

**PENGARUH PENYALUTAN TERHADAP STABILITAS WARNA
EKSTRAK SPIRULINA PLATENSIS (*Arthrospira platensis*),
KULIT BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*), dan KULIT
LABU KUNING (*Cucurbita moschata*)**

**EFFECT OF COATING ON COLOR STABILITY OF SPIRULINA
PLATENSIS (*Arthrospira platensis*), DRAGON FRUIT
(*Hylocereus polyrhizus*), and YELLOW PUMPKIN (*Cucurbita
moschata*) peels**

**SRI SAVITRI HANDAYANI
G032211009**



**ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
PROGRAM PASCA SARJANA FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDIN
MAKASSAR
2023**

**Pengaruh Penyalutan Terhadap Stabilitas Warna Ekstrak
Spirulina Platensis (*Arthrospira platensis*), Kulit Buah Naga
(*Hylocereus polyrhizus*), dan Kulit Labu Kuning (*Cucurbita
moschata*)**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan

Disusun dan diajukan oleh

Sri Savitri Handayani

G032211009

Kepada

**ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
PROGRAM PASCA SARJANA FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**PENGARUH PENYALUTAN TERHADAP STABILITAS WARNA
EKSTRAK SPIRULINA PLATENSIS (*Arthrospira platensis*), KULIT
BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*), dan KULIT LABU KUNING
(*cucurbita moschata*)**

**Disusun dan diajukan oleh
SRI SAVITRI HANDAYANI
NIM: G032211009**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Ilmu dan
Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 10 Maret 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
NIP. 19820205 200604 1 002



Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta
NIP. 19660917 199112 2 001

Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Pangan

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin



Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si
NIP. 19770527 200312 1 001



Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc
NIP. 19631231 198811 1 005

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Savitri Handayani
Nim : G032211009
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Maret 2023

Yang Menyatakan,



Sri Savitri Handayani

PRAKATA

Puji dan Syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis yang berjudul "**Pengaruh Penyalutan Terhadap Stabilitas Warna Ekstrak Spirulina Platensis (*Arthrospira platensis*), Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*), Dan Kulit Labu Kuning (*Cucurbita moschata*)**". Pada kesempatan ini perkenankan saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknologi Pangan Pada Program Studi Ilmu Dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar.

Kesempatan ini juga saya ucapkan terima kasih kepada orang tua saya, papah tercinta **Drs. Mas Bambang Trikuntara**. Serta suami tercinta **Nasrul Rahman Nasir, ST., M.T** dan seluruh keluarga yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa untuk menyelesaikan tesis ini. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan dengan baik tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada: bapak **Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si** sebagai pembimbing pertama dan **Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta** sebagai pembimbing kedua. Terima kasih kepada **Prof. Dr. Ir. Amran Laga, Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP, M.Si**, dan **Dr. Andi Hasizah, M.Si**. selaku penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan arahan dalam penyusunan tesis ini.

Melalui kesempatan yang berharga ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Teman angkatan Pascasarjana Ilmu dan Teknologi Pangan yang tergabung dalam group *Rizopus oryzae*.
2. Rekan-rekan yang telah ikut membantu dalam penyelesaian penelitian dan penulisan terutama rekan-rekan di laboratorium GDLN.

Penulis menyadari bahwa tidak ada manusia yang sempurna, sama halnya dengan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya penulis, Aamiin.

Makassar, Maret 2023

Sri Savitri Handayani

ABSTRAK

SRI SAVITRI HANDAYANI. Pengaruh Penyalutan Terhadap Stabilitas Warna Ekstrak *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*), Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*), dan Kulit Labu Kuning (*Cucurbita moschata*). (Dibimbing oleh Februdi Bastian dan Meta Mahendradatta).

Sifat dari pewarna alami sangat sensitif terhadap pH, panas, oksidasi, proses pengolahan dan paparan cahaya. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi penyalut terbaik dari dua perlakuan kombinasi penyalut dan pengaruhnya terhadap stabilitas warna pada masing-masing komoditas yang tersalut serta menemukan kombinasi warna dari pewarna dengan perlakuan terbaik pada kombinasi penyalut. Penelitian ini terdiri 2 tahap; tahap pertama menentukan kombinasi penyalut terbaik untuk setiap komoditi dan tahap kedua mengkombinasikan pewarna yang diperoleh pada tahap pertama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas warna untuk pewarna *cyan* (biru) dari spirulina pada perlakuan tanpa penyalut (L 41,6; a* -21,90; b* -12,7); dengan penyalut maltodekstrin:karagenan (L 46,30; a* -22,53; b* -20,77); dan dengan penyalut maltodekstrin:alginat (L 51,57; a* -18,67; b* -13,20), pewarna *magenta* (merah) dari kulit buah naga pada perlakuan tanpa penyalut (L 26,4; a* 16,40; b* 22); dengan penyalut maltodekstrin:gum arab (L 39,67; a* 30,77; b* 22,27) dan dengan penyalut maltodekstrin:gelatin (L 37,13; a* 29,57; b* 20,83); dan pewarna *yellow* (kuning) dari kulit labu kuning pada perlakuan tanpa penyalut (L 61,4; a* 16,10; b* 69,6); dengan penyalut maltodekstrin:gelatin (L 79,60; a* 8,73; b* 33,13). Stabilitas warna pada tiga komoditas perlakuan tanpa penyalut selama penyimpanan 10 hari dengan cahaya, tanpa cahaya dan berbagai suhu menunjukkan perubahan warna yang signifikan dan tidak stabil, sedangkan untuk perlakuan dengan penyalutan relatif lebih stabil walaupun terdapat perubahan warna tetapi tidak berpengaruh nyata. Dalam pengujian kelarutan warna pada berbagai tingkat pH untuk setiap komoditas, perlakuan tanpa pelapisan umumnya menghasilkan tingkat kelarutan warna yang lebih cepat pada semua tingkat pH, sedangkan perlakuan pelapisan menghasilkan tingkat pelepasan warna yang lebih lambat. Kesimpulannya, ketiga komoditas tersebut dapat dilindungi dan dipertahankan warnanya selama sepuluh hari dengan penyalutan yang digunakan.

Kata Kunci: Pewarna Alami, Penyalutan, Stabilitas Warna

ABSTRACT

SRI SAVITRI HANDAYANI. Effect of Coating on Colour Stability of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*), Dragon Fruit Skin (*Hylocereus polyrhizus*), and Yellow Pumpkin Skin (*Cucurbita moschata*) Extract. (Supervised by Februdi Bastian and Meta Mahendradatta).

The nature of natural dyes is very sensitive to pH, heat, oxidation, processing and exposure to light. This study aimed to obtain the optimal coating combination of the two coating combination treatments applied and its effect on the colour stability of each coated commodity, as well as to find the best colour combination for the dye with the best coating combination. This study consisted of two stages; the first stage was to determine the best coating combination for each commodity, and the second stage was to combine the dyes obtained in stage. The results showed that the colour intensity for the cyan (blue) dye from spirulina in the non-coated treatment (L 41,6; a* -21,90; b* -12,7); maltodextrin: carrageenan coating (L 46.30; a* -22.53; b* -20.77); and maltodextrin: alginate coating (L 51.57; a* -18.67; b* -13.20), *magenta* (red) dye from dragon fruit skin in the non-coated treatment (L 26,4; a* 16,40; b* 22); maltodextrin: gum Arabic coating (L 39.67; a* 30.77; b* 22.27) maltodextrin: gelatine coating (L 37.13; a* 29.57; b* 20.83); and *yellow* (yellow) dye from yellow pumpkin skin in the non-coated treatment (L 61.4; a* 16.10; b* 69.6); maltodextrin: gelatine coating (L 79.60; a* 8.73; b* 33.13). The colour stability of the three non-coated treated commodities during ten days of storage with light, without light and at varied temperatures showed significant and unstable colour changes, while the coated treatments were relatively more stable even though there was a colour change but no significant effect. In tests measuring the solubility of colours at various pH levels for each commodity, the non-coated treatment generally resulted in a faster rate of colour dissolving at all pH levels, while the coating treatment resulted in a slower rate of colour release. In conclusion, the three commodities can be protected and have their colour maintained for ten days using the coating approach.

