atsiri Kulit Buah lemon Pada Rasio Campuran Surfaktan dan Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon sebelum dan setelah sentrifugasi. Nilai indeks turbiditas (%) dan kenampakan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai indeks turbiditas (%) rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon setelah inkubasi 24 jam dan setelah sentrifugasi

Campuran surfaktan: Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon	Mikroemulsi setelah inkubasi 24 jam		Stabilitas mikroemulsi setelah sentrifugasi (4000 Rpm)	
	Nilai indeks turbiditas (%)	Kenampakan	Nilai indeks turbiditas (%)	Kenampakan
90: 10	$0.210 \pm 0,040^c$	Transparan	$0.239 \pm 0.036^b$	Transparan
87,5: 12,5	$0.227 \pm 0,078^c$	Transparan	$0.284 \pm 0.047^b$	Transparan
85:15	$0.298 \pm 0,037^{bc}$	Transparan	$0.334 \pm 0.161^b$	Transparan
82,5:17,5	$0.377 \pm 0,082^b$	<i>Translucent</i>	$0.588 \pm 0.219^a$	<i>Translucent</i>
80: 20	$0.548 \pm 0,052^a$	<i>Translucent</i>	$0.643 \pm 0.142^a$	<i>Translucent</i>

Keterangan: huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 2 menunjukkan nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada semua perlakuan campuran rasio surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon mempunyai nilai indeks turbiditas di bawah 1%. Mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada perlakuan 90:10; 87,5:12,5 dan 85:15 mempunyai kenampakan transparan. Sedangkan, pada perlakuan 82,5:17,5 dan 80:20 mempunyai kenampakan *translucent*. Mikroemulsi kulit buah lemon memiliki kemampuan melarutkan minyak menurun pada rasio di atas 15. Hal tersebut diakibatkan rasio surfaktan yang semakin rendah. Konsentrasi surfaktan rendah, maka surfaktan dalam bentuk monomernya. Konsentrasi surfaktan di atas CMC (*critical micellar concentration*), surfaktan membentuk misel. Penambahan minyak atsiri yang terlarut dalam misel, akan membentuk mikroemulsi dalam bentuk

droplet. Molekul nonpolar biasanya larut dalam larutan surfaktan yang bergabung ke dalam misel atau tipe kelompok koloid lainnya dan tidak larut atau sedikit larut di air (Suhendra *et al.*, 2012). Kesesuaian polaritas surfaktan dan minyak berpengaruh terhadap besaran ukuran droplet. Surfaktan dan minyak mempunyai polaritas sesuai, maka konsentrasi minyak terlarut membentuk mikroemulsi tinggi. Sebaliknya, surfaktan dan minyak mempunyai polaritas tidak sesuai, menyebabkan kon- sentrasi minyak terlarut membentuk mikroemulsi rendah.

