



**Prodi Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Udayana**

ISSN : 2503 – 488 X

**JURNAL
REKAYASA DAN MANAJEMEN
AGROINDUSTRI**

Volume 10 No 3 Tahun 2022



Penerbit:

Prodi Teknologi Industri Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Udayana

SUSUNAN DEWAN REDAKSI
JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI

Pelindung : Prof.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya,M.App.Sc.,Ph.D.

Penanggung jawab : Dr. I Wayan Arnata, S.TP., M.Si.

Pemimpin Redaksi : Dr. I Gusti Ayu Lani Triani, S.TP., M.Si.

Penelaah :

- 1 Nyoman Semadi Antara (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 2 G.P. Ganda Putra (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 3 I Ketut Satriawan (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 4 Bambang Admadi H. (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 5 I B. W. Gunam (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 6 Ni Made Wartini (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- A. A. P. Agung Suryawan Wiranatha (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 7 Amna Hartiati (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 8 Lutfi Suhendra (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 9 Luh Putu Wrasiasi (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 10 A.A.M. Dewi Anggreni (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 11 I Gusti Ayu Lani Triani (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 12 I Wayan Arnata (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 13 I Wayan Gede Sedana Yoga (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 14 Ni Putu Suwariani (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
- 15 I Made Mahaputra Wijaya (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University,

- Indonesia)
- 16 Dewa Ayu Anom Yuarini (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
 - 17 Cokorda Anom Bayu Sadyasmara (PS Teknologi Industri Pertanian, Udayana University, Indonesia)
 - 18 Sri Hidayati (PS Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia)
 - 19 Dewi Sartika (PS Agribisnis, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia)
 - 20 Tanto P Utomo (PS Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia)
 - 21 Rita Khairina (PS Pengolahan Hasil Perikanan, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia)
 - 22 Abu Amar (PS Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Teknologi Indonesia, Indonesia)
 - 23 Sony Suwasono (PS Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember, Indonesia)
 - 24 Tufik Djatna (PS Teknik Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia)
 - 25 Efri Mardawati (PS Teknologi Industri Pertanian , Universitas Padjadjaran, Indonesia)
 - 26 Suprihatin (PS Teknik Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia)
 - 27 Erryana Martati (PS Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Brawijaya, Indonesia)
 - 28 I Gede Pasek Mangku (PS Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Warmadewa, Indonesia)
 - 29 I Wayan Nampa (Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Cendana, Indonesia)
 - 30 Iffan Maflahah (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Trunojoyo, Indonesia)
 - 31 Narsih (Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri, Pontianak, Indonesia)
 - 32 Indrastuti Erning (Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri, Pontianak, Indonesia)

REDAKSI JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI

Alamat :

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Gedung GA,

Kampus Bukit Jimbaran, Badung Bali

Telp/Fax 0361 701801

Email : jrma@unud.ac.id

Website: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jtip>

Contact Person

Dr. I Gusti Ayu Lani Triani, S.TP., M.Si.

HP: +628124698714

Email: lanitriani@unud.ac.id

Komang Giri Govardhana Sutha

HP: +628998786474

Email: girigovardhana21@gmail.com

JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN AGROINDUSTRI

Daftar Isi

Vol. 10 No. 3 September 2022

ISSN : 2503-488X

1. Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Waktu Proses Bleaching Terhadap Karakteristik Selulosa Serat Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.)237-247
I G. A. A. Utami Andari, I W. Arnata, A. A. M. Dewi Anggreni*
2. Solasi Selulosa Dari Serat Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Pada Variasi Suhu dan Waktu Proses Bleaching Dengan Asam Perasetat248-258
Manika Santhi, I W. Arnata, L. P. Wrasianti*
3. Pengaruh Rasio Gula Aren dan Kulit Buah Nanas Terhadap Karakteristik Eko-Enzim Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus*)259-266
I.B. Wiryasuta Yudiantara, L. P. Wrasianti, I W. Arnata*
4. Evaluasi Suhu Awal Penyeduhan Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Teh Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.) Produksi Pt. Karsa Abadi (Made Tea)...267-278
I. A. Gede Satwika Candra Praba Sari, L. P. Wrasianti, I W. Arnata*
5. Analisis Faktor-Faktor Bauran Pemasaran yang Menentukan Keputusan Konsumen Dalam Memilih Minimarket Untuk Berbelanja di Desa Ungasan.....279-290
I Made Ari K. Jagatkirana, Cokorda Anom B. Sadyasmara, I Wayan Arnata*
6. Model Dinamik Pengelolaan Limbah Minyak Goreng Bekas di Kota Denpasar291-301
Deria Wahyuni, I. K. Satriawan, C. A. Bayu Sadyasmara*
7. Karakteristik Karboksimetil Selulosa Dari Onggok Singkong Pada Variasi Konsentrasi Natrium Hidroksida dan Asam Trikloroasetat302-311
N.P. Mega Triasswari, I W. Arnata, I.W.G. Sedana Yoga*
8. Pengaruh Perbandingan Maltodekstrin-Karagenan dan Konsentrasi Enkapsulan Terhadap Karakteristik Enkapsulat Ekstrak Pewarna Daun Singkon.....312-323
M. A. Dhava Vagisvari G. P., N. M. Wartini, I. W. Arnata*
9. Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Lada Bubuk Towutiqu (Studi Kasus: UKM Amanagappa)324-331
*S.W. Nengsi, Syafiuddin, Dewi Sartika**

10. Karakteristik Teh Hitam La Vie En Rose Produksi PT. Bali Cahaya Amerta Pada Perlakuan Suhu Penyeduhan dan Takaran Saji.....332-341
Riza Febriyani Ni Made, L. P. Wrasianti , I. G. A. Lani Triani*

11. Analisis Pucuk Teh Layak Olah (Aplo) Pada Bahan Baku Teh Hitam Orthodox Dengan Metode Pemetikan Mekanis di PT. Perkebunan Nusantara VIII Kebun Kertamanah Kab. Bandung, Provinsi Jawa Barat342-351
*An-Nisa Imannianty, Titisari Juwitaningtyas**

12. Analisis Pengaruh Beban Kerja dan Kepuasan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan di PT. Indoroti Prima Cemerlang Cabang Bali.....352-359
N. L. M. D. Meliyanti Putri, A. A. P. A. Suryawan Wiranatha , I. G. A. Lani Triani*

13. Pengaruh Penambahan Natrium Bikarbonat dan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Mutu Garam Mandi (Bath Bomb Salt)360-369
Sofi Anshori, Iffan Maflahah , Supriyanto*

14. Pengaruh Perbandingan Lemak Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan VCO (Virgin Coconut Oil) Serta Lama Pengadukan Terhadap Karakteristik Margarin370-377
G. A. A. Saraswati, L. P. Wrasianti , I. G. A. Lani Triani*

15. Analisis Mutu Teh Hitam Ortodoks Kualitas Rendah di PT. Perkebunan Nusantara VIII Kebun Kertamanah Bandung, Jawa Barat378-387
*Dinda Nofita Sari dan Titisari Juwitaningtyas**

**THE EFFECT OF COMPARATIVE MALTODEXTRIN-CARAGENAN AND
ENCAPSULATION CONCENTRATION ON THE CHARACTERISTICS OF CASSAVA
LEAF DYE EXTRACT**

**PENGARUH PERBANDINGAN MALTODEKSTRIN-KARAGENAN DAN
KONSENTRASI ENKAPSULAN TERHADAP KARAKTERISTIK ENKAPSULAT
EKSTRAK PEWARNA DAUN SINGKONG**

M. A. Dhava Vagisvari G. P., N. M. Wartini*, I. W. Arnata

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

Diterima 14 Juli 2022 / Disetujui 11 Agustus 2022

ABSTRACT

Cassava leaves are a by-product of cassava processing with fresh leaf production reached 10 – 40 tons/ha/year. Cassava leaves have a green pigment (chlorophyll) which can be used as a potential natural dye. This study was conducted to determine the effect of maltodextrin-carrageenan comparison and encapsulant concentration on the encapsulate characteristics of cassava leaf dye, as well as determine the best treatment to produce cassava leaf dye encapsulate. Encapsulation was carried out with the ratio of maltodextrin-carrageenan (95%:5%, 90%:10% and 85%:15%) with encapsulant concentrations (5 and 10%). The results showed that maltodextrin-carrageenan ratio and encapsulant concentration had an effect, but did not interact. Based on the test, the effectiveness index to produce the best treatment is a maltodextrin-carrageenan ratio of 90%:10% with an encapsulant concentration of 5%. With characteristics of amendment, moisture content, solubility, brightness level (L^), redness level (a^*), yellowness level (b^*), total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and encapsulation efficiency of $97.9 \pm 1.60\%$; $6,31 \pm 1.41\%$; $75.57 \pm 1.32\%$; 34.3 ± 2.01 ; 2.3 ± 0.22 ; 18.7 ± 0.84 ; 11.17 ± 0.10 ppm; 3.43 ± 0.04 ppm; 7.74 ± 0.13 ppm and $73.8 \pm 0.65\%$, respectively.*

Keywords : *cassava leaf, encapsulation, carrageenan, concentration of encapsulant, maltodextrin, natural dye.*

ABSTRAK

Daun singkong merupakan hasil samping pengolahan singkong dengan produksi daun segar mencapai 10 – 40 ton/ha/tahun. Daun singkong memiliki pigmen hijau (klorofil) yang dapat digunakan sebagai pewarna alami yang potensial. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan terhadap karakteristik enkapsulasi pewarna daun singkong, serta menentukan perlakuan terbaik untuk menghasilkan enkapsulasi pewarna daun singkong.

* Korespondensi Penulis:

Email: md_wartini@unud.ac.id

Enkapsulasi dilakukan dengan perbandingan maltodekstrin-karagenan (95%:5%, 90%:10% dan 85%:15%) dengan konsentrasi enkapsulan (5 dan 10%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan berpengaruh, tetapi tidak berinteraksi. Berdasarkan pengujian, indeks efektivitas untuk menghasilkan perlakuan terbaik adalah rasio maltodekstrin-karagenan 90%:10% dengan konsentrasi enkapsulan 5%. Dengan karakteristik perubahan, kadar air, kelarutan, tingkat kecerahan (L^*), tingkat kemerahan (a^*), tingkat kekuningan (b^*), klorofil total, klorofil a, klorofil b dan efisiensi enkapsulasi masing-masing sebesar $97,9 \pm 1,60\%$; $6,31 \pm 1,41\%$; $75,57 \pm 1,32\%$; $34,3 \pm 2,01$; $2,3 \pm 0,22$; $18,7 \pm 0,84$; $11,17 \pm 0,10$ ppm; $3,43 \pm 0,04$ ppm; $7,74 \pm 0,13$ ppm dan $73,8 \pm 0,65\%$.

Kata kunci : daun singkong, enkapsulasi, karagenan, konsentrasi enkapsulan, maltodekstrin, pewarna alami.

