

**THE EFFECT OF THE COMBINATION OF TWEEN 80 AND SPAN 80 AS EMULSIFIER ON THE ECAPSULATION OF KENIKIR FLOWER EXTRACT USING ARABIC GUM**

**PENGARUH KOMBINASI TWEEN 80 DAN SPAN 80 SEBAGAI EMULSIFIER PADA ENKAPSULASI EKSTRAK BUNGA KENIKIR MENGGUNAKAN GUM ARAB**

**Ida Ayu Putu Bela Anggraeni, Ni Made Wartini\*, Lutfi Suhendra**

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

Diterima 1 Agustus 2022 / Disetujui 2 September 2022

**ABSTRACT**

*The study aimed to know the effect of the combination of Tween 80 and Span 80 on the encapsulating characteristics of kenikir flower dye extract and determine the best combination of Tween 80 and Span 80 to produce encapsulated kenikir flower dye extract. This study using a simple Group Randomized Design with a combination treatment of Tween 80 with Span 80, to archive HLB values of 8, 9, 10, 11, 12, and 13. Each treatment is carried out 3 times so that 18 units are obtained. The data obtained is analyzed with variety analysis and if there is an effect of treatment on the observed variables, then continued with Tukey. The result showed that the combination of Tween 80 and Span 80 as an emulsifier using arabic gum had a noticeable effect on yield, solubility, encapsulation efficiency, moisture content total carotenoids, surface carotenoids, L\* values (brightness), a\* (reddish) and b\*(yellowish) values. The combination of Tween 80 0.23 g and Span 0.27 g produces encapsulating of kenikir flower extract with the best characteristics, namely: yield 84.95%, moisture content 5.53%, solubility 71.68%, total carotenoids 159.47%, surface carotenoids 1.26%, encapsulation efficiency 99.99%, L\* values (brightness) 43.55, a\* (redness) values 19.76, and b\* (yellowish) values 30.61.*

**Keywords :** Marigold flower, *Tagetes erecta* L., Tween 80, Span 80, encapsulation

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi Tween 80 dan Span 80 terhadap karakteristik enkapsulasi ekstrak pewarna bunga kenikir dan menentukan kombinasi terbaik Tween 80 dan Span 80 untuk menghasilkan ekstrak pewarna bunga kenikir terenkapsulasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok sederhana dengan kombinasi perlakuan Tween 80 dengan Span 80, untuk mengarsipkan nilai HLB 8, 9, 10, 11, 12, dan 13. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali sehingga 18 unit diperoleh. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam dan jika ada pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati, maka dilanjutkan dengan Tukey. Hasil penelitian

---

\* Korespondensi Penulis:

Email: [md\\_wartini@unud.ac.id](mailto:md_wartini@unud.ac.id)

menunjukkan bahwa kombinasi emulsifier Tween 80 dan Span 80 menggunakan gum arab memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen, kelarutan, efisiensi enkapsulasi, kadar air total karotenoid, karotenoid permukaan, nilai L\* (kecerahan), a\* (kemerahan) dan nilai b\*(kekuningan). Kombinasi Tween 80 0,23 g dan Span 0,27 g menghasilkan enkapsulasi ekstrak bunga kenikir dengan karakteristik terbaik yaitu: rendemen 84,95%, kadar air 5,53%, kelarutan 71,68%, total karotenoid 159,47%, karotenoid permukaan 1,26%, efisiensi enkapsulasi 99,99 %, nilai L\* (kecerahan) 43,55, nilai a\* (kemerahan) 19,76, dan nilai b\* (kekuningan) 30,61.

**Kata kunci :** *Tagetes erecta* L., Tween 80, Span 80, enkapsulasi

## PENDAHULUAN

Tanaman kenikir (*Tagetes erecta* L.) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika kemudian Pewarna merupakan bagian terpenting dalam pembuatan produk makanan, karena pewarna dapat mempengaruhi penampilan, dari produk tersebut. Pewarna dapat dihasilkan dari tumbuhan dan juga dapat dibuat dari bahan kimia sintetik. Menurut Winarno (2002), di Indonesia terdapat kecenderungan penyalahgunaan pemakaian zat pewarna untuk bahan pangan, seperti zat warna tekstil dan kulit yang digunakan sebagai pewarna bahan makanan. Penggunaan pewarna alami yang berasal dari tumbuhan dapat menjadi alternatif pewarna pada bahan pangan yang tidak menimbulkan masalah pada kesehatan. Salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami adalah bunga kenikir (*Tagetes erecta* L.). Bunga kenikir mengandung senyawa karotenoid, yaitu pigmen yang memberikan warna kuning, jingga hingga merah. Selain berperan sebagai pewarna alami pada bahan pangan, karotenoid juga berperan sebagai senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai prekursor vitamin A dan antioksidan (Maleta *et al.*, 2018).

Tanaman kenikir (*Tagetes erecta* L.) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Tengah dan beberapa daerah yang beriklim tropis seperti di Asia Tenggara termasuk Indonesia. Tanaman kenikir (*Tagetes erecta* L.) merupakan tanaman hias dengan mahkota bunga berwarna kuning sampai oranye, tumbuh liar dan lebih banyak berbunga di area yang terpapar sinar matahari langsung. Warna kuning pada bunga kenikir ini disebabkan oleh dua pigmen utama yaitu dari golongan karotenoid yang memberi warna kuning sampai merah dan dari golongan flavonoid yang memberi warna kuning. Di masyarakat dikenal ada dua jenis tanaman kenikir, yaitu kenikir lokal (*Cosmos sulphureus*) dan kenikir marigold (*Tagetes erecta* L.) (Arini *et al.*, 2018). Di Pulau Bali bunga kenikir jenis marigold biasanya banyak digunakan oleh masyarakat untuk sarana upacara keagamaan.