Nilai indeks turbiditas (%) mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada semua perlakuan setelah sentrifugasi memiliki nilai indeks turbiditas (%) kurang dari 1%. Pada Rasio surfaktan dan minyak 90:10; 87,5:12,5; 85:15 mempunyai kenampakan transparan. Sedangkan, pada rasio surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon 82,5:17,5 dan 80:20 setelah sentrifugasi mempunyai kenampakan *translucent*. Pada tiap perlakuan terdapat perbedaan nilai indeks turbiditas antara sebelum dan sesudah sentrifugasi. Pada tiap perlakuan mengalami peningkatan nilai indeks turbiditas. Hal tersebut disebabkan karena gaya sentrifugal dapat menyebabkan terjadinya penggabungan antar droplet sehingga membuat droplet menjadi lebih besar dan menyebabkan nilai indeks turbiditas (%) menjadi lebih besar. Perlakuan 90:10 memiliki nilai indeks turbiditas (%) sebelum sentrifugasi sebesar  $0,210 \pm 0,040$  dan setelah sentrifugasi sebesar  $0,239 \pm 0,036$ . Perlakuan 87,5:12,5 memiliki nilai indeks turbiditas (%) sebelum sentrifugasi  $0,227 \pm 0,078$  dan sesudah sentrifugasi sebesar  $0,284 \pm 0,047$ . Perlakuan 85:15 memiliki nilai indeks turbiditas (%) sebelum sentrifugasi sebesar  $0,298 \pm 0,037$  dan sesudah sentrifugasi sebesar  $0,334 \pm 0,161$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa mikroemulsi masih tetap stabil setelah dilakukan sentrifugasi. Pada perlakuan 82,5:17,5 dan 80:20 juga mengalami perubahan nilai indeks turbiditas dan tetap memiliki kenampakan *translucent*. Agregat cukup besar mempunyai kemampuan memancarkan cahaya, sehingga menyebabkan larutan terlihat agak keruh/*translucent*. Pada 82,5:17,5 memiliki nilai indeks turbiditas (%) sebelum sentrifugasi  $0,377 \pm 0,082$  dan sesudah sentrifugasi sebesar  $0,588 \pm 0,219$ . Pada 80:20 memiliki nilai indeks turbiditas (%) sebelum sentrifugasi sebesar  $0,548 \pm 0,052$  dan sesudah sentrifugasi sebesar  $0,643 \pm 0,142$ . Sentrifugasi merupakan proses pemisahan antara dua fase yang mempunyai perbedaan rapat massa menggunakan gaya sentrifugal. Sentrifugasi dapat menyebabkan mikroemulsi tidak stabil karena penggabungan droplet (Permana dan Suhendra, 2015).

### Ukuran Partikel Mikroemulsi Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon Pada Rasio Campuran Surfaktan dan Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon 85:15

Hasil pengukuran PSA menunjukkan nilai ukuran partikel dari mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon memiliki dua area ratio yaitu sebesar 40% dan 60%. Pada perluasan 40% yaitu kurang dari 100 nm yaitu 16,1 nm. Kemudian, pada perluasan 60% yaitu lebih dari 1000 nm sebesar 1270,2 nm. Hasil analisis ukuran partikel mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis ukuran partikel mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon

Peak No.	S.P Area Ratio	Mean	S. D.	Mode
1	0.40	16.1 nm	1.4 nm	16.1 nm
2	0.60	1274.2 nm	140.1 nm	1270.2 nm
3	---	--- nm	--- nm	--- nm
Total	1.00	766.3 nm	626.7 nm	1270.2 nm

Tabel 3 menunjukkan bahwa mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon memiliki ukuran partikel 1270,2 nm dan memiliki dua area ratio. Area ratio pada perluasan 40% memiliki ukuran 16,1 nm. Sedangkan, pada perluasan 60% memiliki ukuran partikel sebesar 1270,2 nm. Hal tersebut

diduga bahwa mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon mengandung suatu partikel yang memiliki ukuran mikromilimeter sehingga apabila rasio minyak diturunkan partikel tersebut tetap akan terbaca sebagai suatu partikel yang berukuran mikromilimeter. Hasil PSA menunjukkan nilai polidispersi indeks (PI) pada penelitian ini sebesar 0,718. Nilai polidispersi indeks (PI) menunjukkan kestabilan mikroemulsi, semakin rendah nilai polidispersitas indeks (PI) menunjukkan ukuran partikel yang seragam dan bersifat stabil. Nilai polidispersitas indeks (PI) 0,1-0,5 menunjukkan distribusi ukuran seragam sedangkan nilai lebih dari 0,5 menunjukkan distribusi yang tidak seragam (Gao *et al.*, 2008). Pada mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon memiliki hasil PI yang tidak seragam. Hal tersebut menunjukkan bahwa mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon belum memiliki keseragaman ukuran partikel yang baik.

