

**ENKAPSULASI EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU
(*Ipomea batatas* L) TEKNIK COACERVATION MENGGUNAKAN
ALGINAT DAN PEKTIN SEBAGAI GEL MATRIKS**

***ENCAPSULATION OF PURPLE SWEET POTATO
ANTHOCYANIN EXTRACT (*Ipomea batatas* L) BY
COACERVATION TECHNIQUE USING ALGINATE AND PECTIN
AS MATRIX GEL***

**HUSNUL HATIMAH
G032202012**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**ENKAPSULASI EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU
(*Ipomea batatas* L) TEKNIK COACERVATION MENGGUNAKAN
ALGINAT DAN PEKTIN SEBAGAI GEL MATRIKS**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan

Disusun dan diajukan oleh

**Husnul Hatimah
G032202012**

Kepada

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS

ENKAPSULASI EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU (*Ipomea batatas* L) TEKNIK COACERVATION MENGGUNAKAN ALGINAT DAN PEKTIN SEBAGAI GEL MATRIKS

Disusun dan diajukan oleh

HUSNUL HATIMAH**NIM : G032202012**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Ilmu dan Teknologi

Pangan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 1 Agustus 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS
NIP. 19621231 198803 1 020

Pembimbing Pendamping



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

Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Pangan



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



Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Husnul Hatimah
NIM : G032202012
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "ENKAPSULASI EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU (*Ipomea batatas* L) TEKNIK COACERVATION MENGGUNAKAN ALGINAT DAN PEKTIN SEBAGAI GEL MATRIKS" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 11 Agustus 2023



Husnul Hatimah
NIM. G032202012

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas limpahan rahmat dan kasih-Nya, serta shalawat kepada Baginda Rasulullah SAW. Alhamdulillah atas segala ridho-Nya penulisan tesis yang berjudul “**ENKAPSULASI EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU (*Ipomea batatas* L) TEKNIK COACERVATION MENGGUNAKAN ALGINAT DAN PEKTIN SEBAGAI GEL MATRIKS**” ini dapat terselesaikan sebagai salah satu syarat meraih gelar magister.

Penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS** sebagai pembimbing pertama dan **Dr. Febuadi Bastian, S.TP., M.Si** sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, tanggapan dan motivasi selama proses perkuliahan, penelitian hingga dalam tahap penyusunan tesis ini. Serta kepada **Prof. Dr. Ir. Mahendradatta, MS, Prof. Ir. Andi Dirpan, S.TP., M.Si., PhD dan Ir. Hasnawaty Habibie, M.App.Sc.PhD** selaku tim penguji yang telah banyak memberikan bimbingan, saran dan motivasi kepada penulis.

Melalui lembaran ini, penulis ingin mengungkapkan rasa syukur tak hingga kepada Allah SWT yang telah menghadirkan orang-orang hebat dan setia dengan segala kekuatan, kepedulian dan bantuan tulus ikhlas kepada penulis selama penyusunan tesis ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis, **Asriadi Umar** dan **Naspiah** atas segala doa, kasih sayang, nasihat, motivasi yang tak henti hingga pada tahap ini, serta sebagai pemicu semangat juang penulis untuk terus mengejar cita dan harapan, serta terus menjadi manusia yang lebih baik dan bermanfaat.
2. Ketua Program Studi Magister Ilmu dan Teknologi Pangan, **Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si** yang telah memberi bimbingan, arahan, dan motivasi kepada kami penulis serta rekan-rekan mahasiswa magister lainnya
3. **Staf dosen dan staf akademik** Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan yang telah memberikan banyak ilmu dan dukungan moril kepada penulis selama menempuh proses perkuliahan magister.
4. Laboran Prodi Ilmu dan Teknologi Pangan, **Andi Rezukiannisa, S.Pi., Hasmiyani, Nurul Fathanah, S.TP., M.TP** atas segala arahan dan bimbingannya selama penulis melakukan penelitian di laboratorium.
5. Saudara-saudari seperjuangan, **mahasiswa Magister Angkatan 2020 Genap** yang senantiasa kebersamai dalam proses perkuliahan, serta sebagai pemantik semangat penulis dalam menuntaskan tesis. Terkhusus **kak Emmy, kak Arma** yang banyak menyalurkan ide, inspirasi, dan energi positif selama perkuliahan.
6. Seperjuangan mahasiswa magister lintas angkatan yang senantiasa memberi motivasi dalam hal akademik. Terkhusus **Khadijah, Kak Ria, Rahma, Ria Andriana, Kak Andysniar, Desak, Sunrixon, Binta, Kak Stevano, Mbak Jenny**.
7. Sahabat, **Tata Fathanah** dan **Farahdiba** sekaligus seperjuangan dalam bangku kuliah magister. Meskipun terbilang senior dalam angkatan perkuliahan, namun suka duka berkuliah dijalani bersama. Walau keduanya sudah wisuda, tak henti-hentinya untuk memotivasi penulis untuk masuk di Baruga Unhas segera memakai toga.
8. Sahabat sejak di bangku menuju sarjana, **Nuril, Andi Fadiyah, Elisa, Sarinah, Darmawan, Laras, Nur Azizah, Syamsi, dan Karimah** yang masih turut andil memberi motivasi dan solusi ketika penulis berada di fase tersulit, utamanya

dalam menghadapi *trial error* penelitian, juga memberi masukan dalam pengolahan data dan penulisan tesis.

9. Sahabat sejak kehidupan berasrama, **Hardyanty, Riska SW, Bau Cahaya** yang tak henti saling support langkah menyelesaikan studi.
10. Sahabat sejak zaman kanak-kanak yang masih terus kebersamai hingga kini, **Usri, Hani, dan Ayu**, saling mendukung dari zaman mengerjakan tugas rumah hingga mengenal yang disebut tugas-tugas kuliah.
11. Saudara satu-satunya, **Siti Rahmah Dzulhijah**, atas segala dukungan dan do'a kepada penulis yang berjuang menuntaskan kuliah magister.

Serta pihak lainnya yang tak dapat lagi disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala dukungan dan motivasi tak henti. Semoga segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan mendapat imbalan dan limpahan rahmat yang berlipat ganda dari Allah SWT. Serta semoga tesis ini memberikan kebermanfaatn bagi sesama. Aamiin.

Sepatah kalimat, *apa yang kamu mulai, menjadi tanggung jawabmu dalam menuntaskannya. Jangan pernah mundur, walau jalanmu terlihat tak signifikan dari yang lainnya. Dalam prosesmu, teruslah melangitkan do'a dan membumikan ikhtiar.*

Makassar, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

HUSNUL HATIMAH. **Enkapsulasi Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L) Teknik *Coacervation* menggunakan Alginat dan Pektin sebagai Gel Matriks** (dibimbing oleh Amran Laga dan Februadi Bastian).

Penggunaan pewarna non-pangan menjadi permasalahan di bidang keamanan pangan. Salah satu upaya dalam mengatasi hal tersebut adalah pembuatan produk pewarna alami dari pigmen antosianin ubi jalar ungu. Antosianin bersifat rentan mengalami kerusakan oksidatif sehingga teknik enkapsulasi perlu dilakukan sebagai upaya dalam mempertahankan senyawa bioaktif. Enkapsulasi dengan metode *coacervation* adalah proses penyalutan antosianin sebagai bahan aktif menggunakan pektin dan alginat sebagai gel matriks dengan prinsip pembentukan gelasi ionik. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi alginat terbaik dan waktu perendaman droplet dalam CaCl_2 terbaik terhadap pembentukan enkapsulat antosianin, serta identifikasi warna dan interaksi senyawa enkapsulat antosianin ubi jalar ungu yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi alginat (0%; 0,5%; 1%; 1,5%) dan variasi waktu perendaman droplet dalam CaCl_2 (0, 10, 20, 30 menit). Parameter penelitian yang digunakan adalah kadar air, kelarutan, antosianin, release antosianin, efisiensi enkapsulasi, aktivitas antioksidan IC_{50} , warna, dan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi alginat terbaik ditinjau dari tingkat kelarutan dan ketahanan senyawa bioaktif antosianin ubi jalar ungu adalah konsentrasi alginat 1% dengan nilai kadar air sebesar 1,02%, kelarutan sebesar 51,87%, kandungan total antosianin sebesar 20,77 mg/L, aktivitas antioksidan IC_{50} sebesar 4049,73 ppm, efisiensi enkapsulasi sebesar 32,43%, dan release antosianin sebesar 1,37 mg/L. Waktu perendaman droplet dalam CaCl_2 terbaik terhadap pembentukan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu adalah menit ke-20 dengan nilai total antosianin sebesar 14,39 mg/L dan efisiensi enkapsulasi sebesar 22,48%. Warna enkapsulat antosianin yang dihasilkan L^* berkisar pada angka 50,44-52,44 diidentifikasi memiliki tingkat kecerahan cukup tinggi, a^* berkisar pada angka 20,98-27,98 diidentifikasi warnanya cenderung merah, b^* berkisar pada angka 0,57-1,95 yang diidentifikasi warna menuju spektrum kuning. Keterikatan senyawa enkapsulat antosianin diprediksikan adanya vibrasi gugus hidroksil, karbonil, karboksil, alkena, dan amida yang memungkinkan ikatan antarsenyawa antosianin, pektin, alginat, dan CaCl_2 .

Kata kunci: penyalut, efisiensi, kelarutan, warna

ABSTRACT

HUSNUL HATIMAH. **Encapsulation of Purple Sweet Potato Anthocyanin Extract (*Ipomea batatas* L) by Coacervation Technique using Alginate and Pectin as Matrix Gel** (supervised by Amran Laga dan Februadi Bastian)

The use of non-food dyes is a problem in food safety. One of the efforts to solve this problem is the making of natural coloring products from purple sweet potato anthocyanin pigments. Anthocyanins are sensitive to oxidative damage, so encapsulation techniques need to be used to preserve bioactive compounds. Encapsulation with the coacervation method in this study is encapsulating anthocyanins as active ingredients by using pectin and alginate as matrix gel with the principle of ionic gelation formation. This study aims to find the best alginate concentration and the best droplet soaking time in CaCl_2 for the formation of anthocyanin encapsulates, and to identify the color and interactions of the compound of purple sweet potato anthocyanin encapsulates produced. This study used variations of alginate concentration (0%; 0.5%; 1%; 1.5%) and variations of droplet soaking time in CaCl_2 (0, 10, 20, 30 minutes). The research parameters used were moisture content, solubility, anthocyanin, anthocyanin release, encapsulation efficiency, antioxidant activity IC_{50} , color, and FTIR. The results showed that the best alginate concentration in view of the level of solubility and retention of bioactive compounds of purple sweet potato anthocyanins was 1% with a moisture content value of 1.02%, solubility of 51.87%, total anthocyanin content of 20.77 mg/L, antioxidant activity IC_{50} of 4049,73 ppm, encapsulation efficiency of 32.43%, and anthocyanin release of 1.37 mg/L. The best droplet soaking time in CaCl_2 for the formation of purple sweet potato anthocyanin encapsulates is 20 minutes with a total anthocyanin value of 14.39 mg/L and an encapsulation efficiency of 22.48%. The color of the resulting anthocyanin encapsulates L^* ranged from 50.44-52.44 identified as having a high level of brightness, a^* ranged from 20.98-27-98 identified as tending to red, b^* ranged from 0.57-1.95 identified as color towards the yellow spectrum. The binding of anthocyanin encapsulate compounds is predicted by the vibrations of hydroxyl, carbonyl, carboxyl, alkene, and amide groups which are possible bonds between anthocyanin compounds, pectin, alginate, and CaCl_2 .

Keywords: coating, efficiency, solubility, color

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	II
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	III
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	IV
UCAPAN TERIMA KASIH.....	V
ABSTRAK.....	VII
ABSTRACT	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 <i>State of the Art</i>	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ubi Jalar Ungu (<i>Ipomea batatas</i> L).....	6
2.2 Antosianin.....	7
2.3 Enkapsulasi	9
2.4 Teknik <i>Coacervation</i>	11
2.5 Alginat.....	13
2.6 Pektin.....	14
2.7 Pektin-Alginat	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Bahan Penelitian	17
3.2 Alat Penelitian	17
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.4 Rancangan Penelitian	18
3.4.1 Desain Penelitian.....	18
3.4.2 Variabel Penelitian.....	18
3.5 Prosedur Penelitian	19

3.5.1 Ekstraksi Antosianin Ubi Jalar Ungu	19
3.5.2 Enkapsulasi Antosianin Ubi Jalar Ungu	19
3.5.3 Analisa Fisiko-Kimia	23
1. Analisa Kadar Air Basis Kering Metode Thermogravimetri	23
2. Analisa Kelarutan	23
3. Analisa Total Antosianin Metode pH Differensial	24
4. Efisiensi Enkapsulasi.....	25
5. Uji Release Antosianin Enkapsulat	25
6. Analisa Aktivitas Antioksidan Metode DPPH	25
7. Analisa Kolorimetrik.....	26
8. Analisa Fourier Transform Infrared Spectrometry (FTIR).....	26
3.6 Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Kadar Air.....	27
4.2 Kelarutan	29
4.3 Total Antosianin.....	31
4.4 Efisiensi Enkapsulasi	33
4.5 <i>Release</i> Antosianin Enkapsulat	34
4.6 Aktivitas Antioksidan IC ₅₀	36
4.7 Warna (Kolorimetrik)	37
4.8 Hasil Analisis Gugus FTIR	39
BAB V PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu Per 100 g	7
Tabel 2. Karakteristik Proses Enkapsulasi	10
Tabel 3. Hubungan Konsentrasi Alginat terhadap Warna Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu	37
Tabel 4. Hubungan Waktu Perendaman terhadap Warna Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu	39
Tabel 5. Acuan Spektrum FTIR	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur utama antosianidin.....	8
Gambar 2. Struktur Antosianin Ubi Jalar Ungu	8
Gambar 3. Pembuatan enkapsulat metode koaservasi	12
Gambar 4. Struktur kimia alginat	13
Gambar 5. Struktur kimia pektin	14
Gambar 6. Mekanisme gelasi pektin bermetoksil tinggi dan bermetoksil rendah	15
Gambar 7. Diagram alir prosedur ekstraksi antosianin ubi jalar ungu	21
Gambar 8. Diagram alir prosedur enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu	22
Gambar 9. (a) enkapsulat basah, (b) enkapsulat kering, (c) enkapsulat kering setelah digerus.....	27
Gambar 10. Hubungan konsentrasi alginat terhadap kadar air enkapsulat antosianin ubi jalar ungu.....	28
Gambar 11. Hubungan konsentrasi alginat terhadap kelarutan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu.....	30
Gambar 12. Hubungan konsentrasi alginat terhadap total antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu.....	31
Gambar 13. Hubungan waktu perendaman dalam CaCl_2 terhadap kadar air enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	32
Gambar 14. Hubungan konsentrasi alginat terhadap efisiensi enkapsulasi enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	33
Gambar 15. Hubungan waktu perendaman dalam CaCl_2 terhadap efisiensi enkapsulasi enkapsulat antosianin ubi jalar ungu.....	34
Gambar 16. Hubungan konsentrasi alginat terhadap <i>release</i> antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	35
Gambar 17. Hubungan konsentrasi alginat terhadap aktivitas antioksidan IC_{50} enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	36
Gambar 18. Hasil analisis gugus FTIR enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	40
Gambar 19. Hipotesa interaksi ikatan senyawa antosianidin, pektin, alginat pada enkapsulat antosianin.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengujian kadar air enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	51
Lampiran 2. Hasil pengujian kelarutan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu.....	53
Lampiran 3. Hasil pengujian aktivitas antioksidan ic_{50} enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	55
Lampiran 4. Hasil pengujian total antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	57
Lampiran 5. Hasil pengujian efisiensi enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	59
Lampiran 6. Hasil pengujian warna (L) enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	61
Lampiran 7. Hasil pengujian warna (a) enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	63
Lampiran 8. Hasil pengujian warna (b) enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	65
Lampiran 9. Hasil pengujian release antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu	67
Lampiran 10. Diagram Warna CIELAB.....	68
Lampiran 11. Interpretasi Spektrum FTIR	69
Lampiran 12. Hasil FTIR Enkapsulat Antosianin.....	73
Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian.....	89
Lampiran 14. Dokumentasi Enkapsulat Antosianin.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diketahui jumlah substrat pati ubi jalar ungu relatif rendah sebesar 7% dari rasio berat 100 g (Milind & Monika, 2015). Sehingga kurang efektif untuk dikembangkan sebagai produk turunan pati modifikasi dikarenakan akan membutuhkan bahan baku dalam jumlah besar dalam proses produksi. Penelitian Hatimah *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa produksi maltodekstrin ubi jalar ungu diperoleh nilai gula reduksi berkisar 27,4-32,65% dan total antosianin 0,33-1,4 mg/L. Nilai antosianin relatif rendah dikarenakan antosianin bersifat hidrofilik sehingga terlarut dalam filtrat selama proses ekstraksi pati ubi jalar ungu. Meskipun filtrat tersebut masih tetap digunakan dalam proses pencampuran substrat, namun nilai antosianinnya masih rendah pada produk maltodekstrin tersebut. Sehingga hal ini menjadi pertimbangan peneliti untuk memanfaatkan kandungan antosianin sebagai bahan pewarna alami yang aman dikonsumsi dikarenakan angka penggunaan bahan tambahan non pangan semakin tinggi.

Penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) non-pangan kategori zat pewarna banyak ditemukan pada pangan jajanan anak sekolah (PJAS), pameran kuliner, industri rumah tangga, dan lain-lain. Berdasarkan laporan BPOM (2020), kasus penggunaan bahan berbahaya di Kota Jakarta terdapat 24 sampel mengandung Rhodamin B pada produk sagu ambon merah, kerupuk merah, cone pink, candil merah, pacar cina, kerupuk melarat. Serta terdapat 3 sampel yang mengandung methanil yellow pada tahu cina dan cone coklat. Selanjutnya, hasil sidak pangan oleh BPOM Mamuju Provinsi Sulawesi Barat teridentifikasi positif mengandung Rhodamin B pada produk es doger (BPOM, 2022).

Menurut BPOM (2019), melakukan investigasi produk pangan ilegal yang menggunakan pewarna non-pangan Rhodamin-B. Nama lain rhodamin B adalah D and C Red no 19, Food Red 15, ADC Rhodamine B, Aizen Rhodamine, dan Brilliant Pink. Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan No. 239/MenKes/Per/V/85 tentang zat warna tertentu yang dinyatakan sebagai bahan berbahaya, Rhodamin-B termasuk ke dalam bahan berbahaya bagi kesehatan. Diketahui bahwa Rhodamin-B merupakan zat pewarna tekstil yang tentu sangatlah berbahaya jika dikonsumsi. Rhodamin B merupakan pewarna sintetis berbentuk serbuk kristal, berwarna hijau atau ungu kemerahan, tidak berbau, dan dalam larutan akan

berwarna merah terang berpendar/berfluorosensi (Gresshma & Paul, 2012). Rhodamin B merupakan zat warna golongan *xanthenes dyes* yang digunakan pada industri tekstil dan kertas, digunakan sebagai pewarna kain dan kertas. Jenis bahan pewarna non-pangan ini sangat berbahaya jika dikonsumsi (Hevira *et al.*, 2020). Olehnya itu sangat perlu adanya pengembangan dalam membuat zat pewarna alami sebagai bahan tambahan pangan yang aman dan sehat.

Antosianin sebagai pigmen alami dari tumbuhan yang sifatnya mudah larut dalam air dan aman dikonsumsi sehingga sering digunakan sebagai pewarna alami pada makanan dan minuman (Chisté *et al.*, 2010). Beberapa ekstrak kaya antosianin dari buah-buahan dan sayuran dapat digunakan sebagai pewarna makanan untuk menggantikan pewarna sintetis untuk keamanan produk pangan. Selain sebagai sumber pewarna alami, antosianin juga menunjukkan sejumlah fungsi biologis diantaranya memiliki aktivitas antioksidan dan anti-karsinogen, dan kemampuan untuk meningkatkan memori (Cho *et al.*, 2003; Hwang *et al.*, 2011). Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L) menjadi salah satu sumber bahan alami yang menghasilkan antosianin. Menurut Montilla *et al.* (2010) antosianin yang dominan di dalam ubi jalar ungu adalah 3-sophorosida-5-glukosida turunan peonidin dan sianidin.

Antosianin rentan terhadap panas, cahaya, pH, oksigen dan beberapa enzim seperti polifenol oksidase, yang membatasi kegunaannya dalam pengolahan makanan (Cavalcanti *et al.*, 2011; Malien *et al.*, 2001). Diketahui bahwa antosianin memiliki banyak gugus hidroksil sehingga sangat labil dengan senyawa polar. Antosianin yang terasilasi dapat mempertahankan aktivitas antioksidan (Matera *et al.*, 2015). Antosianin dalam pengaplikasiannya sebagai pewarna sangat mudah mengalami oksidasi. Dengan demikian untuk meningkatkan kestabilan antosianin, diperlukan media penstabil, yaitu dengan mengikat bahan aktif tersebut dengan matriks pembawa (*carrier matrix*) dalam bentuk enkapsulasi. Menurut Ozkan dan Bilek (2014) bahwa enkapsulasi merupakan teknik untuk melapisi atau menyalut bahan aktif dengan lapisan dinding polimer sehingga menghasilkan partikel kecil berukuran mikro ataupun nano. Bertujuan untuk melindungi bahan aktif dari kondisi lingkungan sekitar seperti cahaya, suhu, kelembaban, dan terhadap interaksi dengan zat lainnya. Ada beberapa teknik yang sering digunakan enkapsulasi pewarna alami, seperti *spray drying*, *freeze drying*, *coacervation*, dan emulsi.