PENDAHULUAN

Pewarna menjadi salah satu bahan tambahan pangan yang digunakan masyarakat dengan tujuan memperbaiki tampilan produk (Ningsih, 2011). Pewarna sintetis lebih banyak disukai karena tingkat kecerahan yang dihasilkan lebih baik daripada pewarna alami meskipun digunakan dalam jumlah yang sedikit. Disamping itu, pewarna sintetis lebih stabil terhadap cahaya, pH dan oksigen serta harganya relatif murah (Rachmawati dan Ramdanawati, 2020). Namun pewarna sintetis telah terbukti memberikan dampak negatif terhadap kesehatan jangka panjang, seperti rhodamin B yang menimbulkan kanker serta gangguan pernafasan, pencernaan hingga keracunan (Widaryanto *et al.*, 2018), sehingga masyarakat kini memilih pewarna alami sebagai sumber pewarna makanan.

Salah satu sumber pewarna alami adalah klorofil yang terdapat pada beberapa tanaman potensial seperti daun pandan, suji, cincau, kubis keriting (kale) dan singkong (Rachmawati dan Ramdanawati, 2020). Daun singkong merupakan hasil samping dari pengolahan ubi kayu dengan produksi daun segar mencapai 10-40 ton/ha/tahun (Sukria dan Krisnan, 2009). Salah satu metode untuk mendapatkan ekstrak klorofil yaitu ekstraksi dengan maserasi. Prosesnya yang sederhana dan mudah sehingga banyak dipilih untuk mendapatkan ekstrak dari bahan alam. Ekstrak klorofil dari proses maserasi dengan pelarut aseton mempunyai bentuk semi padat dan bersifat tidak stabil mudah terdegradasi menjadi tidak berwarna selama penyimpanan (Socaciu, 2007).

Metode enkapsulasi dilakukan untuk melapisi bahan inti dengan tujuan melindunginya dari pengaruh lingkungan. Bahan penyalut yang digunakan secara umum seperti maltodekstrin karena memiliki daya larut yang tinggi, non-higroskopis, aroma dan rasa netral, tidak merubah warna produk serta relatif murah. Sifat maltodekstrin yaitu mampu meningkatkan viskositas, membentuk film dan mempunyai daya ikat yang kuat (Ernawati *et al.*, 2014). Namun, maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang buruk sehingga diperlukan kombinasi bahan lain yang mampu meningkatkan kemampuan emulsifikasi enkapsulan seperti karagenan (Goula dan Adamopoulos, 2012). Beberapa penelitian mengungkapkan kombinasi maltodekstrin-karagenan berpengaruh terhadap karakteristik enkapsulat yaitu bahan aktif, intensitas warna dan kelarutan (Purnamayanti *et al.*, 2016). Selain itu, konsentrasi enkapsulan berpengaruh terhadap bahan aktif dan karakteristik enkapsulat. Penelitian Wartini dan Ganda-Putra (2018) menyimpulkan dari konsentrasi enkapsulan 10, 20 dan 30%, konsentrasi 10% menghasilkan nilai kadar total karotenoid paling baik, namun nilai semakin rendah setiap meningkatnya konsentrasi enkapsulan. Penelitian serupa juga menggunakan konsentrasi 5, 10 dan 15% menghasilkan peningkatan konsentrasi larutan yang menyebabkan kurang stabilnya total antosianin dan aktivitas antioksidan (Ika *et al.*, 2019). Konsentrasi enkapsulan yang tinggi membuat emulsi menjadi kental sehingga mengakibatkan adanya pembengkakan, penggelembungan dan keretakan partikel (Sugindro *et al.*, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan sangat mempengaruhi karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna daun singkong. Akan tetapi, perlu adanya penelitian enkapsulasi untuk melindungi bahan inti dari pengaruh lingkungan sehingga tidak merusak ekstrak pewarna. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan terhadap karakteristik enkapsulat dan menentukan perlakuan terbaik untuk menghasilkan enkapsulat ekstrak pewarna daun singkong.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yaitu daun singkong yang diperoleh dari petani di Desa Petang, Kecamatan Petang, Kabupaten Tabanan dengan warna hijau tua. Daun singkong yang digunakan dipetik dari posisi 6 – 15 dari pucuk tanaman. Bahan kimia yang digunakan yaitu aseton *pro analysis* (Emsure), akuades, CaCO₃ (Merck), bahan penyalut maltodekstrin (Lihua Starch, Nilai DE 12-15) dan karagenan (Indo Food Chem).

Peralatan yang digunakan antara lain oven (Labo DO255), *rotary evaporator* (IKA RV 10), *spektrofotometer* (Biochrom, Libra), *homogenizer* (Sonifier Branson), *color reader* (PCE-CSM), ayakan 80 mesh untuk bubuk daun singkong, ayakan 40 mesh untuk enkapsulat, mortar, blender, kain saring, kertas saring kasar, kertas saring Whatman No.1, *vortex* (Branstead, Maxi Mix II, M37610), timbangan analitik (Shimadzu, ATY224), pipet tetes, *glassware*, spatula, aluminium foil, baking paper, wadah kaca gelap.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) tipe faktorial dengan 2 faktor perlakuan yaitu perbandingan jenis enkapsulan maltodekstrin (M)-karagenan (K) dan konsentrasi larutan enkapsulan (C). Perbandingan maltodekstrin-karagenan yang terdiri atas 3 taraf, yaitu 95:5 (MK1), 90:10 (MK2), dan 85:15 (MK3) sedangkan konsentrasi enkapsulan yang terdiri dari 2 taraf yaitu, 5% (C1) dan 10% (C2), sehingga diperoleh 6 kombinasi perlakuan dan masing-masing dilakukan 3 kali sehingga terdapat 18 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh analisis dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf kesalahan 5%. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan menggunakan uji indeks efektivitas (De Garmo *et al.*, 1979).

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan

Daun singkong dipilih dengan warna yang seragam, dipotong 2 cm dan dicuci. Daun kemudian di blansir dengan air panas 100 °C selama 1 menit, kemudian ditiriskan dan didinginkan. Daun singkong kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50 ± 2 °C hingga kering (Sekali *et al.*, 2020). Kadar air bubuk daun singkong pada penelitian ini sebesar 7,85%. Daun selanjutnya diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

Ekstraksi

Proses ekstraksi daun singkong menggunakan metode maserasi serta penambahan CaCO₃ 0,1%. Daun singkong ditimbang sebanyak 50 g dan ditambahkan pelarut aseton 85% sebanyak 250 mL (1:5 b/v). Proses ekstraksi dilakukan selama 36 jam di dalam inkubator pada suhu 55 ± 1 °C dan ditutup rapat kemudian dilakukan penggojogan secara manual setiap 6 jam selama 10 menit. Larutan ekstrak

disaring menggunakan kertas saring yang menghasilkan filtrat I dan ampas. Ampas kemudian ditambahkan pelarut sebanyak 50 mL dan digojog, lalu disaring kembali dengan kertas saring sehingga menghasilkan filtrat II. Filtrat I dan II dicampur dan disaring dengan menggunakan kertas Whatman No. 1. Filtrat kemudian dipekatkan dengan *rotary evaporator* pada suhu 40 °C dengan tekanan 100 mBar (Hutabarat *et al.*, 2021; Sekali *et al.*, 2020). Ekstrak kental dimasukkan ke dalam wadah kaca gelap dan disimpan dalam *refrigerator* pada suhu 5 °C (Rohmat *et al.*, 2014).

Enkapsulasi

Larutan enkapsulan sebanyak 100 mL dibuat dengan mencampurkan maltodekstrin-karagenan menggunakan pelarut aquades sesuai perlakuan pada konsentrasi enkapsulan sebanyak 5% dan 10% dari volume larutan (Wartini dan Ganda-Putra, 2018; Ika *et al.*, 2019). Larutan selanjutnya ditambahkan ekstrak pewarna kental sebanyak 1% dari volume larutan enkapsulan dan dihomogenisasi dengan *homogenizer* selama 30 menit. Larutan dituang ke dalam cawan petri dengan ketebalan 3 mm dan dikeringkan dengan oven pada suhu 50 ± 5 °C hingga mudah untuk dilepaskan dari cawan petri (sekitar 13 jam). Kemudian enkapsulat dihancurkan menggunakan mortar dan diayak menggunakan ayakan 40 mesh.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah rendemen (Sudarmadji *et al.*, 2010), kadar air (Sudarmadji *et al.*, 2010), klorofil total (Nollet, 2004), kelarutan (AOAC, 1999), efisiensi enkapsulasi (Umawiranda dan Cahyaningum, 2014) dan intensitas warna sistem L*, a*, dan b* (Weaver, 1996).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap rendemen enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata rendemen enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan		Rata-rata
	5% (C1)	10% (C2)	
95%:5% (MK1)	91,7 ± 2,75	93,6 ± 0,83	92,6 ± 1,37 ^b
90%:10% (MK2)	97,9 ± 1,60	98,0 ± 1,78	97,9 ± 0,06 ^a
85%:15% (MK3)	98,4 ± 4,69	99,4 ± 1,04	98,9 ± 0,69 ^a
Rata-rata	96,0 ± 3,74 ^a	97,0 ± 3,00 ^a	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada MK3 sebesar $98,9 \pm 0,69\%$, tidak berbeda dengan MK2 sebesar $97,9 \pm 0,06\%$ dan menurun signifikan pada MK1 sebesar $92,6 \pm 1,37\%$. Rendemen yang tinggi disebabkan oleh adanya karagenan. Semakin tinggi karagenan cenderung meningkatkan nilai rata-rata rendemen. Hal ini disebabkan oleh berat molekul karagenan yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan penyalut lainnya. Sifat karagenan mampu membentuk gel dalam air dan meningkatkan viskositas larutan. Viskositas lebih tinggi akan meningkatkan rendemen (Purnomo *et al.*, 2014). Penelitian Elida *et al.* (2020) menyatakan rendemen tertinggi diperoleh pada peningkatan bahan penyalut karagenan. Serupa dengan penelitian Naz *et al.* (2022), mengenkapsulasi ekstrak pewarna bunga kenop dengan perlakuan perbandingan gum arab dan karagenan (1:3) tertinggi menunjukkan nilai rendemen 95,64%, hal ini sesuai dengan peningkatan rendemen seiring

meningkatnya konsentrasi karagenan.