### **Zeta Potensial Mikroemulsi Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon Pada Rasio Campuran Surfaktan dan Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon 85:15**

Zeta potensial merupakan parameter muatan listrik antara partikel koloid. Pengukuran zeta potensial bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai stabilitas sistem dispersi koloid saat penyimpanan yaitu kemungkinan terbentuknya agregat pada partikel yang bermuatan (Mohanraj *et al.*, 2006). Hasil zeta potensial dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil zeta potensial mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon 85:15

Peak No.	Zeta Potensial	Electrophoretic Mobility
1	0.0 mV	0.000000 cm <sup>2</sup> /Vs
2	--- mV	--- cm <sup>2</sup> /Vs
3	--- mV	--- cm <sup>2</sup> /Vs

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengukuran zeta potensial mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon memiliki ukuran zeta potensial sebesar 0 mV. Hal tersebut dikarenakan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon terbuat dari surfaktan nonionik sehingga tidak adanya muatan dalam larutan tersebut. Kemudian, minyak atsiri kulit buah lemon tidak adanya muatan serta komposisi aquades dalam mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon juga mempunyai muatan yang seimbang dalam bentuk ion aquades dapat dideskripsikan sebagai ikatan antara ion hidrogen (H<sup>+</sup>) dengan ion hidroksida (OH<sup>-</sup>) (Suryana, 2013). Pada mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon menggunakan surfaktan nonionik sehingga tidak adanya pengaruh untuk suatu partikel tersebut berinteraksi dikarenakan tidak adanya muatan dalam mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon.

### **Nilai Indeks Turbiditas Mikroemulsi Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon Terhadap Buffer Sitrat pH 4,5; 5,5 dan 6,5 Setelah Inkubasi 24 Jam**

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan serta interaksi mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ), terhadap nilai indeks turbiditas (%) pH dan Pengenceran 1:9, 1:49 dan 1:99. Nilai indeks turbiditas (%) dan kenampakan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dapat dilihat pada Tabel 5, 6 dan 7.

Tabel 5. Nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon terhadap pengenceran menggunakan buffer sitrat pH 4,5;5,5 dan 6,5 setelah inkubasi 24 jam pada perbandingan 1:9

Campuran surfaktan : Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon	Pengenceran 1:9			Kenampakan
	pH 4,5	pH 5,5	pH 6,5	
90: 10	0.124 <sup>d</sup>	0.124 <sup>d</sup>	0.127 <sup>d</sup>	Transparan
87,5: 12,5	0.138 <sup>cd</sup>	0.149 <sup>cd</sup>	0.144 <sup>cd</sup>	Transparan
85:15	0.155 <sup>c</sup>	0.147 <sup>cd</sup>	0.149 <sup>cd</sup>	Transparan
82,5:17,5	1.005 <sup>b</sup>	1.040 <sup>a</sup>	1.033 <sup>a</sup>	Keruh
80: 20	1.018 <sup>ab</sup>	1.019 <sup>ab</sup>	1.041 <sup>a</sup>	Keruh

Keterangan: huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda pada tingkat kesalahan 5%.

Pengenceran menggunakan buffer sitrat (Tabel 5) menunjukkan rasio surfaktan-minyak pada perlakuan 85:15 merupakan formula yang paling stabil terhadap perubahan berbagai pH (4,5; 5,5; 6,5) pada pengenceran 1:9 karena memiliki nilai indeks turbiditas (%) di bawah 1% dan mempunyai kenampakan yang transparan. Formula 85:15 mempunyai nilai indeks turbiditas (%) yaitu 0.155 (pH 4,5), 0.147 (pH 5,5), dan 0.149 (pH 6,6) yang tidak berbeda nyata pada rasio SM1 dan SM2. Namun, pada rasio surfaktan-minyak 82,5:17,5 dan 80:20 dinyatakan tidak stabil terhadap perubahan pH dan pengenceran karena memiliki nilai indeks turbiditas (%) di atas 1%. Hal ini diasumsikan bahwa meningkatnya konsentrasi minyak pada pengenceran 1:9 menyebabkan kontak fase minyak menjadi lebih tinggi dengan pH menyebabkan ukuran droplet lebih besar sehingga stabilitas mikroemulsi menurun. Berdasarkan hal tersebut F3 merupakan formula yang paling stabil karena stabil terhadap semua berbagai perubahan pH (4,5; 5,5; 6,5) pada pengenceran (1:9, 1:49; 1:99) dan memiliki rasio surfaktan minyak yang tinggi (85:15).