Metode enkapsulasi yang digunakan adalah *coacervation*. Teknik *coacervation* adalah teknik enkapsulasi dengan prinsip pembentukan gelas ionik (Barbosa *et al.*, 2005). *Coacervation* merupakan teknik enkapsulasi yang mudah karena bahan pengkapsul yang digunakan mudah didapat, tidak membutuhkan peralatan yang mahal, dan dapat dilakukan pada suhu ruang. Selain itu pemilihan teknik *coacervation* juga dikarenakan efisiensi enkapsulasi yang tinggi (Chan *et al.*, 2010). Metode enkapsulasi yang digunakan adalah penjeratan core aktif menggunakan pektin dan alginat sebagai bahan penyalut (*coating*). Pektin sebagai polisakarida nabati yang mampu membentuk dan mengikat film yang kuat sehingga dapat diaplikasikan dalam proses enkapsulasi. Sedangkan alginat digunakan karena memiliki gugus karboksil sehingga mampu membentuk gel dengan kation divalen, sedangkan gugus protein berperan sebagai pengemulsi. Dalam penelitian ini, ekstrak antosianin sebagai zat aktif enkapsulasi (*core active*) dalam pemanfaatannya sebagai zat pewarna alami.

Matriks alginat merupakan metabolit primer senyawa hidrokoloid penting sehingga banyak dimanfaatkan oleh industri pangan sebagai pengental, pembentuk gel, penstabil, dan bahan pengemulsi. Alginat memiliki sifat dan karakteristik yang mampu membentuk bulat makro, mikro dan nanopartikel (Wu *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2012). Selain itu, alginat telah terbukti bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, dan non-toksik (Espevik *et al.*, 1993). Alginat dengan kandungan asam guluronat yang tinggi mampu membentuk gel kaku yang tahan terhadap pembengkakan dan erosi sehingga menyebabkan pelepasan lebih lambat serta efisiensi enkapsulasi yang lebih tinggi. Sehingga perlunya dilakukan penelitian terkait enkapsulasi antosianin menggunakan alginat dan pektin sebagai matriks penyalut. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel proses yaitu variasi konsentrasi alginat terhadap pektin, warna enkapsulat, dan stabilitas produk yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Tingginya angka penggunaan pewarna sintetis terhadap produk pangan oleh produsen UMKM dan industri kecil-menengah lainnya menjadi permasalahan di bidang keamanan pangan. Pewarna alami dapat diperoleh dari ubi jalar ungu, namun sifatnya yang tidak stabil terhadap panas, oksigen, dan pH. Salah satu upaya solutif yang dikembangkan adalah memproduksi pewarna alami skala besar yang memiliki stabilitas tinggi dan daya simpan lama. Ubi jalar ungu merupakan

komoditas yang melimpah dan kadar antosianin tinggi sehingga dapat dijadikan sebagai pewarna alami dengan metode dan biaya operasional produksi yang relatif rendah agar produk akhir dapat ditawarkan dengan harga yang lebih ekonomis. Antosianin sangat rentan mengalami kerusakan oksidatif sehingga teknik enkapsulasi sebagai upaya dalam mempertahankan senyawa bioaktif. Enkapsulasi dengan metode *coacervation* adalah salah satu proses yang dapat digunakan dalam memproduksi pewarna alami antosianin ubi jalar ungu dalam bentuk *beads entrapment* menggunakan pektin dan alginat sebagai gel matriks.

Batasan permasalahan dari penelitian ini adalah mempelajari kondisi proses dari pembentukan enkapsulat antosianin. Kondisi proses meliputi konsentrasi gel matriks yang digunakan dan waktu perendaman *beads* atau droplet terhadap larutan CaCl_2 untuk memperoleh enkapsulat antosianin yang optimal dan stabil.

1.3 State of the Art

Penelitian terkait dengan enkapsulasi telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Sebagian besar metode enkapsulasi yang digunakan adalah menggunakan *carrier material* dan selanjutnya dilakukan pengeringan teknik *spray drying* atau *freeze drying*. Hanya saja metode ini memiliki keterbatasan dalam hal biaya operasional yang tinggi. Hasil studi Vergara *et al.*, (2020) melaporkan bahwa mikroenkapsulasi *Purple Potato Extract (PPE)* dengan metode *spray drying* menggunakan maltodekstrin sebagai *wall material* memperoleh rendemen berkisar 58,9% dan tingkat efisiensi enkapsulasi pada rasio PPE: pelarut metanol (1:4) berkisar 86%. Penelitian Yamashita *et al.*, (2017) menghasilkan mikropartikel ekstrak produk samping *blackberry* yang kaya akan kandungan antosianin dengan teknik *freeze drying* menggunakan maltodekstrin DE 10 dan 20 sebagai *wall material* enkapsulasi. Mengenai kandungan antosianin, terjadi penurunan yang signifikan setelah proses mikroenkapsulasi. Mikropartikel berbasis maltodekstrin 10DE (76%) menunjukkan retensi yang lebih baik daripada mikropartikel berbasis maltodekstrin 20DE (68%).

Teknik enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu metode koaservasi telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis penyalut lainnya. Teknik *coacervation* ini menggunakan polimer dengan penambahan zat hidrofilik kuat ke dalam larutan koloid, kemudian disalut kembali menggunakan polimer lainnya untuk menyalut bahan aktif antosianin. Antosianin memiliki banyak gugus hidroksil sehingga terdapat kemungkinan mampu mengikat gugus hidroksil, karboksil,

metoksil, dan amin. Pektin mengandung gugus metoksil dan alginat mengandung gugus karboksil. Penelitian Norcino *et al.*, (2022) menunjukkan penggunaan alginat-pektin dalam pembentukan enkapsulat antosianin buah anggur dengan metode emulsifikasi. Olehnya itu, penggunaan polimer pektin-alginat dalam menyalut bahan aktif antosianin menjadi pertimbangan dalam menyalut antosianin ubi jalar ungu dengan metode *coacervation*. Selain itu, kebaruan dari penelitian ini adalah adanya perlakuan variasi perendaman *beads* atau droplet ke dalam larutan CaCl_2 untuk mengevaluasi kembali tingkat kestabilan matriks, sebab diketahui sensitivitas dari metode ini adalah terjadinya aglomerasi partikel yang memungkinkan terjadinya kebocoran gel matriks.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menganalisa variasi konsentrasi alginat terbaik terhadap pembentukan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu ditinjau dari tingkat kelarutan dan ketahanan komponen bioaktif.
2. Untuk menganalisa variasi waktu perendaman matriks dalam larutan CaCl_2 terbaik terhadap pembentukan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu.
3. Untuk mengidentifikasi warna dan interaksi senyawa enkapsulat antosianin ubi jalar ungu yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait penggunaan alginat dan pektin sebagai gel matriks (bahan penyalut) ekstrak antosianin ubi jalar ungu dalam menghasilkan enkapsulat pewarna alami. Sekaligus sebagai bahan dalam mengedukasi masyarakat untuk lebih masif dalam penggunaan zat pewarna alami dalam mengolah bahan pangan. Serta, penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi kepada industri pangan dalam pengembangan produksi pewarna alami yang berstabilitas tinggi dan lebih ekonomis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L)

Ubi jalar ungu merupakan salah satu varietas ubi selain ubi kayu, ubi oranye serta ubi putih. Bentuk umbi umumnya lonjong dan permukaan kecil rata, daging berwarna ungu ada yang keunguan dan ada pula berwarna ungu pekat, teksturnya tergolong keras, rasanya manis namun tak semanis ubi putih. Dibandingkan jenis ubi jalar lainnya, ubi jalar ungu memiliki keunggulan, di antaranya mengandung antioksidan yang sangat berguna bagi tubuh dan pigmen antosianin yang lebih tinggi dari sumber lain seperti kubis ungu, *blueberry* dan jagung merah (Rosidah, 2014). Berikut kelompok taksonomi ubi jalar ungu (Milind dan Monika, 2015).

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super division	: Spermatophyte
Division	: Sagnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Subclass	: Asteridae
Order	: Solanales
Family	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomea</i> L.
Species	: <i>Ipomea batatas</i> (L.)

Ubi jalar ungu merupakan umbi dengan warna kulit berwarna putih hingga ungu pekat dan warna umbi dari putih keunguan hingga ungu pekat seluruhnya. Ubi jalar ungu juga memiliki kandungan nutrisi lebih tinggi dibandingkan ubi jalar varietas lain, terutama kandungan lisin, Cu, Mg, K, Zn, dan rata-rata substansi anti kanker yaitu selenium dan iodine 20 kali lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk lain (Yoshimoto *et al.*, 1999). Ubi jalar ungu juga sebagai sumber karbohidrat sehingga dapat dimanfaatkan menjadi produk pati. Selain itu, ubi jalar ungu memiliki kelebihan lain yaitu kandungan antosianin yang merupakan salah satu senyawa antioksidan selain beta karoten. Antosianin termasuk dalam kelompok flavonoid yang penyebarannya luas di antara spesies tanaman, merupakan pigmen berwarna yang umumnya terdapat di bunga berwarna merah, ungu dan biru (Mwanga *et al.*, 2017). Tabel 1 menunjukkan kandungan gizi dari ubi jalar ungu.

Tabel 1. Kandungan Gizi Ubi Jalar Ungu Per 100 g

Gizi	Kadar Gizi
Air (g)	77
Energi (cal)	90
Kalori (kkal)	123
Karbohidrat (g)	20,7
Pati (g)	7
Serat (g)	3,3
Protein (μg)	1,6
Kalsium (mg)	30
Zat Besi (mg)	0,6
Magnesium (mg)	25
Mangan (mg)	0,258
Fosfor (mg)	47
Sodium (mg)	55
Zinc (mg)	0,3
Vitamin A (mcg)	1921,80
Tiamin (B1) (mg)	0,1
Riboflavin (B2) (mg)	0,1
Niasin (B3) (mg)	0,8

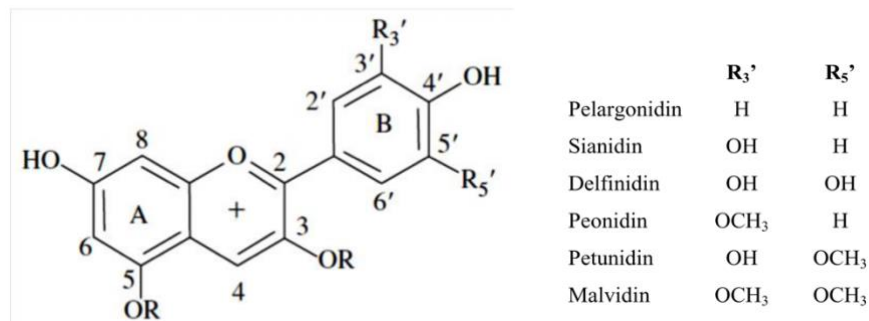
Sumber: Milind dan Monika (2015)

2.2 Antosianin

Bagian utama antosianin adalah rangka karbon dengan gugus hidrogen, hidroksil, dan metoksil yang ditemukan dalam enam posisi berbeda. Seluruh senyawa antosianin merupakan turunan dari kation flavium dan pada setiap inti flavium terdapat sejumlah molekul yang berperan sebagai gugus pengganti yang berbeda untuk masing-masing jenis antosianin. Komponen antosianin ubi jalar ungu adalah 3-sophorosida-5-glukosida turunan peonidin dan sianidin (Montilla *et al.*, 2011). Ubi jalar ungu memiliki senyawa antosianin yang cukup besar, yaitu 138.15 mg/100g dengan aktivitas antioksidan yang juga relatif tinggi, yaitu 86.68% (Widhaswari *et al.*, 2013).

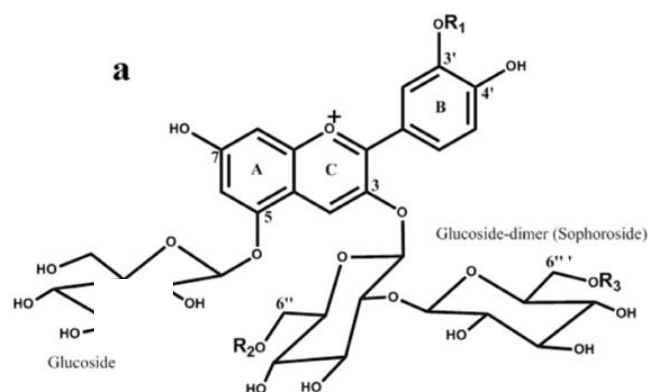
Antosianin adalah senyawa flavonoid dan merupakan glikosida dari antosianidin yang terdiri dari 2-phenyl benzopyrilium (flavium) tersubstitusi, memiliki sejumlah gugus hidroksil bebas dan gugus hidroksil termetilasi yang berada pada posisi atom karbon yang berbeda. Seluruh senyawa antosianin merupakan senyawa turunan dari kation flavilium, dua puluh jenis senyawa telah ditemukan. Tetapi hanya enam yang memegang peranan penting dalam bahan

pangan yaitu pelargonidin, sianidin, delphinidin, peonidin, petunidin, dan malvidin (Nugrahan, 2007). Senyawa antosianin bersifat larut dalam air. Struktur kimia antosianidin dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur utama antosianidin
Sumber: Priska *et al.*, (2018)

Warna dan stabilitas pigmen antosianin tergantung pada struktur molekul secara keseluruhan. Substitusi pada struktur antosianidin A dan B akan berpengaruh pada warna antosianin. Pada kondisi asam, warna antosianin ditentukan oleh banyaknya substitusi pada cincin B. Semakin banyak substitusi OH akan menyebabkan warna semakin biru, sedangkan metoksilasi menyebabkan warna semakin merah (Arisandi, 2001). Secara umum, stabilitas antosianin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: struktur dan konsentrasi antosianin, derajat keasaman (pH), oksidator, cahaya, suhu, dan sebagainya (Jackman dan Smith, 1996). Struktur antosianin ubi jalar ungu ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Antosianin Ubi Jalar Ungu [cyanidin (R₁=H) atau peonidin (R₁=CH₃) 3-sophoroside-5-glucoside

Sumber: Xu *et al.*, (2015)

Aktivitas antioksidan dari antosianin ubi jalar ungu dihitung menggunakan metode DPPH (α -diphenyl- β -picrilhydrazyl) (Molyneux, 2004). Metode ini didasarkan kepada reaksi pemberian ion hidrogen dari bahan pangan yang mengandung antioksidan sehingga mengurangi warna ungu DPPH-radikal bebas, menjadi DPPH-H warna kuning yang tidak lagi bersifat radikal bebas (Kumaran dan Karunakaran, 2005). Pengurangan jumlah absorpsi DPPH (yang diukur menggunakan panjang gelombang 517 nm) menunjukkan kemampuan anti radikal bebas bahan pangan sumber antioksidan (Jiao *et al.*, 2012).

Antosianin memiliki kemampuan yang tinggi sebagai antioksidan karena kemampuannya menangkap radikal bebas dan menghambat peroksidasi lemak, penyebab utama kerusakan pada sel yang berasosiasi dengan terjadinya penuaan dan penyakit degeneratif (Cevallos dan Casals, Cisneros dan Zevallos, 2002; Suda *et al.*, 2003). Kemampuan antioksidan ubi jalar ungu (4,6-6,4 μ mol setara Trolox/g bb) lebih tinggi dibanding ubi jalar putih, kuning atau orange, seperti yang diamati pada varietas Ayamurasaki (Furuta *et al.*, 1998), dan juga lebih tinggi dibanding biji kedelai hitam (0,62-0,76 μ mol setara Trolox/g bb), beras hitam (3,0-4,3 μ mol setara Trolox/g bb), dan terong ungu (3,3-4,4 μ mol setara Trolox/g bb) (Suda *et al.*, 2003).

Antosianin merupakan zat warna yang bersifat polar dan larut dengan baik pada pelarut-pelarut polar. Senyawa ini termasuk dalam golongan flavonoid. Seperti halnya pigmen warna alami yang lainnya, pigmen antosianin memiliki stabilitas warna yang rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas antosianin diantaranya adalah pengaruh dari pH, cahaya, dan suhu (Purnomo *et al.*, 2014).

2.3 Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah teknologi penyalutan secara langsung terhadap bahan aktif dalam bentuk partikel yang halus dari zat padatan, cairan, dan bahan-bahan gas dalam kapsul kecil yang melepaskan zat aktif tersebut secara terkontrol (Hidayah, 2016). Enkapsulasi adalah proses di mana partikel kecil atau tetesan cairan dibungkus atau dilapisi oleh bahan polimer untuk menghasilkan partikel kecil (Baena *et al.*, 2019) (Huo *et al.*, 2018). Tujuan dari proses ini adalah untuk meningkatkan kestabilan dan daya larut suatu bahan, untuk mengendalikan pelepasan senyawa aktif, untuk menghasilkan partikel-partikel padatan yang dilapisi oleh bahan penyalut tertentu dan meminimalisir kehilangan nutrisi. Ukuran

partikel melalui proses enkapsulasi berkisar 5-300 mikron (Gibbs *et al.*, 1999). Ukuran partikel enkapsulat berdasarkan metode enkapsulasi dirincikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Proses Enkapsulasi

Metode Enkapsulasi		Ukuran Partikel (μm)	Max. load (%)
Teknik Kimiawi	<i>Simple coacervation</i>	20-200	<60
	<i>Complex coacervation</i>	5-200	70-90
	<i>Molecular inclusion</i>	5-50	5-10
Teknik Fisik- Mekanik	<i>Spray drying</i>	1-50	<40
	<i>Spray chilling</i>	20-200	10-20
	<i>Extrusion</i>	200-2000	6-20
	<i>Fluidised bed</i>	>100	60-90
	<i>Freeze drying</i>	20-5000	Variasi

Sumber: (Madene *et al.*, 2006)

Prinsip enkapsulasi yaitu pencampuran antara fase air, fase zat inti, dan fase bahan penyalut sampai terbentuk emulsi yang stabil kemudian proses penempelan bahan penyalut pada permukaan bahan inti dan proses pengecilan ukuran partikel (Lee *et al.*, 2019). Kelebihan dari teknik ini yaitu masa simpan yang cukup lama, praktis untuk dicampurkan dengan bahan lain, memiliki kadar air rendah sehingga terhindar dari pertumbuhan jamur penyebab kerusakan. Namun, kekurangan dari teknik ini adalah proses yang cukup rumit dan biaya yang relatif mahal serta penampakan flavor yang sedikit berbeda dari bahan alami (Champagne dan Fustier, 2007).

Enkapsulasi adalah proses penyalutan atau pembungkusan suatu bahan baik itu padatan, cairan ataupun gas dalam sebuah bahan polimer penyalut. Bahan yang disalut tersebut umumnya disebut sebagai bahan-bahan inti atau bahan aktif. Teknik ini dapat melindungi bahan aktif dari pengaruh lingkungan yang merugikan seperti kerusakan-kerusakan akibat oksidasi, hidrolisis, penguapan atau degradasi oleh panas. Dengan demikian, bahan aktif akan mempunyai masa simpan yang lebih panjang serta mempunyai kestabilan proses yang lebih baik (Supriyadi dan Rujita, 2013).

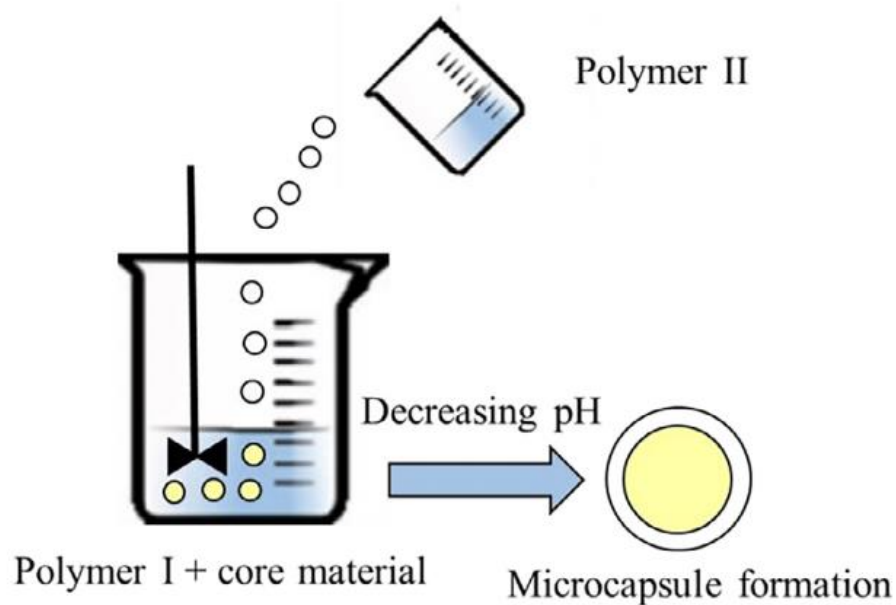
Struktur yang menyelimuti bahan inti disebut *wall*, film pelindung atau penyalut. *Wall material* yang digunakan dapat berupa polimer alam, semi sintetik dan sintetik. Namun, *demand* yang ada sekarang ini lebih mengarah pada

penggunaan *wall material* atau gel matriks alami karena konsumen menginginkan produk yang “*clear label*” serta menghindari efek buruk dari penggunaan bahan sintetik. Oleh karena itu, penelitian ini ingin mengetahui rasio maltodekstrin dan alginat sebagai gel matriks enkapsulat antosianin.