Kadar Air

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan, perbandingan maltodekstrin-karagenan dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p>0,05$) terhadap kadar air enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata rendemen enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan	
	5% (C1)	10% (C2)
95%:5% (MK1)	6,20 ± 1,28	6,35 ± 1,07
90%:10% (MK2)	6,31 ± 1,41	6,37 ± 1,23
85%:15% (MK3)	6,89 ± 1,10	6,70 ± 1,19

Rentang rata-rata kadar air enkapsulat berkisar antara 6,20-6,70%. Terdapat kecenderungan meningkatnya kadar air pada enkapsulat dengan meningkatnya karagenan. Hal ini disebabkan oleh gugus hidroksil pada karagenan yang mengakibatkan kandungan air terikat, sehingga kadar air cenderung meningkat pada perbandingan karagenan yang lebih tinggi. Naz *et al.* (2022) juga melaporkan adanya peningkatan kadar air seiring dengan meningkatnya karagenan. Semakin tinggi konsentrasi karagenan, kadar air enkapsulat berkisar 10-11%.

Klorofil total

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p>0,05$) terhadap klorofil total enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai klorofil total enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai klorofil total, klorofil a dan klorofil b (ppm) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perlakuan		Klorofil total	Klorofil a	Klorofil b
5% (C1)	95%:5% (MK1)	10,90 ± 0,27 ^a	3,32 ± 0,10 ^a	7,58 ± 0,18 ^a
	90%:10% (MK2)	11,17 ± 0,10 ^a	3,43 ± 0,04 ^a	7,74 ± 0,13 ^a
	85%:15% (MK3)	11,38 ± 0,15 ^a	3,50 ± 0,08 ^a	7,89 ± 0,17 ^a
10% (C2)	95%:5% (MK1)	10,48 ± 0,06 ^a	3,14 ± 0,02 ^a	7,34 ± 0,04 ^a
	90%:10% (MK2)	10,72 ± 0,12 ^a	3,24 ± 0,07 ^a	7,49 ± 0,06 ^a
	85%:15% (MK3)	11,09 ± 0,25 ^a	3,35 ± 0,07 ^a	7,75 ± 0,18 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p<0,05$)

Konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan klorofil total lebih stabil dari konsentrasi 10%. Hal tersebut disebabkan oleh menurunnya kemampuan menyalut bahan inti seiring dengan meningkatnya konsentrasi enkapsulan (Sugindro *et al.*, 2008). Kondisi tersebut menunjukkan konsentrasi 5% sudah mampu menyalut bahan inti secara maksimal. Penambahan enkapsulan secara berlebihan tidak memberikan pengaruh signifikan karena jumlah ekstrak tetap. Wartini dan Ganda-Putra (2018) melaporkan adanya penurunan kadar karotenoid ketika konsentrasi enkapsulan ditingkatkan dari 10% hingga 30%. Ika *et al.* (2019) melaporkan hal yang serupa yaitu total antosianin pewarna kubis merah menurun jika konsentrasi enkapsulan ditingkatkan dari 5% menjadi 15%.

Tabel 3 menunjukkan kestabilan klorofil total seiring dengan meningkatnya karagenan. MK3C1 menghasilkan klorofil total tertinggi sebesar 11,38 ± 0,15 ppm. Sementara itu, klorofil total terendah

diperoleh pada MK1C2 sebesar $10,48 \pm 0,06$ ppm. Maltodekstrin berperan sebagai bahan penyalut karena sifatnya mampu membentuk film dan mempunyai daya ikat yang kuat (Ernawati *et al.*, 2014). Akan tetapi, maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang buruk sehingga peningkatan karagenan akan meningkatkan kekuatan adhesi antara penyalut dan bahan aktif. Selain itu, karagenan dapat bertindak sebagai plasticizer sehingga mampu memerangkap dan melindungi bahan aktif selama proses pengeringan (Dewi *et al.*, 2016). Dewi *et al.* (2016) dan Purnamayanti *et al.* (2016) menyatakan hal yang serupa yaitu kandungan bahan aktif semakin stabil seiring dengan meningkatnya rasio karagenan terhadap maltodekstrin.

Klorofil a

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap klorofil a* enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai klorofil a enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan klorofil a yang lebih stabil dari konsentrasi 10%. Kecenderungan ini sesuai dengan klorofil total dimana penambahan enkapsulan secara berlebihan cenderung menurunkan kemampuan menyalut bahan inti. Sementara itu, peningkatan karagenan menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan klorofil total. Klorofil a tertinggi diperoleh pada MK3C1 sebesar $3,50 \pm 0,08$ ppm, sedangkan klorofil a terendah diperoleh pada MK1C2 sebesar $3,14 \pm 0,02$ ppm. Semakin tinggi karagenan, kemampuan mengikat dan melindungi bahan aktif selama pengeringan semakin baik sehingga degradasi klorofil a semakin rendah.

Klorofil b

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap klorofil b enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai klorofil b enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan klorofil b yang lebih stabil dari konsentrasi 10%. Kecenderungan ini sesuai dengan klorofil total dimana penambahan enkapsulan secara berlebihan cenderung menurunkan kemampuan menyalut bahan inti. Sementara itu, peningkatan karagenan menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan klorofil total. Klorofil b tertinggi diperoleh pada MK3C1 sebesar $7,89 \pm 0,17$ ppm, sedangkan klorofil b terendah diperoleh pada MK1C2 sebesar $7,34 \pm 0,04$ ppm. Semakin tinggi karagenan, kemampuan mengikat dan melindungi bahan aktif selama pengeringan semakin baik sehingga degradasi klorofil b semakin rendah.

Kelarutan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan konsentrasi enkapsulan dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap kelarutan enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata kelarutan (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan		Rata-rata
	5% (C1)	10% (C2)	
95%:5% (MK1)	77,22 ± 1,09	76,38 ± 1,58	76,80 ± 0,60 ^a
90%:10% (MK2)	75,57 ± 1,32	74,97 ± 1,77	75,27 ± 0,42 ^a
85%:15% (MK3)	69,32 ± 1,62	69,96 ± 2,05	69,64 ± 0,45 ^b
Rata-rata	74,04 ± 4,17 ^a	73,77 ± 3,38 ^a	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat tertinggi diperoleh dari perlakuan MK1 dengan nilai $76,80 \pm 0,60\%$, tidak berbeda dengan MK2 yaitu $75,27 \pm 0,42\%$ dan berbeda signifikan pada MK3 dengan nilai $69,64 \pm 0,45\%$. Semakin tinggi maltodekstrin kelarutan cenderung meningkat. Maltodekstrin mampu membentuk film dan mempunyai daya ikat yang kuat (Ernawati *et al.*, 2014). Akan tetapi, maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang buruk sehingga peningkatan karagenan akan meningkatkan kekuatan adhesi antara penyalut dan bahan aktif sehingga kelarutan semakin rendah. Sifat karagenan merupakan fraksi yang mampu membentuk gel dalam air. Karagenan memiliki kemampuan membentuk gel pada saat larutan panas menjadi dingin. Proses pembentukan gel bersifat *thermoreversible*, artinya gel dapat mencair pada saat pemanasan dan membentuk gel kembali pada saat pendinginan, sehingga enkapsulat akan lebih sulit larut dalam air. Penelitian Purnomo *et al.* (2014) melaporkan hal yang sama terjadi penurunan kelarutan pada penggunaan penyalut maltodekstrin dan karagenan sebesar 12,68%.

Efisiensi Enkapsulasi

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap efisiensi enkapsulasi pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan		Rata-rata
	5% (C1)	10% (C2)	
95%:5% (MK1)	72,0 ± 1,76	69,3 ± 0,38	70,7 ± 1,95 ^b
90%:10% (MK2)	73,8 ± 0,65	70,9 ± 0,81	72,3 ± 2,06 ^b
85%:15% (MK3)	75,2 ± 0,97	73,3 ± 1,68	74,3 ± 1,36 ^a
Rata-rata	73,7 ± 1,61 ^a	71,2 ± 2,03 ^b	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Tabel 5 menunjukkan konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan efisiensi enkapsulasi sebesar $73,7 \pm 1,61\%$, lebih tinggi dari konsentrasi 10% sebesar $71,2 \pm 2,03\%$. Efisiensi yang tinggi menandakan proses enkapsulasi berjalan optimal. Hal ini sesuai dengan klorofil total dimana konsentrasi 5% sudah cukup untuk menyalut ekstrak daun singkong secara maksimal. Sementara itu, peningkatan karagenan menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan klorofil total. Rata-rata efisiensi enkapsulasi tertinggi diperoleh pada MK3 sebesar $74,3 \pm 1,36\%$, sedangkan terendah diperoleh pada MK1 sebesar $70,7 \pm 1,95\%$ dan tidak berbeda nyata dengan MK2 sebesar $72,3 \pm 2,06\%$. Semakin tinggi karagenan, kemampuan mengikat dan melindungi bahan aktif selama pengeringan semakin baik sehingga efisiensi enkapsulasi semakin tinggi.

Intensitas warna

Tingkat kecerahan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kecerahan (L^*) enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai tingkat kecerahan (L^*) enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi enkapsulan 10% menghasilkan tingkat kecerahan lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 5%. Hal tersebut terjadi akibat menurunnya kandungan klorofil pada enkapsulat. Tingkat kecerahan yang lebih tinggi mengindikasikan kandungan klorofil yang lebih rendah. Apabila ekstrak telah tersalut dengan maksimal pada konsentrasi 5%, peningkatan konsentrasi lebih tinggi cenderung menurunkan kadar klorofil akibat menurunnya kemampuan mengikat bahan inti (Sugindro *et al.*, 2008). Selain itu, warna putih maltodekstrin dan karagenan akan meningkatkan kecerahan enkapsulat sehingga konsentrasi 10% memiliki tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Wartini dan Ganda-Putra (2018), melaporkan hal serupa yaitu tingkat kecerahan enkapsulat meningkat jika konsentrasi maltodekstrin ditingkatkan dari 10% menjadi 20%.