Tabel 6. Nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon terhadap pengenceran menggunakan buffer sitrat pH 4,5;5,5 dan 6,5 setelah inkubasi 24 jam pada perbandingan 1:49

Campuran surfaktan : Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon	Pengenceran 1:49			Kenampakan
	pH 4,5	pH 5,5	pH 6,5	
90: 10	0.154 <sup>de</sup>	0.151 <sup>de</sup>	0.140 <sup>e</sup>	Transparan
87,5: 12,5	0.165 <sup>cde</sup>	0.160 <sup>cde</sup>	0.166 <sup>cde</sup>	Transparan
85:15	0.180 <sup>cd</sup>	0.185 <sup>c</sup>	0.190 <sup>c</sup>	Transparan
82,5:17,5	0.264 <sup>b</sup>	0.269 <sup>b</sup>	0.291 <sup>ab</sup>	Transparan
80: 20	0.302 <sup>a</sup>	0.306 <sup>a</sup>	0.291 <sup>ab</sup>	Transparan

Keterangan: huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda pada tingkat kesalahan 5%.



Tabel 7. Nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon terhadap pengenceran menggunakan buffer sitrat pH 4,5;5,5 dan 6,5 setelah inkubasi 24 jam pada perbandingan 1:99

Campuran surfaktan : Min yak Atsiri Kulit Buah Lemon	Pengenceran 1:49			Kenampakan
	pH 4,5	pH 5,5	pH 6,5	
90: 10	0.117 <sup>g</sup>	0.132 <sup>fg</sup>	0.121 <sup>g</sup>	Transparan
87,5: 12,5	0.155 <sup>cdef</sup>	0.150 <sup>def</sup>	0.140 <sup>efg</sup>	Transparan
85:15	0.165 <sup>bcde</sup>	0.160 <sup>bcdef</sup>	0.165 <sup>bcde</sup>	Transparan
82,5:17,5	0.176 <sup>bcd</sup>	0.185 <sup>b</sup>	0.179 <sup>bc</sup>	Transparan
80: 20	0.265 <sup>a</sup>	0.272 <sup>a</sup>	0.292 <sup>a</sup>	Transparan

Keterangan: huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda pada tingkat kesalahan 5%.

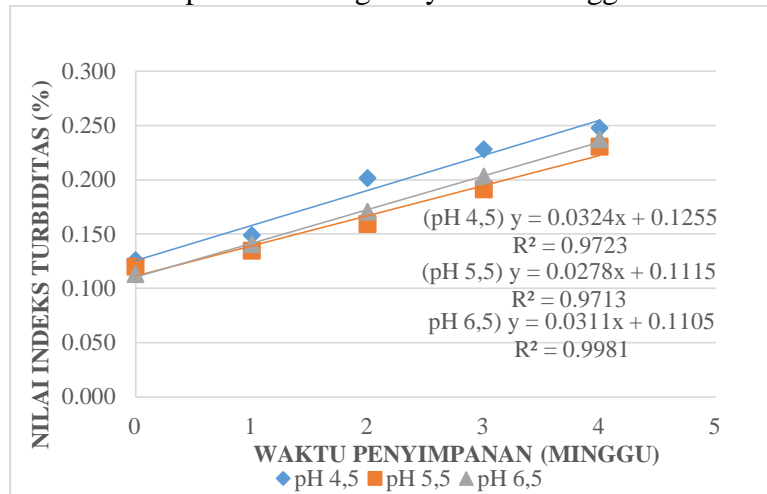
Pengenceran menggunakan buffer sitrat perbandingan 1:49 menunjukkan bahwa pada semua formulasi stabil terhadap berbagai perubahan pH. Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan surfaktan nonionik dalam pembuatan mikroemulsi. Surfaktan nonionik merupakan pengemulsi yang tidak mempunyai muatan sehingga tidak adanya pengaruh oleh konsentrasi dari H<sup>+</sup> sehingga membuat mikroemulsi stabil di kondisi pH asam (Zheng *et al.*, 2022). Hal serupa juga terjadi pada pengenceran 1:99 (Tabel 7). Pada pengenceran 1:99 pada semua perlakuan menghasilkan nilai indeks turbiditas (%) di bawah 1% Hal tersebut dapat dikatakan bahwa pada pengenceran 1:49 dan 1:99 mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon memiliki rasio mikroemulsi lebih sedikit daripada pH sehingga pada perbandingan 1:49 dan 1:99 pada semua perlakuan stabil pada berbagai pH (4,5; 5,5; 6,5) pada pengenceran 1:9, 1:49, dan 1:99.