Keywords: Natural dye, Coating, Colour stability.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pewarna Alami Bahan Pangan.....	5
2.2 Komoditas yang Digunakan Sebagai Bahan Pewarna Alami.....	6
2.2.1 Spirulina platensis (<i>Arthrospira platensis</i>).....	6
2.2.2 Kulit Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	8
2.2.3 Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>).....	11
2.3 Penyalutan.....	14
BAB III.....	23
METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan Tempat.....	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Ekstraksi Pewarna Alami Biru (fikosianin) dari Spirulina platensis (<i>Arthrospira platensis</i>).....	24
3.3.2 Ekstraksi Pewarna merah (Antosianin) Kulit Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	24
3.3.3 Ekstraksi Pewarna kuning (β -karoten) Kulit Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>)	25

3.4	Desain Penelitian dan Analisis Data.....	25
3.4.1	Proses Penyalutan	27
3.5	Variabel penelitian.....	30
3.5.1	Uji Aktivitas Antioksidan.....	30
3.5.2	Uji Intensitas Warna	30
3.5.3	Uji Stabilitas Warna Pada Berbagai Suhu dan Terhadap Cahaya.....	31
3.5.4	Uji Kelarutan Warna Terhadap pH.....	31
3.5.5	Analisis morfologi dan Ukuran partikel mikrokapsul menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	31
3.5.6	Rancangan Kombinasi Warna	32
BAB IV.....		33
HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Pewarna Alami	33
4.2	Intensitas Warna	36
4.2.1	<i>Spiulina Platensis (Arthrospira fusiformis)</i>	37
4.2.2	Kulit Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	39
4.2.3	Kulit Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>).....	40
4.3	Uji Stabilitas Warna Pada Berbagai Suhu dan Terhadap Cahaya	42
4.3.1	<i>Spiulina Platensis (Arthrospira platensis)</i>	42
4.3.2	Kulit Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	47
4.3.3	Kulit Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>).....	53
4.4	Kelarutan Warna Terhadap pH.....	57
4.4.1	<i>Spiulina Platensis (Arthrospira platensis)</i>	57
4.4.2	Kulit Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	59
4.4.3	Kulit Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>).....	60
4.5	Analisis Morfologi dan Ukuran Partikel Penyalutan Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	61
4.6	Rancangan Kombinasi Warna.....	64
BAB V.....		67
PENUTUP		67
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Spirulina platensis</i>	6
Gambar 2. Struktur Buah Labu Kuning (a). Kulit Luar (<i>exocarpium</i>); (b). Daging Buah (<i>sarcocarpium</i>); (c). Kulit Dalam (<i>endocarpium</i>); (d). Biji Buah.....	12
Gambar 3. Kombinasi Warna Primer, Sekunder Dan Tersier.....	14
Gambar 4. Berbagai Bentuk Penyalutan a). Bentuk Mononuclear; b). polynuclear; c). Matriks; dan d). Matriks dengan Tambahan Pelindung (aglomerat).....	16
Gambar 5. Struktur Kimia Maltodekstrin.....	17
Gambar 6. Struktur Kimia Kappa-karagenan, iota karagenan, dan Lambda Karagenan.....	18
Gambar 7. Struktur Kimia Alginat.....	19
Gambar 8. Struktur Kimia Gum Arab.....	19
Gambar 9. Struktur Kimia Gelatin.....	20
Gambar 10. Diagram Alir Proses Ekstraksi dan Penyalutan (A). Pewarna cyan (Fikosianin); (B). Pewarna merah (Antosianin); (C). Pewarna kuning (β - Karoten).....	29
Gambar 11. Hasil Uji Intensitas Warna Dari Pewarna cyan Tanpa Penyalutan dan dengan Penyalutan(MK dan MA).	37
Gambar 12. Hasil Uji Intensitas Warna dari warna merah tanpa Penyalutan (TP) dan dengan penyalutan(MGA) dan (MG).	39
Gambar 13. Hasil Uji Intensitas Warna Kuning tanpa Penyalutan (TP) dan dengan penyalutan(LMG).	41
Gambar 14. Hasil Uji Stabilitas warna Dengan Cahaya lampu.....	43
Gambar 15. Hasil Uji Stabilitas Warna Tanpa Cahaya.....	44
Gambar 16. Hasil Uji Stabilitas Warna Pada Suhu 4° C.....	45
Gambar 17. Hasil Uji Stabilitas Warna Pada Suhu Ruang (25 + 2° C).	46
Gambar 18. Hasil Uji Stabilitas Warna Pada Penyimpanan Suhu 40° C.....	47
Gambar 19. Hasil Uji Stabilitas Warna Terhadap Cahaya.....	48
Gambar 20. Hasil Uji Stabilitas Warna Tanpa Cahaya.....	49
Gambar 21. Hasil Uji Stabilitas warna pada Suhu 4° C.....	50
Gambar 22. Hasil Uji Stabilitas Warna Pada Suhu Ruang (25 +2° C).....	51
Gambar 23. Hasil Uji Stabilitas warna pada Suhu 40° C.....	52
Gambar 24. Hasil Uji Stabilitas Warna pada Cahaya.....	53
Gambar 25. Hasil Uji Stabilitas Warna Tanpa Cahaya.....	54
Gambar 26. Hasil Uji Stabilitas warna pada Suhu 4° C.....	55
Gambar 27. Hasil Uji Stabilitas warna pada Suhu ruang (25 +2° C).....	55
Gambar 28. Hasil Uji Stabilitas warna pada Suhu 40° C.....	56
Gambar 29. Hasil Uji Kelarutan Warna Terhadap pH <i>Spiulina Platensis</i> (<i>Arthrospira platensis</i>).....	58
Gambar 30. Hasil Uji Kelarutan Warna Terhadap pH Kulit Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>).....	59
Gambar 31. Hasil Uji Kelarutan Warna Terhadap pH Kulit Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>).....	61
Gambar 32. Morfologi dan Ukuran Partikel PenyalutanPewarna cyan. (a). Maltodekstrin: Karagenan (MK); (b). Maltodekstrin: Alginat (MA).....	62
Gambar 33. Morfologi dan Ukuran Partikel PenyalutanAntosianin.	63
Gambar 34. Morfologi dan Ukuran Partikel Penyalutanpewarna kuning (β - karoten).....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Gizi Spirulina Platensis	7
Tabel 2. Kandungan vitamin dan Mineral Buah Naga	10
Tabel 3. Kandungan Gizi Labu Kuning.....	12
Tabel 4. Sifat Polimer Pada Penyalutan.....	21
Tabel 5. Kode Kombinasi Penyalut Masing-masing komoditas	26
Tabel 6. Hasil Rancangan Kombinasi Wana Sekunder	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Data Aktivitas Antioksidan	77
Lampiran 2. Hasil Analisis Data Intesintas Warna	79
Lampiran 3. Hasil Analisis Data Stabilitas Warna.....	81
Lampiran 4. Hasil Analisis Data Kelarutan Warna.....	107
Lampiran 5. Warna <i>Hue</i> Pada Diagram <i>Munsell</i>	111
Lampiran 6. Diagram munsell	111
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pewarna makanan merupakan bahan tambahan pangan yang umum ditambahkan pada minuman dan makanan untuk menarik minat konsumen (Sofyaningsih & Iswahyudi, 2018). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI, (2012), secara umum pewarna adalah bahan tambahan pangan berupa pewarna alami dan pewarna sintetis yang ketika ditambahkan atau di aplikasikan pada pangan mampu memberi atau memperbaiki warna. Warna merupakan sifat yang melekat pada makanan dan berhubungan erat dengan persepsi rasa dan kualitas. Sehingga penggunaan pewarna menjadi hal wajib untuk menarik minat konsumen. Agar makanan memiliki warna yang menarik, biasanya produsen makanan menambahkan warna yang cerah dan menggugah selera. Selain itu produsen makanan menambahkan bahan tambahan pangan berupa pewarna makanan untuk memperbaiki perubahan warna akibat proses pengolahan dan penyimpanan. Pada umumnya produsen makanan lebih memilih menggunakan pewarna sintetis dari pada pewarna alami.