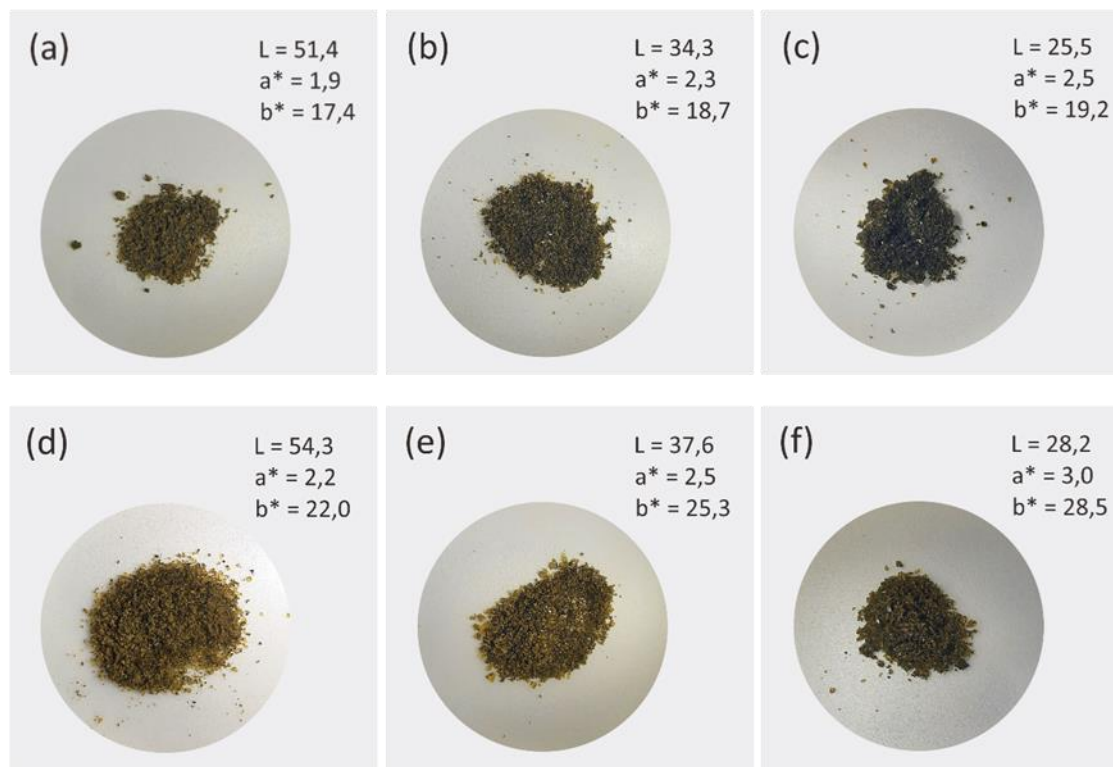
Peningkatan karagenan cenderung menurunkan tingkat kecerahan enkapsulat. Rata-rata tingkat kecerahan tertinggi pada MK1C2 sebesar 54,3 dan berbeda signifikan pada perbandingan MK2C2 sebesar 37,6 hingga MK3C2 sebesar 28,2. Sedangkan rata-rata tingkat kecerahan MK1C1, MK2C1 dan MK3C1 berturut-turut adalah 51,4, 34,3 dan 25,5. Semakin tinggi konsentrasi karagenan, kemampuan emulsifikasi enkapsulan semakin baik sehingga mampu memerangkap dan melindungi klorofil selama proses pengeringan. Fenomena ini juga dilaporkan pada penelitian Purnamayanti *et al.* (2016) seiring peningkatan karagenan dari 0,25% sampai 1% menurun hingga 5,9%.

Tingkat kemerahan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kemerahan (a^*) enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai tingkat kemerahan (a^*) enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi enkapsulan 10% menghasilkan nilai a^* lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 5%. Meningkatnya tingkat kemerahan dan kekuningan mengindikasikan terjadinya reaksi pencoklatan (browning) pada enkapsulat. Maltodekstrin memiliki sifat browning yang rendah (Srihari *et al.*, 2010), namun karagenan merupakan polisakarida berupa galaktan. Oleh sebab itu, konsentrasi enkapsulan yang lebih tinggi akan meningkatkan reaksi pencoklatan selama pengeringan sehingga warna enkapsulat cenderung menjadi kemerahan.

Peningkatan karagenan cenderung meningkatkan nilai tingkat kemerahan. Rata-rata tingkat kemerahan tertinggi diperoleh pada perbandingan MK3C2 sebesar 3,0 tidak berbeda nyata dengan MK2C2 sebesar 2,5 dan berbeda signifikan pada MK1C2 sebesar 2,2. Sedangkan pada MK3C1, MK2C1 dan MK1C1 berturut-turut sebesar 2,5, 2,3 dan 1,9. Semakin tinggi karagenan mampu meningkatkan kemampuan menyalut bahan inti. Walau demikian, reaksi pencoklatan akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya karagenan. Purnamayanti *et al.* (2016), melaporkan hal serupa yakni perbandingan enkapsulan 10:0 dan 9:1 (maltodekstrin-karagenan) menghasilkan tingkat kemerahan berturut-turut sebesar -6,72 dan -3,98.



Gambar 1. Karakteristik fisik, intensitas kecerahan (L), kemerahan (a^*) serta kekuningan (b^*) enkapsulat: (a) MK1C1, (b) MK2C1, (c) MK3C1, (d) MK1C2, (e) MK2C2 dan (f) MK3C2.

Tingkat kekuningan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kekuningan (b^*) enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai tingkat kekuningan (b^*) enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi enkapsulan 10% menghasilkan nilai b^* lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 5%. Kecenderungan ini sesuai dengan tingkat kemerahan yaitu konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan warna enkapsulat cenderung kemerahan. Dengan demikian, penyebab meningkatnya tingkat kekuningan juga disebabkan oleh meningkatnya reaksi pencoklatan. Wartini dan Ganda-Putra (2018) melaporkan hal serupa dimana terjadi peningkatan nilai b^* jika konsentrasi maltodekstrin dan gum arab ditingkatkan dari 10% menjadi 20%.

Peningkatan karagenan cenderung meningkatkan nilai tingkat kekuningan. Rata-rata tertinggi diperoleh pada perbandingan MK3C2 sebesar 28,5, tidak berbeda dengan perbandingan MK2C2 sebesar 25,3 dan menurun signifikan pada perbandingan MK1C2 sebesar 22,0. Sedangkan tingkat kekuningan MK3C1, MK2C1 dan MK1C1 sebesar 19,2, 18,7, dan 17,4. Kecenderungan ini juga sesuai dengan tingkat kemerahan yaitu konsentrasi karagenan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan warna kekuningan pada enkapsulat. Penelitian serupa dari Purnamayanti *et al.* (2016) nilai b^* meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi karagenan 9,5:0,5, 9,25:0,75 dan 9:1 berturut-turut -10,41, -11,21 dan -11,68.

Indeks efektivitas

Uji indeks efektivitas hanya mempertimbangkan 10 variabel diantaranya klorofil total, kelarutan,

efisiensi enkapsulasi, klorofil a, rendemen, klorofil b, kadar air, tingkat kecerahan (L^*), tingkat kemerahan (a^*) dan tingkat kekuningan (b^*). Berdasarkan hasil analisis, perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan 90%:10% terhadap konsentrasi 5% atau MK2C1 memiliki jumlah IE tertinggi sebesar 0,7299, sehingga menjadi kombinasi perlakuan yang disarankan untuk menghasilkan enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong terbaik

KESIMPULAN

Kesimpulan

Perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan berpengaruh sangat nyata pada tingkat kecerahan (L^*), tingkat kemerahan (a^*), tingkat kekuningan (b^*), klorofil total, klorofil a, klorofil b dan efisiensi enkapsulasi. Perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen dan kelarutan, namun berpengaruh tidak nyata terhadap kadar air. Sedangkan konsentrasi enkapsulan berpengaruh tidak nyata terhadap rendemen, kelarutan serta kadar air dan interaksi kedua faktor berpengaruh tidak nyata terhadap seluruh variabel yang diamati.

Perlakuan terbaik untuk menghasilkan enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong yaitu menggunakan perbandingan maltodekstrin-karagenan 90%:10% dan konsentrasi 5%. Karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong yaitu rendemen, kadar air, kelarutan, tingkat kecerahan (L^*), tingkat kemerahan (a^*), tingkat kekuningan (b^*), klorofil total, klorofil a, klorofil b dan efisiensi enkapsulasi berturut-turut sebesar $97,9 \pm 1,60\%$; $6,31 \pm 1,41\%$; $75,57 \pm 1,32\%$; $34,3 \pm 2,01$; $2,3 \pm 0,22$; $18,7 \pm 0,84$; $11,17 \pm 0,10$ ppm; $3,43 \pm 0,04$ ppm; $7,74 \pm 0,13$ ppm dan $73,8 \pm 0,65\%$.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan menggunakan enkapsulat dengan ukuran lebih kecil dari 40 mesh untuk mempermudah analisis serta melakukan penelitian lebih lanjut terkait analisis stabilitas enkapsulat pewarna agar diaplikasikan ke dalam bahan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amenra Ramzi Naz, Luh Putu Wrasiasi, & Ni Made Wartini. (2022). Karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna bunga kenop (*Gomphrena globosa* L.) pada perlakuan perbandingan gum arab dan karagenan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 68–82.
- AOAC. (1999). *Official methods of analysis* (K. Helrich, Ed.; 15th ed.). AOAC.
- Brian Eka Widaryanto. (2018). Identifikasi pewarna rhodamin B pada kerupuk berwarna yang dijual di Pasar Tanjung Anyar Kota Mojokerto. [Undergraduate Thesis]. STIKES Insan Cendekia Medika Jombang.
- E Srihari, F. S. Lingganingum, R. Hervita, & H. S. Wijaya. (2010). Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan santan kelapa bubuk. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses, A-18*, 1–7.
- Elida, M., Gusmalini, G., Agustina, A., & Saufani, I. A. (2020). Viabilitas sel dan aktivitas antimikroba bio-kapsul probiotik *Lb paracasei* ssp *paracasei* ml3 hasil ekstrusi karagenan-skim (cell viability and antimicrobial activity of probiotic BIO-CAPSULE *Lb paracasei* ssp *paracasei* ML3 by extrusion karagenan-skim). *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 20(3), 24–29. <https://doi.org/10.25047/jii.v20i3.2355>