### Stabilitas Nilai Indeks Turbiditas Mikroemulsi Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon Selama Penyimpanan Terhadap pH 4,5; pH 5,5 dan pH 6,5 pada Pengenceran 1:9

Stabilitas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon selama penyimpanan untuk melihat adanya perubahan laju kerusakan yang dialami mikroemulsi dengan dilakukan uji nilai indeks turbiditas (%) setiap 2 minggu selama penyimpanan 2 bulan. Mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon telah dilakukan pengenceran menggunakan pH 4,5; 5,5; dan 6,5 dengan perbandingan 1:9 pada rasio mikroemulsi terbaik yaitu 85:15 menunjukkan kenampakan yang jernih, tidak terdapat endapan, dan memiliki nilai indeks turbiditas kurang dari 1%. Stabilitas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa koefisien variabel (x) waktu penyimpanan yaitu sebesar 0.0324 pada pH 4,5 dengan nilai indeks turbiditas sebesar 0.1255%. Nilai determinasi (R<sup>2</sup>) menunjukkan bahwa 97,23% persamaan regresi dipengaruhi oleh pH 4,5 pengenceran 1:9 selama penyimpanan dan 2.77% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti. Pada pH 5,5 memiliki koefisien variabel (x) waktu penyimpanan sebesar 0.0278 dengan nilai indeks turbiditas sebesar 0.1115%. Nilai determinasi (R<sup>2</sup>) menunjukkan bahwa 97,13% dipengaruhi oleh pH 5,5 pengenceran 1:9 selama penyimpanan dan 2,87% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti. Pada pH 6,5 memiliki koefisien variabel (x) waktu penyimpanan sebesar 0,0311 dengan nilai indeks turbiditas sebesar 0.1105%. Nilai determinasi (R<sup>2</sup>) menunjukkan bahwa 99,81% dipengaruhi oleh pH 6,5 pengenceran 1:9 selama penyimpanan dan 0,19% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti. Stabilitas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon terbaik selama penyimpanan dan pengenceran 1:9 ditunjukkan pada pH 5,5 dengan koefisien variabel (x) waktu penyimpanan sebesar 0,0278. Stabilitas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon selama penyimpanan terhadap

pH 4,5; 5,5 dan 6,5 dengan perbandingan 1:9 menunjukkan hasil yang tidak jauh beda. Mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon setelah pengenceran menggunakan pH 5,5 diprediksi mencapai nilai indeks turbiditas 1% berdasarkan persamaan regresi yaitu 32 minggu atau 6 bulan.