Karotenoid merupakan suatu zat alami yang sangat penting dan mempunyai sifat larut dalam lemak atau pelarut organik tetapi tidak larut dalam air yang merupakan suatu pigmen berwarna oranye, merah atau kuning. Karotenoid memiliki manfaat sebagai provitamin A (Tang, 2010), anti kanker (Huang *et al.*, 2016), dan anti-diabetes (Irwanto *et al.*, 2016). Adapun pemanfaatan karotenoid pada bunga kenikir yaitu digunakan sebagai pewarna makanan yang memiliki prospek sangat baik untuk dikembangkan. Senyawa karotenoid yang terkandung di dalam bunga kenikir ini dapat diperoleh melalui ekstraksi pelarut dan biasanya menghasilkan ekstrak pewarna dalam bentuk cair. Ekstraksi pelarut adalah proses pemisahan suatu komponen dari suatu campuran berdasarkan proses distribusi terhadap dua macam pelarut yang tidak saling bercampur. Untuk memperpanjang masa simpan pewarna cair maka perlu dilakukan proses enkapsulasi.

Enkapsulasi merupakan suatu proses perlindungan bahan aktif berupa gas, cairan dan padatan menggunakan bahan penyalut atau pembungkus (Bansode *et al.*, 2010). Enkapsulasi perlu dilakukan karena memiliki keunggulan yaitu dapat melindungi bahan inti dari perubahan destruktif dalam masa penyimpanan yang lama, berkadar air rendah, mudah digunakan dalam pengolahan lanjutan dan

menghasilkan produk dengan kualitas yang berstandarisasi (Koswara, 1995). Enkapsulasi ekstrak pewarna bunga kenikir menggunakan enkapsulan gum arab dengan emulsifier Tween 80 menghasilkan enkapsulat ekstrak pewarna bunga kenikir dengan efisiensi rendah yaitu antara 31,41–47,16% (Wartini dan Putra, 2019). Rendahnya efisiensi enkapsulasi kemungkinan dalam pembentukan emulsi antara enkapsulan dengan ekstrak tidak terbentuk dengan baik. Hal ini dapat ditunjukkan dengan tingkat kemampuan penyalut dalam melindungi bahan intinya. Kombinasi Tween 80 dan Span 80 yang tepat dapat menghasilkan emulsi yang stabil sehingga menghasilkan efisiensi enkapsulasi yang tinggi.

Oleh karena itu perlu dicari campuran emulsifier yang lebih sesuai, yang mempunyai HLB 8–13 dengan menggunakan Tween 80 dan Span 80. Kombinasi dua atau lebih emulsifier pada suatu sistem emulsi akan menghasilkan nilai HLB yang berbeda dari HLB masing-masing emulsifier yang digunakan (Uniqema, 2004). Tween 80 mempunyai nilai HLB 15 dan Span 80 mempunyai nilai HLB 4,3. Tween 80 termasuk dalam jenis surfaktan nonionik yang berasal dari sorbitan polioksilat dan asam oleat. Gugus hidrofiliknya adalah polieter yang disebut juga gugus polioksietilen (polimer dari etilen oksida), sedangkan Span 80 adalah surfaktan nonionik dengan bahan penyusun sorbitol terester sebagian dengan mono dan dianhidrida asam oleat (Harahap, 2012). Bila Tween 80 dicampur dengan Span 80 dalam komposisi yang sesuai dan dalam pembuatannya fase minyak didispersikan ke dalam air maka Tween 80 dan Span 80 akan tersusun secara berselang-seling pada antarmuka fase minyak dan fase air sehingga menghasilkan sifat emulgator yang baik.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kombinasi Tween 80 dan Span 80 terhadap karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna bunga kenikir dan menentukan kombinasi Tween 80 dan Span 80 terbaik untuk menghasilkan enkapsulat ekstrak pewarna bunga kenikir.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer (UV-VIS), tabung reaksi, labu ukur, pipet tetes, *beaker glass*, *magnetik stirer*, erlenmeyer, gelas ukur, timbangan analitik, *rotary evaporator vacum*, oven, inkubator, blender, pipet volume, ayakan 60 mesh, kertas Whatman No.1, cawan petri, aluminium foil, tisu, botol sampel, pisau, termometer, kertas saring kasar, spatula, kertas, dan label.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan baku dan bahan kimia. Bahan baku yang digunakan yaitu bunga kenikir (*Tagetes erecta* L.) dengan kriteria bunga mekar warna oranye terang dan diameter bunga 6-8 cm yang diperoleh dari Desa Tampaksiring, Kecamatan Tampaksiring, Kabupaten Gianyar, Bali, sedangkan bahan-bahan kimia yang digunakan yaitu aquades, asam laktat, pelarut untuk ekstraksi yaitu n-heksana yang bersifat teknis, dan bahan kimia untuk analisis yang pro analysis (pa) (E. Merck) yaitu petroleum benzena, aseton, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat dan standar β-karoten. Bahan penyalut Gum Arab, Tween 80 dan Span 80.