- Ernest Paul DeGarmo, John R. Canada, & William G. Sullivan. (1979). *Engineering economy* (Sixth edition). Macmillan Pub. Co.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2012). A new technique for spray-dried encapsulation of lycopene. *Drying Technology*, 30(6), 641–652. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.655871>
- Heri Ahmad Sukria, & Rantan Krisnan. (2009). *Sumber dan ketersediaan bahan baku pakan di indonesia*. IPB Press.
- Hutabarat, R. L. P., Wartini, N. M., & Antara, N. S. (2021). Karakteristik ekstrak pewarna alami daun singkong (*Manihot esculenta*) pada perlakuan jenis pelarut dan suhu maserasi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 53–64. <https://doi.org/10.24843/JRMA.2021.v09.i01.p06>
- Leo M.L. Nollet (Ed.). (2004). *Handbook of food analysis, second edition*, (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482276459>
- N. Rohmat, R. Ibrahim, & P. H. Riyadi. (2014). Pengaruh perbedaan suhu dan lama penyimpanan rumput laut *Sargassum polycystum* terhadap stabilitas ekstrak kasar pigmen klorofil. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1), 118–126.
- Ni Made Wartini, & G. P. Ganda-Putra. (2018). Karakteristik enkapsulat pewarna buah pandan pada perlakuan jenis dan konsentrasi enkapsulan. *Scientific Journal of Food Technology*, 5(2), 139–148.
- Ningsih, I. (2011). *Gambaran penggunaan pewarna sintesis rhodamin b dan metanil yellow pada makanan dan minuman jajanan di pasar sentral kota Makassar*. [Undergraduate Thesis]. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Novita Ika, P., Melvern Jan, C., Priska Adina Chandra, R., & Victoria Kristina, A. (2019). Pengaruh jenis dan konsentrasi enkapsulan dalam proses pembuatan serbuk antosianin dari kubis merah dan bunga telang. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v18i1.1982>
- Nurchahya Dewi, E., Purnamayati, L., & Ayu Kurniasih, R. (2016). Antioxidant activities of phycocyanin microcapsules using maltodextrin and carrageenan as coating materials. *Jurnal Teknologi*, 78(4–2), 45–50. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8151>
- Purnamayati, L., Dewi, E. N., & Kurniasih, R. A. (2016). Karakteristik fisik mikrokapsul fikosianin spirulina pada konsentrasi bahan penyalut yang berbeda. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/jthp.v9i2.12844>
- Rachmawati, W., & Ramdanawati, L. (2020). Pengembangan klorofil dari daun singkong sebagai pewarna makanan alami. *Pharmacoscrypt*, 3(1), 87–97.
- Sekali, E. E. K., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2020). Karakteristik ekstrak aseton pewarna alami daun singkong (*manihot esculenta c.*) pada perlakuan ukuran partikel bahan dan lama maserasi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 5(2), 49–58. <https://doi.org/10.24843/JITPA.2020.v05.i02.p02>
- Slamet Sudarmadji, Bambang Haryono, & Suhardi. (2010). *Analisa bahan makanan dan pertanian*. (2nd ed.). Liberty Yogyakarta.
- Socaciu, C. (Ed.). (2007). *Food colorants*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420009286>
- Sugindro S., Etik Mardiyati, & Joshita Djajadisastra. (2008). Pembuatan dan mikroenkapsulasi ekstrak etanol biji jinten hitam pahit (*NIGELLA SATIVA LINN.*). *Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(2), 57–66. <https://doi.org/10.7454/psr.v5i2.3419>
- Umawiranda, P. F., & S. E. Cahyaningum. (2014). Enkapsulasi pirazinamid menggunakan alginat dan kitosan. *Journal of Chemistry*, 3(3), 146–153.
- Umi Retno Ernawati, Lia Umi Khasanah, & R. Baskara Katri Anandito. (2014). Pengaruh variasi dextrose equivalents (de) maltodekstrin terhadap karakteristik mikroenkapsulasi pewarna alami daun jati (*Tectona gaudis L.f.*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(3), 111–120.

- Wahyu Purnomo, Lia Umi Khasanah, & Baskara Katri Anandito. (2014). Pengaruh ratio kombinasi maltodekstrin, karagenan dan whey terhadap karakteristik mikroenkapsulan pewarna alami daun jati (*Tectona gandis* L.F.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3), 99–107.
- Weaver, C. (1996). *The food chemistry laboratory*. CRC Press.

PENGARUH PERBANDINGAN MALTODEKSTRIN-KARAGENAN DAN KONSENTRASI ENKAPSULAN TERHADAP KARAKTERISTIK ENKAPSULAT EKSTRAK PEWARNA DAUN SINGKONG

by Ni Made Wartini

Submission date: 21-Jan-2023 05:55PM (UTC+0700)

Submission ID: 1996526590

File name: HADAP_KARAKTERISTIK_ENKAPSULAT_EKSTRAK_PEWARNA_DAUN_SINGKONG.pdf (297.84K)

Word count: 4950

Character count: 30620

THE EFFECT OF COMPARATIVE MALTODEXTRIN-CARAGENAN AND ECAPSULE CONCENTRATION ON THE CHARACTERISTICS OF CASSAVA LEAF DYE EXTRACT

PENGARUH PERBANDINGAN MALTODEKSTRIN-KARAGENAN DAN KONSENTRASI ENKAPSULAN TERHADAP KARAKTERISTIK ENKAPSULAT EKSTRAK PEWARNA DAUN SINGKONG

⁹ M. A. Dhava Vagisvari G. P., N. M. Wartini*, I. W. Arnata

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

Diterima 14 Juli 2022 / Disetujui 11 Agustus 2022

ABSTRACT

Cassava leaves are a by-product of cassava processing with fresh leaf production reached 10 – 40 tons/ha/year. Cassava leaves have a green pigment (chlorophyll) which can be used as a potential natural dye. This study was conducted to determine the effect of maltodextrin-carrageenan comparison and encapsulant concentration on the encapsulate characteristics of cassava leaf dye, as well as determine the best treatment to produce cassava leaf dye encapsulate. Encapsulation was carried out with the ratio of maltodextrin-carrageenan (95%:5%, 90%:10% and 85%:15%) with encapsulant concentrations (5 and 10%). The results showed that maltodextrin-carrageenan ratio and encapsulant concentration had an effect, but did not interact. Based on the test, the effectiveness index to produce the best treatment is a maltodextrin-carrageenan ratio of 90%:10% with ²1 encapsulant concentration of 5%. With characteristics of amendment, moisture content, solubility, brightness level (L^*), redness level (a^*), yellowness level (b^*), total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and encapsulation efficiency of $97.9 \pm 1.60\%$; $6.31 \pm 1.41\%$; $75.57 \pm 1.32\%$; 34.3 ± 2.01 ; 2.3 ± 0.22 ; 18.7 ± 0.84 ; 11.17 ± 0.10 ppm; 3.43 ± 0.04 ppm; 7.74 ± 0.13 ppm and $73.8 \pm 0.65\%$, respectively.

Keywords : cassava leaf, encapsulation, carrageenan, concentration of encapsulant, maltodextrin, natural dye.

ABSTRAK

Daun singkong merupakan hasil samping pengolahan singkong dengan produksi daun segar mencapai 10 – 40 ton/ha/tahun. Daun singkong memiliki pigmen hijau (klorofil) yang dapat digunakan sebagai pewarna alami yang potensial. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan terhadap karakteristik enkapsulasi pewarna daun singkong, serta menentukan perlakuan terbaik untuk menghasilkan enkapsulasi pewarna daun singkong.

⁹

* Korespondensi Penulis:

Email: md_wartini@unud.ac.id

Enkapsulasi dilakukan dengan perbandingan maltodekstrin-karagenan (95%:5%, 90%:10% dan 85%:15%) dengan konsentrasi enkapsulan (5 dan 10%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan berpengaruh, tetapi tidak berinteraksi. Berdasarkan pengujian, indeks efektivitas untuk menghasilkan perlakuan terbaik adalah rasio maltodekstrin-karagenan 90%:10% dengan konsentrasi enkapsulan 5%. Dengan karakteristik perubahan, kadar air, kelarutan, tingkat kecerahan (L^*), tingkat kemerahan (a^*), tingkat kekuningan (b^*), klorofil total, klorofil a, klorofil b dan efisiensi enkapsulasi masing-masing sebesar $97,9 \pm 1,60\%$; $6,31 \pm 1,41\%$; $75,57 \pm 1,32\%$; $34,3 \pm 2,01$; $2,3 \pm 0,22$; $18,7 \pm 0,84$; $11,17 \pm 0,10$ ppm; $3,43 \pm 0,04$ ppm; $7,74 \pm 0,13$ ppm dan $73,8 \pm 0,65\%$.

Kata kunci : daun singkong, enkapsulasi, karagenan, konsentrasi enkapsulan, maltodekstrin, pewarna alami.

PENDAHULUAN

Pewarna menjadi salah satu bahan tambahan pangan yang digunakan masyarakat dengan tujuan memperbaiki tampilan produk (Ningsih, 2011). Pewarna sintetis lebih banyak disukai karena tingkat kecerahan yang dihasilkan lebih baik daripada pewarna alami meskipun digunakan dalam jumlah yang sedikit. Disamping itu, pewarna sintetis lebih stabil terhadap cahaya, pH dan oksigen serta harganya relatif murah (Rachmawati dan Ramdanawati, 2020). Namun pewarna sintetis telah terbukti memberikan dampak negatif terhadap kesehatan jangka panjang, seperti rhodamin B yang menimbulkan kanker serta gangguan pernafasan, pencernaan hingga keracunan (Widaryanto *et al.*, 2018), sehingga masyarakat kini memilih pewarna alami sebagai sumber pewarna makanan.

Salah satu sumber pewarna alami adalah klorofil yang terdapat pada beberapa tanaman potensial seperti daun pandan, suji, cincau, kubis keriting (kale) dan singkong (Rachmawati dan Ramdanawati, 2020). Daun singkong merupakan hasil samping dari pengolahan ubi kayu dengan produksi daun segar mencapai 10-40 ton/ha/tahun (Sukria dan Krisnan, 2009). Salah satu metode untuk mendapatkan ekstrak klorofil yaitu ekstraksi dengan maserasi. Prosesnya yang sederhana dan mudah sehingga banyak dipilih untuk mendapatkan ekstrak dari bahan alam. Ekstrak klorofil dari proses maserasi dengan pelarut aseton mempunyai bentuk semi padat dan bersifat tidak stabil mudah terdegradasi menjadi tidak berwarna selama penyimpanan (Socaciu, 2007).

Metode enkapsulasi dilakukan untuk melapisi bahan inti dengan tujuan melindunginya dari pengaruh lingkungan. Bahan penyalut yang digunakan secara umum seperti maltodekstrin karena memiliki daya larut yang tinggi, non-higroskopis, aroma dan rasa netral, tidak mengubah warna produk serta relatif murah. Sifat maltodekstrin yaitu mampu meningkatkan viskositas, membentuk film dan mempunyai daya ikat yang kuat (Ernawati *et al.*, 2014). Namun, maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang buruk sehingga diperlukan kombinasi bahan lain yang mampu meningkatkan kemampuan emulsifikasi enkapsulan seperti karagenan (Goula dan Adamopoulos, 2012). Beberapa penelitian mengungkapkan kombinasi maltodekstrin-karagenan berpengaruh terhadap karakteristik enkapsulat yaitu bahan aktif, intensitas warna dan kelarutan (Purnamayanti *et al.*, 2016). Selain itu, konsentrasi enkapsulan berpengaruh terhadap bahan aktif dan karakteristik enkapsulat. Penelitian Wartini dan Ganda-Putra (2018) menyimpulkan dari konsentrasi enkapsulan 10, 20 dan 30%, konsentrasi 10% menghasilkan nilai kadar total karotenoid paling baik, namun nilai semakin rendah setiap meningkatnya konsentrasi enkapsulan. Penelitian serupa juga menggunakan konsentrasi 5, 10 dan 15% menghasilkan peningkatan konsentrasi larutan yang menyebabkan kurang stabilnya total antosianin dan aktivitas antioksidan (Ika *et al.*, 2019). Konsentrasi enkapsulan yang tinggi membuat emulsi menjadi kental sehingga mengakibatkan adanya pembengkakan, pengelembungan dan keretakan partikel (Sugindro *et al.*, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan sangat mempengaruhi karakteristik enkapsulat ekstrak pewarna daun singkong. Akan tetapi, perlu adanya penelitian enkapsulasi untuk melindungi bahan inti dari pengaruh lingkungan sehingga tidak merusak ekstrak pewarna. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan terhadap karakteristik enkapsulat dan menentukan perlakuan terbaik untuk menghasilkan enkapsulat ekstrak pewarna daun singkong.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan baku yaitu daun singkong yang diperoleh dari petani di Desa Petang, Kecamatan Petang, Kabupaten Tabanan dengan warna hijau tua. Daun singkong yang digunakan dipetik dari posisi 6 – 15 dari pucuk tanaman. Bahan kimia yang digunakan yaitu aseton *pro analysis* (Emsure), akuades, CaCO_3 (Merck), bahan penyalut maltodekstrin (Lihua Starch, Nilai DE 12-15) dan karagenan (Indo Food Chem).