Pewarna sintetis adalah zat yang menggunakan zat kimia, dan proses pembuatannya melibatkan reaksi kimia. Terkadang dalam proses pembuatan pewarna sintetis biasanya melalui penambahan asam sulfat atau asam nitrat yang biasa tercampur logam berat sehingga menjadi beracun. Dalam zat pewarna sintetis bersifat beracun karena sering kali terkontaminasi oleh arsen atau logam berat lain (Monte, 2021). Kelebihan pewarna sintetis menurut Angga (2014) adalah harga lebih terjangkau, warna yang dihasilkan lebih cerah, stabil dalam proses pengolahan, praktis dan mudah didapat, memiliki sifat kelarutan yang lebih baik dan mudah tercampur dengan bahan makanan. Namun penggunaan pewarna sintetis dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan gangguan kesehatan pada tubuh manusia (Andini, 2017). Di Indonesia, peraturan mengenai penggunaan zat pewarna yang diizinkan dan dilarang untuk pangan diatur melalui PK BPOM RI Nomor 37 Tahun 2013

tentang batas maksimum penggunaan bahan tambahan pangan pewarna yaitu dalam milligram perkilogram berat badan yang dapat dikonsumsi setiap hari selama hidup tanpa menimbulkan efek merugikan terhadap kesehatan.

Meningkatnya perhatian konsumen terhadap keamanan pangan maka saat ini dilakukan peralihan dari penggunaan pewarna sintetis ke pewarna alami. Pewarna alami dapat didefinisikan sebagai pewarna (pigmen) yang diperoleh dari tumbuhan, hewan atau mineral (Visalakshi & Jawaharlal, 2013). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI, (2012), secara umum pewarna alami (*Natural Colour*) adalah pewarna yang dibuat melalui proses ekstraksi, isolasi, atau derivatisasi (sintesis parsial) dari tumbuhan, hewan, mineral atau sumber alami lain, termasuk pewarna identik alami. Hampir semua bagian tumbuhan dapat diekstrak menghasilkan warna seperti bunga, daun, buah dan batang. Tumbuhan laut yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan pewarna alami adalah mikroalga *Spirulina platensis*. Tumbuhan ini sangat mudah untuk dibudidayakan dan dapat dipanen setelah 15 - 30 hari sehingga ketersediaannya selalu ada (Sari *et al.*, 2018). Selain itu buah naga dan labu kuning juga merupakan buah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Kulit labu kuning dan kulit buah naga belum dimanfaatkan sehingga sering kali dibuang sebagai limbah. *Spirulina platensis*, kulit buah naga, dan kulit labu kuning dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami. *Spirulina platensis* mengandung fikosianin sebagai penghasil warna biru, kulit buah naga mengandung antosianin sebagai penghasil warna merah dan kulit labu kuning mengandung β -karoten sebagai penghasil warna kuning. Akan tetapi pewarna alami tidak stabil dan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, enzim, cahaya, oksigen, suhu, oksidator, penyimpanan dan proses pengolahan. Untuk mengatasi ketidakstabilan pewarna alami yang disebabkan karena faktor lingkungan dibutuhkan metode penyalutan untuk meminimalisir pengaruh lingkungan terhadap stabilitas ekstrak pewarna alami tersebut. Pewarna buatan umumnya memiliki stabilitas kimia yang lebih baik dari pada pewarna alami (Scotter, 2011). Penyalutan adalah proses pelapisan suatu bahan aktif dengan lapisan dinding polimer untuk menghasilkan partikel-partikel kecil berukuran mikro atau nano. Penyalutan atau enkapsulasi ini dapat melindungi bahan aktif dari lingkungan sekitar, seperti cahaya, suhu, dan kelembapan, serta interaksi dengan zat lain. Metode yang sering digunakan untuk penyalutan pewarna alami seperti *Spray*

drying, freeze drying, coaservasi, dan emulsi (Yunilawati et al., 2018), serta teknik lapis tipis (*thin layer drying*) (Yogaswara et al., 2017). Menurut Usada (2018), teknik penyalutan zat warna diharapkan dapat menghasilkan zat warna yang lebih stabil dan memiliki umur simpan yang lebih lama dengan dibuatnya dalam bentuk bubuk. Penyalutan dapat membentuk membran yang dapat melindungi bahan inti dari cahaya, kelembaban, pH dan panas. Penyalutan biasanya digunakan untuk melindungi agar senyawa bioaktif pada bahan makanan fungsional tidak mudah rusak. Produk yang tersalut memiliki keunggulan dalam hal kemudahannya dalam mendistribusikan, mudah digunakan, lebih stabil selama penyimpanan.

Pewarna alami dari ekstrak spirulina platensis, kulit buah naga dan kulit labu kuning menghasilkan warna primer seperti pada konsep CMY (*cyan, magenta, yellow*), dimana CMY merupakan sistem sintesis warna subtraktif. Tampilan warna diperoleh dengan menyaring warna cahaya primer dari cahaya kompleks putih. Filter pirus (*Cyan*) dari putih menghilangkan merah, ungu (*Magenta*) hijau dan kuning (*Yellow*). Konsep ini digunakan untuk pekerjaan pencetakan. Dari warna primer tersebut akan terbentuk turunan warna lainnya seperti warna sekunder, tersier dan netral yang dapat digunakan sebagai referensi untuk pewarna alami makanan.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah proses penyalutan dari pewarna *cyan* atau biru (fikosianin), pewarna merah (antosianin) dan pewarna kuning (β -karoten).
2. Bagaimana pengaruh penyalutan terhadap aktivitas antioksidan, intensitas warna, stabilitas warna, kelarutan warna terhadap pH dan ukuran partikelnya.
3. Bagaimana kombinasi warna yang dihasilkan dari pewarna alami dengan konsep CMY

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mendapatkan kombinasi jenis penyalut terbaik pada proses penyalutan dari pewarna *cyan* atau biru (fikosianin), pewarna merah (antosianin) dan pewarna kuning (β - karoten).
2. Untuk menganalisa pengaruh penyalutan terhadap aktivitas antioksidan, intensitas warna, stabilitas pewarna, kelarutan warna terhadap pH dan ukuran partikelnya.
3. Untuk mendapatkan kombinasi warna yang dihasilkan dari pewarna alami dengan konsep CMY

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pewarna alami yang lebih stabil dalam bentuk bubuk dengan teknik penyalutan, sehingga penggunaan pewarna sintesis dapat digantikan dengan pewarna alami.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pewarna Alami Bahan Pangan

Warna merupakan ciri utama makanan yang menentukan bahwa makanan atau minuman menarik bagi konsumen. Penggunaan pewarna makanan sebagai bahan tambahan pangan dalam industri makanan sangat berguna untuk produsen makanan. Aplikasi warna telah dikenal manusia mulai dari 3500 SM, manusia telah menggunakan zat pewarna alami yang diekstrak dari sayuran, buah-buahan, bunga, dan serangga. Pada tahun 1856 M, WH Perkin menemukan pewarna sintetis yang memberikan berbagai macam warna dengan rentang luas dan lebih cerah (Kant, 2012). Pewarna sintetis bersifat racun dan berefek samping bagi semua makhluk hidup. Warna sintetis merupakan pewarna yang berasal dari turunan mineral (potassium dikromat dan tembaga sulfat) yang dapat menyebabkan masalah kesehatan serius dan memberikan pengaruh berbahaya pada lingkungan (Rymbai *et al.*, 2011). Oleh karena kesadaran masyarakat meningkat akan pentingnya kesehatan maka penggunaan pewarna alami mulai kembali digunakan di seluruh dunia.

Pewarna alami berasal dari tumbuhan, binatang, dan mikroorganisme. Tumbuhan di alam menghasilkan begitu banyak warna. Sebagian besar tumbuhan berwarna hijau (warna paling umum) untuk menangkap cahaya energi dan diubah menjadi energi kimia untuk menghasilkan makanan. Terdapat pigmen dalam pewarna alami untuk memberikan warna. Pigmen adalah struktur cincin aromatik yang digabungkan dengan rantai samping, membentuk *cromogen-kromofor* dengan auksokrom. *Cromogen-kromofor* adalah struktur aromatik yang mengandung cincin benzena, naftalena atau antrasena. Struktur *cromogen-kromofor* tidak cukup untuk memberikan kelarutan dan menyebabkan perlekatan Mordan. Mordan adalah zat pengikat yang melekat dengan baik pada serat dan pewarna (Visalakshi & Jawaharlal, 2013).