### Rancangan Percobaan

Penelitian ini merupakan percobaan sederhana menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan kombinasi Tween 80 (T) dengan Span 80 (S), untuk mencapai nilai HLB 8, 9, 10, 11, 12 dan 13. Perlakuannya adalah sebagai berikut: HLB 8 = T<sub>1</sub> : S<sub>1</sub> (0,17 : 0,33); HLB 9 = T<sub>2</sub> : S<sub>2</sub> (0,18 : 0,32); HLB 10 = T<sub>3</sub> : S<sub>3</sub> (0,23 : 0,27) ; HLB 11 = T<sub>4</sub> : S<sub>4</sub> (0,28 : 0,22) ; HLB 12 = T<sub>5</sub> : S<sub>5</sub> (0,32 : 0,18) ; HLB 13 = T<sub>6</sub> : S<sub>6</sub> (0,37 : 0,13). Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam dan apabila ada pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati, maka dilanjutkan dengan Tukey.

Pembuatan campuran surfaktan dari Tween 80 dan Span 80 dengan HLB 8-13 dilakukan dengan rumus:

$$X = \frac{f1 \cdot x1 + f2 \cdot x2}{f1 + f2}$$

Keterangan: X = HLB yang digunakan

f 1 = Berat Tween 80

f 2 = Berat Span 80

x1 = HLB Tween 80

x2 = HLB Span 80

## Pelaksanaan Penelitian

### Pembuatan bubuk bunga kenikir

Mahkota bunga kenikir marigold (*Tagetes erecta* L.) disortasi dan dipisahkan dari dasar bunganya. Mahkota bunga direndam terlebih dahulu menggunakan larutan asam laktat selama 90 menit yang bertujuan untuk menginaktivkan enzim yang ada di dalam bunga kenikir, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $50 \pm 5$  °C sampai mudah dihancurkan (kadar air  $\pm 12\%$ ) kemudian dihancurkan dan diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh. Bubuk bunga kenikir yang diperoleh siap untuk diekstraksi (Putra *et al.*, 2019).

### Pembuatan ekstrak bunga kenikir

Pembuatan ekstrak bunga kenikir dilakukan dengan menggunakan metode maserasi. Sampel sebanyak 50 g ditambahkan n-heksana sebanyak 250 ml dengan perbandingan bahan dengan pelarut 1:5 b/v. Campuran serbuk dan pelarut dimaserasi dalam labu erlenmeyer pada suhu  $45 \pm 2$  °C dan lama maserasi 36 jam, kemudian ditutup rapat dengan aluminium foil. Selama ekstraksi larutan digojog setiap 12 jam sekali selama  $\pm 1$  menit secara manual, sehingga diperoleh ekstrak bercampur pelarut. Larutan kemudian disaring menggunakan kertas saring kasar dan menghasilkan filtrat I dan residu yang berupa ampas. Residu dibilas dengan pelarut n-heksana sebanyak 50 mL dan disaring dengan kertas saring kasar sehingga menghasilkan filtrat II. Filtrat I dan II yang diperoleh dicampur, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman No.1. Filtrat yang diperoleh kemudian dievaporasi menggunakan *rotary evaporator vacuum* pada suhu 40 °C dengan tekanan 100 mbar hingga pelarut habis menguap dan diperoleh ekstrak kental. Ekstrak kental tersebut ditimbang dan siap digunakan untuk enkapsulasi (Aristyanti *et al.*, 2017).

### Pembuatan enkapsulat ekstrak bunga kenikir

Dibuat larutan gum arab konsentrasi 10% sebanyak 50 mL, dengan cara menimbang 5 g gum arab dan dilarutkan dengan aquades sampai volumenya 50 mL. Disiapkan emulsifier sesuai dengan perlakuan HLB. Emulsifier yang sudah disiapkan sesuai dengan perlakuan kemudian ditambahkan ekstrak bunga kenikir sebanyak 0,5g (1% b/v), selanjutnya diaduk menggunakan spatula hingga sedikit larut, kemudian ditambahkan larutan gum arab 50 mL, selanjutnya dihomogenisasi selama 30 menit menggunakan *magnetik stirer*. Setelah dihomogenasi, larutan enkapsulan dituang ke dalam cawan petri dengan ketebalan 3 mm. Larutan enkapsulan kemudian dikeringkan pada suhu  $50 \pm 5$  °C sampai kering yang ditandai dengan mudah dilepaskan dari cawan petri  $\pm 48$  jam. Enkapsulat yang diperoleh kemudian dihancurkan menggunakan mortar selama 10 menit dan diayak menggunakan ayakan ukuran 40 mesh (Yogaswara *et al.*, 2017) yang dimodifikasi.

## Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah rendemen menggunakan metode maserasi (Sudarmadji *et al.*, 1997), kadar air menggunakan metode termogravimetri (Sudarmadji *et al.*, 1997),

kelarutan (AOAC, 1984), total karotenoid menggunakan metode spektrofotometri (Muchtadi *et al.*, 1989), karotenoid permukaan menggunakan metode spektrofotometri (Hidayat, 2015), efisiensi enkapsulasi (Rosanita, 2014), dan intensitas warna menggunakan model RGB (*Red, Green, Blue*) (Weaver, 1996).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rendemen

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap rendemen enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata rendemen enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Rendemen (%)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	84,55 ± 0,06 <sup>c</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	84,81 ± 0,01 <sup>c</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	84,95 ± 0,03 <sup>c</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	85,84 ± 0,01 <sup>b</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	86,23 ± 0,30 <sup>b</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	88,01 ± 0,55 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata rendemen pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 84,55% - 88,01%. Perlakuan HLB 8 memiliki rendemen terendah yang tidak berbeda dengan perlakuan HLB 9 dan HLB 10 sedangkan perlakuan HLB 13 memiliki rendemen tertinggi. Hal ini disebabkan oleh Tween 80 dan Span 80 dapat mengemulsi senyawa bioaktif yang terlarut pada ekstrak bunga kenikir, dimana senyawa bioaktif bunga kenikir umumnya bersifat non polar (Cahyana *et al.*, 2021). Indirasvari *et al.* (2018) menyatakan bahwa surfaktan dengan HLB 13 tetap stabil pada senyawa non polar. Jumlah rendemen yang diperoleh juga berhubungan dengan kadar air enkapsulat, dimana kadar air bahan yang tinggi menyebabkan rendemen yang diperoleh rendah akibat terjadi penguapan pada saat proses pemanasan. Surfaktan memiliki nilai HLB yang berbeda sesuai dengan struktur kimianya. Tween 80 mempunyai rasio kelompok hidrofilik lebih besar dibandingkan kelompok liofilik, sedangkan Span 80 mempunyai rasio kelompok liofilik lebih besar dibandingkan kelompok hidrofilik. Span 80 (HLB = 4,3) bersifat hidrofobik kemungkinan berada dibagian dalam yang terdiri dari sorbitol terester sebagian dengan mono dan dianhidrida asam oleat, sedangkan Tween 80 (HLB = 15) kemungkinan berada dibagian luar yang terdiri dari sorbitan polioksilat dan asam oleat. Gugus hidrofiliknya adalah polieter yang disebut juga gugus polioksietilen (polimer dari etilen oksida) (Indirasvari *et al.*, 2018).

### Kadar Air

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kadar air enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata kadar air enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Kadar Air (% bb)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	5,73 ± 0,06 <sup>a</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	5,60 ± 0,03 <sup>b</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	5,53 ± 0,01 <sup>b</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	5,37 ± 0,02 <sup>c</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	5,26 ± 0,02 <sup>d</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	5,12 ± 0,02 <sup>e</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata kadar air pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 5,12% - 5,73%. Perlakuan HLB 13 memiliki kadar air terendah dan perlakuan HLB 8 memiliki kadar air tertinggi. Semakin tinggi konsentrasi Tween 80 dan semakin rendah Span 80 yang digunakan maka kadar air enkapsulat semakin rendah. Hal ini disebabkan Tween 80 merupakan *emulsifying agent* yang mempunyai gugus hidrofilik yang diberikan oleh gugus hidroksil bebas oksietilena. Gugus hidroksil dalam enkapsulat akan mengikat air dan membentuk ikatan hidrogen sehingga pada saat pemanasan, air yang membentuk ikatan hidrogen akan sukar menguap dan air yang bebas (tidak terikat) akan menguap sebanyak-banyaknya. Tween 80 juga memiliki angka HLB yang tinggi, dimana molekul dengan angka HLB tinggi (HLB = 15) mempunyai rasio kelompok hidrofilik lebih besar dibandingkan kelompok lipofilik, sehingga saat proses pemanasan berlangsung terjadi proses penguapan air yang menyebabkan kadar air enkapsulat menurun (Permana dan Suhendra, 2015).

### Kelarutan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kelarutan enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Kelarutan (% bb)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	68,67 ± 0,16 <sup>b</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	65,37 ± 1,03 <sup>d</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	71,68 ± 0,13 <sup>a</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	70,35 ± 0,18 <sup>a</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	67,09 ± 0,26 <sup>c</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	70,72 ± 0,26 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata kelarutan pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 65,37 – 71,68%. Perlakuan HLB 9 memiliki kelarutan terendah dan perlakuan HLB 10 memiliki kelarutan tertinggi yang tidak berbeda dengan perlakuan HLB 11 dan HLB 13. Hal ini disebabkan karena HLB 10 (campuran Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g) menghasilkan emulsi yang stabil. Kombinasi tersebut efektif dalam menurunkan tegangan permukaan dan menaikkan laju kelarutan produk. Kemampuan dalam menurunkan tegangan permukaan disebabkan oleh Tween 80 memiliki gugus hidrofilik (polar) dan hidrofobik (non-polar) (Cahyana *et al.*, 2021). Hal ini juga didukung oleh penelitian Syaputri dan Patricia (2019) yang menyatakan bahwa Tween 80 merupakan *emulsifying agent* larut air dan Span 80 adalah *emulsifying agent* nonionik yang gugus lipofilnya lebih dominan sehingga kombinasi kedua surfaktan tersebut mampu mempengaruhi kelarutan produk.

### Total karotenoid

Karotenoid merupakan rantai polyene panjang yang memiliki 35-40 atom karbon, rantai polyene tersebut bertanggung jawab sebagai antioksidan. Karotenoid ini memberikan warna kuning, jingga hingga merah pada bahan pangan. Karotenoid memiliki beberapa jenis diantaranya  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, astasantin, likopen, lutein, zeasantin,  $\beta$ -criptosantin, dan fukosantin (Maleta *et al.*, 2018). Sebagian besar karotenoid termasuk larut dalam lemak (Sefrina *et al.*, 2017).