Peralatan yang digunakan antara lain oven (Labo DO255), rotary evaporator (IKA RV 10), spektrofotometer (Biochrom, Libra), homogenizer (Sonifier Branson), color reader (PCE-CSM), ayakan 60 mesh untuk bubuk daun singkong, ayakan 40 mesh untuk enkapsulat, mortar, blender, kain saring, kertas saring kasar, kertas saring Whatman No.1, vortex (Branstead, Maxi Mix II, M37610), timbangan analitik (Shimadzu, ATY224), pipet tetes, glassware, spatula, aluminium foil, baking paper, wadah kaca gelap.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) tipe faktorial dengan 2 faktor perlakuan yaitu perbandingan jenis enkapsulan maltodekstrin (M)-karagenan (K) dan konsentrasi larutan enkapsulan (C). Perbandingan maltodekstrin-karagenan yang terdiri atas 3 taraf, yaitu 95:5 (MK1), 90:10 (MK2), dan 85:15 (MK3) sedangkan konsentrasi enkapsulan yang terdiri dari 2 taraf yaitu, 5% (C1) dan 10% (C2), sehingga diperoleh 6 kombinasi perlakuan dan masing-masing dilakukan 3 kali sehingga terdapat 18 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh analisis dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf kesalahan 5%. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Penentuan perlakuan terbaik dilakukan dengan menggunakan uji indeks efektivitas (De Garmo *et al.*, 1979).

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan

Daun singkong dipilih dengan warna yang seragam, dipotong 2 cm dan dicuci. Daun kemudian di blansir dengan air panas 100 °C selama 1 menit, kemudian ditiriskan dan didinginkan. Daun singkong kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50 ± 2 °C hingga kering (Sekali *et al.*, 2020). Kadar air bubuk daun singkong pada penelitian ini sebesar 7,85%. Daun selanjutnya diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

Ekstraksi

Proses ekstraksi daun singkong menggunakan metode maserasi serta penambahan CaCO_3 0,6%. Daun singkong ditimbang sebanyak 50 g dan ditambahkan pelarut aseton 85% sebanyak 250 mL (1:5 b/v). Proses ekstraksi dilakukan selama 36 jam di dalam inkubator pada suhu 55 ± 1 °C dan ditutup rapat kemudian dilakukan penggojogan secara manual setiap 6 jam selama 10 menit. Larutan ekstrak

disaring menggunakan kertas saring yang menghasilkan filtrat I dan ampas. Ampas kemudian ditambahkan pelarut sebanyak 50 mL dan digojog, lalu disaring kembali dengan kertas saring sehingga menghasilkan filtrat II. Filtrat I dan II dicampur dan disaring dengan menggunakan kertas Whatman No. 1. Filtrat kemudian dipekatan dengan *rotary evaporator* pada suhu 40 °C dengan tekanan 100 mBar (Hutoparat *et al.*, 2021; Sekali *et al.*, 2020). Ekstrak kental dimasukkan ke dalam wadah kaca gelap dan disimpan dalam *refrigerator* pada suhu 5 °C (Rohmat *et al.*, 2014).

Enkapsulasi

Larutan enkapsulan sebanyak 100 mL dibuat dengan mencampurkan maltodekstrin-karagenan menggunakan pelarut aquades sesuai perlakuan pada konsentrasi enkapsulan sebanyak 5% dan 10% dari volume larutan (Wartini dan Gandi Putra, 2018; Ika *et al.*, 2019). Larutan selanjutnya ditambahkan ekstrak pewarna kental sebanyak 1% dari volume larutan enkapsulan dan dihomogenisasi dengan *homogenizer* selama 30 menit. Larutan dituang ke dalam cawan petri dengan ketebalan 3 mm dan dikeringkan dengan oven pada suhu 50 ± 5 °C hingga mudah untuk dilepaskan dari cawan petri (sekitar 13 jam). Kemudian enkapsulat dihancurkan menggunakan mortar dan diayak menggunakan ayakan 40 mesh.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah rendemen (Sudarmadji *et al.*, 2010), kadar air (Sudarmadji *et al.*, 2010), klorofil total (Noll 2004), kelarutan (AOAC, 1999), efisiensi enkapsulasi (Umawiranda dan Cahyaningum, 2014) dan intensitas warna sistem L*, a*, dan b* (Weaver, 1996).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$), sedangkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap rendemen enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata rendemen enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan		Rata-rata
	5% (C1)	10% (C2)	
95%:5% (MK1)	91,7 ± 2,75	93,6 ± 0,83	92,6 ± 1,37 ^b
90%:10% (MK2)	97,9 ± 1,60	98,0 ± 1,78	97,9 ± 0,06 ^a
85%:15% (MK3)	98,4 ± 4,69	99,4 ± 1,04	98,9 ± 0,69 ^a
Rata-rata	96,0 ± 3,74 ^a	97,0 ± 3,00 ^a	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada MK3 sebesar 98,9 ± 0,69%, tidak berbeda dengan MK2 sebesar 97,9 ± 0,06% dan menurun signifikan pada MK1 sebesar 92,6 ± 1,37%. Rendemen yang tinggi disebabkan oleh adanya karagenan. Semakin tinggi karagenan cenderung meningkatkan nilai rata-rata rendemen. Hal ini disebabkan oleh berat molekul karagenan yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan penyalut lainnya. Sifat karagenan mampu membentuk gel dalam air dan meningkatkan viskositas larutan. Viskositas lebih tinggi akan meningkatkan rendemen (Purnomo *et al.*, 2014). Penelitian Elida *et al.* (2020) menyatakan rendemen tertinggi diperoleh pada peningkatan bahan penyalut karagenan. Serupa dengan penelitian Naz *et al.* (2022), mengenkapsulasi ekstrak pewarna bunga kenop dengan perlakuan perbandingan gum arab dan karagenan (1:3) tertinggi menunjukkan nilai rendemen 95,64%, hal ini sesuai dengan peningkatan rendemen seiring

meningkatnya konsentrasi karagenan.

1 Kadar Air

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan, perbandingan maltodekstrin-karagenan dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p>0,05$) terhadap kadar air enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata rendemen enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan	
	5% (C1)	10% (C2)
95%:5% (MK1)	6,20 ± 1,28	6,35 ± 1,07
90%:10% (MK2)	6,31 ± 1,41	6,37 ± 1,23
85%:15% (MK3)	6,89 ± 1,10	6,70 ± 1,19

Rentang rata-rata kadar air enkapsulat berkisar antara 6,20-6,70%. Terdapat kecenderungan meningkatnya kadar air pada enkapsulat dengan meningkatnya karagenan. Hal ini disebabkan oleh gugus hidroksil pada karagenan yang mengakibatkan kandungan air terikat, sehingga kadar air cenderung meningkat pada perbandingan karagenan yang lebih tinggi. Naz *et al.* (2022) juga melaporkan adanya peningkatan kadar air seiring dengan meningkatnya karagenan. Semakin tinggi konsentrasi karagenan, kadar air enkapsulat berkisar 10-11%.

1 Klorofil total

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p>0,05$) terhadap klorofil total enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai klorofil total enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai klorofil total, klorofil a dan klorofil b (ppm) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perlakuan		Klorofil total	Klorofil a	Klorofil b
5% (C1)	95%:5% (MK1)	10,90 ± 0,27 ^a	3,32 ± 0,10 ^a	7,58 ± 0,18 ^a
	90%:10% (MK2)	11,17 ± 0,10 ^a	3,43 ± 0,04 ^a	7,74 ± 0,13 ^a
	85%:15% (MK3)	11,38 ± 0,15 ^a	3,50 ± 0,08 ^a	7,89 ± 0,17 ^a
10% (C2)	95%:5% (MK1)	10,48 ± 0,06 ^a	3,14 ± 0,02 ^a	7,34 ± 0,04 ^a
	90%:10% (MK2)	10,72 ± 0,12 ^a	3,24 ± 0,07 ^a	7,49 ± 0,06 ¹
	85%:15% (MK3)	11,09 ± 0,25 ^a	3,35 ± 0,07 ^a	7,75 ± 0,18 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p<0,05$)

Konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan klorofil total lebih stabil dari konsentrasi 10%. Hal tersebut disebabkan oleh menurunnya kemampuan menyalut bahan inti seiring dengan meningkatnya konsentrasi enkapsulan (Sugindro *et al.*, 2008). Kondisi tersebut menunjukkan konsentrasi 5% sudah mampu menyalut bahan inti secara maksimal. Penambahan enkapsulan secara berlebihan tidak memberikan pengaruh signifikan karena jumlah ekstrak tetap. Wartini dan Ganda-Putra (2018) melaporkan adanya penurunan kadar karotenoid ketika konsentrasi enkapsulan ditingkatkan dari 10% hingga 30%. Ika *et al.* (2019) melaporkan hal yang serupa yaitu total antosianin pewarna kubis merah menurun jika konsentrasi enkapsulan ditingkatkan dari 5% menjadi 15%.

Tabel 3 menunjukkan kestabilan klorofil total seiring dengan meningkatnya karagenan. MK3C1 menghasilkan klorofil total tertinggi sebesar 11,38 ± 0,15 ppm. Sementara itu, klorofil total terendah

diperoleh pada 5 MK1C2 sebesar $10,48 \pm 0,06$ ppm. Maltodekstrin berperan sebagai bahan penyalut karena sifatnya mampu membentuk film dan mempunyai daya ikat yang kuat (Ernawati *et al.*, 2014). Akan tetapi, maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang buruk sehingga peningkatan karagenan akan meningkatkan kekuatan adhesi antara penyalut dan bahan aktif. Selain itu, karagenan dapat bertindak sebagai plasticizer sehingga mampu memerangkap dan melindungi bahan aktif selama proses pengeringan (Dewi *et al.*, 2016). Dewi *et al.* (2016) dan Purnamayanti *et al.* (2016) menyatakan hal yang serupa yaitu kandungan bahan aktif semakin stabil seiring dengan meningkatnya rasio karagenan terhadap maltodekstrin.