Gambar 3. Regresi nilai indeks turbiditas pada variasi pH dan pengenceran 1:9 mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon selama penyimpanan

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon pada pH 3,5; 4,5, dan 6,5 mengalami peningkatan selama penyimpanan. Namun, mikroemulsi masih tetap stabil karena memiliki kenampakan transparan, tidak terdapat endapan dan nilai indeks turbiditas di bawah 1%. Dwipayana *et al.* (2021), melaporkan bahwa mikroemulsi minyak atsiri jahe stabil terhadap pH 4,5, pH 5,5 dan pH 6,5 pada pengenceran 1:9. Mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dibuat menggunakan surfaktan nonionik stabil pada pH 4,5, pH 5,5 dan pH 6,5 yang ditandai dengan kenampakan yang transparan dan memiliki nilai indeks turbiditas dibawah 1%. McClements dan Decker. (2000) melaporkan bahwa emulsi yang distabilkan oleh surfaktan nonionik tidak mengalami perubahan muatan elektrik akibat perubahan pH.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon berpengaruh nyata terhadap mikroemulsi yang dihasilkan. Rasio surfaktan Tween 80 lebih besar menyebabkan surfaktan dapat lebih mudah terlarut dalam tipe mikroemulsi minyak dalam air dan memiliki nilai indeks turbiditas lebih kecil dan kenampakan jernih.

Campuran surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon 97: 2,75: 0,25 (Tween 20: Tween 80: Span 80) merupakan rasio untuk membuat mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon. Rasio tersebut merupakan perlakuan terbaik untuk membuat mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon.

Rasio surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon berpengaruh terhadap mikroemulsi yang dihasilkan. Rasio surfaktan semakin rendah menyebabkan minyak atsiri kulit buah lemon yang terlarut semakin rendah, nilai indeks turbiditas meningkat dan memiliki kenampakan yang keruh.

Rasio surfaktan dan minyak atsiri kulit buah lemon 85:15 merupakan perlakuan terbaik untuk membuat mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon. mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon mempunyai kenampakan transparan sebelum dan sesudah sentrifugasi. Nilai indeks turbiditas mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon sebelum dan sesudah sentrifugasi sebesar sebesar

0,298±0,037% dan 0.334±0.161%.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk menghasilkan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah lemon dapat menggunakan rasio campuran surfaktan 97: 2,75: 0,25 (Tween 20: Tween 80: Span 80) dan rasio surfaktan dan minyak kulit buah lemon sebesar 85:15.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai campuran surfaktan dengan kombinasi surfaktan kationik atau surfaktan anionik agar lebih efektif dalam pembuatan mikroemulsi minyak atsiri kulit buah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aulton, M. E and M.C. Diana. 1991. Emulsions and microemulsions. Informa Healthcare USA,3(1),1555– 1560.<https://ojs.unud.ac.id/index.php/agrotechno/article/view/51123>
- Cho, Y. H., S. Kim, E. K. Bae, C. K. Mok, and J. Park. 2008. Formulation of osurfactant-free m/a microemulsion using nonionic surfactant mixtures. Journal of Food Science, 73(3),115- 121.<https://ejournal.widyamataram.ac.id/index.php/agrotech/article/view/2>
- Dwipayana, I. M. 2021. Pengaruh rasio campuran surfaktan dan minyak atsiri jahe (*Zingiber officinale var. Amaram*) terhadap karakteristik mikroemulsi yang dihasilkan. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, 10(1),1–11. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jtip/article/view/86426/44433>
- Gao, L., D. Zhang, and M. Chen. 2008. Drug nanocrystals for the formulation of poorly soluble drugs and its application as a potential drug delivery system. Journal of Nanoparticle Research, 10(5), 845 – 862. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11051-008-9357-4>
- Hasrawati, A., N. Hasyim., dan N. A. Irsyad. 2016. Pengembangan formulasi mikroemulsi minyak sereh (*Cymbopogon nardus*) menggunakan emulgator surfaktan nonionik. Jurnal Fitofarmaka Indonesia, 3(1),151 – 154. <https://www.neliti.com/publications/259591/pengembangan-formulasi-mikroemulsi-minyak-sereh-cymbopogon-nardus-menggunakan-em>
- Hendra., A. P., L. Suhendra., dan L. P. Wrasati. 2021. Karakteristik mikroemulsi minyak daun sirih (*Piper betle L.*) pada perlakuan rasio campuran surfaktan dan minyak daun sirih. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, 9(4), 582 – 591. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jtip/article/view/82927>
- Imanto, T., R. Prasetiawan., dan E. R. Wikanstysning. 2019. Formulasi dan karakterisasi sediaan nanoemulgel serbuk lidah buaya (*Aloe vera L.*) Jurnal Farmasi Indonesia, 16(1), 28 – 37. <https://journals.ums.ac.id/index.php/pharmacon/article/view/8114>
- Indirasvari, K.S., I.D.G.M. Permana., dan I.K. Suter. 2018. Stabilitas mikroemulsi vco dalam air pada variasi hlb dari tiga surfaktan selama penyimpanan. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, 7(4), 184 – 191. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/itepa/article/view/44805>
- Lin, C. C., H. Y. Lin., H. C. Chen., and M.Y. Yu. 2009. Stability and characterization of phospholipid-based curcumin-encapsulation microemulsions. Food Chemistry, 116: 923 – 928. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093197564>
- McClements, D.J. 2005. Food Emulsion: Principles, Practice, and Techniques. CRC Press, Florida.<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b18868/foodemulsions-david-julian-mcclements>
- Mitsui, T. 1998. New Cosmetic Science. Elsevier Science B.V., Amsterdam.