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap total karotenoid enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata total karotenoid enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4. Nilai rata-rata total karotenoid enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Total Karotenoid (mg/100g)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	248,62 $\pm$ 11,54 <sup>a</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	146,38 $\pm$ 11,67 <sup>bc</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	159,47 $\pm$ 6,51 <sup>b</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	121,84 $\pm$ 7,49 <sup>cd</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	112,16 $\pm$ 2,11 <sup>d</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	73,17 $\pm$ 2,31 <sup>e</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 4 menunjukkan nilai rata-rata total karotenoid pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 73,17 - 248,62 mg/100g. Perlakuan HLB 13 memiliki total karotenoid terendah dan perlakuan HLB 8 memiliki total karotenoid tertinggi. Semakin rendah konsentrasi Tween 80 dan semakin tinggi Span 80 yang digunakan maka total karotenoid enkapsulat semakin tinggi. Hal ini disebabkan Span 80 (HLB = 4,3) bersifat hidrofobik, sehingga kemampuannya dalam mengikat senyawa non polar seperti karotenoid tinggi, sedangkan Tween 80 (HLB = 15) bersifat hidrofilik, sehingga lebih banyak menarik air dan akan terjadi penguapan pada saat proses pemanasan berlangsung. Komponen karotenoid pada bahan sangat sensitif terhadap panas, sehingga komponennya mudah rusak saat proses pengeringan berlangsung. Struktur karotenoid terdiri dari sebuah sistem ikatan rangkap terkonjugasi yang rentan terhadap panas (Susanti dan Putri, 2014). Perlakuan HLB 8 menjadikan mikroemulsi yang terbentuk mempunyai stabilitas tinggi terhadap pemanasan, sehingga total karotenoid yang terenkapsulasi tinggi.

### Karotenoid Permukaan

Karotenoid permukaan merupakan karotenoid yang berada di luar kapsul. Kadar karotenoid permukaan menunjukkan banyaknya senyawa karotenoid yang tidak terkapsulkan (Antares *et al.*, 2017). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap karotenoid permukaan enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata karotenoid permukaan enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan nilai rata-rata karotenoid permukaan pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 1,26 – 2,32 mg/100g. Perlakuan HLB 10 memiliki karotenoid permukaan terendah dan HLB 13 memiliki karotenoid permukaan tertinggi. Hal ini disebabkan HLB 10 (campuran Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g) menghasilkan emulsi yang stabil. Kombinasi tersebut efektif dalam menurunkan tegangan permukaan, hal ini disebabkan karena Tween 80 merupakan *emulsifying agent* larut air dan Span 80 adalah *emulsifying agent* nonionik yang gugus lipofilnya lebih dominan sehingga kombinasi kedua surfaktan tersebut mampu meningkatkan kestabilan emulsi, sehingga

memiliki karotenoid permukaan yang rendah. Kadar karotenoid permukaan menunjukkan banyaknya senyawa karotenoid yang tidak terkapsulkan. Hal ini juga didukung oleh penelitian Suardana *et al.* (2020) bahwa Span 80 merupakan surfaktan non polar yang dapat mengikat minyak, sedangkan Tween 80 merupakan surfaktan yang dapat mengikat senyawa polar, sehingga semakin tinggi penambahan Span 80 maka semakin tinggi kemampuannya dalam mengikat senyawa non polar.

Tabel 5. Nilai rata-rata karotenoid permukaan enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Karotenoid Permukaan (mg/100g)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	1,66 ± 0,05 <sup>c</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	1,95 ± 0,02 <sup>bc</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	1,26 ± 0,15 <sup>d</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	2,05 ± 0,06 <sup>ab</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	2,11 ± 0,15 <sup>ab</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	2,32 ± 0,05 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

### Efisiensi Enkapsulasi

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap efisiensi enkapsulasi enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Efisiensi Enkapsulasi (%)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	99,9934 ± 0,0005 <sup>a</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	99,9869 ± 0,0009 <sup>b</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	99,9926 ± 0,0007 <sup>a</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	99,9842 ± 0,0013 <sup>bc</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	99,9825 ± 0,0010 <sup>c</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	99,9718 ± 0,0011 <sup>d</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 6 menunjukkan nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 99,97% - 99,99%. Efisiensi enkapsulasi stabil pada 99,99%, namun pada perlakuan HLB 11 mulai terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi Tween 80 berada di atas CMC (*critical micell concentration*). Saat konsentrasi surfaktan dibawah CMC, surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan karena misel belum terbentuk, sehingga kestabilan internal tetesan menjadi lebih baik dan dapat mempercepat sistem dispersi mikrokapsul (Trisnawati dan Cahyaningrum, 2014).

Perhitungan efisiensi enkapsulasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan proses enkapsulasi. Efisiensi enkapsulasi menunjukkan persentase senyawa aktif yang berhasil dilindungi di dalam kapsul. Semakin tinggi efisiensi enkapsulasi maka semakin baik kemampuan penyalut dalam melindungi bahan intinya (Hasrini *et al.*, 2017). Efisiensi enkapsulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu sifat material inti dan bahan enkapsulan.