2.4 Teknik Coacervation

Coacervation adalah metode penjeratan pada bahan aktif dengan prinsip presipitasi atau memisahkan fase koloid dari fase air (Poshadri dan Kuna, 2010). Teknik koaservasi dapat didefinisikan sebagai fenomena koloid yang melibatkan pemisahan fase cair-cair dari satu atau campuran dua polimer bermuatan berlawanan dalam larutan berair yang dipicu oleh interaksi elektrostatik, ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, interaksi tarik-menarik yang diinduksi polarisasi, serta persilangan kimia atau enzimatis-ikatan silang termasuk glutaraldehyd atau transglutaminase (Xiao *et al.*, 2014).

Kekuatan interaksi antar biopolimer tergantung pada berbagai faktor seperti jenis biopolimer (massa molar, fleksibilitas, dan muatan), pH, kekuatan ionik, konsentrasi, dan rasio biopolimer. Koaservasi sederhana hanya melibatkan satu jenis polimer dengan penambahan zat hidrofilik kuat ke dalam larutan koloid, koaservasi kompleks dihasilkan dengan mencampur dua atau lebih jenis polimer untuk pembentukan dinding di sekitar inti aktif. Secara rinci, metode koaservasi kompleks dilakukan pertama-tama pembuatan emulsi yang mendispersi bahan inti ke dalam larutan polimer berair. Kemudian, diikuti dengan membungkus fase tersebut sebagai lapisan yang sama di sekitar bahan inti dengan menambahkan larutan kedua yang didorong oleh penambahan garam, perubahan pH, suhu atau pengenceran medium. Akhirnya, stabilisasi mikrokapsul dengan metode ikatan silang, desolvasi atau perlakuan termal (Gaonkar *et al.*, 2014). Skema enkapsulasi metode koaservasi dapat dilihat pada Gambar 3.



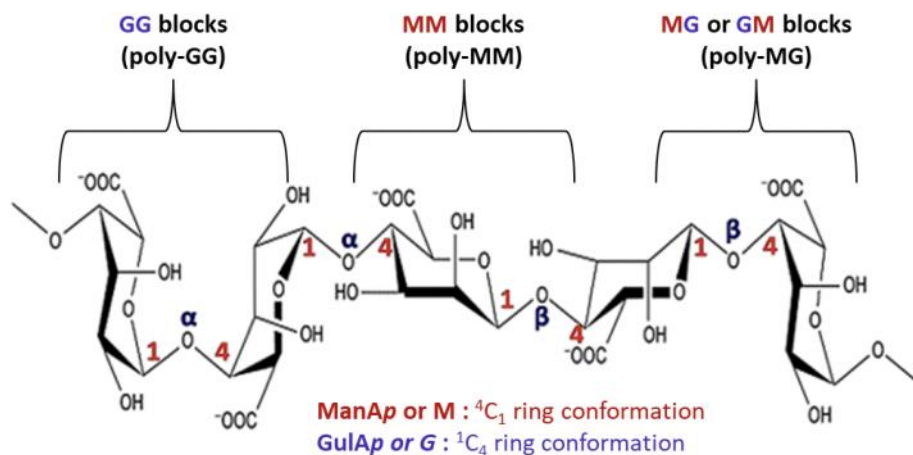
Gambar 3. Pembuatan enkapsulat metode koaservasi

Sumber: (Gaonkar *et al.*, 2014)

Pada studi penelitian memaparkan bahwa ekstrak *raspberry* yang dimikroenkapsulasi menggunakan emulsi ganda koaservasi kompleks dengan gelatin dan gum Arabic untuk meminimalisir ketidakstabilan komponen antosianinnya pada fase larutan, proses pengolahan, dan penyimpanannya. Diketahui mikrokapsul yang dihasilkan memiliki tingkat kelembaban rendah, higroskopisitas, dan kelarutan yang lebih rendah. Serta dihasilkan mikrokapsul antosianin yang bersifat termostabil (Shaddel *et al.*, 2018). Namun, kelemahan dari teknik koaservasi ini terletak pada aglomerasi partikel dan proses kontrol ukuran partikel. Serta partikel dengan menggunakan metode ini sangat sensitif terhadap nilai pH dan kekuatan ion, dan keterbatasannya terhadap berbagai matriks (Mohammadalinejad dan Kurek, 2021).

2.5 Alginat

Alginat adalah polisakarida anionik hidrofilik yang diekstraksi dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) yang digunakan sebagai pengental, pengemulsi, penstabil, dan sebagainya (Abka *et al.*, 2022). Alginat terdiri dari (1,4)-asam β -D-manuronat dan α -L-gluronat yang berikatan pada ikatan (1,4) dan keduanya dalam konformasi piranosik yang tersusun secara homogen (MM atau GG) dan heterogen (MG atau GM) (Ching *et al.*, 2017). Berikut struktur kimia alginat secara rinci pada Gambar 4.



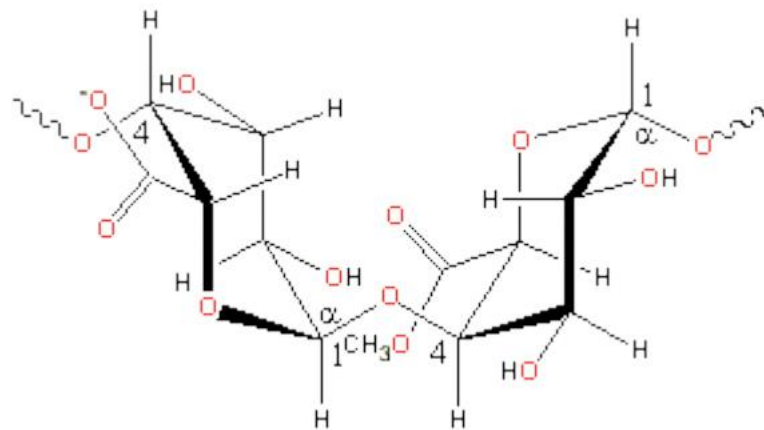
Gambar 4. Struktur kimia alginat

Sumber: (Ching *et al.*, 2017)

Dalam proses penyalutan atau enkapsulasi, matriks yang biasa digunakan untuk metode penjebakan adalah alginat. Kelebihan alginat sebagai matriks adalah dapat membentuk gel yang kokoh, tidak beracun, dapat dilakukan pada suhu ruang serta ekonomis dalam pengerjaannya (Anwar *et al.*, 2009). Namun metode ini memiliki kekurangan yaitu enzim masih dapat berdifusi keluar matriks melalui pori yang terbentuk didalam struktur gel alginat dengan ion kalsium (Brodellius *et al.*, 1987). Untuk meminimalisir proses difusi enzim dari matriks alginat, dapat dilapisi kembali dengan larutan kitosan yang kemudian diikatkan silang dengan natrium tripolifosfat. Alginat terlapis kitosan merupakan metode mikroenkapsulasi yang bertujuan untuk meminimalisir proses difusi enzim dari matrik Ca -alginat tersebut (Taqquiedin *et al.*, 2002). Semakin tinggi konsentrasi alginat maka porositas gel semakin rendah sehingga enzim sulit terlepas dari gel (Piliang, 2006).

2.6 Pektin

Pektin adalah polisakarida nabati yang memiliki kemampuan membentuk dan mengikat film yang kuat atau sebagai bahan dinding yang kuat untuk aplikasi enkapsulasi (Liu *et al.*, 2007). Pektin memiliki struktur yang kompleks dengan ikatan α -1,4-D-asam galakturonat (Gambar 5). Berdasarkan Derajat Esterifikasi (DE) pektin dibedakan menjadi dua golongan, yaitu pektin dengan kadar metoksil tinggi (HM) dan pektin dengan kadar metoksil rendah (LM). Nilai Derajat Esterifikasi (DE) pada pektin dengan kadar metoksil tinggi yaitu lebih dari 50%. Pektin metoksil tinggi (HM) memerlukan kondisi yang spesifik dalam membentuk gel, seperti pH (3-6), adanya padatan terlarut seperti sukrosa, serta suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan pektin metoksil rendah (LM) (Narassiman dan Sethuraman, 2016).

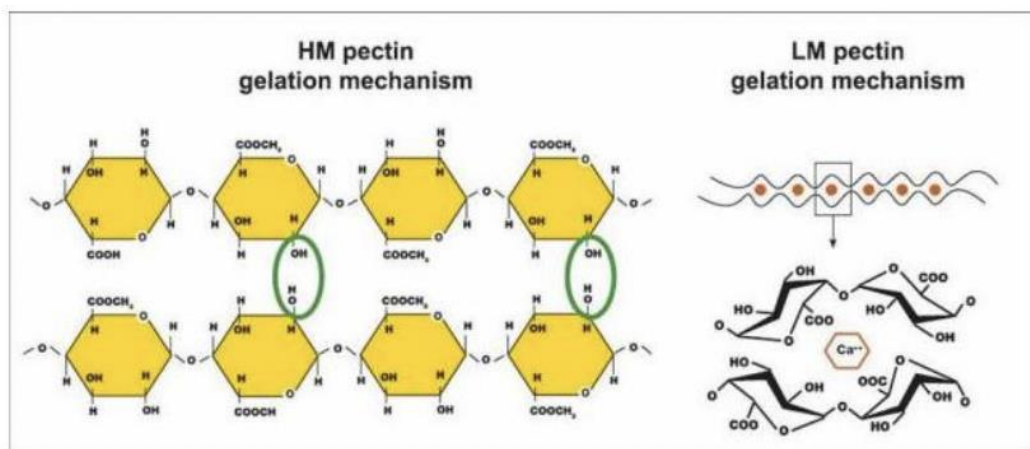


Gambar 5. Struktur kimia pektin
Sumber: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pectin>

Pektin dengan kadar metoksil rendah (LM) mempunyai nilai Derajat Esterifikasi kurang dari 50%. Pektin metoksil rendah (LM) tidak tergantung pada kandungan gula dan secara kimiawi lebih stabil terhadap kelembaban serta panas dibandingkan dengan pektin kadar metoksil tinggi (HM). Meskipun gula tidak begitu penting untuk pembentukan gel pada pektin metoksil rendah, sejumlah kecil gula cenderung menurunkan sineresis dan menambah kekuatan yang diinginkan dari gel ini, serta dengan adanya gula jumlah kalsium yang dibutuhkan untuk membentuk gel berkurang. Di sisi lain, konsentrasi gula yang tinggi mengganggu pembentukan gel karena dehidrasi gula mendukung ikatan hidrogen dan mengurangi ikatan silang dengan gaya ion divalent (Wan *et al.*, 2020). Gugus fungsi dalam struktur pektin dapat berinteraksi dengan berbagai molekul, komposit

pektin merupakan penggabungan polimer pektin dengan polimer lain untuk menghasilkan material baru dengan sifat-sifat fungsional yang lebih baik.

Pektin dapat membentuk gelasi yang dipengaruhi oleh derajat metilasi, berat molekul, kekuatan ionic, pH, suhu, dan adanya zat terlarut. Rantai samping gula seperti α -L-rhmanopyranosyl) dapat membentuk gelasi. Peningkatan pH dapat menyebabkan pemisahan ikatan glikosidik dalam molekul pektin, menurunkan berat molekul-molekul, dan penurunan kemampuan pembentuk gelnya (Narasimman dan Sethuraman, 2016). Berikut merupakan mekanisme gelasi pektin bermetoksil tinggi dan bermetoksil rendah pada Gambar 6.



Gambar 6. Mekanisme gelasi pektin bermetoksil tinggi dan bermetoksil rendah
 Sumber: (Narasimman dan Sethuraman, 2016)

2.7 Pektin-Alginat

Sistem pektin-alginat menjadi salah satu campuran gel yang telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian. Sifat struktural dari kedua campuran gel ini bergantung pada rasio pektin-alginat, tingkat esterifikasi pektin, proporsi asam manuronat dan asam gluronat dari alginat. Struktur gel alginat dengan kandungan asam manuronat yang tinggi dan pektin yang memiliki derajat esterifikasi tinggi rentan terhadap pelepasan. Sebaliknya, alginat dengan kandungan asam guluronat yang tinggi mampu membentuk gel kaku yang kurang rentan terhadap pembengkakan dan erosi sehingga menyebabkan pelepasan lebih lambat dan efisiensi enkapsulasi yang lebih tinggi. Pektin dengan tingkat esterifikasi yang lebih tinggi menghasilkan struktur yang lebih lemah dibandingkan dengan tingkat esterifikasi yang lebih rendah (Alborzi *et al.*, 2014). Penelitian Norcino *et al.*, (2022) menggunakan 2% pektin dalam pembuatan enkapsulasi antosianin buah anggur

metode gelasi ionik diperoleh nilai efisiensi enkapsulasi (EE) sebesar 46%. Penggabungan pektin dan alginat membentuk droplet hidrogel lebih efisien dalam melindungi senyawa antosianin sehingga menghasilkan kapasitas antioksidan dan nilai kandungan fenolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang tidak menggunakan proses emulsifikasi.

Penelitian Kiaei Pour *et al.*, (2020) melaporkan bahwa biokomposit pektin-alginat dengan berbagai komposisi yang berbeda dapat menjadi pembawa mikrokapsul dalam saluran gastrointestinal dan usus, dimana hidrogel alginat yang dilapisi dengan pektin dengan rasio 70:30 menghasilkan perlindungan yang baik terhadap asam folat dibandingkan dengan hidrogel alginat tanpa pektin dalam kondisi lambung dan usus buatan. Campuran pektin-alginat telah terbukti memberikan efek perlindungan yang baik sebagai matriks gel yang kuat di bawah kondisi asam (Alborzi *et al.*, 2014).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

3.1.1 Pembuatan Ekstrak Antosianin

Bahan-bahan yang digunakan dalam ekstrak antosianin dari ubi jalar ungu adalah ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L.) diperoleh dari Pasar Daya, Kota Makassar; asam sitrat teknis; dan etanol teknis.

3.1.2 Pembuatan Enkapsulasi Antosianin

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan enkapsulasi antosianin adalah ekstrak antosianin 70-80°Brix; pektin apel *food grade*; alginat *food grade*; kalsium klorida (CaCl₂) teknis; dan akuades.

3.1.3 Analisis Total Antosianin

Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis total antosianin adalah kalium klorida (KCl) p.a Merck; Hidrogen Klorida (HCl) p.a Merck; sodium asetat trihidrat (CH₃CO₂Na.3H₂O) p.a Merck; etanol absolut anhidrat p.a Merck; dan akuades.

3.1.4 Analisis Aktivitas Antioksidan IC₅₀

Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis aktivitas antioksidan adalah methanol p.a Merck; 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH); dan akuades.

3.1.5 Uji Kelarutan

Bahan-bahan yang digunakan dalam uji kelarutan adalah akuades dan kertas saring Whattman no.42.

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk mengekstrak pigmen antosianin ubi jalar ungu antara lain *blender*, timbangan, analitik, *beaker glass*, Erlenmeyer, corong, labu takar, gelas ukur, kain saring dan kertas saring, *hand refractometer*. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis antara lain tabung reaksi, labu takar, pipet ukur, pipet volume, cawan porselin, corong pisah, gelas Erlenmeyer, mikropipet 100-1000 µL, mikrotip, pH meter, neraca analitik, desikator, oven, *centrifuge*, kuvet, spektrofotometer UV-Vis, *vortex*, *colorimeter*, *rotary shaker*, dan *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR).

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada September 2022-Februari 2023, bertempat di Laboratorium Pengolahan Pangan, Laboratorium Kimia Analisa dan Pengawasan Mutu Pangan, Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Pangan Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

3.4 Rancangan Penelitian

3.4.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap 2 Faktorial, yaitu faktor A (bahan penyalut) dan faktor B (waktu perendaman terhadap larutan CaCl_2). Faktor A terdiri dari 4 taraf perlakuan, yaitu:

A_0 = Alginat 0% (w/v) : Pektin 2,0% (w/v)

A_1 = Alginat 0,5% (w/v) : Pektin 2,0% (w/v)

A_2 = Alginat 1,0% (w/v) : Pektin 2,0% (w/v)

A_3 = Alginat 1,5% (w/v) : Pektin 2,0% (w/v)

Selanjutnya masing-masing perlakuan bahan penyalut divariasikan dengan perlakuan waktu perendaman matriks dalam CaCl_2 untuk pembentukan enkapsulat yang optimal sebagai faktor B terdiri dari 4 taraf perlakuan, yaitu:

B_0 = 0 menit

B_1 = 10 menit

B_2 = 20 menit

B_3 = 30 menit

3.4.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel penelitian. Justifikasi variabel yang digunakan diuraikan pada tinjauan pustaka. Adapun variabel yang digunakan yaitu meliputi:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi alginat terhadap pektin sebagai bahan penyalut dan waktu perendaman matriks terhadap CaCl_2 .

2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah rendemen, kadar air, total antosianin, aktivitas antioksidan, tingkat kelarutan, warna, dan karakteristik enkapsulat.

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah konsentrasi pektin sebagai penyalut, kecepatan dan waktu homogenisasi, diameter *syringe*, konsentrasi larutan penyalut

4. Variabel Tidak Terkontrol

Variabel tidak terkontrol pada penelitian ini adalah nilai RH lingkungan.

3.5 Prosedur Penelitian

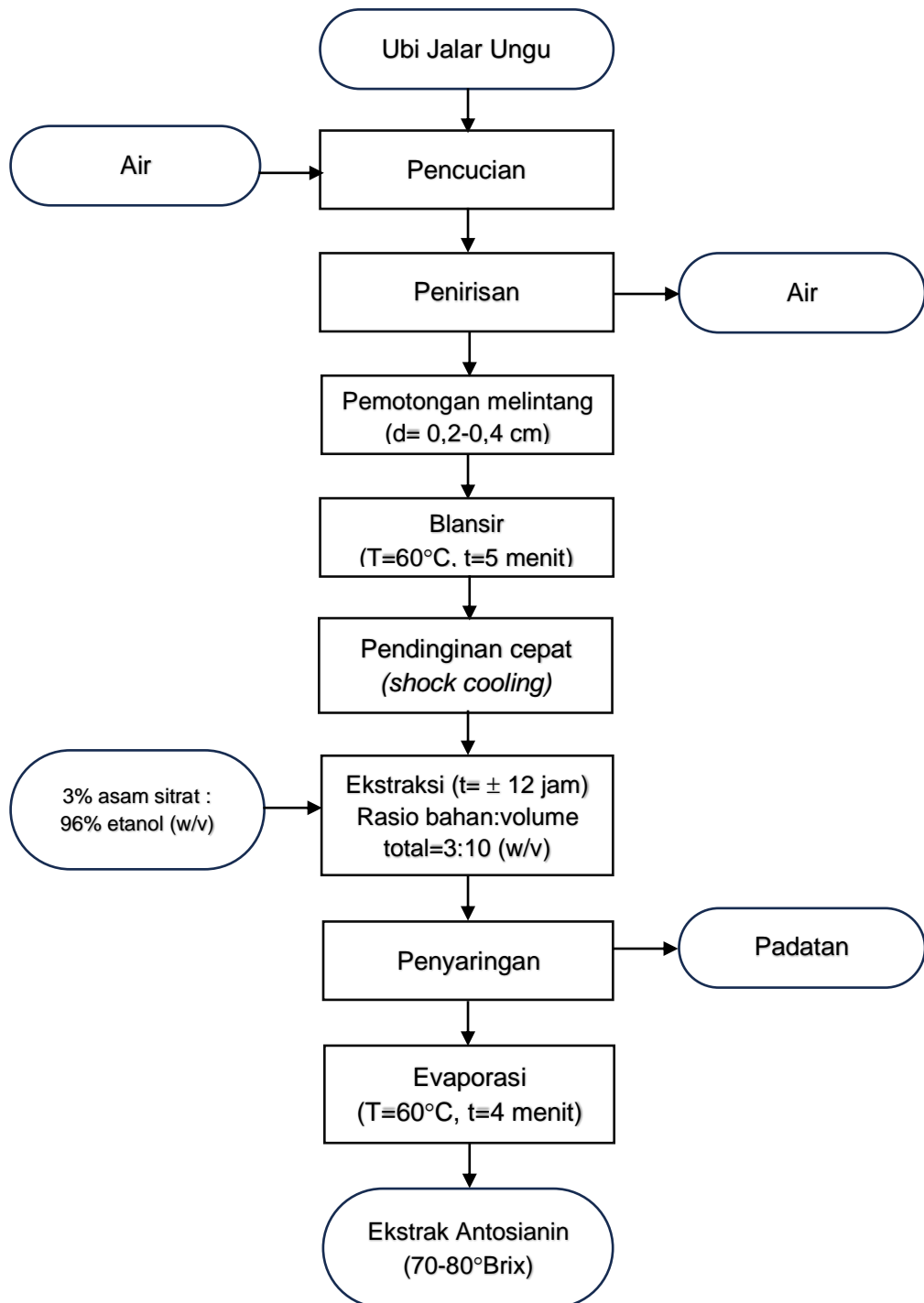
3.5.1 Ekstraksi Antosianin Ubi Jalar Ungu

Ekstraksi antosianin ubi jalar ungu dilakukan berdasarkan metode Laila *et al.*, (2019) dan dimodifikasi. Pertama, ubi jalar ungu dibersihkan kulitnya dengan dicuci dan ditiriskan. Ubi jalar tersebut kemudian dipotong melintang dengan ketebalan 0,2-0,4 cm lalu dilakukan *steam-blanching* 60°C selama 5 menit dengan tujuan untuk inaktivasi enzim peroksidase. Selanjutnya dilakukan pendinginan mendadak (*shock cooling*) menggunakan air suhu 10°C. Ubi jalar yang telah diblansir kemudian dihancurkan menggunakan *grinder* dan diekstrak menggunakan pelarut asam sitrat 3%-etanol 96% (w/v) selama 12 jam pada kondisi gelap. Rasio berat ubi jalar terhadap volume total adalah 3:10 (volume total 1000 ml). Kemudian dilakukan pemisahan, yakni bagian padatan dipisahkan dari supernatan dengan menggunakan kain saring rangkap empat. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring. Hasil saringan merupakan hasil ekstraksi antosianin dievaporasi pada suhu 50°C selama 4 jam hingga diperoleh total padatan 70-80°Brix.