Bahan pewarna alami banyak diperoleh dari tumbuhan seperti merah, kuning, biru, hitam, coklat dan kombinasinya. Beberapa tumbuhan

menghasilkan hampir 2000 pigmen di mana sekitar 150 pigmen telah dieksploitasi. Pewarna alami merupakan salah satu pilihan untuk meningkatkan ketahanan dan kualitas pangan karena pigmen alami adalah salah satu zat non gizi yang mampu memberikan nutrisi bagi tubuh. Pewarna alami ditemukan melimpah pada sumber daya alam Indonesia. Pigmen alami aman, baik sebagai makanan maupun pewarna makanan dibandingkan pewarna sintetik. Pigmen alami dapat dimanfaatkan sebagai makanan fungsional sebagian besar merupakan golongan pigmen klorofil, karotenoid, kurkuminoid, dan antosianin (Limantara & Indriatmoko, 2012).

2.2 Komoditas yang Digunakan Sebagai Bahan Pewarna Alami

2.2.1 *Spirulina platensis (Arthrospira platensis)*

Mikroalga merupakan sumber yang potensial dijadikan pewarna alami. *Spirulina* merupakan salah satu jenis mikroalga yang dimanfaatkan sebagai pewarna alami makanan serta diketahui memiliki kandungan bahan yang bermanfaat untuk kesehatan. *Spirulina* merupakan alga hijau biru *foto-autotrof* yang dapat ditemukan pada perairan tawar maupun asin. Mikroalga ini telah lama digunakan sebagai sumber bahan makanan di Meksiko dan Afrika dan merupakan salah satu sumber makanan alami paling potensial untuk manusia. *Spirulina* pertama kali ditemukan oleh Ilmuwan Spanyol Hernando Cortez dan Conquistadors pada tahun 1519. Cortez mengamati bahwa *Spirulina* dimakan di meja orang Aztec selama kunjungannya di Danau Texcoco di Lembah Meksiko (Soni *et al.*, 2017).



Gambar 1. *Spirulina platensis*

Sumber: *Spirulina.Company*, 2014

Spirulina adalah *cyanobacteria* multiseluler dan berfilamen berbentuk spiral dengan diameter 20-100 mikron dan populer di bidang kesehatan, industri makanan dan budidaya. *Spirulina platensis* merupakan jenis bakteri yang mengandung klorofil dan dapat bertindak sebagai organisme yang bisa melakukan fotosintesis untuk membuat makanan sendiri. *Spirulina platensis* berkembang dan tumbuh di air bisa dipanen dan diproses dengan mudah.

Spirulina platensis dapat tumbuh dengan baik di danau, air tawar, air laut, dan media tanah. Spirulina juga memiliki kemampuan untuk tumbuh di media yang mempunyai alkalinitas tinggi sekitar pH 8,5 – 11 dimana mikroorganisme lainnya tidak bisa tumbuh dengan baik dalam kondisi ini. Suhu terendah untuk Spirulina platensis hidup adalah 15°C dan pertumbuhan yang optimal adalah 35 - 40° C (Christwardana & Nur, 2013; Galaffu *et al.*, 2015; Kebede & Ahlgren, 1996). Berikut klasifikasi berdasarkan taksonomi Spirulina platensis:

Kingdom : *Protista*
 Divisi : *Cyanophyta*
 Kelas : *Cyanophyceae*
 Ordo : Nostocales
 Family : *Oscillatoriaceae*
 Genus : *Spirulina*
 Spesies : *Spirulina* sp.

Berbagai organisme laut baik makro maupun mikro memiliki peranan yang sangat penting bagi manusia. Mikroalga memiliki kandungan gizi yang sangat bermanfaat bagi manusia, terutama kandungan protein yang tinggi seperti pada spirulina. Selain memiliki banyak kandungan gizi spirulina juga mengandung karbohidrat, vitamin seperti provitamin A, vitamin C, vitamin E, mineral seperti besi, kalsium, kromium, tembaga, magnesium, mangan, fosfor, kalium, natrium dan seng dapat dilihat pada Tabel 1. Asam lemak esensial asam g-linolenat (GLA), pigmen seperti klorofil a, fikosianin dan karoten (Soni *et al.*, 2017). Spirulina dianggap sebagai makanan lengkap suplemen untuk mencegah kekurangan gizi di negara berkembang. Spirulina dianggap aman untuk konsumsi manusia sebagaimana dibuktikan oleh sejarah panjang penggunaan makanan dan temuan ilmiah terbaru.

Tabel 1. Kandungan Gizi Spirulina Platensis

Parameter	Kandungan (%)
Protein	56 - 62
Lemak	4 - 6
Karbohidrat	17 - 25
Asam Linoleat (gamma)	0,8
Klorofill	0,8
Fikosianin	6,7 - 11,7
Karotein	0,43
Zeaxanthin	0,1
Air	3 - 6

Sumber : Christwardana & Nur (2013)

Beberapa jenis mikroalga salah satunya *cyanophyta* atau *Spirulina platensis* mengandung pigmen biru yang umum disebut Fikosianin. Fikosianin merupakan pigmen polar, yang keberadaannya dalam *Spirulina platensis* bersama dengan allofikosianin dan fikoeritrin. Fikosianin adalah produk intraselular berupa pigmen yang memiliki kromofor tetrapirrol terbuka (*phycobilin*). Peranannya sangat penting untuk proses fotosintetis sebagai pigmen penerima cahaya. Selain itu terdapat komponen lain seperti klorofil-a dan karotenoid yang dipercaya sebagai antioksidan tinggi dan agen antikanker (Pirenantyo & Limantara, 2008), dapat digunakan sebagai alternatif pewarna alami pada makanan, minuman maupun obat-obatan (Chaiklahan *et al.*, 2012), memiliki kemampuan sebagai antioksidan dan anti-inflamasi serta mampu menurunkan kadar kolesterol (Farihah *et al.*, 2014). Oleh karena itu *spirulina platensis* dapat dikembangkan sebagai zat aditif pada pangan fungsional.

Pigmen fikosianin memiliki stabilitas yang rendah terhadap pH, suhu, cahaya, oksigen dan kelembaban. Fikosianin stabil pada kisaran pH 5,5 – 6 dan akan menurun stabilitasnya apabila disimpan pada suhu di atas 47°C (Chaiklahan *et al.*, 2012). Fikosianin stabil pada kondisi penyimpanan yang gelap dengan kelembaban yang rendah (Yan *et al.*, 2014). Bahan dapat dikatakan stabil jika kadarnya tidak berkurang sebanyak lebih dari 50% selama proses pengolahan maupun penyimpanan. Ketidakstabilan dapat dideteksi melalui perubahan sifat fisika, kimia serta penampilan dari suatu bahan (Deviarny *et al.* 2012), sehingga dibutuhkan suatu cara untuk mempertahankan stabilitasnya salah satunya dengan teknologi mikroenkapsulasi (Mauliasari *et al.*, 2019).

2.2.2 Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga atau dragon fruit dikenal sebagai apel kaktus, pitaya dan pitahaya. Buah naga termasuk kedalam keluarga kaktus (*Cactaceae*) yang berasal dari Amerika Selatan (Muas *et al.*, 2016). Berikut klasifikasi berdasarkan taksonomi dari buah naga:

Kingdom : *Plantae*
Sub Kingdom : *Plantae*
Super Divisi : *Tracheobionta*
Divisi : *Spermathophyta*

Kelas : *Magnoliophyte*
Ordo : *Caryophyllales*
Family : *Cactaceae*
Subfamily : *Cactoideae*
Suku (tribe) : *Hylocereae*
Genus : *Hylocereus (Berger) Britt dan Rose*
Spesies : *Hylocereus undatus (Haw.) Britt dan rose, selenicereus sp.*

Secara umum buah naga memiliki 4 jenis tumbuhan yang dibudidayakan di Indonesia di antaranya buah naga kulit merah berdaging merah (*Hylocereus polyrhizus*), buah naga berkulit merah berdaging putih (*Hylocereus undatus*), buah naga berkulit merah berdaging super merah (*Hylocereus costaricensis*) serta buah naga berkulit kuning berdaging putih (*Selenicereus megalanthus*). Buah naga yang paling banyak disukai adalah buah naga berdaging merah (*Hylocereus polyrhizus*) karena rasanya yang enak, manis kadang sedikit asam dan memiliki warna yang menarik (Lutfia *et al.*, 2018).