- <https://oasis.iik.ac.id:9443/library/repository/8e4ba4710517eec0296e7e657ad530c5.pdf>
- Mohanraj, V.J and Y. Chen. 2006. Nanoparticles: A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 5(1), 561 – 573. <https://www.ajol.info/index.php/tjpr/article/view/14634>
- Nizhar, U. M. 2012. Level optimum sari buah lemon (*Citrus lemon*) sebagai bahan penggumpal pada pembentukan curd keju cottage. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Program Studi Teknologi Hasil Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanudin, Makassar. <https://pdfcoffee.com/nizhar-2012-pdf-free.html>
- Perangin-angin, B dan A. Mardiyah. 2017. Identifikasi kemurnian minyak nilam dengan pengamatan spektrum fluoresensi. *Agrium*, 21(1), 20 – 25. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/1483>
- Sari, K. D., dan R. S. Dhamar Lestari. 2015. Pengaruh waktu dan kecepatan pengadukan terhadap emulsi minyak biji matahari (*Helianthus annuus* L.) dan air. *Jurnal Integrasi Proses*, 5 (3), 155-159. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/view/368>
- Srikant, K., V.R.M Gupta., S.R. Manvi., and N. Devanna. 2012. Particulate carrier system: a review. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(11), 22 – 26. <https://www.semanticscholar.org/paper/PARTICULATE-CARRIER-SYSTEMS-%3A-A-REVIEW-Srikanth-Gupta/398aba3b16651974d5c396730fd6d5b0ff4527d5#paper-header>
- Suhendra, L., S. Raharjo, P. Hastuti., dan C. Hidayat. 2012. Formulasi dan stabilitas mikroemulsi m/a sebagai pembawa fucosanthin. *AgriTech*, 32(3), 230 – 239. <https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/view/9617/7192>
- Suryana, R. 2013. Analisis kualitas air sumur dangkal di kecamatan biringkayana kota makasar. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin, Makassar. <https://docplayer.info/32335692-Tugas-akhir-analisis-kualitas-air-sumur-dangkal-di-kecamatan-biringkanayya-kota-makassar.html>
- Zheng, Y., G. Xu, Q. Ni, Y. Wang, Q. Gao, and Y. Zhang. 2022. Microemulsion delivery system improves cellular uptake of genipin and its protective effect against A $\beta$ 1-42 on the morphology of o/w dispersions based on poly(oxyethylene 20) sorbitan monolaurate and sorbitan monolaurate. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 538, 720–728. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35335992/>