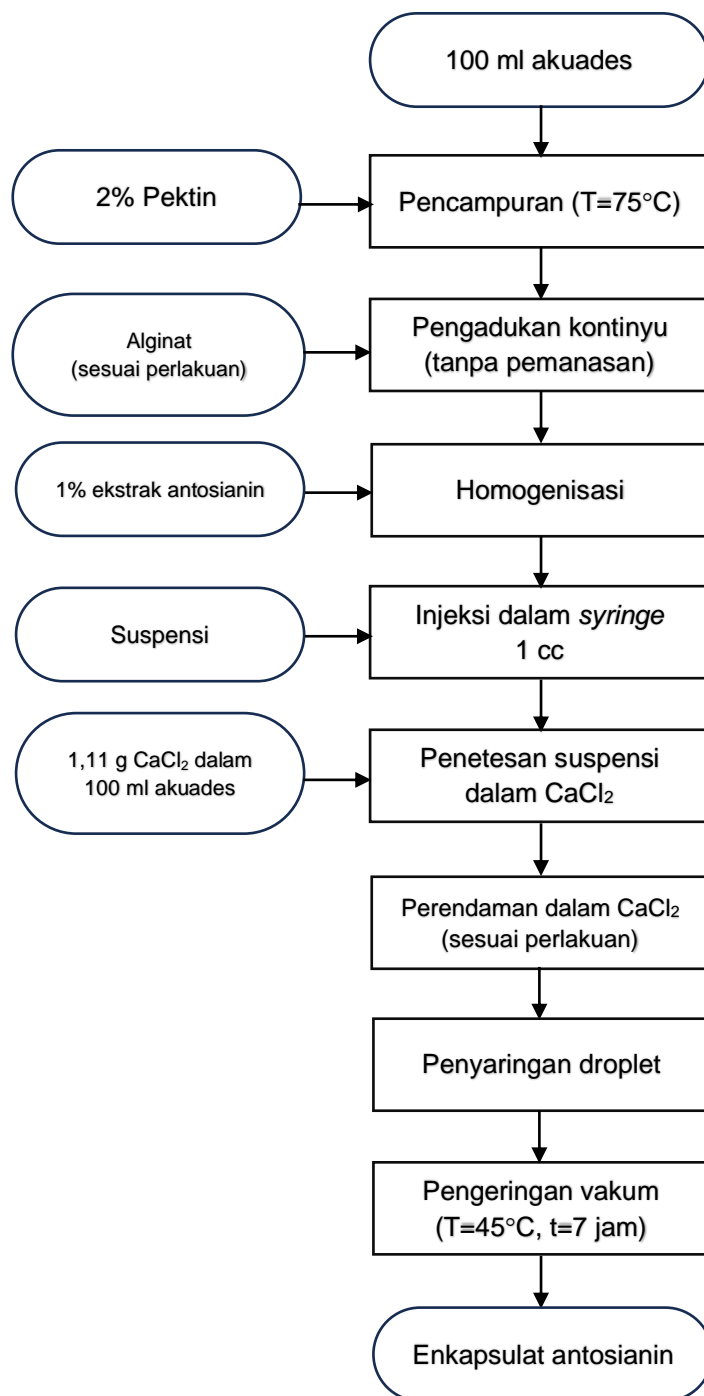
3.5.2 Enkapsulasi Antosianin Ubi Jalar Ungu

Enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu dibuat menggunakan metode seperti yang digunakan oleh Donthidi *et al.* (2010) dan dimodifikasi. Konsentrasi enkapsulasi antosianin menggunakan alginat (0%; 0,5%; 1,0%; 1,5% w/v) dan pektin 2,0% (w/v). Proses enkapsulasi dimulai dari menyiapkan 100 ml aquades dalam *beaker glass* 250 ml dengan pengadukan kontinyu menggunakan *heater stirrer* dengan skala 5. Pektin dimasukkan dahulu, ditunggu hingga homogen selama 5 menit ($\pm 75^\circ\text{C}$). Suspensi kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit. Selanjutnya suspensi diaduk secara kontinyu menggunakan *magnetic stirrer*

(tanpa pemanasan). Alginat sesuai perlakuan konsentrasi dimasukkan dalam suspensi, ditunggu hingga homogen selama 5 menit. Terakhir adalah ekstrak antosianin 1% (w/v) dimasukkan dalam suspensi dan ditunggu hingga homogen selama 5 menit. Selanjutnya, suspensi enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu dimasukkan dalam *syringe* 1 cc. Selanjutnya disiapkan 100 ml CaCl_2 0,1 M dan suspensi diteteskan dalam larutan CaCl_2 tersebut sehingga dihasilkan enkapsulat. Selanjutnya dilakukan perendaman suspensi ke dalam CaCl_2 dengan variasi waktu 0, 10, 20, 30 menit. Setelah itu, enkapsulat dibilas menggunakan akuades dan disaring dengan saringan *stainless steel*. Enkapsulat dimasukkan dalam cawan petri dan dikeringkan menggunakan oven vakum pada suhu 45°C selama ± 7 jam (hingga kering) dan selanjutnya dilakukan analisa fisik-kimia.



Gambar 7. Diagram alir prosedur ekstraksi antosianin ubi jalar ungu



Gambar 8. Diagram alir prosedur enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu

3.5.3 Analisa Fisiko-Kimia

1. Analisa Kadar Air Basis Kering Metode Thermogravimetri

Analisa kadar air basis kering metode thermogravimetri menurut AOAC (2005) dengan cara botol timbang dikeringkan dahulu pada suhu 105°C selama 24 jam. Botol timbang yang telah dikeringkan kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Sebanyak ± 2 g bubuk enkapsulat dimasukkan ke botol timbang, kemudian dikeringkan dengan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Selanjutnya sampel didinginkan dalam desikator selama 10 menit. Setelah dingin, botol timbang beserta bubuk enkapsulat ditimbang. Botol timbang dan sampel yang telah ditimbang dikeringkan kembali dengan oven selama ± 2 jam hingga diperoleh berat konstan. Rumus perhitungan kadar air sebagai berikut.

$$\text{Kadar Air (bk)} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

A = massa sampel sebelum dipanaskan (g)

B = massa sampel setelah dipanaskan (g)

bk = basis kering

2. Analisa Kelarutan

Analisis kelarutan dilakukan menurut AOAC (1984) dalam Yogaswara *et al.*, (2017) sebanyak 1 gram sampel (**a**) ke dalam 50 ml akuades. Disaring dengan kertas saring Whatman No 42. Sebelum digunakan kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit dan ditimbang (**b**). Setelah penyaringan kertas saring beserta residu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (**c**). Besarnya nilai kelarutan dinyatakan dalam persentase berat residu yang tidak dapat melalui kertas saring terhadap berat contoh bahan yang digunakan dan dapat dihitung dengan rumus % kelarutan:

$$\text{Kelarutan (\% bk)} = 100\% - \left(\frac{c-b}{\left\{ \left[\frac{100-KA}{100} \right] \times a \right\}} \times 100\% \right) \quad (2)$$

Keterangan:

KA = Kadar Air (%)

a = massa sampel (g)

b = massa kertas saring (g)

c = massa kertas saring + sampel setelah dipanaskan (g)

3. Analisa Total Antosianin Metode pH Differensial

Analisa kadar antosianin (metode Giusti dan Wrolstad, 2001 yang dimodifikasi) meliputi pengukuran kadar antosianin awal (sebelum terbentuk enkapsulat), antosianin dalam bentuk enkapsulat, dan kapsul antosianin setelah dilarutkan dalam akuades untuk mengukur stabilitas enkapsulat.

a. Pembuatan Buffer KCl 0,025 M pH 1.0

Buffer KCl 0,025 M, pH 1,0 sebanyak 100 ml dibuat dengan cara 0,186 gram KCl dilarutkan ke dalam 90-95 ml aquadest, kemudian pH larutan diatur menjadi 1,0 dengan larutan HCl 1M. Kemudian aquadest ditambahkan sehingga didapatkan volume akhir larutan KCl sebesar 100 ml.

b. Pembuatan Buffer Sodium Asetat 0,4 M pH 4.50

Buffer sodium asetat 0,4 M pH 4,5 sebanyak 100 ml dibuat dengan cara 5,433 gram $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan ke dalam 90-95 ml aquadest, kemudian pH larutan diatur menjadi 4,5 dengan larutan HCl 1M. Kemudian aquadest ditambahkan sehingga didapatkan volume akhir larutan sodium asetat sebesar 100 ml.

c. Preparasi Sampel

Prosedur pengukuran kadar antosianin permukaan enkapsulat yaitu 100 mg enkapsulat antosianin diekstrak dengan pelarut HCl 2 N : etanol 70% (2/3 v/v) sebanyak 3 ml, dihomogenkan menggunakan vortex, dan didiamkan pada suhu 4°C selama 12 jam. Ekstrak disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit dan diambil supernatannya.

d. Pengukuran dan Perhitungan Konsentrasi Antosianin Total

Sampel ekstrak antosianin sebanyak 0,5 ml ditambahkan dengan buffer pH 1,0 sebanyak 2,5 ml. Kemudian dengan sampel yang sama sebanyak 0,5 ml ditambahkan buffer pH 4,5 sebanyak 2,5 ml dan didiamkan selama 30 menit, lalu diukur absorbansi sampel dengan panjang gelombang 510 nm dan 700 nm. Absorbansi dari sampel yang diperoleh ditentukan dengan rumus:

$$A = [(A_{530} - A_{700})_{pH\ 1,0} - (A_{530} - A_{700})_{pH\ 4,5}] \quad (3)$$

Kandungan pigmen antosianin pada sampel dihitung dengan rumus:

$$\text{Total antosianin (mg/L)} = \frac{A \times BM \times FP \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (4)$$

Keterangan:

A = Absorbansi

BM = Berat molekul = 449.20 (dinyatakan sebagai sianidin-3-glikosida)

FP = Faktor pengenceran

ϵ = Koefisien absorpsivitas molar = 26900 (dinyatakan sebagai sianidin-3-glikosida)

4. Efisiensi Enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi dihitung dengan rumus berikut (Nafiunisa *et al.*, 2017).

$$\text{Efisiensi enkapsulasi} = \frac{\text{total antosianin terenkapsulasi}}{\text{total antosianin sebelum dienkapsulasi}} \times 100\% \quad (5)$$

5. Uji Release Antosianin Encapsulat

Sebanyak 100 mg hasil enkapsulasi dan dimasukkan ke dalam 50 mL aquadest. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 100 rpm dan suhu 25°C. Sampel tersebut dilakukan sampling pada menit ke-30 dan ke-60 untuk diuji total antosianin yang terlarut (Wang *et al.*, 2014 yang dimodifikasi).

6. Analisa Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Analisa aktivitas antioksidan mengacu pada metode Jiao *et al.*, (2012) yang dimodifikasi. Sampel ditimbang 15 mg dilarutkan dalam 15 ml metanol (1000 ppm) dan dihomogenkan menggunakan *plate stirrer* selama 15 menit. Sampel tersebut dinyatakan sebagai larutan induk. Selanjutnya dibuat larutan seri dengan konsentrasi 200, 400, 600, 800 ppm dengan volume total 2 ml. Larutan seri ditambahkan larutan DPPH konsentrasi 100 μM sebanyak 2 ml. Larutan tersebut diinkubasi pada suhu ruang dan ruang gelap selama 30 menit, kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Absorbansi larutan kontrol juga diukur untuk melakukan perhitungan persen inhibisi. Larutan kontrol dibuat dengan pencampuran 2 ml metanol dengan 2 ml larutan DPPH 100 μM .

Aktivitas antioksidan masing-masing sampel ekstrak dinyatakan dengan persentase penghambatan radikal bebas (persen inhibisi) yang dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{(\text{absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel})}{\text{absorbansi blanko}} \times 100\% \quad (6)$$

Nilai konsentrasi sampel dan hambatan (persen inhibisi) diplot masing-masing pada sumbu x dan y pada persamaan regresi linear. Persamaan regresi linear yang diperoleh dalam bentuk persamaan: $y = b(x) + a$, digunakan untuk mencari nilai IC_{50} (*inhibitor concentration 50%*) masing-masing sampel, dengan menyatakan nilai y sebesar 50 dan nilai x sebagai IC_{50} . Nilai IC_{50} menyatakan konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk mereduksi DPPH sebesar 50%.

7. Analisa Kolorimetrik

Warna serbuk enkapsulat diukur menggunakan kolorimeter mengikuti sistem CIELAB (L^* , a^* , b^*) dimana L^* mengindikasikan kecerahan (0 = hitam, 100 = putih), a^* dan b^* adalah koordinat untuk hijau ($-a^*$)/merah ($+a^*$), biru ($-b^*$)/kuning ($+b^*$). Warna sampel dapat diketahui dari nilai derajat Hue, $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}b^*/a^*$ (0° atau 360° = merah, 90° = kuning, 180° = hijau, dan 270° = biru), sedangkan tingkat ketajaman warna yang dihasilkan dapat dilihat dari nilai chroma (C), $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Kuck dan Noreña, 2016).

8. Analisa *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR)

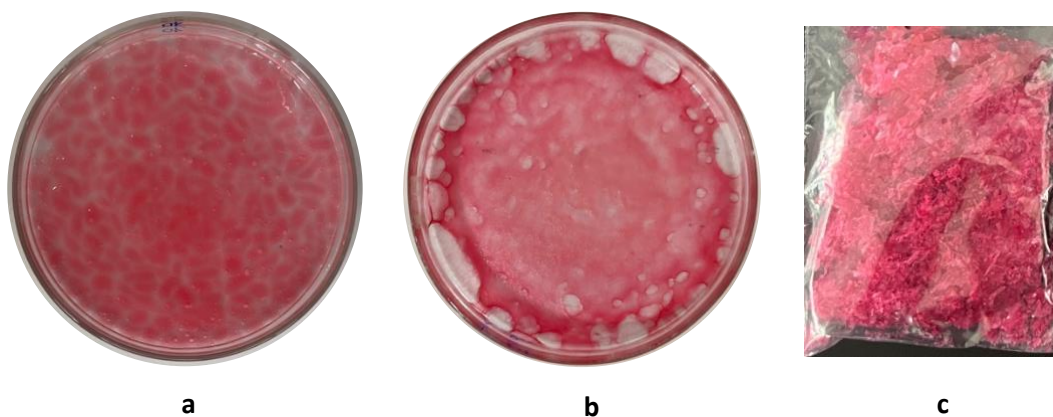
Analisis ini dilakukan untuk mengetahui adanya interaksi antara antosianin, pektin, dan alginat dalam pembentukan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu dengan melakukan pengecekan gugus fungsi hidroksil, karboksil, karbonil. Sebanyak 10 mg sampel disiapkan dalam pelet KBr sebagai *background*. Kemudian sampel tersebut dikenai (ditransmisikan) spektrum *infrared* pada kisaran panjang gelombang $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ (Laila *et al.*, 2019).

3.6 Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan dua faktor, yaitu konsentrasi alginat dan waktu perendaman droplet dalam CaCl_2 . Setiap perlakuan dilakukan 2 (dua) kali ulangan. Selanjutnya, hasil data yang diperoleh dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh antarperlakuan variasi alginat dan waktu perendaman terhadap larutan CaCl_2 dalam pembentukan enkapsulat antosianin. Selanjutnya dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui pengaruh antarperlakuan masing-masing dengan taraf kepercayaan 95% (taraf $\alpha=0,05$) menggunakan software *Microsoft Excel 2019* dan SPSS versi 25.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Enkapsulasi merupakan proses penyalutan bahan aktif dengan menggunakan berbagai jenis polimer dan dibedakan atas tiga teknik enkapsulasi di antaranya adalah secara fisik, kimiawi, dan fisik-kimia. Proses enkapsulasi yang digunakan adalah teknik *coacervation* menggunakan polimer alginat dan pektin sebagai matriks penyalut, dan antosianin sebagai bahan aktif. Selanjutnya, digunakan larutan CaCl_2 yang bertujuan untuk menguatkan ikatan antarantosianin dan bahan penyalut. Dalam menurunkan kadar air enkapsulat digunakan pengeringan vakum bertujuan untuk mempertahankan senyawa bioaktif antosianin. Enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu yang disalut dengan pektin-alginat menghasilkan enkapsulat seperti pada Gambar 9.



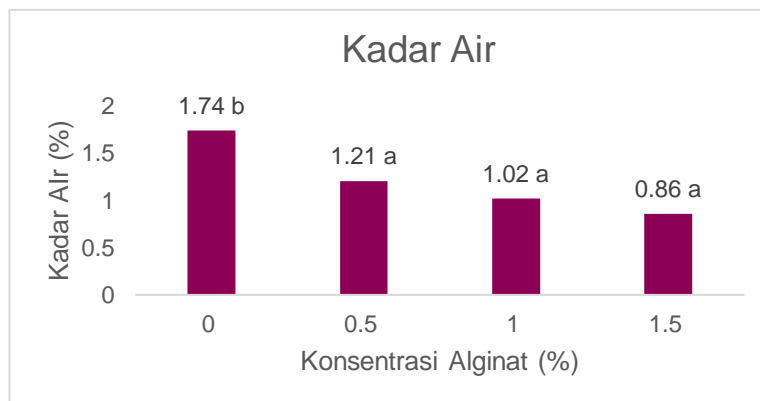
Gambar 9. (a) enkapsulat basah, (b) enkapsulat kering, (c) enkapsulat kering setelah digerus

Gambar 9 (a) antosianin yang telah terenkapsulasi menggunakan alginat dan pektin dengan tingkat kadar air tinggi. Sedangkan (b) enkapsulat antosianin setelah dikeringkan dengan ketebalan berkisar 0,06-0,09 mm; dan (c) enkapsulat kering yang telah digerus atau pengecilan partikel.

4.1 Kadar Air

Kadar air merupakan kandungan air dalam bahan pangan. Kadar air sebagai parameter utama dalam menentukan lama simpan produk. Semakin tinggi kadar air, maka semakin besar kemungkinan kerusakan bahan pangan akibat aktivitas biologis mikroorganisme. Enkapsulat antosianin yang diharapkan sebagai produk pewarna alami yang dapat disimpan dalam jangka waktu lama tentunya harus

memiliki nilai kadar air rendah. Kadar air yang rendah dapat memperpanjang umur simpan dari antosianin karena akan memperlambat pertumbuhan jamur sehingga tidak merusak sifat dari antosianin (Yunilawati *et al.*, 2018).



Gambar 10. Hubungan konsentrasi alginat terhadap kadar air kapsul antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi alginat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar air kapsul antosianin ubi jalar ungu. Nilai rata-rata kadar air kapsul antosianin ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 10.

Kadar air paling rendah ditunjukkan pada konsentrasi alginat 1,5% yaitu 0,86%. Sedangkan kadar air paling tinggi pada perlakuan kontrol yaitu 1,74%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi alginat maka semakin rendah kadar air dikarenakan semakin tinggi kekuatan gel alginat yang terbentuk. Sehingga semakin kuatnya ikatan silang yang terbentuk antarantosianin dan bahan penyalut. Hal ini dinyatakan oleh Subaryono (2009) dalam (Sinurat dan Marliani, 2017) bahwa peningkatan konsentrasi ion pembentuk gel (*gelling ion*) dalam hal ini digunakan alginat maka akan menghasilkan gel yang kuat. Semakin besar kekuatan gel yang terbentuk, dihasilkan kapsul yang lebih stabil dikarenakan nilai kadar air semakin rendah. Sedangkan tanpa penggunaan alginat (konsentrasi 0%) dihasilkan kadar air tinggi dikarenakan lemahnya kekuatan gel terbentuk sehingga ikatan antarantosianin dan bahan penyalut pun semakin lemah dan semakin kuat terjadinya sineresis pada bahan kapsul. Selain itu dipertegas dalam penelitian Palupi *et al.*, (2014) bahwa alginat merupakan bahan penyalut yang paling kuat dalam menahan air dan diperoleh nilai kadar air terendah pada penyalut alginat dengan konsentrasi tertinggi.