Buah naga merupakan tumbuhan yang tumbuh merambat atau memanjat, batangnya berbentuk segitiga dan bagian pinggir terdapat duri. Tumbuhan ini tumbuh pada daerah yang kering dan berpasir namun akan tumbuh baik pada tanah yang banyak mengandung bahan organik. Tumbuhan buah naga ini dapat tumbuh pada suhu rata-rata 20 – 30 °C dengan curah hujan 500 – 1500 mm/tahun dan pH tanah sekitar 6,5 – 7 serta aerasi yang baik. Daerah yang memiliki sinar matahari yang cukup dan berada di ketinggian 800 dpl sangat cocok bagi pertumbuhan buah naga merah (Muas *et al.*, 2016). Buah naga memiliki kandungan vitamin dan mineral yang dapat bermanfaat bagi metabolisme tubuh. Kandungan vitamin dan mineral buah naga dapat dilihat pada Tabel 2. Menurut Muas *et al* (2016), buah naga memiliki banyak manfaat bagi kesehatan, seperti menyeimbangkan kadar gula darah, membersihkan darah, menguatkan ginjal, menyehatkan lever, menguatkan daya kerja otak, meningkatkan ketajaman mata, mengurangi keluhan panas dalam dan sariawan, menstabilkan tekanan darah, mengurangi keluhan keputihan, mengurangi kolesterol dan mencegah kanker usus, memperlancar buang air besar, serta untuk perawatan kecantikan.

Tabel 2. Kandungan vitamin dan Mineral Buah Naga

Kandungan	Jumlah
Niasin	1.3 mg
Riboflavin	0,044 mg
Vit C	9,0 mg
Vit B3	0,43 mg
Vit B2	0.045 mg
Vit B1	0,053 mg
Fe	0,65 mg
Posfor	36,0 mg
Ca	8,8 mg
Carotene	0,012 mg
Serat kasar	0,9 gr
Lemak	0,61 gr
Ash/debu	0,28 gr
Protein	0,229 gr

Sumber : (Muas *et al.*, 2016)

Kulit buah naga memiliki jumlah berkisar 30 – 35 % dari berat buahnya yang belum dimanfaatkan dengan optimal sehingga terbuang menjadi sampah (Saati, 2005). Kulit buah naga dapat dijadikan sumber pewarna alami yang aman dan bisa menggantikan pewarna sintetis. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kulit buah naga memiliki kandungan yang bermanfaat bagi manusia. Menurut (Meidayanti Putri *et al.*, 2015), aktivitas antioksidan pada kulit buah naga lebih besar dibandingkan aktivitas antioksidan pada daging buahnya, sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi sumber antioksidan alami. Kandungan kulit buah naga yang dapat dimanfaatkan antara lain adalah kandungan antioksidan dan pigmen alami. Pigmen digunakan dalam industri pangan untuk menambah daya tarik produk. Beberapa pigmen alami seperti antosianin termasuk ke dalam senyawa flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan (Shofinita *et al.*, 2020).

Antosianin termasuk dalam metabolit sekunder, dalam tumbuhan kelas polifenol dikenal sebagai flavonoid. Antosianin adalah kelompok pigmen alami yang larut dalam air dan paling banyak terdapat pada tumbuhan dan memiliki peran penting terhadap warna pada bunga dan buah (Galaffu *et al.*, 2015). Pada kulit buah naga tersebut mengandung antioksidan antosianin yang merupakan senyawa polifenol turunan dari flavonoid dan tahan pemanasan 40 - 60°C (Niah & Helda, 2016). Faktor yang mempengaruhi perubahan warna pada antosianin salah satunya adalah perubahan pH. Antosianin akan berubah merah jika pH asam dan menjadi biru jika pH basa (Meidayanti Putri *et al.*, 2015).

2.2.3 Labu Kuning (*Cucurbita moschata*)

Tumbuhan labu kuning atau waluh atau labu parang merupakan tumbuhan merambat dan bercabang, berumah satu dan berumur pendek yang berasal dari Amerika Tengah dan dikategorikan sebagai tumbuhan hortikultura di banyak negara lain termasuk Afrika. Labu kuning termasuk dalam keluarga *Cucurbitaceae* dan dibudidayakan di daerah yang hangat. Tumbuhan ini tumbuh tidak hanya sebagai tumbuhan pangan tapi juga untuk makanan hewani (Riaz *et al.*, 2015). Labu kuning dapat tumbuh dimana saja baik dataran rendah atau pun dataran tinggi. Tumbuhan ini dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang kering dengan curah hujan sedang pada ketinggian 1000 – 3000 di atas permukaan laut (Purba, 2008).

Klasifikasi labu kuning berdasarkan taksonomi (Kaur *et al.*, 2020)

Divisi : *Spermathophyta*

Sub Divis : *Angiospermae*

Kelas : *Dicotyledonae*

Sub Kelas : *Poly patella*

Ordo : *Passiflorales*

Family : *Cucurbitaceae*

Genus : *Cucurbita*

Species : *Maximus*

Labu kuning memiliki dinding buah (*pericarpium*) yang dapat dibedakan dengan jelas dalam tiga lapisan yaitu kulit luar (*exocarpium*) yang sangat kuat dan keras berwarna kuning, kulit tengah (*mesocarpium*) yang tebal berdaging dan berair serta dapat dimakan sehingga dinamakan daging buah (*sarcocarpium*) dan kulit dalam (*endocarpium*) yang berbatasan dengan ruang yang berisi biji, mempunyai ruang buah selain berisi biji-biji dalam jumlah besar juga masih mempunyai ruangan yang kosong (Tarigan *et al.*, 2018). Struktur buah labu kuning dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Buah Labu Kuning (a). Kulit Luar (*exocarpium*); (b). Daging Buah (*sarcocarpium*); (c). Kulit Dalam (*endocarpium*); (d). Biji Buah
Sumber : Foto Pribadi

Labu kuning kaya akan senyawa bioaktif termasuk karbohidrat, karotenoid, protein, lemak, glikosida dan sitosterol (Riaz *et al.*, 2015). Labu kuning (*Cucurbita moschata*) merupakan salah satu sumber pangan yang memiliki kandungan gizi yang tinggi dan berserat halus sehingga mudah untuk dicerna, kandungan gizi labu kuning dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Gizi Labu Kuning

Kandungan Gizi Jumlah	Kandungan Gizi Jumlah
Energi (kal)	32
Protein (gram)	1,1
Lemak (gram)	0,1
Karbohidrat (gram)	6,6
Kalsium (milligram)	45
Fosfor (milligram)	64
Besi (milligram)	1,4
Karoten total (μg)	180
Tiamin (mg)	0,08
Air (gram)	91,2
Vitamin C (milgram)	52

Sumber : Amanati (2019)

Kandungan karotenoid yang tinggi pada labu kuning yaitu mencapai 160 mg/100gr. Karotenoid ini memberikan warna kuning, jingga hingga merah pada bahan pangan. Karotenoid memiliki beberapa jenis diantaranya α -karoten, β -karoten, astasantin, likopen, lutein, zeasantin, β -criptosantin, dan fukosantin (Rodriguez-Amaya, 2016; Wrolstad & Culver, 2012). Labu kuning mengandung salah satu pigmen karotenoid diantaranya β -karoten yang memberikan warna kuning cerah. Pigmen warna ini berfungsi sebagai prekursor vitamin A (Amanati, 2019). Sifat fungsional karotenoid yang lain adalah kemampuannya sebagai antioksidan sehingga dapat menangkap radikal bebas di dalam tubuh (Manasika & Widjanarko, 2015). Selain buah dari labu kuning limbah dari kulit labu kuning juga bisa dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Menurut Nurdjanah & Usmiati (2007), labu kuning terdiri atas

81 % daging buah, 12,55% kulit dan 6,45 % berupa biji dan jaring – jaring biji. Karotenoid merupakan salah satu komponen yang terdapat pada kulit labu kuning. Oleh karena itu kulit labu kuning memiliki potensi untuk diolah menjadi produk yang lebih bernilai dan fungsional seperti pewarna alami.