## Intensitas Warna

### Nilai L\* (Kecerahan)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai L\* (kecerahan) enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata kecerahan enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan nilai rata-rata kecerahan pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 41,25 – 44,55. Notasi L\* menyatakan parameter kecerahan (*lightness*), dengan nilai L\* 0 berarti hitam dan 100 berarti putih. Nilai L\* menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu, dan hitam (Andarwulan *et al.*, 2011). Pelakuan HLB 11 (kombinasi Tween 80 0,28 g dan Span 80 0,22 g) memiliki kecerahan terendah dan HLB 13 (kombinasi tween 80 0,37 g dan Span 80 0,13 g) memiliki kecerahan tertinggi. Hal ini disebabkan oleh penambahan Tween 80 dan Span 80 dapat menjaga kestabilan warna ekstrak bunga kenikir selama proses enkapsulasi (Cahyana *et al.*, 2021). Hal ini juga sejalan dengan penelitian Azari (2020) yang menyatakan bahwa penambahan Tween 80 dapat meningkatkan intensitas kecerahan warna enkapsulat. Hal ini terjadi karena penambahan Tween 80 dapat membuat proses pengeringan lebih cepat, sehingga mampu mencegah terjadi pencoklatan (*browning*), sedangkan Span 80 merupakan surfaktan non polar yang dapat mengikat senyawa non polar seperti karotenoid yang berkontribusi terhadap warna bunga kenikir, sehingga tetap stabil pada saat pemanasan berlangsung. Pendapat lain dikemukakan oleh Indirasvari *et al.* (2018) bahwa HLB 13 membuat mikroemulsi tetap stabil, hal ini disebabkan selain memiliki gugus polar dan non-polar dalam molekulnya, surfaktan juga memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan. Tegangan permukaan yang rendah mikroemulsi yang dihasilkan akan lebih stabil.

Tabel 7. Nilai rata-rata kecerahan enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Nilai L* (Kecerahan)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	43,19 ± 0,13 <sup>b</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	43,18 ± 0,08 <sup>b</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	43,55 ± 0,21 <sup>b</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	41,25 ± 0,29 <sup>c</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	43,56 ± 0,09 <sup>b</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	44,55 ± 0,16 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

### Nilai a\* (Kemerahan)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai a\* (kemerahan) enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata kemerahan enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai rata-rata kemerahan enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Nilai a* (Kemerahan)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	19,77 ± 0,14 <sup>c</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	20,56 ± 0,19 <sup>b</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	19,76 ± 0,10 <sup>c</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	21,52 ± 0,18 <sup>a</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	21,55 ± 0,17 <sup>a</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	21,71 ± 0,18 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 8 menunjukkan nilai rata-rata kemerahan pada semua taraf perlakuan berada pada rentang

19,76 – 21,71. Notasi a\* menyatakan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai +a\* (positif) dari 0 sampai +100 untuk warna merah dan nilai -a\* (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau (Andarwulan *et al.*, 2011). Pelakuan HLB 10 (kombinasi Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g) memiliki kemerahan terendah dan HLB 13 (kombinasi Tween 80 0,37 g dan Span 80 0,13 g) memiliki kemerahan tertinggi. Hal ini disebabkan karena Tween 80 dan Span 80 merupakan emulsifier yang dapat mengemulsi senyawa hidrofobik, salah satunya yaitu  $\beta$ -carotene yang memberikan warna merah dan kuning (Cahyana *et al.*, 2021).

Nilai b\* (Kekuningan)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap nilai b\* (kekuningan) enkapsulat bunga kenikir. Nilai rata-rata kekuningan enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai rata-rata kekuningan enkapsulat ekstrak bunga kenikir pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Nilai b* (Kekuningan)
HLB 8 T1:S1 (0,17:0,33)	29,79 ± 0,08 <sup>b</sup>
HLB 9 T2S2 (0,18:0,32)	30,40 ± 0,20 <sup>a</sup>
HLB 10 T3S3 (0,23:0,27)	30,61 ± 0,08 <sup>a</sup>
HLB 11 T4S4 (0,28:0,22)	29,81 ± 0,10 <sup>b</sup>
HLB 12 T5S5 (0,32:0,18)	30,37 ± 0,13 <sup>a</sup>
HLB 13 T6S6 (0,37:0,13)	30,73 ± 0,29 <sup>a</sup>

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf kesalahan 5%. Data merupakan rata-rata dari tiga kelompok pada masing-masing perlakuan.

Tabel 9 menunjukkan nilai rata-rata kekuningan pada semua taraf perlakuan berada pada rentang 29,79 – 30,73. Notasi b\* menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai +b\* (positif) dari 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai -b\* (negatif) dari 0 sampai -70 untuk warna biru (Andarwulan *et al.*, 2011). Pelakuan HLB 8 (kombinasi Tween 80 0,17 g dan Span 80 0,33 g) memiliki kekuningan terendah dan HLB 13 (kombinasi Tween 80 0,37 g dan Span 80 0,13 g) memiliki kekuningan tertinggi. Hal ini disebabkan karena Tween 80 dan Span 80 merupakan emulsifier yang dapat mengemulsi senyawa hidrofobik, salah satunya yaitu  $\beta$ -carotene yang memberikan warna merah dan kuning (Cahyana *et al.*, 2021).