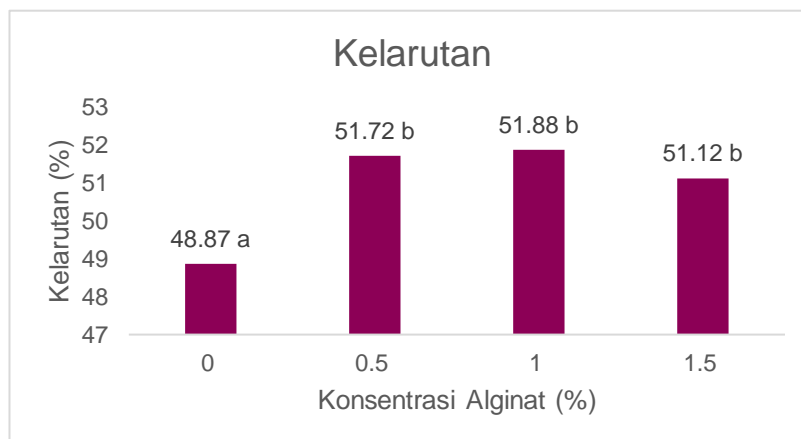
Enkapsulat antosianin dengan kadar air rendah akan bersifat lebih stabil dari pengaruh cahaya, kerusakan oksidatif, dan mikrobiologis sehingga bersifat awet dan mampu disimpan dalam jangka waktu lama. Kadar air enkapsulat terbaik yang dihasilkan pada konsentrasi alginat 1,5% adalah 0,86% menunjukkan nilai kadar air yang sangat rendah sehingga produk enkapsulat ini dapat disimpan dalam waktu yang lama pada suhu ruang yang stabil. Sesuai yang dinyatakan Winarno (2008) bahwa kandungan air dalam bahan pangan sangat menentukan *food acceptability* dan daya tahan produk yang dihasilkan.

Penggunaan bahan penyalut pektin-alginat dalam menjerat antosianin sebagai bahan aktif dengan proses pengeringan oven vakum pada suhu 45°C dinilai efektif dalam pembuatan enkapsulat antosianin ditunjukkan dengan dihasilkan nilai kadar air rendah pada masing-masing perlakuan konsentrasi alginat. Pengeringan vakum sebagai metode pengeringan yang mampu mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya produk-produk yang sensitif terhadap panas. Selain itu, operasi kondisi operasi yang dilakukan pada temperatur rendah dan tekanan di bawah 1 atm. Hal ini sesuai dengan jurnal Aznury *et al.*, (2019) bahwa pengering vakum mampu mempertahankan kestabilan produk dan meningkatkan daya rehidrasi.

4.2 Kelarutan

Kelarutan dinyatakan dalam jumlah maksimum zat terlarut yang larut dalam zat pelarut. Tingkat kelarutan berpengaruh terhadap nilai kadar air bahan, semakin tinggi kadar air maka semakin rendah tingkat kelarutan. Hal ini dikarenakan peningkatan kadar air dalam bahan pangan akan membentuk ikatan yang menyebabkan terbentuknya gumpalan dan mengakibatkan butuh waktu yang lebih lama untuk memecah ikatan antar partikel dikarenakan tingkat kelarutannya rendah (Kaljannah *et al.*, 2018). Sebaliknya, semakin banyak gugus hidroksil bebas pada bahan pengisi maka semakin tinggi tingkat kelarutannya. Artinya jika nilai kelarutan yang diperoleh semakin tinggi maka menunjukkan semakin baik mutu produk yang dihasilkan, karena proses penyajiannya akan menjadi lebih mudah (Tresna Yuliawaty dan Susanto, 2015). Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan penggunaan alginat berpengaruh nyata ($p < 0,05$)

terhadap nilai kelarutan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

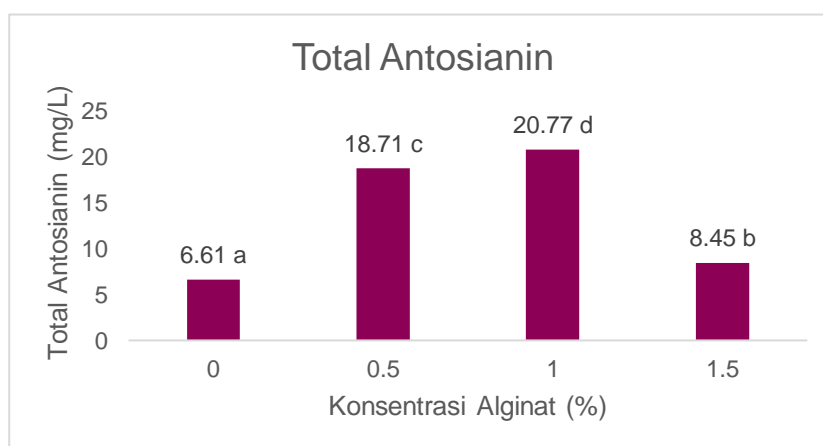


Gambar 11. Hubungan konsentrasi alginat terhadap kelarutan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Penggunaan alginat sebagai bahan penyalut menunjukkan bahwa semakin tinggi kelarutan enkapsulat. Semakin tinggi nilai kelarutan menandakan semakin cepat terlarutnya enkapsulat di dalam air. Analisa kelarutan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan enkapsulat dapat diaplikasikan dalam bahan pangan, khususnya dalam penelitian ini ditujukan enkapsulat digunakan sebagai zat pewarna alami. Nilai kelarutan sangat berkaitan dengan nilai kadar air enkapsulat dikarenakan semakin tinggi kadar air bahan maka semakin sulit larut dalam air. Sesuai dengan hasil penelitian bahwa perlakuan tanpa penggunaan alginat dihasilkan nilai kelarutan yang rendah sebesar 48,87% dan disinyalir dengan dihasilkan kadar air yang tinggi sebesar 1,74%. Sedangkan perlakuan penggunaan alginat diperoleh nilai kelarutan tidak berpengaruh signifikan antarperlakuan masing-masing berkisar 51,12%; 51,72; 51,88%. Selanjutnya dipertegas oleh Gardjito *et al.*, (2006) dalam Yogaswara *et al.*, (2017) bahwa kadar air tinggi dalam bahan menyebabkan sulitnya penyebaran air dalam bahan sebab lemahnya ikatan antarpartikel. Serta bahan berkadar air tinggi memiliki permukaan yang sempit untuk dibasahi karena butirannya besar sehingga saling lengket di antara butiran tersebut. Sebaliknya, enkapsulat berkadar air rendah memiliki ukuran partikel yang kecil sehingga akan dengan mudah larut dalam air dan dinyatakan memiliki nilai kelarutan yang tinggi.

4.3 Total Antosianin

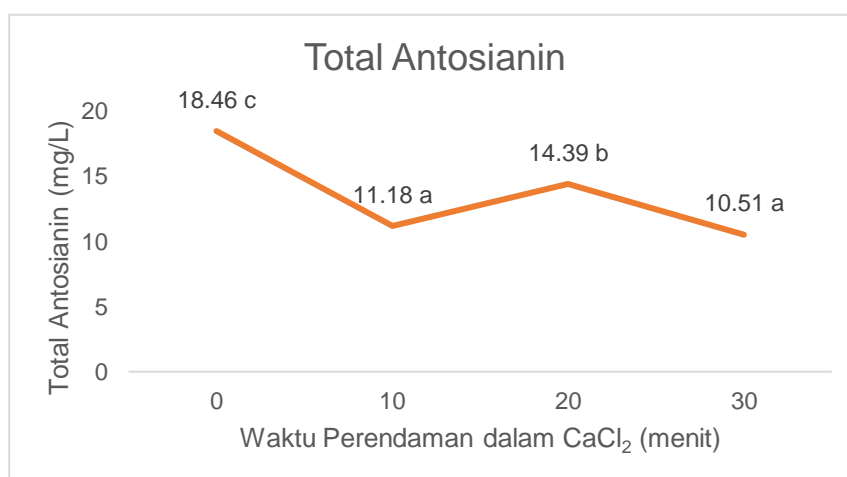
Antosianin adalah metabolit sekunder dari famili flavonoid, kelompok pigmen yang menyebabkan warna kemerah-merahan, letaknya di dalam cairan sel yang bersifat larut dalam air. Sehingga dalam mengekstraksi antosianin menggunakan pelarut polar seperti metanol, etanol, kloroform yang diasamkan dengan asam klorida atau asam format. Antosianin dilihat dari penampakan berwarna merah, merah senduduk, biru dan ungu, mempunyai panjang gelombang maksimum 465-560 nm (Lydia *et al.*, 2001). Jenis antosianin yang ditemukan di dalam ubi jalar ungu adalah sianidin 3-kafeol-sophorosida-5-glukosidadan peonidin 3-kafeol-sophorosida-5-glukosida (Montilla *et al.*, 2011).



Gambar 12. Hubungan konsentrasi alginat terhadap total antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi alginat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$) terhadap total antosianin enkapsulat. Nilai rata-rata total antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 12. Total antosianin enkapsulat tanpa penggunaan alginat diperoleh hasil terendah, yaitu 6,61 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa alginat sebagai bahan penyalut mampu mempertahankan kestabilan antosianin enkapsulat. Namun, total antosianin enkapsulat menurun pada konsentrasi alginat 1,5%, yaitu 8,45 mg/L. Konsentrasi alginat tersebut berada di titik jenuh dikarenakan semakin besar kekuatan gel yang dihasilkan sehingga semakin lemah kemampuan alginat dalam menjerat antosianin sebagai bahan aktif.

Diketahui hasil optimal total antosianin yang diperoleh ialah pada enkapsulat konsentrasi 1% sebesar 20,77 mg/L. Sesuai dengan penelitian komprehensif Shaddel *et al.*, (2018) bahwa enkapsulat antosianin *raspberry* hitam terbaik dengan perbandingan rasio gelatin:gum Arab: antosianin *raspberry* hitam ialah 1:1:1 dengan metode *complex coacervation*. Hal ini sesuai dengan data penelitian bahwa perlakuan konsentrasi alginat 1% efektif dalam mengenkapsulasi antosianin sebagai bahan aktif. Sesuai yang dinyatakan Zhang *et al.*, (2007) bahwa penambahan bahan penyalut dapat meningkatkan efisiensi pembentukan enkapsulat. Selanjutnya studi penelitian Pai *et al.*, (2015) mempertegas bahwa efisiensi enkapsulasi meningkat jika adanya penambahan konsentrasi *carrier* (matriks penyalut) yang juga berfungsi sebagai pelindung enkapsulat.

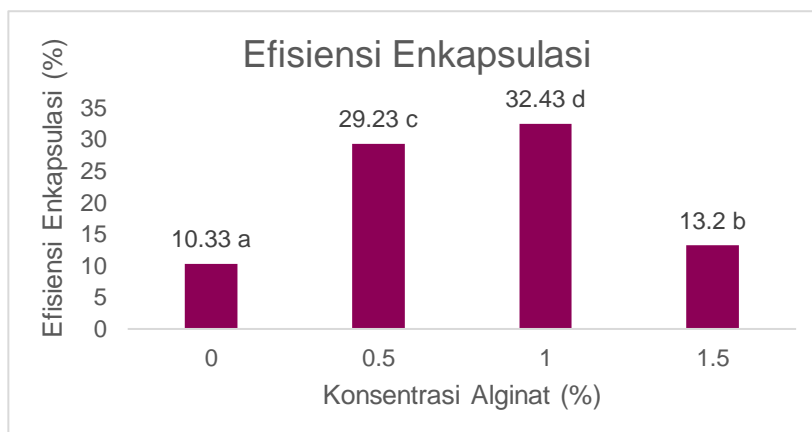


Gambar 13. Hubungan waktu perendaman dalam CaCl₂ terhadap kadar air enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan waktu perendaman CaCl₂ berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap total antosianin enkapsulat. Nilai rata-rata total antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 13. Hasil menunjukkan bahwa semakin lama perendaman CaCl₂ terhadap pembentukan enkapsulat maka semakin menurun total antosianin. Antosianin memiliki sifat yang mudah larut dalam air sehingga memicu terjadinya degradasi antosianin pada larutan CaCl₂ selama perendaman. Sesuai dengan penelitian Chen *et al.*, (2019) bahwa kecepatan degradasi antosianin dipengaruhi oleh suhu, waktu, lama penyimpanan. Selanjutnya dipertegas oleh Liu *et al.*, (2018) bahwa larutnya antosianin dalam air menyebabkan terjadinya diskolorisasi pigmen.

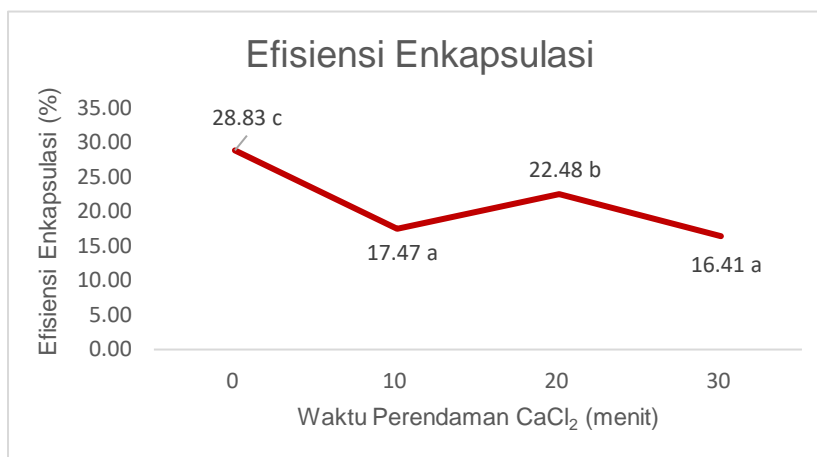
4.4 Efisiensi Enkapsulasi

Efisiensi enkapsulasi adalah kemampuan senyawa aktif awal yang dapat tersalut dalam kapsul. Efisiensi enkapsulasi antosianin dilihat jumlah senyawa antosianin yang terenkapsulasi terhadap total antosianin awal. Sesuai dengan pernyataan Yogaswara *et al.*, (2017) bahwa tingginya persentase efisiensi enkapsulasi menandakan proses enkapsulasi tersebut bekerja secara maksimal.



Gambar 14. Hubungan konsentrasi alginat terhadap efisiensi enkapsulasi enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi alginat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$) terhadap efisiensi enkapsulasi antosianin. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 14. Nilai efisiensi enkapsulasi berkesinambungan dengan nilai antosianin enkapsulat. Konsentrasi alginat 1% (w/v) menghasilkan efisiensi enkapsulasi tertinggi. Namun terjadi penurunan pada konsentrasi alginat 1,5% (w/v). Hal ini dimungkinkan terjadinya titik jenuh ditandai dengan peningkatan viskositas sehingga sulit untuk menjerat matriks antosianin dalam pembentukan enkapsulat. Hal ini sesuai dengan penelitian Laila *et al.*, (2019) bahwa peningkatan viskositas cairan akan menghambat difusi antosianin sehingga sulit dalam menjerat matriks penyalut dan bahan aktif antosianin. Selanjutnya bahwa besarnya rasio polimer/*active agent* berpengaruh terhadap ikatan matriks yang terbentuk. Berkurangnya ikatan antarmatriks akan menghasilkan densitas matriks yang lemah dan menurunkan efisiensi enkapsulat. Selanjutnya dipertegas oleh Zhang *et al.*, (2007) bahwa penambahan *wall material* akan meningkatkan efisiensi enkapsulasi dalam mikroenkapsulasi procyanidin.



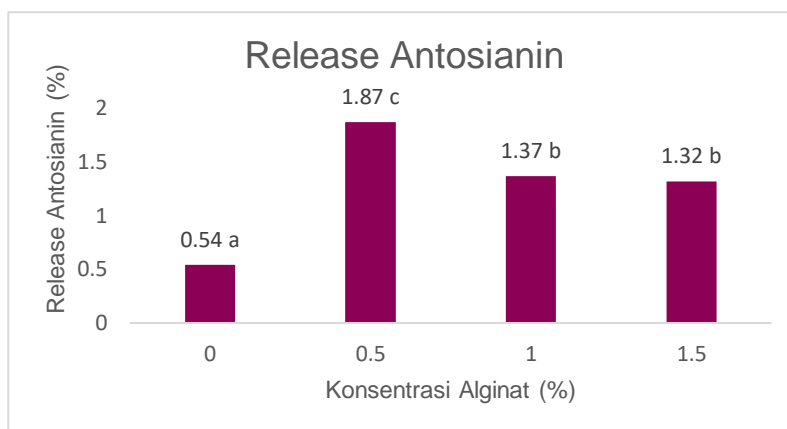
Gambar 15. Hubungan waktu perendaman dalam CaCl₂ terhadap efisiensi enkapsulasi enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan waktu perendaman pada CaCl₂ berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap efisiensi enkapsulasi antosianin. Nilai rata-rata efisiensi enkapsulasi antosianin ubi jalar ungu dapat dilihat pada Gambar 15. Dalam penelitian ini, larutan CaCl₂ berperan sebagai larutan pengeras pembentukan kapsul, juga dalam menjerat senyawa antosianin selama proses enkapsulasi. Namun semakin lama perendaman pada CaCl₂ maka dihasilkan penurunan efisiensi enkapsulasi. Hal ini dikarenakan semakin lama matriks terlarut dalam larutan CaCl₂ yang menyebabkan terjadinya degradasi antosianin. Efisiensi enkapsulasi tertinggi pada perlakuan 0 menit (tanpa perendaman CaCl₂), namun terjadi peningkatan efisiensi enkapsulasi pada menit ke-20. Hal ini dimungkinkan terjadinya ketidakstabilan senyawa antosianin yang bersifat hidrofilik dalam larutan CaCl₂ yang memiliki gugus polar. Sesuai dengan (Ching *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2022) bahwa komponen bioaktif yang diinteraksikan dengan natrium alginat dan diekstrusi dengan *syringe* ditetaskan dalam larutan kalsium maka akan membentuk alginat dan bioaktif yang kuat antarmatriks enkapsulat.

4.5 Release Antosianin Enkapsulat

Uji release antosianin enkapsulat dilakukan pada media akuades. Hal ini dikarenakan enkapsulat yang dihasilkan bertujuan untuk diaplikasikan dalam bahan makanan atau minuman. Namun, dalam hal ini peneliti hanya melakukan uji release antosianin untuk mengetahui efektivitas enkapsulat larut dalam akuades sebagai media pelepasan, tanpa melakukan penelitian lanjutan terhadap

pengaplikasian enkapsulat sebagai pewarna. Release antosianin enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 16.

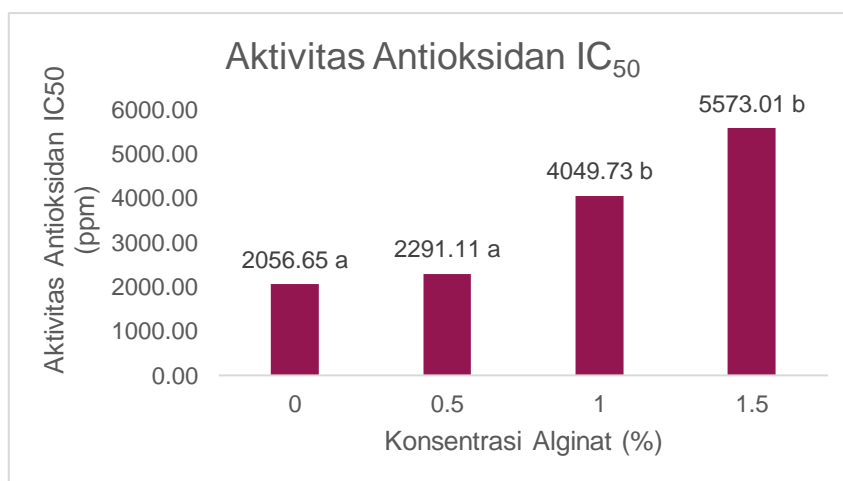


Gambar 16. Hubungan konsentrasi alginat terhadap *release* antosianin enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi alginat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$) terhadap release antosianin enkapsulat. Nilai rata-rata release antosianin enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 16. Hasil release antosianin tertinggi pada enkapsulat konsentrasi alginat 0,5% sebesar 1,87%. Sedangkan nilai release antosianin enkapsulat konsentrasi 1% dan 1,5% tidak berbeda signifikan. Hal ini dimungkinkan pada konsentrasi alginat yang tinggi memiliki kekuatan ikatan antarmatriks penyalut dan bahan aktif sangat kuat sehingga membentuk pori matriks yang kuat. Olehnya itu, nilai release antosianin rendah dikarenakan antosianin terjerat pada matriks polimer. Jadi, semakin tinggi konsentrasi alginat maka semakin kuat keterikatan matriks yang terbentuk antarantosianin dan polimer. Hal ini sesuai dengan penelitian Machado *et al.*, (2022) bahwa bahan yang dienkapsulasi menggunakan polimer gel akan lebih mudah berdifusi terhadap matriks polimer. Mekanisme release enkapsulat diawali dengan terjadinya proses *swelling* oleh media cair pelepasan. Selanjutnya, pernyataan Ching *et al.*, (2017) bahwa permeabilitas matriks terbukti dipengaruhi oleh konsentrasi kation pembentuk gel. Dipertegas dengan hasil penelitian Hariyadi *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa penurunan laju release lisozim dari mikrogel alginat dipengaruhi oleh konsentrasi matriks dinaikkan dari 0,1 M hingga 0,5 M.

4.6 Aktivitas Antioksidan IC₅₀

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan. Senyawa ini memiliki berat molekul yang kecil, tetapi mampu menghambat berkembangnya reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal. Digunakan DPPH sebagai senyawa radikal bebas yang dapat dihambat oleh bahan ekstrak atau *bioactive compound*. *Inhibitor Concentration 50* (IC₅₀) sebagai konsentrasi zat antioksidan yang memberikan 50% penghambatan terhadap senyawa radikal bebas. Sesuai dengan penelitian Chen *et al.*, (2013) bahwa metode DPPH merupakan metode yang unggul dalam menentukan kemampuan antioksidan substrat biologis dengan IC₅₀ sebagai persentase penghambatan senyawa antioksidan terhadap senyawa antioksidan. Menurut Molyneux (2004), IC₅₀ aktivitas antioksidan diklasifikasikan menjadi lima, yaitu IC₅₀ <50 ppm (sangat kuat), 50-100 ppm (kuat), 100-150 ppm (sedang), 150-200 ppm (lemah), dan >200 ppm (sangat lemah). Semakin tinggi nilai konsentrasi IC₅₀ maka semakin lemah aktivitas antioksidan bahan tersebut.