2.2.4 Warna primer CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*)

Warna adalah unsur penting dalam suatu karya desain grafis dan salah satu pemikat dan mampu mengundang seseorang untuk mendekati dan melihat lebih jelas. Begitu juga ketika warna diaplikasikan dalam makanan dan minuman akan menarik minat dan menggugah selera bagi yang melihat. Pengertian dari warna primer adalah warna dasar atau warna pokok yang merupakan dasar dari terbentuknya semua warna. Dari perpaduan warna primer tersebut akan menghasilkan warna sekunder, tersier dan netral. Menurut Thabroni (2018), warna sekunder merupakan hasil dari dua warna primer dengan ratio 1 : 1. Seperti warna merah dicampur dengan kuning akan menghasilkan warna orange. Sedangkan warna tersier merupakan campuran dari warna primer dan warna sekunder. Contohnya seperti perpaduan antara warna ungu dan merah akan menghasilkan warna merah keunguan. Terakhir adalah warna netral yang merupakan hasil pencampuran dari ketiga warna primer dengan ratio 1:1:1. Percampuran antara ketiga warna tersebut akan menghasilkan warna gelap kecoklatan seperti hitam dan putih. Perpaduan warna-warna tersebut bisa digunakan sebagai warna dasar bagi pewarna makanan dan minuman. Dari warna primer dapat menghasilkan pewarna alami yang berasal dari tumbuhan sebagai pengganti pewarna sintetis yang berbahaya bagi kesehatan. Ada beberapa jenis dan sistem warna salah satunya yaitu CMY yang biasa disebut dengan warna subtraktif. Warna Subtraktif adalah media yang menggunakan pantulan cahaya untuk menghasilkan warna (Fachrudin, 2019). Konsep warna CMY biasanya digunakan di industri percetakan, untuk menghasilkan warna yang bervariasi diterapkan warna primer subtraktif, yaitu *cyan*, *magenta* dan *yellow*. Kombinasi warna dari konsep CMY dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Kombinasi Warna Primer, Sekunder Dan Tersier

2.3 Penyalutan

Pada umumnya pewarna alami memiliki warna yang tidak stabil pada saat disimpan. Salah satu upaya yang saat ini sedang dikembangkan adalah metode penyalutan. Menurut Sofyaningsih & Iswahyudi (2018), metode ini merupakan salah satu cara yang dapat diterapkan untuk mengkonversi cairan menjadi bubuk dengan cara membungkus cairan tersebut dalam bahan penyalut. Sehingga cairan atau bahan aktif dalam pewarna alami terlindungi dari pengaruh lingkungan yang merugikan seperti oksidasi, hidrolisis, penguapan atau degradasi panas. Selain itu keuntungan lain metode ini adalah penanganan, penakaran, dan pencampurannya ke dalam makanan dan minuman menjadi lebih mudah.

Penyalutan adalah teknologi inovatif yang telah banyak digunakan dalam pertanian, farmasi, makanan, dan industri lainnya untuk membuat struktur pelindung atau kapsul untuk imobilisasi, perlindungan, pelepasan, dan fungsional bahan aktif (Baena-Aristizábal *et al.*, 2019). Mikroenkapsul adalah proses di mana partikel kecil atau tetesan cairan dibungkus atau dilapisi oleh bahan polimer untuk menghasilkan partikel kecil, yang disebut mikrokapsul atau mikrosfer (Pellicer *et al.*, 2018).

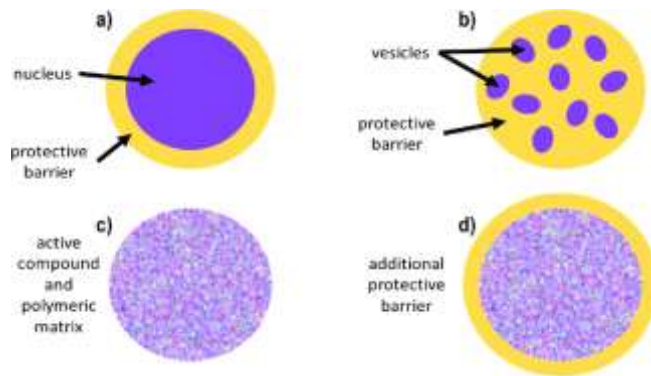
Tujuan dari penyalutan adalah meningkatkan stabilitas bahan inti yang berasal dari bahan alam, meningkatkan masa simpan, sebagai pengontrol pelepasan zat inti, dan dapat melindungi aktivitas zat inti dari gangguan eksternal (Pratama *et al.*, 2021). Penyalutan merupakan salah satu pilihan agar pewarna alami yang terbuat dari bahan alami dapat meningkat umur simpannya. Penyalutan dibantu oleh penggunaan polimer yang mempunyai tujuan atau kegunaan sebagai penyalut dari pewarna alami juga sebagai zat penstabil atau pelindung dari gangguan eksternal pewarna alami yang

tersalut. Kelebihan dari metode ini adalah dapat melindungi senyawa bioaktif yang ada pada ekstrak dan terjaga stabilitasnya (Ozkan *et al.*, 2019). Metode penyalutan dapat menjadi pilihan yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas pewarna alami dari bahan alami. Kekurangan dari metode penyalutan ini adalah prosesnya rumit dan biayanya mahal.

Ada beberapa metode penyalutan berdasarkan ukuran partikelnya seperti *freeze draying*, *spray draying*, *cooling*, *fluid bed coating*, *coacervation*, dan *liposome entrapment* (Tang *et al.*, 2005), serta teknik lapis tipis (*thin layer drying*) (Yogaswara *et al.*, 2017). Pada umumnya metode pengeringan yang digunakan oleh industri minuman serbuk adalah metode *freeze draying* dan *spray draying* akan tetapi metode tersebut memerlukan biaya yang mahal. Metode lapis tipis (*thin layer drying*) merupakan salah satu metode pengeringan yang dapat digunakan untuk memperoleh produk serbuk dengan biaya yang murah karena hanya menggunakan oven. Prinsip pengeringan lapis tipis (*thin layer drying*) adalah proses pengeringan dimana bahan yang akan dikeringkan dibentuk menjadi lapisan-lapisan atau irisan-irisan dengan menggunakan media udara panas, meningkatkan efisiensi pengeringan karena semakin besar luas permukaan maka kecepatan pengeringan akan semakin cepat, sehingga menghasilkan produk yang kering dengan lapisan-lapisan atau irisan-irisan yang tipis. Pengeringan lapis tipis bertujuan untuk menghasilkan bahan pangan berbentuk cair atau semi cair dengan tetap mempertahankan atribut mutu seperti aroma, warna, dan nutrisi dapat dipertahankan (Novia, 2009).

Bentuk sederhana dari penyalutan adalah partikel berukuran kecil dilapisi dinding yang melindungi seluruh bagian bahan inti atau bahan aktif, dapat dilihat pada Gambar 5. Bahan didalam penyalutan disebut bahan inti atau bahan aktif, bahan inti adalah bahan tertentu yang akan disalut, seperti bahan kristal, partikel adsorben bergerigi, emulsi, suspensi padatan atau suspensi mikrokapsul yang lebih kecil. Sedangkan dinding yang mengelilingi bahan inti disebut bahan penyalut, pelapis, cangkang atau membran. Bahan penyalut adalah bahan yang berfungsi untuk melapisi bahan aktif untuk menutupi rasa dan bau yang kurang sedap, memberikan perlindungan dari pengaruh lingkungan yang tidak menguntungkan seperti cahaya, oksigen, dan panas, meningkatkan stabilitas, serta mencegah penguapan (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Pada umumnya mikrokapsul adalah bola kecil dengan diameter

antara beberapa mikrometer dan beberapa milimeter. Ukuran dan bentuk mikropartikel yang terbentuk tergantung pada bahan dan metode yang digunakan untuk membuatnya. Jenis yang berbeda mikrokapsul dan mikrosfer dihasilkan dari berbagai bahan dinding (monomer dan atau polimer).