Klorofil a

Hasil analisis ragam 2 menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap klorofil a* enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai klorofil a enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan klorofil a yang lebih stabil dari konsentrasi 10%. Kecenderungan ini sesuai dengan klorofil total dimana penambahan enkapsulan secara berlebihan cenderung menurunkan kemampuan menyalut bahan inti. Sementara itu, peningkatan karagenan menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan klorofil total. Klorofil a tertinggi diperoleh pada MK3C1 sebesar $3,50 \pm 0,08$ ppm, sedangkan klorofil a terendah diperoleh pada MK1C2 sebesar $3,14 \pm 0,02$ ppm. Semakin tinggi karagenan, kemampuan mengikat dan melindungi bahan aktif selama pengeringan semakin baik sehingga degradasi klorofil a semakin rendah.

Klorofil b

Hasil analisis ragam 2 menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap klorofil b enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai klorofil b enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan klorofil b yang lebih stabil dari konsentrasi 10%. Kecenderungan ini sesuai dengan klorofil total dimana penambahan enkapsulan secara berlebihan cenderung menurunkan kemampuan menyalut bahan inti. Sementara itu, peningkatan karagenan menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan klorofil total. Klorofil b tertinggi diperoleh pada MK3C1 sebesar $7,89 \pm 0,17$ ppm, sedangkan klorofil b terendah diperoleh pada MK1C2 sebesar $7,34 \pm 0,04$ ppm. Semakin tinggi karagenan, kemampuan mengikat dan melindungi bahan aktif selama pengeringan semakin baik sehingga degradasi klorofil b semakin rendah.

1 Kelarutan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan konsentrasi enkapsulan dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap kelarutan enkapsulat 3 ekstrak pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata kelarutan (%) enkapsulat 3 ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan		Rata-rata
	5% (C1)	10% (C2)	
95%:5% (MK1)	77,22 ± 1,09	76,38 ± 1,58	76,80 ± 0,60 ^a
90%:10% (MK2)	75,57 ± 1,32	74,97 ± 1,77	75,27 ± 0,42 ^a
85%:15% (MK3)	69,32 ± 1,62	69,96 ± 2,05	69,64 ± 0,45 ^b
1 Rata-rata	74,04 ± 4,17 ^a	73,77 ± 3,38 ^a	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

1 Nilai rata-rata kelarutan enkapsulat tertinggi diperoleh dari perlakuan MK1 dengan nilai 76,80 ± 0,60%, tidak berbeda dengan MK2 yaitu 75,27 ± 0,42% dan berbeda signifikan pada MK3 dengan nilai 69,64 ± 0,45%. Semakin tinggi maltodekstrin kelarutan cenderung meningkat. Maltodekstrin mampu membentuk film dan mempunyai daya ikat yang kuat (Ernawati *et al.*, 2014). Akan tetapi, maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang buruk sehingga peningkatan karagenan akan meningkatkan kekuatan adhesi antara penyalut dan bahan aktif sehingga kelarutan semakin rendah. Sifat karagenan merupakan fraksi yang mampu membentuk gel dalam air. Karagenan memiliki kemampuan membentuk gel pada saat larutan panas menjadi dingin. Proses pembentukan gel bersifat *thermoreversible*, artinya gel dapat mencair pada saat pemanasan dan membentuk gel kembali pada saat pendinginan, sehingga enkapsulat akan lebih sulit larut dalam air. Penelitian Purnomo *et al.* (2014) melaporkan hal yang sama terjadi penurunan kelarutan pada penggunaan penyalut maltodekstrin dan karagenan sebesar 12,68%.

1 Efisiensi Enkapsulasi

Hasil analisis ragam **2** menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap efisiensi enkapsulasi pewarna alami daun singkong. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi dapat dilihat pada Tabel 5.

1 Tabel 5. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi (%) enkapsulat ekstrak pewarna alami daun singkong

Perbandingan maltodekstrin-karagenan	Konsentrasi enkapsulan		Rata-rata
	5% (C1)	10% (C2)	
95%:5% (MK1)	72,0 ± 1,76	69,3 ± 0,38	70,7 ± 1,95 ^b
90%:10% (MK2)	73,8 ± 0,65	70,9 ± 0,81	72,3 ± 2,06 ^b
85%:15% (MK3)	75,2 ± 0,97	73,3 ± 1,68	74,3 ± 1,36 ^a
1 Rata-rata	73,7 ± 1,61 ^a	71,2 ± 2,03 ^b	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ($p < 0,05$)

Tabel 5 menunjukkan konsentrasi enkapsulan 5% menghasilkan efisiensi enkapsulasi sebesar 73,7 ± 1,61%, lebih tinggi dari konsentrasi 10% sebesar 71,2 ± 2,03%. Efisiensi yang tinggi menandakan proses enkapsulasi berjalan optimal. Hal ini sesuai dengan klorofil total dimana konsentrasi 5% sudah cukup untuk menyalut ekstrak daun singkong secara maksimal. Sementara itu, peningkatan karagenan menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan klorofil total. Rata-rata efisiensi enkapsulasi tertinggi diperoleh pada MK3 sebesar 74,3 ± 1,36%, sedangkan terendah diperoleh pada MK1 sebesar 70,7 ± 1,95% dan tidak berbeda nyata dengan MK2 sebesar 72,3 ± 2,06%. Semakin tinggi karagenan, kemampuan mengikat dan melindungi bahan aktif selama pengeringan semakin baik sehingga efisiensi enkapsulasi semakin tinggi.

Intensitas warna

Tingkat kecerahan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kecerahan (L^*) enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai tingkat kecerahan (L^*) enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi enkapsulan 10% menghasilkan tingkat kecerahan lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 5%. Hal tersebut terjadi akibat menurunnya kandungan klorofil pada enkapsulat. Tingkat kecerahan yang lebih tinggi mengindikasikan kandungan klorofil yang lebih rendah. Apabila ekstrak telah tersalut dengan maksimal pada konsentrasi 5%, peningkatan konsentrasi lebih tinggi cenderung menurunkan kadar klorofil akibat menurunnya kemampuan mengikat bahan inti (Sugindro *et al.*, 2008). Selain itu, warna putih maltodekstrin dan karagenan akan meningkatkan kecerahan enkapsulat sehingga konsentrasi 10% memiliki tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Wartini dan Ganda-Putra (2018), melaporkan hal serupa yaitu tingkat kecerahan enkapsulat meningkat jika konsentrasi maltodekstrin ditingkatkan dari 10% menjadi 20%.

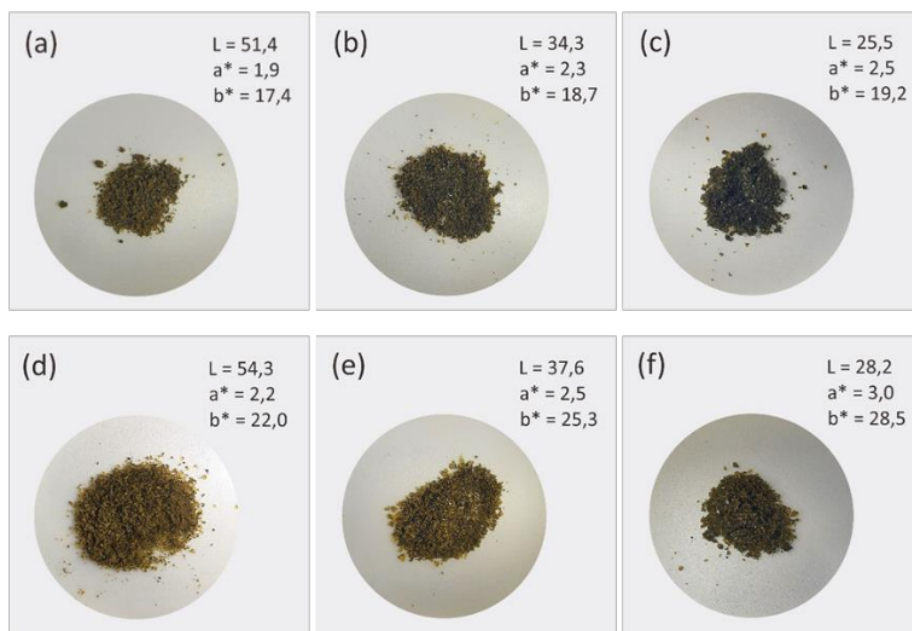
Peningkatan karagenan cenderung menurunkan tingkat kecerahan enkapsulat. Rata-rata tingkat kecerahan tertinggi pada MK1C2 sebesar 54,3 dan berbeda signifikan pada perbandingan MK2C2 sebesar 37,6 hingga MK3C2 sebesar 28,2. Sedangkan rata-rata tingkat kecerahan MK1C1, MK2C1 dan MK3C1 berturut-turut adalah 51,4, 34,3 dan 25,5. Semakin tinggi konsentrasi karagenan, kemampuan emulsifikasi enkapsulan semakin baik sehingga mampu memerangkap dan melindungi klorofil selama proses pengeringan. Fenomena ini juga dilaporkan pada penelitian Purnamayanti *et al.* (2016) seiring peningkatan karagenan dari 0,25% sampai 1% menurun hingga 5,9%.

Tingkat kemerahan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi enkapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kemerahan (a^*) enkapsulat pewarna alami daun singkong. Nilai tingkat kemerahan (a^*) enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi enkapsulan 10% menghasilkan nilai a^* lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 5%. Meningkatnya tingkat kemerahan dan kekuningan mengindikasikan terjadinya reaksi pencoklatan (browning) pada enkapsulat. Maltodekstrin memiliki sifat browning yang rendah (Srihari *et al.*, 2010), namun karagenan merupakan polisakarida berupa galaktan. Oleh sebab itu, konsentrasi enkapsulan yang lebih tinggi akan meningkatkan reaksi pencoklatan selama pengeringan sehingga warna enkapsulat cenderung menjadi kemerahan.

Peningkatan karagenan cenderung meningkatkan nilai tingkat kemerahan. Rata-rata tingkat kemerahan tertinggi diperoleh pada perbandingan MK3C2 sebesar 3,0 tidak berbeda nyata dengan MK2C2 sebesar 2,5 dan berbeda signifikan pada MK1C2 sebesar 2,2. Sedangkan pada MK3C1, MK2C1 dan MK1C1 berturut-turut sebesar 2,5, 2,3 dan 1,9. Semakin tinggi karagenan mampu meningkatkan kemampuan menyalut bahan inti. Walau demikian, reaksi pencoklatan akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya karagenan. Purnamayanti *et al.* (2016), melaporkan hal serupa yakni perbandingan enkapsulan 10:0 dan 9:1 (maltodekstrin-karagenan) menghasilkan tingkat kemerahan berturut-turut sebesar -6,72 dan -3,98.