Gambar 17. Hubungan konsentrasi alginat terhadap aktivitas antioksidan IC₅₀ enkapsulat antosianin ubi jalar ungu; angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi alginat berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$) terhadap aktivitas antioksidan IC₅₀ enkapsulat. Nilai rata-rata aktivitas antioksidan IC₅₀ enkapsulat dapat dilihat pada Gambar 17. Diperoleh hasil aktivitas antioksidan IC₅₀ semakin meningkat, hal ini mengindikasikan semakin rendah kemampuan bahan ekstrak dalam menghambat 50% aktivitas radikal bebas. Dipertegas oleh Laga *et al.*, (2019) bahwa rendahnya nilai IC₅₀ menunjukkan bahwa semakin tinggi aktivitas antioksidan pati ubi jalar ungu.

Berdasarkan Gambar 17 menunjukkan secara keseluruhan nilai aktivitas antioksidan IC₅₀ yang diperoleh terbilang sangat lemah berkisar 2056,65-5573,01 ppm. Semakin tinggi konsentrasi alginat enkapsulat, maka semakin rendah nilai aktivitas antioksidan IC₅₀. Hal ini dikarenakan enkapsulat antosianin telah melewati beberapa proses pengolahan mulai dari ekstraksi, evaporasi, dan pengeringan sehingga sangat rentan terjadi kerusakan senyawa bioaktif sehingga aktivitas antioksidannya pun sangat rendah. Sesuai dengan pernyataan Hatimah *et al.*, (2023) bahwa ketidakstabilan nilai aktivitas antioksidan ditemui pada produk turunan yang melewati berbagai proses pengolahan atau pemanasan. Aktivitas antioksidan IC₅₀ tinggi pada ekstrak antosianin ubi jalar ungu sebesar 65,35 ppm (Arifuddin, 2010). Pernyataan Tena *et al.*, (2020) bahwa senyawa kalkan dan basa kuinoida antosianin dengan ikatan rangkap terkonjugasi dalam kelompok keto adalah antioksidan yang efisien dalam menangkal radikal bebas. Juga metoksilasi mampu meningkatkan aktivitas antioksidan. Dalam penelitian ini, digunakan pektin sebagai bahan penyalut yang diketahui banyak memiliki gugus metoksil.

4.7 Warna (Kolorimetrik)

Warna dibedakan atas intensitasnya masing-masing untuk mengamati perbedaan signifikan dalam suatu warna. Intensitas warna dapat diamati menggunakan *colorimeter* dengan identifikasi nilai L*, a*, dan b*. Ruang warna CIELAB mengidentifikasi warna dengan nilai L* untuk tingkat kecerahan, angka 0 mengindikasikan warna hitam dan 100 mengindikasikan warna putih. Nilai a* untuk komponen hijau-merah, dimana angka negatif a* mengindikasikan warna hijau dan positif b* mengindikasikan warna merah. Nilai b* untuk komponen biru-kuning, dimana angka negatif b* mengindikasikan warna biru dan positif (Sinaga, 2019).

Tabel 3. Hubungan Konsentrasi Alginat terhadap Warna Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Perlakuan (Konsentrasi Alginat)	Kecerahan (L*)	Kemerahan (a*)	Kebiruan (b*)
0 %	50,44 a	27,98 b	1,95 c
0,5 %	52,44 a	26,36 b	0,67 b
1 %	52,14 a	27,26 b	0,57 b
1,5 %	50,93 a	20,98 a	-0,24 a

Keterangan: Data Diolah, 2023. Angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Tingkat kecerahan (L*) enkapsulat antosianin terhadap konsentrasi alginat tidak berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Warna enkapsulat antosianin yang

dihasilkan ialah kemerahan. Namun tingkat kecerahannya hampir sama. Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan alginat pada enkapsulasi antosianin meningkatkan kecerahan enkapsulat, tetapi kecerahan menurun pada konsentrasi alginat 1,5%. Sesuai dengan total antosianin yang diperoleh pada Gambar 12, penurunan total antosianin saat penambahan konsentrasi alginat semakin tinggi. Pun dengan tingkat kecerahan menurun seiring menurunnya total antosianin enkapsulat. Total antosianin yang tinggi memiliki intensitas warna yang tinggi pula dapat diamati pada tingkat kecerahan enkapsulat. Penelitian Vieira *et al.*, (2019) menegaskan bahwa korelasi antara kandungan total antosianin dan koordinat L* menunjukkan bahwa kolorimetri dapat dijadikan alat untuk memprediksi kandungan antosianin buah dan sayur.

Derajat a* enkapsulat antosianin terhadap konsentrasi alginat berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Derajat a* menginterpretasikan warna merah-hijau. Enkapsulat antosianin yang dihasilkan bernilai derajat +a* menunjukkan warna kemerahan. Semakin tinggi konsentrasi alginat, semakin pudar tingkat kemerahan enkapsulat antosianin. Hal ini dikarenakan terjadinya penurunan nilai antosianin enkapsulat pada konsentrasi alginat 1,5%. Studi penelitian Cheng *et al.*, (2022) bahwa derajat L*, a*, dan C_{ab}* berkorelasi terhadap kandungan antosianin *Cabernet Sauvignon*. Selanjutnya penelitian Vieira *et al.*, (2019) menyatakan bahwa nilai a* yang diperoleh dari senyawa fenolik yang diekstrak dengan etanol-asam 5 kali lebih tinggi dari nilai a* yang hanya diekstrak dengan etanol. Hal ini sesuai dengan metode ekstraksi antosianin yang dilakukan penulis menggunakan etanol-asam sitrat dan menghasilkan warna kemerahan pada enkapsulat tersebut. Dipertegas kembali oleh Giusti & Wrolstad (2001) bahwa transformasi warna antosianin berubah menjadi merah cerah dalam kondisi asam. Kemudian mendekati pH netral, antosianin tampak berwarna ungu, dan ketika kondisi basa antosianin berwarna kebiruan. Selanjutnya Bridgers *et al.*, (2010) menyatakan bahwa ketika pH ditingkatkan menjadi pH 4-5 akan menyebabkan hilangnya proton lebih cepat yang akan menyebabkan deprotonisasi dan terjadi hidrasi kation flavium. Peningkatan pH di atas 4 menyebabkan struktur antosianin bersifat tidak stabil.

Derajat b* enkapsulat antosianin terhadap konsentrasi alginat berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Derajat b* menginterpretasikan warna kuning-biru. Untuk derajat b* enkapsulat mengindikasikan warna kekuningan berdasarkan nilai b* yang ditunjukkan pada Tabel 3. Ubi jalar ungu segar berwarna ungu kemerahan.

Namun, ketika mengalami berbagai proses mulai dari ekstraksi hingga enkapsulasi, bahan berwarna ungu dan berubah menjadi kemerahan dikarenakan penggunaan etanol-asam dalam proses ekstraksi antosianin yang bertujuan untuk mempertahankan stabilitas antosianin ekstrak. Selanjutnya dipertegas dalam penelitian Mulyawanti *et al.*, (2018) bahwa perubahan antosianin dipengaruhi oleh proses pengolahan mulai dari ubi jalar ungu segar hingga menjadi pasta mengalami degradasi warna. Derajat b* ubi jalar ungu segar lebih besar ditandai dengan warna derajat kekuningan lebih tinggi.

Tabel 4. Hubungan Waktu Perendaman terhadap Warna Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

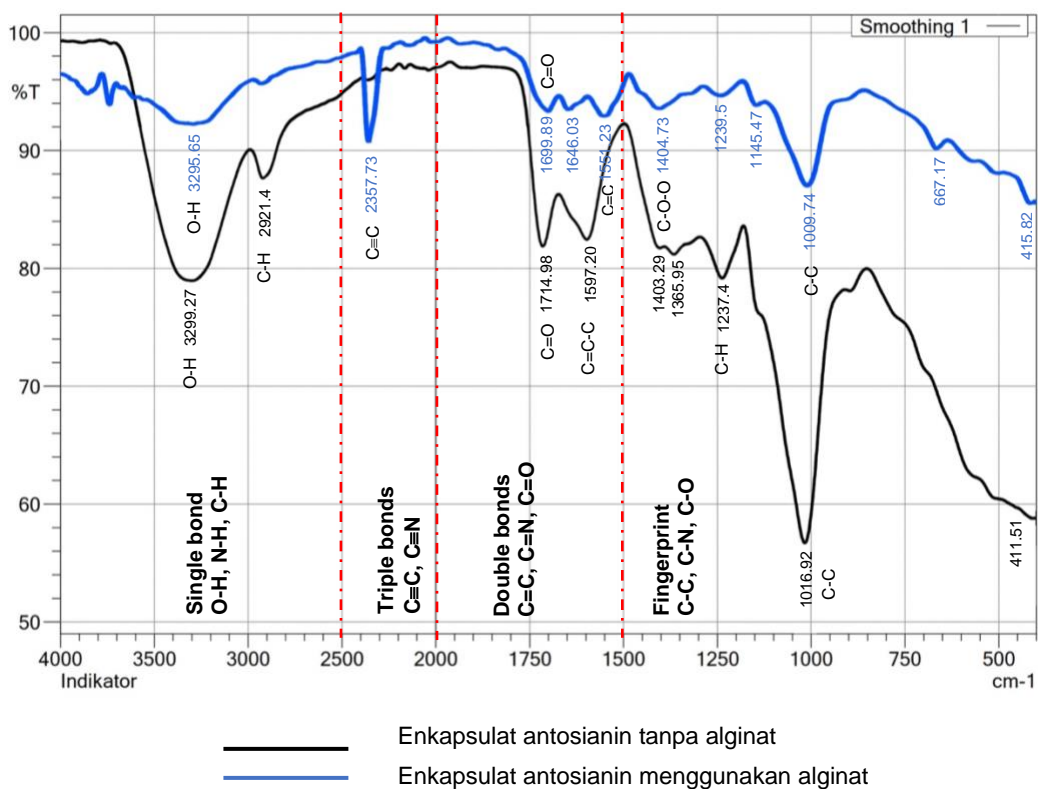
Perlakuan (Waktu Perendaman)	Kecerahan (*L)	Kemerahan (*a)	Kekuningan (*b)
0 menit	50,64 a	25,04 a	-1,61 a
10 menit	51,55 a	25,41 a	1,53 b
20 menit	51,78 a	27,12 a	1,56 b
30 menit	51,97 a	25,01 a	1,46 b

Keterangan: Data Diolah, 2023. Angka-angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Derajat kecerahan (L*) dan derajat a* enkapsulat antosianin terhadap perlakuan waktu perendaman dalam CaCl₂ tidak berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Sedangkan derajat b* enkapsulat antosianin terhadap waktu perendaman dalam CaCl₂ berpengaruh signifikan ($p < 0,05$). Perlakuan 0 menit (kontrol) pada Tabel 4 menunjukkan derajat b* yang mendekati warna kebiruan sesuai hasil analisis yang diperoleh, yaitu -1,61. Sedangkan ketiga perlakuan 10, 20, dan 30 menit memiliki derajat b* yang mendekati warna kekuningan. Hal ini dikarenakan enkapsulat antosianin mengalami degradasi warna saat perendaman dalam CaCl₂. Sesuai penelitian Anjani *et al.*, (2021) bahwa total antosianin Dalhari *rose apple* mengalami penurunan terhadap penggunaan CaCl₂ dikarenakan antosianin mudah larut pada senyawa polar.

4.8 Hasil Analisis Gugus FTIR

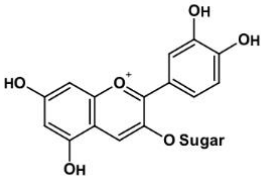
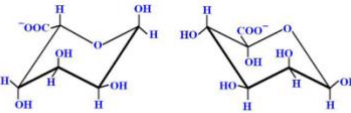
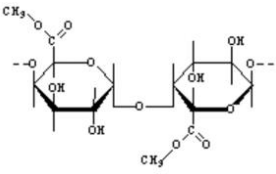
Analisis gugus FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectrometry*) merupakan teknik analitik yang digunakan dalam proses identifikasi struktur molekul senyawa. Senyawa ditransmisikan pada panjang gelombang 400-4000 cm⁻¹. Analisa ini dilakukan untuk memprediksi interaksi senyawa pada enkapsulat antosianin, yakni keterikatan antarpektin, alginat, antosianin, dan CaCl₂. Spektrum enkapsulat antosianin pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil analisis gugus FTIR enkapsulat antosianin ubi jalar ungu

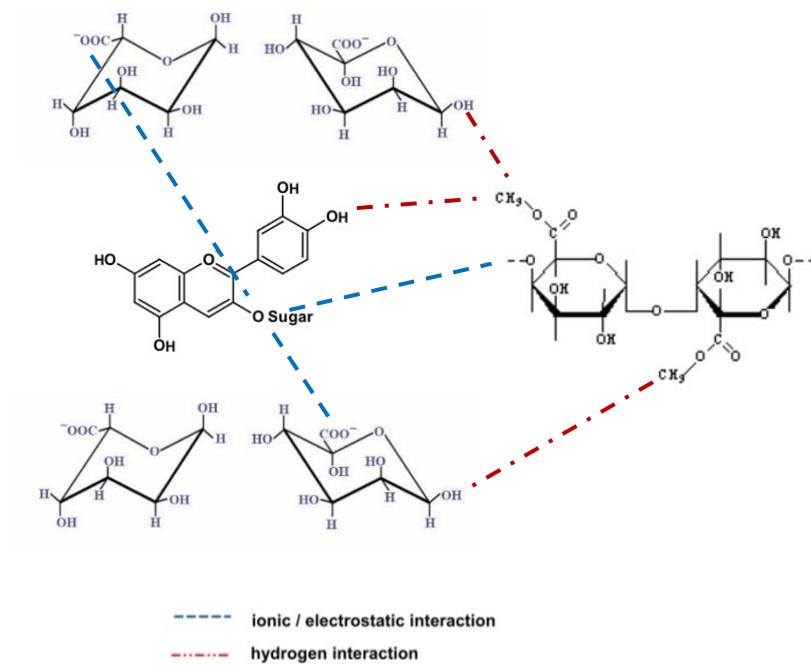
Interpretasi spektrum FTIR mengacu pada referensi Coates (2000) ditunjukkan pada Lampiran 11. Selanjutnya hasil analisis spektrum FTIR pada Gambar 18 mengindikasikan adanya senyawa antosianin dengan adanya gugus O-H pada serapan 3299,24 cm⁻¹, C-H pada serapan 2921,4 cm⁻¹, C-C pada serapan 1016,92 cm⁻¹, C-H pada serapan 2921,49 cm⁻¹. Spektrum serapan 1597,20 cm⁻¹ diprediksikan adanya gugus C=C-C (cincin aromatik) (Coates, 2000). Serapan 1714,98 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus karboksil (-COOH) dari senyawa karboksil pektin. Area serapan 1237,40 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus C-H. Area serapan 1200-1000 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus C-O dan C-C yang mengindikasikan ikatan glikosidik dan cincin piranoid oleh senyawa pektin dan antosianin (Kumar & Chauhan, 2010). Acuan spektrum FTIR menurut Coates (2000) pada Tabel 5.

Tabel 5. Acuan Spektrum FTIR

Senyawa	Gugus Fungsi	Area serapan (cm ⁻¹)
Antosianin 	O-H (nonbonded hydroxy group) C-H C-O CH ₃ >CH- (skeletal C-C) C-C C≡C	3645-3600 3320-3310 1050 2970-2950/2880-2860 1300-700 ~1350-1000 2260-2100
Alginat 	COO ⁻ O-H H-OH Asam karboksilat	890-820 3400-3200 3570-3200 1610-1550/1420-1300
Pektin 	C=O C-O CH ₃ O-H	1725-1700 ~1250 1470-1430/1380-1365 3400-3200

Sumber: Coates (2000)

Spektrum FTIR pada Gambar 18 menunjukkan adanya vibrasi gugus O-H pada serapan 3295,65 cm⁻¹, serapan 2357,73 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus C≡C, serapan 1009,74 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus C-C, serapan 1551,23 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus amina sekunder C=C pada serapan tersebut diprediksikan adanya ikatan senyawa antosianin. Spektrum serapan 1404,73 cm⁻¹ diprediksikan adanya C-O-O simetris yang diindikasikan adanya ikatan alginat. Alginat menunjukkan adanya dua vibrasi spektrum kelompok karboksilat dalam bentuk simetris dan asimetris (Lawrie *et al.*, 2007). Selanjutnya, serapan 1699,89 cm⁻¹ diprediksikan adanya gugus quinon/keton konjugasi (C=O-R) yang diindikasikan terdapat senyawa pektin. Serapan 1000-400 cm⁻¹ diprediksikan adanya vibrasi gugus C-O, C-N, C-C (Nandiyanto *et al.*, 2019). Hipotesa interaksi ikatan antosianin, alginat, dan pektin pada enkapsulat antosianin pada Gambar 19.



Gambar 20. Hipotesa interaksi ikatan senyawa antosianidin, pektin, alginat pada enkapsulat antosianin

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variasi konsentrasi alginat terbaik ditinjau dari tingkat kelarutan dan ketahanan senyawa bioaktif antosianin ubi jalar ungu adalah konsentrasi alginat 1% dengan nilai kadar air sebesar 1,02%, kelarutan sebesar 51,87%, kandungan total antosianin sebesar 20,77 mg/L, aktivitas antioksidan IC_{50} sebesar 4049,73, efisiensi enkapsulasi sebesar 32,43%, dan release antosianin 1,37 mg/L.
2. Variasi perendaman pada $CaCl_2$ terhadap pembentukan enkapsulat antosianin ubi jalar ungu adalah menit ke-20 dengan nilai total antosianin sebesar 14,39 mg/L dan efisiensi enkapsulasi sebesar 22,48%.
3. Warna enkapsulat antosianin yang dihasilkan berdasarkan derajat L^* , a^* , b^* adalah L^* berkisar pada angka 50,44-52,44 diidentifikasi memiliki tingkat kecerahan cukup tinggi (berada di tengah-tengah antarspektrum hitam-putih). Derajat a^* berkisar angka 20,98-27,98 diidentifikasi warnanya cenderung merah. Derajat b^* berkisar angka 0,57-1,95 yang diidentifikasi warna menuju spektrum kuning.
4. Keterikatan senyawa enkapsulat antosianin diprediksikan adanya vibrasi gugus hidroksil, karbonil, karboksil, alkena, dan amida yang dimungkinkan ikatan antarsenyawa antosianin, pektin, alginat, dan $CaCl_2$.

5.2 Saran

Saran penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perlunya penggunaan kombinasi polimer lain dengan alginat berkonsentrasi rendah sebagai matriks penyalut dalam meningkatkan keterikatan antarsenyawa dalam pembentukan enkapsulat antosianin.
2. Peningkatan konsentrasi $CaCl_2$ dalam menjerat matriks proses enkapsulasi.
3. Variasi konsentrasi terbaik yang diperoleh penulis dapat dilakukan penelitian lanjutan terkait lama penyimpanan enkapsulat terhadap stabilitas bioaktif dan kemampuan release antosianin. sebab warna enkapsulat stabil secara visual.