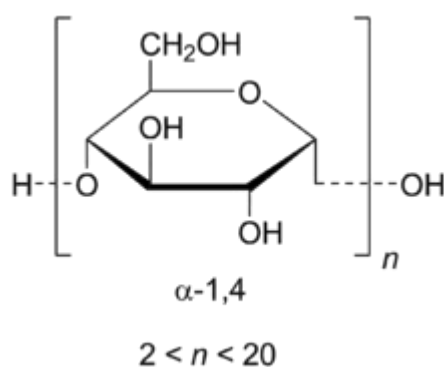


Gambar 4. Berbagai Bentuk Penyalutan a). Bentuk Mononuclear; b). polynuclear; c). Matriks; dan d). Matriks dengan Tambahan Pelindung (aglomerat)
Sumber : Internet

Jenis penyalut yang digunakan untuk proses penyalutan harus bersifat tidak beracun dan tidak bereaksi dengan bahan inti. Jenis penyalut juga akan mempengaruhi proses release saat diaplikasikan pada makanan dan minuman. Bahan penyalut yang digunakan dalam penyalutan dapat terdiri hanya satu jenis penyalut atau penggabungan dari jenis penyalut yang berbeda. Hal ini berkaitan dengan karakterisasi mikrokapsul yang diinginkan, kestabilan penyalutan dan metode enkapsulasi yang digunakan (Jayanudin & Rochmadi, 2017). Bahan penyalut dibagi menjadi 3 yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Bahan penyalut yang terbuat dari karbohidrat yaitu maltodektrin, karagenan, alginat dan gum arab, yang terbuat dari protein yaitu kasein dan gelatin dan yang terbuat dari lemak yaitu lesitin.

Maltodektrin adalah produk hidrolisis pati yang mengandung unit α -D-glukosa terutama diikat melalui ikatan glikosidik 1,4 dengan DE kurang dari 20. Maltodektrin yang terdiri dari polimer maltosa, maltotriosa, dan maltotetraosa. Rumus kimia untuk maltodektrin adalah $[C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$, dapat dilihat pada Gambar 5 yang menggambarkan struktur kimia maltodektrin. Maltodektrin harus memenuhi persyaratan yang ditentukan, yaitu susut pengeringan 6%, sisa pemintalan 0,5%, dan kisaran pH 4-7 (Siahaan, 2012). Maltodektrin merupakan salah satu kelas dalam karbohidrat yang dapat diekstrak dalam berbagai sumber tumbuh-tumbuhan. Maltodektrin dapat diproduksi melalui proses enzimatik atau hidrolisis asam

dari pati. Maltodekstrin memiliki sifat larut dalam air dapat difungsikan sebagai agen kontrol pembekuan dan pengentalan serta sumber prebiotik, tidak berwarna dan dapat melindungi bahan yang mudah menguap (Lee & Chang, 2020). Biasanya digunakan untuk pembuatan produk makanan dan minuman seperti minuman berenergi agar makanan dan minuman memiliki umur simpan yang lama (Takeiti *et al.*, 2010).

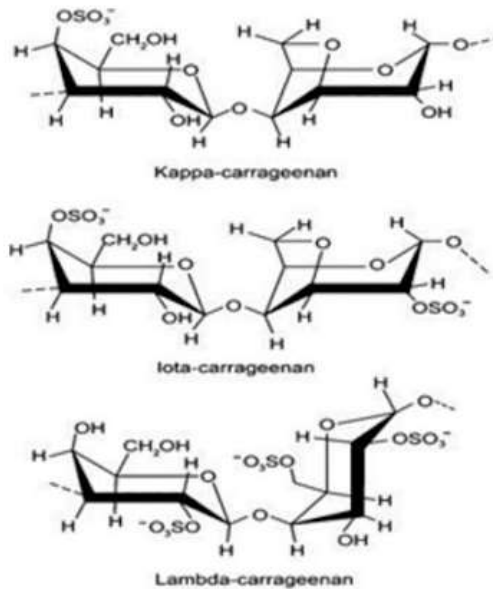


Gambar 5. Struktur Kimia Maltodekstrin

Sumber : Internet

Karagenan merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari ekstrak rumput laut merah (*Rhodophyceae*) yang dapat dijadikan sebagai bahan aditif. Karagenan banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetik, non pangan (seperti tekstil, cat) dan pangan (makanan dan minuman) digunakan sebagai pengental, pengemulsi, pensuspensi, pembentuk gel dan stabilisator. Pada produk pangan, karagenan diaplikasikan pada pembuatan susu, jeli, permen, sirup, dan pudding dan lain-lain (Kumayanjati & Dwimayasanti, 2018). Karagenan dibagi menjadi tiga jenis dapat dilihat pada Gambar 6 yaitu kappa, iota, dan lamda, dimana ketiga jenis ini dibedakan berdasarkan perbedaan ikatan sel dan sifat gel (Fardhyanti & Julianur, 2015). Kappa karagenan (κ -karagenan) merupakan jenis yang paling banyak terdapat di alam. Kappa karagenan akan terputus pada larutan asam tetapi setelah gel terbentuk akan resisten terhadap degradasi dan bersifat kurang hidrofilik. Kappa karagenan membentuk gel yang kuat pada larutan yang mengandung garam kalium. Iota karagenan (i -karagenan) adalah jenis yang paling sedikit jumlahnya di alam dapat ditemukan di *Euchema spinosum* (rumpun laut). Iota karagenan merupakan karagenan yang paling stabil pada larutan asam serta membentuk gel yang kuat pada larutan yang mengandung garam kalsium dan bersifat hidrofilik. Lambda karagenan (λ -karagenan) adalah jenis karagenan kedua terbanyak di alam dan paling stabil setelah iota karagenan. Lambda

karagenan paling stabil pada larutan asam tetapi pada larutan garam tidak larut dan bersifat hidrofobik. lambda karagenan tidak membentuk gel dalam air, tetapi lambda karagenan berinteraksi baik dengan protein sehingga jenis ini cocok untuk produksi makanan (Fardhyanti & Julianur, 2015).



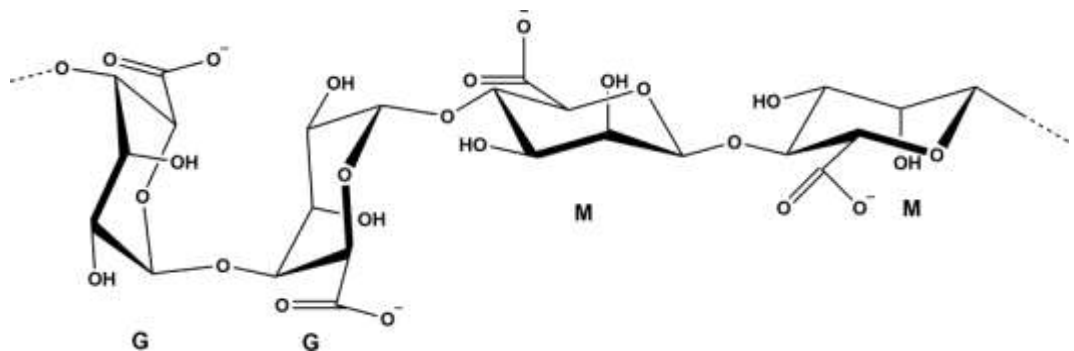
Gambar 6. Struktur Kimia Kappa-karagenan, iota karagenan, dan Lambda Karagenan

Sumber : Internet

Karagenan dari Kappa mengandung 25% ester sulfat dan 34% 3,6-anhidrogalaktosa. Jumlah 3,6-anhidrogalaktosa dalam kappa karagenan adalah yang tertinggi di antara kedua jenis karagenan. Iota karagenan terbentuk dari α -(1,3) D-galaktosa-4-sulfat dan β -(1,4) 3,6-anhidrogalaktosa-2-sulfat, dan mengandung 32% ester sulfat dan 30% 3,6-anhidrogalaktosa. Lamda karagenan terbentuk dari α -(1,3) D-galaktosa-2-sulfat dan β -(1,4) 3,6-anhidrogalaktosa-2,6 disulfat, dan mengandung 35% ester sulfat dengan sedikit atau tanpa 3,6-anhidrogalaktosa (Kiswanti, 2009).