### Indeks Efektivitas

Penentuan perlakuan terbaik dilakukan berdasarkan metode uji indeks efektivitas (Garmo *et al.*, 1984). Masing-masing variabel ditentukan bobotnya (BV) terlebih dahulu sesuai kontribusinya yang diberikan skor antara 0-1. Bobot variabel yang diperoleh dari hasil kuisisioner yang diurutkan menurut prioritas dan kontribusi terhadap hasil produk oleh para ahli dari variabel rendemen, kadar air, kelarutan, total karotenoid, karotenoid permukaan, efisiensi enkapsulasi, nilai L\* (kecerahan), nilai a\* (kemerahan), dan nilai b\* (kekuningan).

Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa perlakuan terbaik yang dapat menghasilkan enkapsulat ekstrak bunga kenikir adalah HLB 10 (kombinasi Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g) dengan nilai hasil sebesar 0,64. Berdasarkan hasil uji indeks efektivitas, maka alternatif perlakuan terbaik untuk menghasilkan enkapsulat ekstrak bunga kenikir dengan kombinasi Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g menghasilkan rendemen 84,95%, kadar air 5,53%, kelarutan 71,68%, total karotenoid 159,47%, karotenoid permukaan 1,26%, efisiensi enkapsulasi 99,99%, nilai L\* (kecerahan) 43,55, nilai a\* (kemerahan) 19,76, dan nilai b\* (kekuningan) 30,61. Hasil uji indeks efektivitas enkapsulat ekstrak bunga kenikir dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji indeks efektivitas enkapsulat ekstrak bunga kenikir

Perlakuan	Variabel									
	Rendemen	Kadar air	Kelarutan	Total karotenoid	Efisiensi enkapsulasi	Karotenoid permukaan	Nilai L* (Kecerahan)	Nilai a* (Kemerahan)	Nilai b* (Kekuningan)	Jumlah
(B V)	0,63	0,55	0,85	0,90	1,00	0,60	0,45	0,48	0,45	5,91
(B N)	0,11	0,09	0,14	0,15	0,17	0,10	0,08	0,08	0,08	1,00
HLB 8	Ne	0,00	0,00	0,17	1,00	1,00	0,62	0,59	0,01	0,00
	Nh	0,00	0,00	0,02	0,15	0,17	0,06	0,05	0,00	0,00
HLB 9	Ne	0,07	0,21	0,00	0,42	0,70	0,35	0,58	0,41	1,09
	Nh	0,01	0,02	0,00	0,06	0,12	0,04	0,05	0,03	0,09
HLB 10	Ne	0,11	0,32	1,00	0,49	0,96	1,00	0,70	0,00	0,87
	Nh	0,01	0,03	0,14	0,07	0,16	0,10	0,06	0,00	0,07
HLB 11	Ne	0,37	0,60	0,79	0,28	0,57	0,26	0,00	0,90	0,02
	Nh	0,04	0,05	0,11	0,04	0,10	0,03	0,00	0,07	0,00
HLB 12	Ne	0,49	0,78	0,27	0,22	0,50	0,21	0,70	0,92	0,62
	Nh	0,05	0,07	0,04	0,03	0,08	0,02	0,06	0,07	0,05
HLB 13	Ne	1,00	1,00	0,85	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
	Nh	0,11	0,09	0,12	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,08

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

1. Kombinasi Tween 80 dan Span 80 sebagai emulsifier menggunakan gum arab berpengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air, kelarutan, total karotenoid, karotenoid permukaan, efisiensi enkapsulasi, nilai L\* (kecerahan), nilai a\* (kemerahan), dan nilai b\* (kekuningan).
2. HLB 10 kombinasi Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g menghasilkan rendemen 84,95%, kadar air 5,53%, kelarutan 71,68%, total karotenoid 159,47%, karotenoid permukaan 1,26%, efisiensi enkapsulasi 99,99%, nilai L\* (kecerahan) 43,55, nilai a\* (kemerahan) 19,76, dan nilai b\* (kekuningan) 30,61.

### Saran

1. Pembuatan kapsul ekstrak bunga kenikir sebaiknya menggunakan HLB 10 kombinasi Tween 80 0,23 g dan Span 80 0,27 g.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap masa simpan kapsul ekstrak bunga kenikir.