DAFTAR PUSTAKA

- Abka, K. R., Tounsi, L., Shahabi, N., Patel, A. K., Abdelkafi, S., & Michaud, P. (2022). Structures, Properties and Applications of Alginates. *Marine Drugs*, 20(6). <https://doi.org/10.3390/md20060364>
- Alborzi S, Lim LT, Kakuda Y. Release of folic acid from sodium alginate-pectinpoly (ethylene oxide) electrospun fibers under invitro conditions. *LWT - Food Sci Technol*. 2014; 59(1): 383–8.
- Anjani, A. M., Setiawan, C. K., & Utama, N. A. (2021). Effect of CaCl₂ and Alginate-Essential Oil Edible Coating in Maintaining Quality and Antioxidant Content in Rose Apple cv. Dalhari. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 752(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012004>
- Anwar A., Qader S. A. U., Raiz A., Iqbal S. dan Azhar A., 2009, Calcium Alginate: A Support Material for Immobilization of Proteases from Newly Isolated Strain of *Bacillus subtilis* KIBGE-HAS, *World Applied Science Journal*, 7, pp. 1281- 1286.
- Arifuddin, W. (2010). *Aktivitas Antioksidan Senyawa Antosianin dari Ekstrak Etanol Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L) Antioxidant Activity of Anthocyanin from Ethanol Extract of Purple Sweet Potato (Ipomoea batatas L)*.
- Aznury, M., Purnamasari, I., Mardiana, S., Dewi, T. (2019). Rancang Bangun Alat Vacuum Drying Dalam Proses Pembuatan Tepung Moringa Oleifera Lamk Design Of Vacuum Drying Tool In The Process Of Making Moringa Oleifera Lamk Flour. In *Jurnal Kinetika* (Vol. 10, Issue 03).
- Baena, A.C.M, Foxwll.M, Wright.D, and Villamizar-Rirero.L., (2019) "Microencapsulation of *Rhizobium Leguminosarum* Bv . *Trifolii* with Guar Gum: Preliminary Approach Using Spray Drying", *Journal of Biotechnology*, 302. February, 32–41 <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.06.007>.
- BPOM. 2019. BBPOM Bandung Proses Hukum Produsen Pangan Illegal. <https://www.pom.go.id/new/view/more/berita/13522/BBPOM-Bandung-Proses-Hukum-Produsen-Pangan->. [Akses online 7 September 2021].
- BPOM. 2020. Laporan Tahunan 2020 Provinsi DKI Jakarta. <https://www.pom.go.id/new/files/2021/LAPTAH2020/BALAI/Laporan%20Tahunan%202020%20Balai%20Besar%20POM%20di%20Jakarta.pdf> [Akses online 7 September 2021].
- BPOM. 2022. BPOM Temukan Zat Berbahaya Pada Jajanan Takjil di Polewali Mandar. <https://pattae.com/bpom-temukan-zat-berbahaya-pada-jajanan-takjil-di-polewali-mandar/>. [Akses online 28 Juli 2023].
- Bridgers, E. N., Chinn, M. S., & Truong, V. Den. (2010). Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweet potatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. *Industrial Crops*

- and Products*, 32(3), 613–620.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.07.020>
- Brodelius P, EJ Vandamme, 1987, Immobilized cell systems, 407–463, In H.J. Rehm and G. Reed (ed) *Biotechnology Chapter 8*. VCH Pub, New, New York.
- Champagne and P. Fustier, (2007) “Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods,” *Curr. Opin. Biotechnol.*, vol. 18, no. 2, pp. 184–190, doi: 10.1016/j.copbio.2007.03.001.
- Chen, C. C., Lin, C., Chen, M. H., & Chiang, P. Y. (2019). Stability and quality of anthocyanin in purple sweet potato extracts. *Foods*, 8(9), 1–13. <https://doi.org/10.3390/foods8090393>
- Chen, Z., Bertin, R., & Froidi, G. (2013). EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH* assay using several statistical programs. *Food Chemistry*, 138(1), 414–420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.001>
- Cheng, X., Wang, P., Chen, Q., Ma, T., Wang, R., Gao, Y., Zhu, H., Liu, Y., Liu, B., Sun, X., & Fang, Y. (2022). Enhancement of anthocyanin and chromatic profiles in ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera* L.) by foliar nitrogen fertilizer during veraison. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(1), 383–395. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11368>
- Ching, S. H., Bansal, N., & Bhandari, B. (2017). Alginate gel particles—A review of production techniques and physical properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1133–1152. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.965773>
- Chisté RC, LopesAS, dan Faria LJJ. 2010. Thermal and light degradation kinetics of anthocyanin extracts from mangosteen peel (*Garcinia mangostana* L.). *Int.J. Food Sci Tech*. 45:1902–1908.
- Coates, J. (2000). *Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach* (R. Meyers, Ed.; pp. 10815–10837). *Encyclopedia of Analytical Chemistry*.
- Espevik T, Otterlei M, Skjak-Bræk G, Ryan L, Wright SD, Sundan A. 1993. The involvement of CD14 in stimulation of cytokine production by uronic acid polymers. *Eur J Immunol*. 23:255–261.
- Gaonkar AG, Vashisht N, Khare AR, & Sobel R. (2014). Microencapsulation in the food industry: A practical implementation guide. *Elsevier*.
- Gibbs, B. F., Kermasha, S., Alli, I., & Mulligan, C. N. (1999). Encapsulation in the food industry: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50, 213–224. <https://doi.org/10.1080/096374899101256>
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (2001). *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy*.
- Gresshma, R. L., & Paul, R. (2012). Qualitative and Quantitative Detection of Rhodamine B Extracted from Different Food Items using Visible

- Spectrophotometry. *Malaysian Journal of Forensic Sciences*, 2012(1), 36–40.
- Hariyadi, D. M., Wang, Y., Lin, S. C. Y., Bostrom, T., Bhandari, B., & Coombes, A. G. A. (2012). Novel alginate gel microspheres produced by impinging aerosols for oral delivery of proteins. *Journal of Microencapsulation*, 29(3), 250–261. <https://doi.org/10.3109/02652048.2011.646329>
- Hatimah, H., Laga, A., Dirpan, A., Djalal, M., & Muhipdah. (2023). Maintaining bioactive compounds during maltodextrin (based on sweet purple potato starch (*Ipomea batatas* L.)) production. *AIP Conference Proceedings*, 2596. <https://doi.org/10.1063/5.0119478>
- Hevira, L., Desmi Alwinda, & Najmi Hilaliyati. (2020). Analisis pewarna Rhodamin B pada kerupuk merah di Payakumbuh. *Chempublish Journal*, 5(1), 27–35. <https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.7912>
- Jiao, Y., Jiang, Y., Zhai, W., & Yang, Z. (2012). Studies on antioxidant capacity of anthocyanin extract from purple sweet potato (*Ipomea batatas* L.). *African Journal of Biotechnology*, 11(27), 7046–7054. <https://doi.org/10.5897/ajb11.3859>
- Kaljannah, A. R., Indriyani, & Ulyarti. (2018). Pengaruh konsentrasi maltodekstrin terhadap sifat fisik, kimia, dan organoleptik minuman serbuk buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L). *Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Jambi*, 297–308.
- Kumar, A., & Chauhan, G. S. (2010). Extraction and characterization of pectin from apple pomace and its evaluation as lipase (steapsin) inhibitor. *Carbohydrate Polymers*, 82(2), 454–459. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.05.001>
- Laga, A., Putri, T. P., Syarifuddin, A., Hidayah, N., & Muhipdah, M. (2019). Pengaruh Penambahan Asam Askorbat terhadap Sifat Fungsional Pati Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.). *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 2(2), 90–97. <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i2.213>
- Laila, U., Rochmadi, & Pudjiraharti, S. (2019). Microencapsulation of purple-fleshed sweet potato anthocyanins with Chitosan-sodium tripolyphosphate by using emulsification-crosslinking technique. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 51(1), 29–46. <https://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2019.51.1.3>
- Lawrie, G., Keen, I., Drew, B., Chandler-Temple, A., Rintoul, L., Fredericks, P., & Grøndahl, L. (2007). Interactions between alginate and chitosan biopolymers characterized using FTIR and XPS. *Biomacromolecules*, 8(8), 2533–2541. <https://doi.org/10.1021/bm070014y>
- Liu, Y., Tikunov, Y., Schouten, R. E., Marcelis, L. F. M., Visser, R. G. F., & Bovy, A. (2018). Anthocyanin biosynthesis and degradation mechanisms in Solanaceous vegetables: A review. In *Frontiers in Chemistry* (Vol. 6, Issue MAR). Frontiers Media S. A. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00052>

- Lydia, Widianarko, S. B., & Susanto, T. (2001). Ekstraksi Dan Karakterisasi Pigmen Dari Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*) var. BINJAL. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 2(1), 1–16.
- Machado, A. R., Silva, P. M. P., Vicente, A. A., Souza-Soares, L. A., Pinheiro, A. C., & Cerqueira, M. A. (2022). Alginate Particles for Encapsulation of Phenolic Extract from *Spirulina* sp. LEB-18: Physicochemical Characterization and Assessment of In Vitro Gastrointestinal Behavior. *Polymers*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/polym14214759>
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- Matera, R., Gabbanini, S., Berretti, S., Amorati, R., De Nicola, G. R., Iori, R., & Valgimigli, L. (2015). Acylated anthocyanins from sprouts of *Raphanus sativus* cv. Sango: Isolation, structure elucidation and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 166, 397–406. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.056>
- Milind, P., & Monika. (2015). Sweet Potato As A Super-Food. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 6(4), 557–562. <https://doi.org/10.7897/2277-4343.064104>
- Mohammadlinejhad, S., & Kurek, M. A. (2021). Microencapsulation of anthocyanins-critical review of techniques and wall materials. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 9). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app11093936>
- Molyneux, P. (2004). The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 26(December 2003), 211–219. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>
- Montilla, C. E., Hillebrand, S., & Winterhalter, P. (2011). Invited Mini-Review Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology Anthocyanins in Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 5, 19–24.
- Mulyawanti, I., Budijanto, S., & Yasni, S. (2018). 1-8ijas.v.19, n1. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.21082/ijas.v.19.n1.2018.p.1-8>
- Mwanga, R. O. M., Andrade, M. I., Carey, E. E., Low, J. W., Craig Yencho, G., & Grüneberg, W. J. (2017). Sweetpotato (*Ipomoea Batatas* L.). In *Genetic Improvement of Tropical Crops* (pp. 181–218). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59819-2_6
- Nafiunisa, A., Aryanti, N., Wardhani, D. H., & Kumoro, A. C. (2017). Microencapsulation of Natural Anthocyanin from Purple Rosella Calyces by Freeze Drying. *Journal of Physics: Conference Series*, 909(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/909/1/012084>

- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118. <https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>
- Narasimman, P., & Sethuraman, P. (2016). An Overview On The Fundamentals Of Pectin. *International Journal of Advanced Research*, 4(12), 1855–1860. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/2593>
- Norcino, L. B., Mendes, J. F., Figueiredo, J. de A., Oliveira, N. L., Botrel, D. A., & Mattoso, L. H. C. (2022). Development of alginate/pectin microcapsules by a dual process combining emulsification and ultrasonic gelation for encapsulation and controlled release of anthocyanins from grapes (*Vitis labrusca* L.). *Food Chemistry*, 391. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133256>
- Pai, D. A., Vangala, V. R., Ng, J. W., Ng, W. K., & Tan, R. B. H. (2015). Resistant maltodextrin as a shell material for encapsulation of naringin: Production and physicochemical characterization. *Journal of Food Engineering*, 161, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.037>
- Palupi, N. W., Khrisna, P., Setiadi, J., & Yuwanti, S. (2014). Enkapsulasi Cabai Merah dengan Teknik Coacervation Menggunakan Alginat yang Disubstitusi dengan Tapioka Terfotooksidasi. In *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* (Vol. 3, Issue 3). www.journal.ift.or.id
- Piliang, W. G., 2006, Fisiologi Nutrisi Volume I, Institut Pertanian Bogor (IPB)-Press, Bogor.
- Poshadri, A., & Kuna, A. (2010). *Microencapsulation Technology: A Review*.
- Priska, M., Peni, N., Carvallo, L., & Dala Ngapa, Y. (2018). Review: Antosianin Dan Pemanfaatannya. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2).
- Purnomo, W., Khasanah, L. U., & Anandito, B. K. (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), 121–129.
- Rosidah. (2014). Potensi Ubi Jalar sebagai Bahan Baku Industri Pangan. *Teknoboga*, 1(1), 44–52.
- Shaddel, R., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S., Hamishehkar, H., Fathi-Achachlouei, B., & Huang, Q. (2018). Use of gelatin and gum Arabic for encapsulation of black raspberry anthocyanins by complex coacervation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 1800–1810. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.044>
- Shaddel R, Hesari J, Azadmard-Damirchi S, Hamishehkar H, Fathi-Achachlouei B, & Huang Q. (2018). Use of gelatin and gum Arabic for encapsulation of black raspberry anthocyanins by complex coacervation. *Int J Biol Macromol*, 107, 1800–1810.

- Sinaga, A. S. (2019). Segmentasi Ruang Warna L*a*b. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(1), 43–46.
- Sinurat, E., & Marliani, R. (2017). The Characteristics of Sodium Alginate from Brown Seaweed *Sargassum crassifolium* with Different Filtering Tools. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 351. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18103>
- Tena, N., Martín, J., & Asuero, A. G. (2020). State of the art of anthocyanins: Antioxidant activity, sources, bioavailability, and therapeutic effect in human health. In *Antioxidants* (Vol. 9, Issue 5). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
- Tresna Yuliawaty, S., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh Lama Pengeringan Dan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Fisik Kimia Dan Organoleptik Minuman Instan Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(1), 41–52.
- Vergara, C., Pino, M. T., Zamora, O., Parada, J., Pérez, R., Uribe, M., & Kalazich, J. (2020). Microencapsulation of anthocyanin extracted from purple flesh cultivated potatoes by spray drying and its effects on in vitro gastrointestinal digestion. *Molecules*, 25(3). <https://doi.org/10.3390/molecules25030722>
- Vieira, L. M., Marinho, L. M. G., Rocha, J. de C. G., Barros, F. A. R., & Stringheta, P. C. (2019). Chromatic analysis for predicting anthocyanin content in fruits and vegetables. *Food Science and Technology (Brazil)*, 39(2), 415–422. <https://doi.org/10.1590/fst.32517>
- Wang, L. J., Su, S., Wu, J., Du, H., Li, S. S., Huo, J. W., Zhang, Y., & Wang, L. S. (2014). Variation of anthocyanins and flavonols in *Vaccinium uliginosum* berry in Lesser Khingan Mountains and its antioxidant activity. *Food Chemistry*, 160, 357–364. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.081>
- Xiao, J. X., Huang, G. Q., Wang, S. Q., & Sun, Y. T. (2014). Microencapsulation of capsanthin by soybean protein isolate-chitosan coacervation and microcapsule stability evaluation. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(1). <https://doi.org/10.1002/app.39671>
- Xu, J., Su, X., Lim, S., Griffin, J., Carey, E., Katz, B., Tomich, J., Smith, J. S., & Wang, W. (2015). Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. *Food Chemistry*, 186, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.123>
- Yamashita, C., Chung, M. M. S., dos Santos, C., Mayer, C. R. M., Moraes, I. C. F., & Branco, I. G. (2017). Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.063>
- Yogaswara, I. B., Made Wartini, N., Putu Wrasiasi, L. (2017). *Karakteristik Enkapsulat Ekstrak Pewarna Buah Pandan (Pandanus Tectorius) Pada Perlakuan Enkapsulan Gelatin Dan Maltodekstrin*. 5(4), 31–40.

- Yoshimoto, M., Okuno, S., Yoshinaga, M., Yamakawa, O., Yamaguchi, M., & Yamada, J. (1999). Antimutagenicity of Sweetpotato (*Ipomea batatas*) Roots. *Bioscience, Biotechnology, Biochemical*, 63(3), 537–541.
- Yunilawati, R., Yemirta, Y., Cahyaningtyas, A. A., Aviandharie, S. A., Hidayati, N., & Rahmi, D. (2018). Optimasi Proses Spray Drying Pada Enkapsulasi Antosianin Ubi Ungu. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 40(1), 17. <https://doi.org/10.24817/jkk.v40i1.3761>
- Zhang, L., Mou, D., & Du, Y. (2007). Procyanidins: Extraction and micro-encapsulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(12), 2192–2197. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2899>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Kadar Air Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 1a. Hasil Pengamatan Kadar Air Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kadar Air (%)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	1.351	1.629	1.490	0.197
	10	2.536	1.466	2.001	0.757
	20	2.239	1.175	1.707	0.752
	30	2.211	1.301	1.756	0.643
0.5	0	1.876	0.987	1.432	0.629
	10	1.107	1.042	1.075	0.046
	20	1.595	0.810	1.203	0.555
	30	1.276	0.964	1.120	0.221
1	0	1.238	0.823	1.031	0.293
	10	1.562	1.053	1.308	0.360
	20	0.942	0.901	0.922	0.029
	30	0.692	0.956	0.824	0.187
1.5	0	0.792	0.718	0.755	0.052
	10	0.688	0.686	0.687	0.001
	20	0.870	1.037	0.954	0.118
	30	1.535	0.535	1.035	0.707

Lampiran 1b. Hasil Perhitungan Kadar Air Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	1.490	2.001	1.707	1.756	1.739
0.5	1.432	1.075	1.203	1.120	1.208
1	1.031	1.308	0.922	0.824	1.021
1.5	0.755	0.687	0.954	1.035	0.858
Rata-Rata	1.177	1.268	1.197	1.184	1.206

Lampiran 1c. Data Analisa Sidik Ragam Kadar Air Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Air

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.351 ^a	15	.290	1.491	.218
Intercept	46.544	1	46.544	239.205	.000
Konsentrasi	3.514	3	1.171	6.019	.006
Waktu	.042	3	.014	.072	.974
Konsentrasi * Waktu	.796	9	.088	.454	.884
Error	3.113	16	.195		
Total	54.009	32			
Corrected Total	7.464	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

$P > 0,05$ = tidak berpengaruh nyata

$P < 0,05$ = berpengaruh nyata

$P \leq 0,00$ = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 1d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Kadar Air Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kadar Air			
Duncan ^{a,b}			
Konsentrasi alginat	N	Subset	
		1	2
A3	8	.8576	
A2	8	1.0209	
A1	8	1.2071	
A0	8		1.7385
Sig.		.152	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 1e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl_2 terhadap Kadar Air Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kadar Air		
Duncan ^{a,b}		
Waktu perendaman	N	Subset
		1
B0	8	1.1768
B3	8	1.1838
B2	8	1.1961
B1	8	1.2675
Sig.		.710

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 2. Hasil Pengujian Kelarutan Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 2a. Hasil Pengamatan Kelarutan Enkapsuat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kelarutan (%)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	52.951	49.633	51.292	2.346
	10	48.210	52.103	50.157	2.753
	20	41.273	46.473	43.873	3.677
	30	52.914	47.418	50.166	3.886
0.5	0	49.671	51.059	50.365	0.981
	10	48.261	52.064	50.163	2.689
	20	52.440	52.071	52.256	0.261
	30	54.206	53.951	54.079	0.180
1	0	51.040	48.780	49.910	1.598
	10	53.264	49.985	51.625	2.319
	20	53.328	53.840	53.584	0.362
	30	52.837	51.936	52.387	0.637
1.5	0	50.984	49.887	50.436	0.776
	10	51.097	50.941	51.019	0.110
	20	50.812	49.875	50.344	0.663
	30	54.405	50.969	52.687	2.430

Lampiran 2b. Hasil Perhitungan Kelarutan Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	51.292	50.157	43.873	50.166	48.872
0.5	50.365	50.163	52.256	54.079	51.716
1	49.910	51.625	53.584	52.387	51.877
1.5	50.436	51.019	50.344	52.687	51.122
Rata-Rata	50.501	50.741	50.014	52.330	50.896

Lampiran 2c. Data Analisa Sidik Ragam Kelarutan Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kelarutan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	156.111 ^a	15	10.407	2.545	.037
Intercept	82893.806	1	82893.806	20267.904	.000
Konsentrasi	46.242	3	15.414	3.769	.032
Waktu	24.124	3	8.041	1.966	.160
Konsentrasi * Waktu	85.745	9	9.527	2.329	.067
Error	65.438	16	4.090		
Total	83115.356	32			
Corrected Total	221.550	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

P>0,05 = tidak berpengaruh nyata

P<0,05 = berpengaruh nyata

P≤0,00 = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 2d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Kelarutan Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kelarutan

Duncan^{a,b}

Konsentrasi alginat	N	Subset	
		1	2
A0	8	48.8719	
A3	8		51.1216
A1	8		51.7154
A2	8		51.8763
Sig.		1.000	.490

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 2e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl₂ terhadap Kelarutan Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kelarutan

Duncan^{a,b}

Waktu perendaman	N	Subset
		1
B0	8	50.5006
B1	8	50.7406
B2	8	52.5033
B3	8	54.8086
Sig.		.193

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 3. Hasil Pengujian Aktivitas Antioksidan IC₅₀ Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 3a. Hasil Pengamatan Aktivitas Antioksidan IC₅₀ Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Aktivitas Antioksidan IC ₅₀ (ppm)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	1833.333	1780.82	1807.078	37.131
	10	1798.45	1867.77	1833.109	49.016
	20	3689.66	2545.45	3117.555	809.072
	30	1708.66	1229.05	1468.856	339.136
0.5	0	1358.871	1880.952	1619.912	369.167
	10	2008.403	1468.927	1738.665	381.468
	20	3223.881	1966.102	2594.991	889.384
	30	3728.571	2693.182	3210.877	732.131
1	0	3553.719	3452.381	3503.050	71.657
	10	3402.985	6153.846	4778.416	1945.153
	20	2380.488	4418.367	3399.428	1440.998
	30	3586.777	5449.275	4518.026	1316.985
1.5	0	6016.393	4618.421	5317.407	988.516
	10	3490.566	4684.932	4087.749	844.544
	20	3166.667	9848.485	6507.576	4724.759
	30	7312.500	5446.154	6379.327	1319.706

Lampiran 3b. Hasil Perhitungan Aktivitas Antioksidan IC₅₀ Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	1807.078	1833.109	3117.555	1468.856	2056.649
0.5	1619.912	1738.665	2594.991	3210.877	2291.111
1	3503.050	4778.416	3399.428	4518.026	4049.730
1.5	5317.407	4087.749	6507.576	6379.327	5573.015
Rata-Rata	3061.862	3109.485	3904.887	3894.271	3492.626

Lampiran 3c. Data Analisa Sidik Ragam Aktivitas Antioksidan IC₅₀ Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Aktivitas Antioksidan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	82240849.437 ^a	15	5482723.296	2.455	.042
Intercept	390350005.940	1	390350005.940	174.764	.000
Konsentrasi	65152396.158	3	21717465.386	9.723	.001
Waktu	5309069.939	3	1769689.980	.792	.516
Konsentrasi * Waktu	11779383.340	9	1308820.371	.586	.790
Error	35737288.377	16	2233580.524		
Total	508328143.754	32			
Corrected Total	117978137.815	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

$P > 0,05$ = tidak berpengaruh nyata

$P < 0,05$ = berpengaruh nyata

$P \leq 0,00$ = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 3d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Aktivitas Antioksidan IC_{50} Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Aktivitas Antioksidan

Duncan^{a,b}

Konsentrasi alginat	N	Subset	
		1	2
A0	8	2056.6491	
A1	8	2291.1111	
A2	8		4049.7298
A3	8		5573.0148
Sig.		.758	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2233580.524.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha =

Lampiran 3e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman $CaCl_2$ terhadap Aktivitas Antioksidan IC_{50} Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Aktivitas Antioksidan