Alginat adalah polisakarida alam yang umumnya terdapat pada dinding sel dari semua spesies alga coklat. Alginat mengandung α -L- guluronic acid (G) dan β -D- mannuronic acid (M) yang dihubungkan dengan ikatan 1,4-glycosidic. Alginat merupakan polimer yang paling banyak digunakan untuk penyalutan karena berbiaya rendah, biokompatibel, tidak beracun, hidrofilik dan diekstraksi dari sumber alam (Bevilacqua *et al.*, 2019). Polimer poliglukoronat yang terdiri dari asam D-mannuronat dan asam L-guluronat yang terikat melalui atom karbon, adalah senyawa awal (prekursor) garam alginat. Asam D-mannuronat dan asam L-guluronat masing-masing

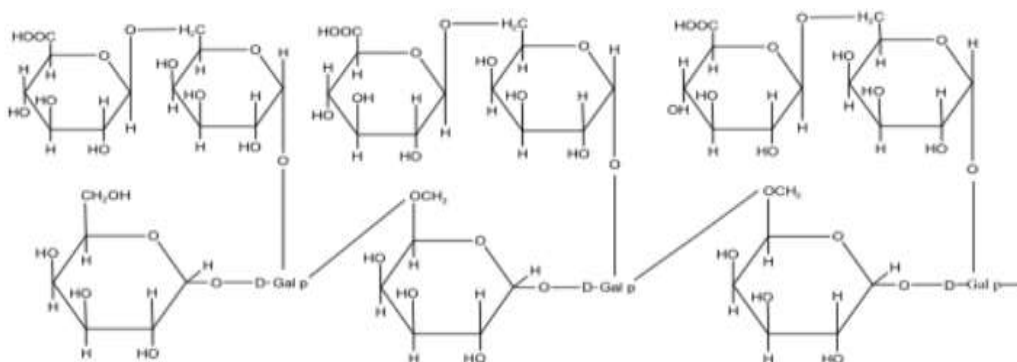
dihubungkan oleh atom karbon 1 dan 4. Ada tiga jenis potongan asam alginat polimer yang diperoleh melalui proses hidrolisis ringan (penguraian zat dengan bereaksi dengan air). Yang pertama adalah polimer manuronat yang terdiri dari asam D-mannuronat; yang kedua adalah polimer guluronat yang terdiri dari asam L-guluronat; dan yang ketiga adalah polimer yang terdiri dari asam D-mannuronat dan asam L-guluronat. Asam D-mannuronat dan asam L-guluronat yang ditemukan sesekali dapat dilihat pada gambar 7 (Syafarini, 2009).



Gambar 7. Struktur Kimia Alginat

Sumber: Internet

Gum arab merupakan salah satu bahan enkapsulan yang stabil dalam berbagai rentang pH dan cocok bila dicampur dengan bahan enkapsulan lain. Gum arab merupakan bahan pengental emulsi yang efektif karena kemampuannya melindungi koloid dan sering digunakan dalam industri pangan. Gum arab memiliki sifat kelarutannya yang tinggi dan viskositasnya rendah, karakteristik utama gum arab adalah bersifat pembentuk tekstur, pembentuk film, pengikat dan tahan terhadap panas (Meliala *et al.*, 2014).



Gambar 8. Struktur Kimia Gum Arab

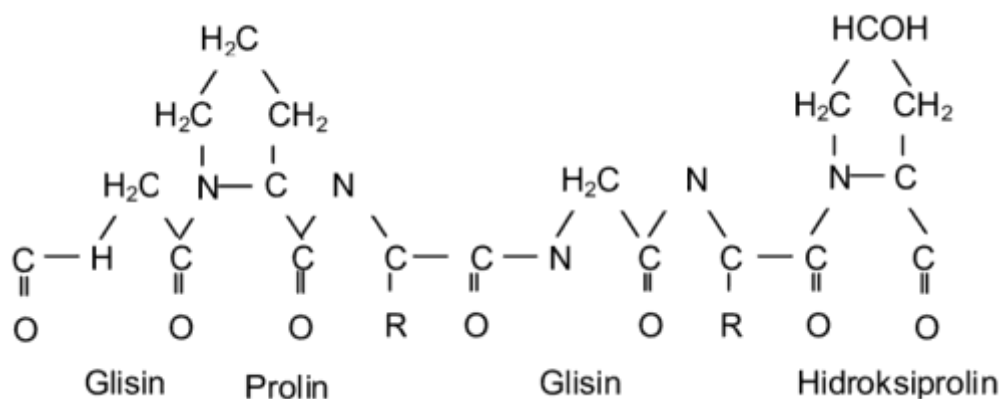
Sumber : Internet

Struktur kimia gum arabic terdiri dari D-Galaktosa, L-Arabinosa, asam D - Glukoronat, dan L - rhamnosa, dan berfungsi sebagai pengemulsi pada

bahan makanan yang dapat membentuk tekstur pada media gula, serta penstabil jangka panjang dapat dilihat pada Gambar 8 (Gitawuri Ganes et al., 2014).

Kasein merupakan komponen protein bagian dari grup phosphoprotein yang paling besar dan terdapat pada susu dimana protein yang terkandung sebesar 80% dan terdiri dari sekumpulan protein yang terikat sesuatu yang mengandung asam fosfor. Molekul kasein dapat menyatu dan membentuk kasein *michelle* (gumpalan kecil kasein) melalui interaksi-interaksi protein seperti ikatan hidrogen, hidrofobik, ikatan elektron serta adanya kalsium dan fosfat. Menambahkan kasein ke dalam emulsi akan meningkatkan pH, kasein memiliki kapasitas yang lebih rendah untuk mengikat air. Sampel yang diberi kasein juga menunjukkan kandungan minyak di permukaan yang lebih rendah dikarenakan kemampuan emulsi yang lebih besar pada kasein yang menyebabkan terbentuknya banyak fase hidrofobik (Sabari et al., 2014).

Gelatin merupakan biopolimer penting yang merupakan turunan dari kolagen. Kolagen terdiri dari kandungan glisin, proline, dan hidroksiprolin yang tinggi dan terdenaturasi dalam larutan asam dan berubah menjadi protein larut seperti gelatin ketika larut dalam larutan panas (di atas suhu transisi struktur super heliks kolagen). Gelatin larut dalam air pada suhu sekitar 40°C dan dalam keadaan sol. Gelatin bersifat biodegradable, tidak beracun, dan mudah berikatan silang dan mudah terurai. Gelatin sering digunakan dalam industri makanan, farmasi, biomedis dan fotografi (Ang et al., 2019).



Gambar 9. Struktur Kimia Gelatin

Sumber : (Hermanto et al., 2015)

Gelatin terdiri dari rantai asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Komposisi asam amino adalah Gly-X-Y, di mana X biasanya

merupakan asam amino prolin dan Y biasanya merupakan asam amino hidroksiprolin gelatin dapat dilihat pada Gambar 9. hidroksiprolin. Glysin (26-34%), prolin (10-18%), dan hidroksiprolin (7-15%) adalah rantai asam amino yang paling banyak terdapat pada gelatin (Hermanto et al., 2015).

Tabel 4. Sifat Polimer Pada Penyalutan

Polimer	Sifat	Referensi
Maltodektrin	kelarutan tinggi dalam air, viskositas dan kadar gula rendah, tidak berwarna, dapat melindungi bahan yang mudah menguap.	(Lee & Chang, 2020; Stoll <i>et al.</i> , 2016)
Karagenan	hidrofobik dan hidrofilik (berdasarkan: tipe karagena, temperature, pH)	(Kaya <i>et al.</i> , 2015)
Alginat	hidrofilik (suatu senyawa yang dapat berikatan dengan air), biocompatible, tidak beracun.	(Bevilacqua <i>et al.</i> , 2019)
Gum arab	pH stabil, emulsi yang stabil, dapat dikombinasikan dengan penyalut lain, kelarutan tinggi, viskositas rendah.	(Kanakdande <i>et al.</i> , 2007)
Kasein	Hidrofobik, kemampuan emulsi yang lebih besar, dapat meningkat pH	(Wang <i>et al.</i> , 2015)
Gelatin	Biodegradable, Mudah Teurai, Tidak Beracun, mudah diikat secara silang	(Ang <i>et al.</i> , 2019)
Lesitin	satu bagian yang menarik air (hidrofilik/polar) dan bagian lain yang tertarik pada lemak (lipofilik/nonpolar)	(Hudiyanti <i>et al.</i> , 2012)

Lesitin merupakan emulsifier penting yang digunakan dalam industri makanan, obat-obatan yang berperan secara aktif menurunkan tegangan permukaan dalam pembentukan emulsi. Hal ini disebabkan karena lesitin

memiliki kepala yang bersifat hidrofilik atau menarik air dan ekor yang bersifat lipofilik atau menarik minyak. Bagian hidrofilik terdiri dari ester fosfat sedangkan bagian lipofiliknya terdiri atas dua rantai asam lemak. (Hudiyanti *et al.*, 2012). Secara teknis, lesitin berasal dari kuning telur dan tumbuhan penghasil minyak seperti rami, kapas, kedelai dan jagung. Sifat polimer saat di diaplikasikan pada proses penyalutan dirangkum pada Tabel 4.