Gambar 1. Karakteristik fisik, intensitas kecerahan (L), kemerahan (a^*) serta kekuningan (b^*) kapsul: (a) MK1C1, (b) MK2C1, (c) MK3C1, (d) MK1C2, (e) MK2C2 dan (f) MK3C2.

1 Tingkat kekuningan

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi kapsulan dan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$), sedangkan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap tingkat kekuningan (b^*) kapsul pewarna alami daun singkong. Nilai tingkat kekuningan (b^*) kapsul dapat dilihat pada Gambar 1.

Konsentrasi kapsulan 10% menghasilkan nilai b^* lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 5%. Kecenderungan ini sesuai dengan tingkat kemerahan yaitu konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan warna kapsul cenderung kemerahan. Dengan demikian, penyebab meningkatnya tingkat kekuningan juga disebabkan oleh meningkatnya reaksi pencoklatan. Wartini dan Ganda-Putra (2018) melaporkan hal serupa dimana terjadi peningkatan nilai b^* jika konsentrasi maltodekstrin dan gum arab ditingkatkan dari 10% menjadi 20%.

Peningkatan karagenan cenderung meningkatkan nilai tingkat kekuningan. Rata-rata tertinggi diperoleh pada perbandingan MK3C2 sebesar 28,5, tidak berbeda dengan perbandingan MK2C2 sebesar 25,3 dan menurun signifikan pada perbandingan MK1C2 sebesar 22,0. Sedangkan tingkat kekuningan MK3C1, MK2C1 dan MK1C1 sebesar 19,2, 18,7, dan 17,4. Kecenderungan ini juga sesuai dengan tingkat kemerahan yaitu konsentrasi karagenan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan warna kekuningan pada kapsul. Penelitian serupa dari Purnamayanti *et al.* (2016) nilai b^* meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi karagenan 9,5:0,5, 9,25:0,75 dan 9:1 berturut-turut -10,41, -11,21 dan -11,68.

Indeks efektivitas

Uji indeks efektivitas hanya mempertimbangkan 10 variabel diantaranya klorofil total, kelarutan,

efisiensi enkapsulasi, klorofil a, rendemen, klorofil b, kadar air, tingkat kecerahan (L*), tingkat kemerahan (a*) dan tingkat kekuningan (b*). Berdasarkan hasil analisis, perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan 90%:10% terhadap konsentrasi 5% atau MK2C1 memiliki jumlah IE tertinggi sebesar 0,7299, sehingga menjadi kombinasi perlakuan yang disarankan untuk menghasilkan kapsul ekstrak pewarna alami daun singkong terbaik

KESIMPULAN

Kesimpulan

Perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan dan konsentrasi enkapsulan berpengaruh sangat nyata pada tingkat kecerahan (L*), tingkat kemerahan (a*), tingkat kekuningan (b*), klorofil total, klorofil a, klorofil b dan efisiensi enkapsulasi. Perlakuan perbandingan maltodekstrin-karagenan berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen dan kelarutan, namun berpengaruh tidak nyata terhadap kadar air. Sedangkan konsentrasi enkapsulan berpengaruh tidak nyata terhadap rendemen, kelarutan serta kadar air dan interaksi kedua faktor berpengaruh tidak nyata terhadap seluruh variabel yang diamati.

Perlakuan terbaik untuk menghasilkan kapsul ekstrak pewarna alami daun singkong yaitu menggunakan perbandingan maltodekstrin-karagenan 90%:10% dan konsentrasi 5%. Karakteristik kapsul ekstrak pewarna alami daun singkong yaitu rendemen, kadar air, kelarutan, tingkat kecerahan (L*), tingkat kemerahan (a*), tingkat kekuningan (b*), klorofil total, klorofil a, klorofil b dan efisiensi enkapsulasi berturut-turut sebesar $97,9 \pm 1,60\%$; $6,31 \pm 1,41\%$; $75,57 \pm 1,32\%$; $34,3 \pm 2,01$; $2,3 \pm 0,22$; $18,7 \pm 0,84$; $11,17 \pm 0,10$ ppm; $3,43 \pm 0,04$ ppm; $7,74 \pm 0,13$ ppm dan $73,8 \pm 0,65\%$.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan menggunakan kapsul dengan ukuran lebih kecil dari 40 mesh untuk mempermudah analisis serta melakukan penelitian lebih lanjut terkait analisis stabilitas kapsul pewarna agar diaplikasikan ke dalam bahan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amenra Ramzi Naz, Luh Putu Wrsiati, & Ni Made Wartini. (2022). Karakteristik kapsul ekstrak pewarna bunga kenop (*Gomphrena globosa* L.) pada perlakuan perbandingan gum arab dan karagenan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 68–82.
- AOAC. (1999). *Official methods of analysis* (K. Helrich, Ed.; 15th ed.). AOAC.
- Brian Eka Widaryanto. (2018). Identifikasi pewarna rhodamin B pada kerupuk berwarna yang dijual di Pasar Tanjung Anyar Kota Mojokerto. [Undergraduate Thesis]. STIKES Insan Cendekia Medika Jombang.
- E Srihari, F. S. Lingganingum, R. Hervita, & H. S. Wijaya. (2010). Pengaruh penambahan maltodekstrin pada pembuatan santan kelapa bubuk. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, A-18, 1–7.
- Elida, M., Gusmalini, G., Agustina, A., & Saufani, I. A. (2020). Viabilitas sel dan aktivitas antimikroba bio-kapsul probiotik *Lb paracasei* ssp *paracasei* ml3 hasil ekstrusi karagenan-skim (cell viability and antimicrobial activity of probiotic BIO-CAPSULE *Lb paracasei* ssp *paracasei* ML3 by extrusion karagenan-skim). *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 20(3), 24–29. <https://doi.org/10.25047/jii.v20i3.2355>

- Ernest Paul DeGarmo, John R. Canada, & William G. Sullivan. (1979). *Engineering economy* (Sixth edition). Macmillan Pub. Co.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2012). A new technique for spray-dried encapsulation of lycopene. *Drying Technology*, 30(6), 641–652. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.655871>
- Heri Ahmad Sukria, & Rantan Krisnan. (2009). *Sumber dan ketersediaan bahan baku pakan di indonesia*. IPB Press.
- Hutabarat, R. L. P., Wartini, N. M., & Antara, N. S. (2021). Karakteristik ekstrak pewarna alami daun singkong (*Manihot esculenta*) pada perlakuan jenis pelarut dan suhu maserasi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 53–64. <https://doi.org/10.24843/JRMA.2021.v09.i01.p06>
- Leo M.L. Nollet (Ed.). (2004). *Handbook of food analysis, second edition*, (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482276459>
- N. Rohmat, R. Ibrahim, & P. H. Riyadi. (2014). Pengaruh perbedaan suhu dan lama penyimpanan rumput laut *Sargassum polycystum* terhadap stabilitas ekstrak kasar pigmen klorofil. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1), 118–126.
- Ni Made Wartini, & G. P. Ganda-Putra. (2018). Karakteristik enkapsulat pewarna buah pandan pada perlakuan jenis dan konsentrasi enkapsulan. *Scientific Journal of Food Technology*, 5(2), 139–148.
- Ningsih, I. (2011). *Gambaran penggunaan pewarna sintesis rhodamin b dan metanil yellow pada makanan dan minuman jajanan di pasar sentral kota Makassar*. [Undergraduate Thesis]. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Novita Ika, P., Melvern Jan, C., Priska Adina Chandra, R., & Victoria Kristina, A. (2019). Pengaruh jenis dan konsentrasi enkapsulan dalam proses pembuatan serbuk antosianin dari kubis merah dan bunga telang. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.33508/jtpg.v18i1.1982>
- Nurchaya Dewi, E., Purnamayati, L., & Ayu Kurniasih, R. (2016). Antioxidant activities of phycocyanin microcapsules using maltodextrin and carrageenan as coating materials. *Jurnal Teknologi*, 78(4–2), 45–50. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8151>
- Purnamayati, L., Dewi, E. N., & Kurniasih, R. A. (2016). Karakteristik fisik mikrokapsul fikosianin spirulina pada konsentrasi bahan penyalut yang berbeda. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.20961/jthp.v9i2.12844>
- Rachmawati, W., & Ramdanawati, L. (2020). Pengembangan klorofil dari daun singkong sebagai pewarna makanan alami. *Pharmacoscrypt*, 3(1), 87–97.
- Sekali, E. E. K., Wartini, N. M., & Suhendra, L. (2020). Karakteristik ekstrak aseton pewarna alami daun singkong (*manihot esculenta* c.) pada perlakuan ukuran partikel bahan dan lama maserasi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 5(2), 49–58. <https://doi.org/10.24843/JITPA.2020.v05.i02.p02>
- Slamet Sudarnadji, Bambang Haryono, & Suhardi. (2010). *Analisa bahan makanan dan pertanian*. (2nd ed.). Liberty Yogyakarta.
- Socaciu, C. (Ed.). (2007). *Food colorants*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420009286>
- Sugindro S., Etik Mardiyati, & Joshita Djajadisastra. (2008). Pembuatan dan mikrokapsulasi ekstrak etanol biji jinten hitam pahit (*NIGELLA SATIVA* LINN.). *Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(2), 57–66. <https://doi.org/10.7454/psr.v5i2.3419>
- Umawiranda, P. F., & S. E. Cahyaningum. (2014). Enkapsulasi pirazinamid menggunakan alginate dan kitosan. *Journal of Chemistry*, 3(3), 146–153.
- Umi Retno Ernawati, Lia Umi Khasanah, & R. Baskara Katri Anandito. (2014). Pengaruh variasi dextrose equivalents (de) maltodekstrin terhadap karakteristik mikrokapsulasi pewarna alami daun jati (*Tectona gaudis* L.f.). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(3), 111–120.

- Wahyu Purnomo, Lia Umi Khasanah, & Baskara Katri Anandito. (2014). Pengaruh ratio kombinasi maltodekstrin, karagenan dan whey terhadap karakteristik mikroenkapsulan pewarna alami daun jati (*Tectona grandis* L.F.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3), 99–107.
- Weaver, C. (1996). *The food chemistry laboratory*. CRC Press.

PENGARUH PERBANDINGAN MALTODEKSTRIN-KARAGENAN DAN KONSENTRASI ENKAPSULAN TERHADAP KARAKTERISTIK ENKAPSULAT EKSTRAK PEWARNA DAUN SINGKONG

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	8%
2	vdocuments.site Internet Source	3%
3	docobook.com Internet Source	2%
4	www.scribd.com Internet Source	2%
5	ejournal2.undip.ac.id Internet Source	1%
6	123dok.com Internet Source	1%
7	adoc.pub Internet Source	1%
8	repository.ub.ac.id Internet Source	1%

download.garuda.kemdikbud.go.id

9

Internet Source

1 %

10

seminar.fpp.undip.ac.id

Internet Source

1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On