## DAFTAR PUSTAKA

Andarwulan, N., & Faradilla, R. H. F. (2011). *Pewarna Alami Untuk Pangan South East Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Antares, A., Wartini, N. M., & Wrasati, L. P. (2017). Karakteristik kapsul ekstrak pewarna buah pandan (*Pandanus tectorius*) menggunakan penyalut maltodekstrin dan karaginan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 2(2), 220-226.
- AOAC. (1984). *Official Methods of Analysis (15th Ed.)*. K. Helrich (Ed.). Virginia.
- Arini, N., Respatie, D. W., & Waluyo, S. (2015). Pengaruh takaran SP36 terhadap pertumbuhan, hasil dan kadar karoten bunga *cosmos sulphureus* cav. dan *Tagetes erecta* L. di dataran rendah. *Vegetalika*, 4(1), 1-14.
- Arini, N., Respatie D.W., & Waluyo. S. (2015). Pengaruh takaran SP36 terhadap pertumbuhan, hasil dan kadar karoten bunga *cosmos sulphureus* cav. dan *Tagetes erecta* L. di dataran rendah. *Vegetalika*, 4(1):1-4.
- Aristyanti, N. P. P., Wartini, N. M., & Gunam, I. B. W. (2017). Rendemen dan karakteristik ekstrak pewarna bunga kenikir (*Tagetes erecta* L.) pada perlakuan jenis pelarut dan lama ekstraksi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 13-23.
- Azari. L. L. (2020). *Optimalisasi konsentrasi maltodekstrin, tween 80 dan waktu pengadukan terhadap karakteristik fisikokimia enkapsulat oleoresin biji pala (Myrica Fragrans) dengan metode foam drying* [Unpublished M.Sc. thesis], Universitas Katolik Soegijapranata.
- Bansode, S. S., Banarjee, S. K., Gaikwad, S. L., Jadhav, R., & Thorat, R. M. (2010). Microencapsulation. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 1, 38-41.
- Cahyana, E. D., Wrasati, L. P., & Suhendra, L. (2021). Karakteristik enkapsulat teh instan daun kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.) pada perlakuan penambahan emulsifier tween 80. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 130-140.
- Garmo, E. P. D., Sullivan, W. G., & Canada, J. R. (1984). *Engineering Economy*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Harahap, I. P. (2012). *Penggunaan surfaktan tween 80, polivinil alkohol, dan dietanolamida sebagai bahan aditif dalam pembuatan aspal emulsi* [Unpublished M.Sc. thesis], Universitas Sumatera Utara.
- 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.
- Hidayat, T. (2015). *Kitosan-pektin menggunakan metode gelasi ionik* [Unpublished BA Sc. Thesis], Institut Pertanian Bogor.
- Huang, X., Gao, Y., Zhi, X., Tan, N., Jiang, H., & Zheng, J. (2016). Association between vitamin A, retinol and carotenoid intake and pancreatic cancer risk: Svidence from epidemiologic studies. *Scientific Reports*, 12(6), 1-12.
- Indirasvari, N., Permana, I. D. G., & Suter, I. K. (2018). Stabilitas mikroemulsi VCO dalam air pada variasi HLB dari tiga surfaktan selama penyimpanan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 7(4), 184-191.
- Irwanto, R., Adawiyah, R. A., & Zakaria, F. R. (2016). Peran fisiologis sari kedelai hitam diperkaya mikroen-kapsulan minyak sawit mentah pada penderita diabetes melitus tipe-2. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 27(1), 1-9.
- Koswara, S. (1995). *Jahe dan Hasil Olahannya*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Maleta, H. S., Indrawati, R., Limantara, L., & Brotosudarmo, T. H. (2018). Ragam metode ekstraksi karotenoid dari sumber tumbuhan dalam dekade terakhir (telaah literatur). *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 13(1), 40-50.

- Muchtadi, D., Palupi, N. S., & Astawan, M. (1992). *Metode Kimia Biokimia dalam Evaluasi Nilai Gizi Pangan Olahan*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi.
- Permana, I. D. G., & Suhendra, L. (2015). Optimasi konsentrasi VCO dalam mikroemulsi o/w dengan tiga surfaktan sebagai pembawa senyawa bioaktif. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 2(2), 106-114.
- Putra, M. W. N., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2019). Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman bahan dengan asam laktat sebelum pengeringan terhadap karakteristik bubuk bunga kenikir (*Tagetes erecta* L.). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(1), 90-97.
- Sefrina, L. S., Briawan, D., Sinaga, T., & Parmaesih, D. (2017). Estimasi asupan karotenoid pada usia dewasa di Indonesia. *Jurnal Gizi Pangan*, 12(1), 1-8.
- Rosanita, E. N. (2014). *Mikroenkapsulasi  $\beta$ -karoten spirulina patensis dengan enkapsulan maltodekstrin dan konsentrat protein whey* [Unpublished BA Sc. Thesis], Universitas Gadjah Mada.
- Suardana, I. M., Suhendra, L., & Wrasati, L. P. (2020). Pengaruh variasi nilai hydrophilic-lipophilic balance dan suhu terhadap karakteristik sediaan krim. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 8(2), 189-199.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1997). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Susanti, Y. I., & Putri, W. D. R. (2014). Pembuatan minuman serbuk markisa merah (*Passiflora edulis f. edulis* Sims.) (kajian konsentrasi tween 80 dan suhu pengeringan). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3), 170-179.
- Syaputri, F. N., & Patricia, V. M. (2019). Formulation and physical characterization of onion (*Allium ascalonicum* L.) bulb extract in cream using tween 80 and span 60 as the emulgator. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 2(2), 115-120.
- Tang, G. (2010). Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1468-1473.
- Trisnawati, A. R., & Cahyaningrum, S. E. (2014). Enkapsulasi pirazinamid menggunakan alginat-kitosan dengan variasi konsentrasi penambahan surfaktan tween 80. *UNESA Journal of Chemistry*, 3(3), 27-33.
- Uniqema. (2012). The HLB systems, a time saving guide to surfactant selection. Presentation to the Midwest chapter of the Society of Cosmetic Chemists. *International Journal of Cosmetic Science*, 28, 169-173.
- Wartini, N., & Putra, G. P. G. (2019). Enkapsulasi ekstrak pewarna bunga kenikir menggunakan enkapsulan gum arab dengan emulsifier tween 80. *Laporan Penelitian*, Universitas Udayana, Bali.
- Weaver, C. (1996). *The Food Chemistry Laboratory*. Tokyo: CRC Press.
- Winarno. (2000). *Pangan Gizi Teknologi Konsumen*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yogaswara, I. B., Wartini, N. M., & Wrasati, L. P. (2017). Karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna buah pandan (*Pandanus tectorius*) pada perlakuan enkapsulan gelatin dan maltodekstrin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(4), 31-40.