Duncan^{a,b}

Lama perendaman	N	Subset
		1
B0	8	3061.8613
B1	8	3109.4849
B3	8	3894.2711
B2	8	3904.8875
Sig.		.315

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2233580.524.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha =

Lampiran 4. Hasil Pengujian Total Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 4a. Hasil Pengamatan Total Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Total Antosianin (mg/L)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	3.206	4.308	3.757	0.779
	10	7.314	7.915	7.615	0.425
	20	7.414	8.216	7.815	0.567
	30	7.615	6.913	7.264	0.496
0.5	0	29.156	28.255	28.706	0.637
	10	9.719	11.522	10.621	1.275
	20	22.744	18.135	20.440	3.259
	30	14.027	16.131	15.079	1.488
1	0	27.854	29.557	28.706	1.204
	10	16.732	20.740	18.736	2.834
	20	20.940	22.443	21.692	1.063
	30	13.226	14.628	13.927	0.991
1.5	0	11.322	14.027	12.675	1.913
	10	6.813	8.717	7.765	1.346
	20	7.114	8.116	7.615	0.709
	30	5.911	5.611	5.761	0.212

Lampiran 4b. Hasil Perhitungan Total Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	3.757	7.615	7.815	7.264	6.613
0.5	28.706	10.621	20.440	15.079	18.712
1	28.706	18.736	21.692	13.927	20.765
1.5	12.675	7.765	7.615	5.761	8.454
Rata-Rata	18.461	11.184	14.391	10.508	13.636

Lampiran 4c. Data Analisa Sidik Ragam Total Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Antosianin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1889.258 ^a	15	125.951	59.561	.000
Intercept	5949.796	1	5949.796	2813.597	.000
Konsentrasi	1222.094	3	407.365	192.639	.000
Waktu	317.153	3	105.718	49.993	.000
Konsentrasi * Waktu	350.011	9	38.890	18.391	.000
Error	33.835	16	2.115		
Total	7872.889	32			
Corrected Total	1923.093	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

$P > 0,05$ = tidak berpengaruh nyata

$P < 0,05$ = berpengaruh nyata

$P \leq 0,00$ = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 4d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Total Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Antosianin

Duncan^{a,b}

Konsentrasi alginat	N	Subset			
		1	2	3	4
A0	8	6.6126			
A3	8		8.4539		
A1	8			18.7111	
A2	8				20.7650
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 4e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl_2 terhadap Total Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Antosianin

Duncan^{a,b}

Waktu perendaman	N	Subset		
		1	2	3
B3	8	10.5078		
B1	8	11.1840		
B2	8		14.3903	
B0	8			18.4606
Sig.		.366	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 5. Hasil Pengujian Efisiensi Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 5a. Hasil Pengamatan Efisiensi Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Efisiensi Enkapsulasi (%)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	5.008	6.729	5.869	1.217
	10	11.424	12.363	11.894	0.664
	20	11.581	12.833	12.207	0.885
	30	11.894	10.798	11.346	0.775
0.5	0	45.540	44.131	44.836	0.996
	10	15.180	17.997	16.589	1.992
	20	35.524	28.326	31.925	5.090
	30	21.909	25.196	23.553	2.324
1	0	43.505	46.166	44.836	1.882
	10	26.135	32.394	29.265	4.426
	20	32.707	35.055	33.881	1.660
	30	20.657	22.848	21.753	1.549
1.5	0	17.684	21.909	19.797	2.988
	10	10.642	13.615	12.129	2.102
	20	11.111	12.676	11.894	1.107
	30	9.233	8.764	8.999	0.332

Lampiran 5b. Hasil Perhitungan Efisiensi Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	5.869	11.894	12.207	11.346	10.329
0.5	44.836	16.589	31.925	23.553	29.226
1	44.836	29.265	33.881	21.753	32.434
1.5	19.797	12.129	11.894	8.999	13.205
Rata-Rata	28.835	17.469	22.477	16.413	21.298

Lampiran 5c. Data Analisa Sidik Ragam Efisiensi Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Efisiensi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4608.972 ^a	15	307.265	59.563	.000
Intercept	14515.269	1	14515.269	2813.774	.000
Konsentrasi	2981.385	3	993.795	192.646	.000
Waktu	773.704	3	257.901	49.994	.000
Konsentrasi * Waktu	853.884	9	94.876	18.392	.000
Error	82.538	16	5.159		
Total	19206.779	32			
Corrected Total	4691.510	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

P>0,05 = tidak berpengaruh nyata

P<0,05 = berpengaruh nyata

P≤0,00 = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 5d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Efisiensi Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Efisiensi

Duncan^{a,b}

Konsentrasi alginat	N	Subset			
		1	2	3	4
A0	8	10.3288			
A3	8		13.2043		
A1	8			29.2254	
A2	8				32.4334
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 5e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl₂ terhadap Efisiensi Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Efisiensi

Duncan^{a,b}

Waktu perendaman	N	Subset		
		1	2	3
B3	8	16.4124		
B1	8	17.4688		
B2	8		22.4766	
B0	8			28.8340
Sig.		.366	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 6. Hasil Pengujian Warna (L) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 6a. Hasil Pengamatan Warna (L) Enkapsuat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Warna (L)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	56.20	50.06	53.13	4.34
	10	56.58	42.81	49.70	9.74
	20	53.83	47.65	50.74	4.37
	30	57.47	44.09	50.78	9.46
0.5	0	53.06	53.40	53.23	0.24
	10	56.83	49.15	52.99	5.43
	20	54.41	49.04	51.73	3.80
	30	53.89	49.72	51.81	2.95
1	0	48.89	48.87	48.88	0.01
	10	55.67	51.68	53.68	2.82
	20	54.19	52.11	53.15	1.47
	30	57.13	48.55	52.84	6.07
1.5	0	51.37	48.45	49.91	2.06
	10	54.39	45.31	49.85	6.42
	20	51.60	51.41	51.51	0.13
	30	55.34	49.58	52.46	4.07

Lampiran 6b. Hasil Perhitungan Warna (L) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	53.13	49.70	50.74	50.78	51.09
0.5	53.23	52.99	51.73	51.81	52.44
1	48.88	53.68	53.15	52.84	52.14
1.5	49.91	49.85	51.51	52.46	50.93
Rata-Rata	51.29	51.56	51.78	51.97	51.65

Lampiran 6c. Data Analisa Sidik Ragam Warna (L) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kecerahan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	65.773 ^a	15	4.385	.192	.999
Intercept	84828.746	1	84828.746	3712.502	.000
Konsentrasi	21.799	3	7.266	.318	.812
Waktu	8.286	3	2.762	.121	.946
Konsentrasi * Waktu	35.688	9	3.965	.174	.994
Error	365.592	16	22.849		
Total	85260.110	32			
Corrected Total	431.364	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

P>0,05 = tidak berpengaruh nyata

P<0,05 = berpengaruh nyata

P≤0,00 = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 6d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Warna (L) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kecerahan		
Duncan ^{a,b}		
Konsentrasi alginat	N	Subset 1
A0	8	50.4425
A3	8	50.9313
A2	8	52.1363
A1	8	52.4375
Sig.		.454

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 6e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl₂ terhadap Warna (L) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Kecerahan		
Duncan ^{a,b}		
Waktu perendaman	N	Subset 1
B0	8	50.6438
B1	8	51.5525
B2	8	51.7800
B3	8	51.9713
Sig.		.617

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 7. Hasil Pengujian Warna (a) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 7a. Hasil Pengamatan Warna (a) Enkapsuat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Warna (a)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	30.29	31.25	30.77	0.68
	10	26.30	26.24	26.27	0.04
	20	25.54	32.56	29.05	4.96
	30	29.68	21.97	25.825	5.45
0.5	0	27.69	27.99	27.84	0.21
	10	24.71	23.58	24.145	0.80
	20	24.37	23.78	24.075	0.42
	30	29.58	29.14	29.36	0.31
1	0	24.33	26.65	25.49	1.64
	10	27.00	31.49	29.245	3.17
	20	25.73	31.47	28.6	4.06
	30	25.58	25.83	25.705	0.18
1.5	0	16.55	15.56	16.055	0.70
	10	22.11	21.86	21.985	0.18
	20	23.61	29.88	30.77	0.68
	30	13.15	25.15	26.27	0.04

Lampiran 7b. Hasil Perhitungan Warna (a) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)				Rata-Rata
	0	10	20	30	
0	53.13	49.70	50.74	50.78	51.09
0.5	53.23	52.99	51.73	51.81	52.44
1	48.88	53.68	53.15	52.84	52.14
1.5	49.91	49.85	51.51	52.46	50.93
Rata-Rata	51.29	51.56	51.78	51.97	51.65

Lampiran 7c. Data Analisa Sidik Ragam Warna (a) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	464.190 ^a	15	30.946	2.794	.025
Intercept	21044.287	1	21044.287	1899.805	.000
Konsentrasi	242.288	3	80.763	7.291	.003
Waktu	23.949	3	7.983	.721	.554
Konsentrasi * Waktu	197.953	9	21.995	1.986	.111
Error	177.233	16	11.077		
Total	21685.711	32			
Corrected Total	641.424	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

P>0,05 = tidak berpengaruh nyata

P<0,05 = berpengaruh nyata

P≤0,00 = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 7d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Warna (a) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

a

Duncan^{a,b}

Konsentrasi alginat	N	Subset	
		1	2
A3	8	20.9838	
A1	8		26.3550
A2	8		27.2600
A0	8		27.9788
Sig.		1.000	.369

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 7e. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl₂ terhadap Warna (a) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

a

Duncan^{a,b}

Waktu perendaman	N	Subset
		1
B3	8	25.0100
B0	8	25.0388
B1	8	25.4112
B2	8	27.1175
Sig.		.261

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 8. Hasil Pengujian Warna (b) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 8a. Hasil Pengamatan Warna (b) Enkapsuat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Warna (a)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
0	0	0.00	-0.29	-0.15	0.21
	10	2.06	3.02	2.54	0.68
	20	2.42	2.95	2.69	0.37
	30	2.71	2.70	2.71	0.01
0.5	0	-1.88	-1.90	-1.89	0.01
	10	1.29	1.72	1.51	0.30
	20	1.00	1.89	1.45	0.63
	30	1.27	1.95	1.61	0.48
1	0	-1.93	-1.77	-1.85	0.11
	10	0.79	1.78	1.29	0.70
	20	0.81	1.86	1.34	0.74
	30	1.04	1.96	1.50	0.65
1.5	0	-3.05	-2.04	-2.55	0.71
	10	0.81	0.80	0.81	0.01
	20	0.14	1.40	0.77	0.89
	30	0.01	0.00	0.01	0.01

Lampiran 8b. Data Analisa Sidik Ragam Warna (b) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	79.393 ^a	15	5.293	20.433	.000
Intercept	17.287	1	17.287	66.738	.000
Konsentrasi	19.622	3	6.541	25.251	.000
Waktu	58.578	3	19.526	75.381	.000
Konsentrasi * Waktu	1.192	9	.132	.511	.846
Error	4.145	16	.259		
Total	100.825	32			
Corrected Total	83.537	31			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

P>0,05 = tidak berpengaruh nyata

P<0,05 = berpengaruh nyata

P≤0,00 = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 8c. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap Warna (b) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

b

Duncan^{a,b}

Konsentrasi alginat	N	Subset		
		1	2	3
A3	8	-.2413		
A2	8		.5675	
A1	8		.6675	
A0	8			1.9463
Sig.		1.000	.700	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 8d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Waktu Perendaman CaCl₂ terhadap Warna (a) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

b

Duncan^{a,b}

Waktu perendaman	N	Subset	
		1	2
B0	8	-1.6075	
B3	8		1.4550
B1	8		1.5338
B2	8		1.5588
Sig.		1.000	.705

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .195.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 9. Hasil Pengujian Release Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Lampiran 9a. Hasil Pengamatan Release Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Release Antosianin (mg/L)					
Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Pengadukan (menit)	Ulangan I	Ulangan II	Rata-Rata	SD
A0	30	0.601	0.501	0.551	0.071
A1		1.803	1.854	1.829	0.036
A2		1.603	1.403	1.503	0.141
A3		1.403	1.252	1.328	0.107
A0	60	0.501	0.551	0.526	0.035
A1		1.904	1.904	1.904	0.000
A2		1.453	1.002	1.228	0.319
A3		1.252	1.353	1.303	0.071

Lampiran 9b. Hasil Perhitungan Release Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Konsentrasi Penyalut Alginat (%)	Waktu Perendaman CaCl ₂ (menit)		Rata-Rata
	30	60	
0	0.551	0.526	0.539
0.5	1.829	1.904	1.867
1	1.503	1.228	1.366
1.5	1.328	1.303	1.316
Rata-Rata	1.303	1.240	1.272

Lampiran 9c. Data Analisa Sidik Ragam Release Antosianin Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Release Antosianin

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.690 ^a	7	.527	28.931	.000
Intercept	25.857	1	25.857	1419.245	.000
Konsentrasi	3.607	3	1.202	65.990	.000
Waktu	.016	1	.016	.858	.381
Konsentrasi * Waktu	.067	3	.022	1.230	.361
Error	.146	8	.018		
Total	29.693	16			
Corrected Total	3.835	15			

a. R Squared = .583 (Adjusted R Squared = .192)

Keterangan:

P>0,05 = tidak berpengaruh nyata

P<0,05 = berpengaruh nyata

P≤0,00 = sangat berpengaruh nyata

Lampiran 9d. Data Hasil Uji Lanjut Metode Duncan Konsentrasi Penyalut terhadap
Warna (b) Enkapsulat Antosianin Ubi Jalar Ungu

Release Antosianin

Duncan^{a,b}

Konsentrasi penyalut	N	Subset		
		1	2	3
A0	4	.5385		
A3	4		1.3150	
A2	4		1.3653	
A1	4			1.8663
Sig.		1.000	.613	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

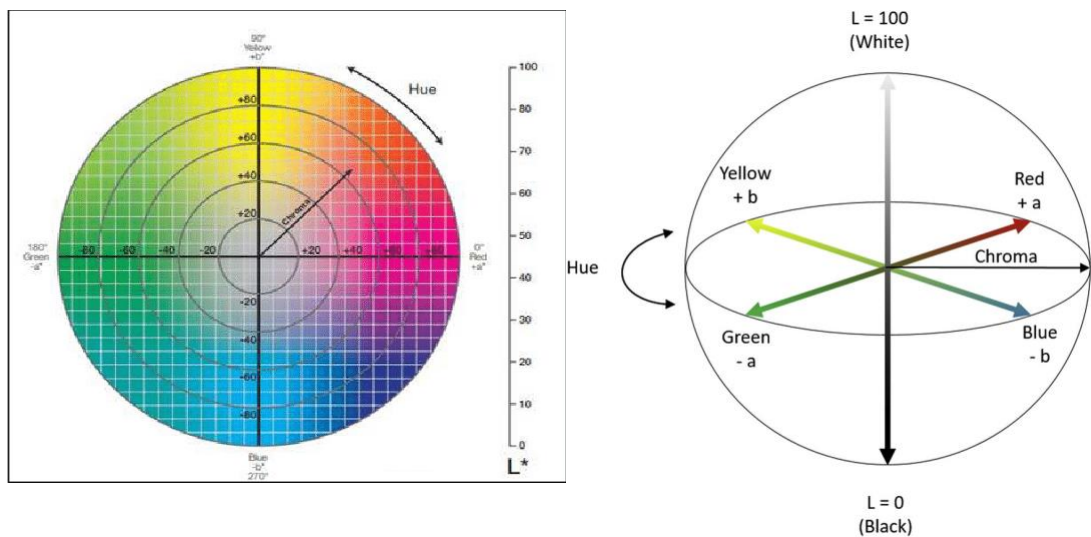
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .018.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. Alpha = 0

Lampiran 10. Diagram Warna CIELAB



Lampiran 11. Interpretasi Spektrum FTIR (Coates, 2000)

Table 1 Saturated aliphatic (alkane/alkyl) group frequencies

Group frequency (cm ⁻¹)	Functional group/assignment
Methyl (–CH₃)	
2970–2950/2880–2860	Methyl C–H asym./sym. stretch
1470–1430/1380–1370	Methyl C–H asym./sym. bend
1385–1380/1370–1365	<i>gem</i> -Dimethyl or “iso”- (doublet)
1395–1385/1365	Trimethyl or “ <i>tert</i> -butyl” (multiplet)
Methylene (>CH₂)	
2935–2915/2865–2845	Methylene C–H asym./sym. stretch
1485–1445	Methylene C–H bend
750–720	Methylene –(CH ₂) _n – rocking (<i>n</i> ≥ 3)
1055–1000/1005–925	Cyclohexane ring vibrations
Methyne (>CH–)	
2900–2880	Methyne C–H stretch
1350–1330	Methyne C–H bend
1300–700	Skeletal C–C vibrations
Special methyl (–CH₃) frequencies	
2850–2815	Methoxy, methyl ether O–CH ₃ , C–H stretch
2820–2780	Methylamino, N–CH ₃ , C–H stretch

Table 2 Olefinic (alkene) group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
C=C	1680–1620	Alkenyl C=C stretch
	1625	Aryl-substituted C=C
	1600	Conjugated C=C
C–H	3095–3075	Terminal (vinyl) C–H stretch
	+3040–3010	
	3095–3075	Pendant (vinylidene) C–H stretch
	3040–3010	Medial, <i>cis</i> - or <i>trans</i> -C–H stretch
C–H	1420–1410	Vinyl C–H in-plane bend
	1310–1290	Vinylidene C–H in-plane bend
C–H	995–985 + 915–890	Vinyl C–H out-of-plane bend
	895–885	Vinylidene C–H out-of-plane bend
C–H	970–960	<i>trans</i> -C–H out-of-plane bend
	700 (broad)	<i>cis</i> -C–H out-of-plane bend

Table 3 Aromatic ring (aryl) group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
C=C-C ^a	1615–1580	Aromatic ring stretch
C=C-C ^a	1510–1450	Aromatic ring stretch
C-H	3130–3070	Aromatic C-H stretch
C-H	1225–950 (several)	Aromatic C-H in-plane bend
C-H	900–670 (several)	Aromatic C-H out-of-plane bend
	770–730 + 710–690	Monosubstitution (phenyl)
	770–735	1,2-Disubstitution (ortho)
	810–750 + 900–860	1,3-Disubstitution (meta)
	860–800	1,4-Disubstitution (para)
“Combi” ^b	2000–1660 (several)	Aromatic combination bands

^a C=C-C used as an approximation of the unique aromatic ring bonding.

^b “Combi” denotes assignment to combination bands.

Table 4 Acetylenic (alkyne) group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
C≡C	2140–2100	Terminal alkyne (monosubstituted)
C≡C	2260–2190	Medial alkyne (disubstituted)
C-H	3320–3310	Alkyne C-H stretch
C-H	680–610	Alkyne C-H bend
C-H	630 (typical)	Alkyne C-H bend

Table 5 Aliphatic organohalogen compound group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹) ^a	Assignment
C-F	1150–1000	Aliphatic fluoro compounds, C-F stretch
C-Cl	800–700	Aliphatic chloro compounds, C-Cl stretch
C-Br	700–600	Aliphatic bromo compounds, C-Br stretch
C-I	600–500	Aliphatic iodo compounds, C-I stretch

^a Note that the ranges quoted serve as a guide only; the actual ranges are influenced by carbon chain length, the actual number of halogen substituents, and the molecular conformations present.

Table 6 Alcohol and hydroxy compound group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
O–H	3570–3200 (broad)	Hydroxy group, H-bonded OH stretch
	3400–3200	Normal “polymeric” OH stretch
	3550–3450	Dimeric OH stretch
	3570–3540	Internally bonded OH stretch
O–H	3645–3600 (narrow)	Nonbonded hydroxy group, OH stretch
	3645–3630	Primary alcohol, OH stretch
	3635–3620	Secondary alcohol, OH stretch
	3620–3540	Tertiary alcohol, OH stretch
	3640–3530 ^a	Phenols, OH stretch
O–H	1350–1260	Primary or secondary, OH in-plane bend
	1410–1310	Phenol or tertiary alcohol, OH bend
	720–590	Alcohol, OH out-of-plane bend
C–O	~1050 ^b	Primary alcohol, C–O stretch
	~1100 ^b	Secondary alcohol, C–O stretch
	~1150 ^b	Tertiary alcohol, C–O stretch
	~1200 ^b	Phenol, C–O stretch

^a Frequency influenced by nature and position of other ring substituents.

^b Approximate center of range for the group frequency.

Table 7 Ether and oxy compound group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
C–H	2820–2810	Methoxy, C–H stretch (CH ₃ –O–)
C–O–C	1150–1050	Alkyl-substituted ether, C–O stretch
C–O–C	1140–1070	Cyclic ethers, large rings, C–O stretch
φ–O–H	1270–1230	Aromatic ethers, aryl–O stretch
C–O–	~1250 + 890–800 ^a	Epoxy and oxirane rings
C–O–O–C	890–820 ^a	Peroxides, C–O–O– stretch

^a Typically very weak, and not very characteristic in the infrared. Tend to be more characteristic in the Raman spectrum.

Table 8 Amine and amino compound group frequencies

Origin	Group frequency, wavenumber (cm ⁻¹)	Assignment
Primary amino		
N–H	3400–3380	Aliphatic primary amine, NH stretch
N–H	+3345–3325 3510–3460	Aromatic primary amine, NH stretch
N–H	+3415–3380	Primary amine, NH bend
C–N	1650–1590 1090–1020	Primary amine, CN stretch
Secondary amino		
>N–H	3360–3310	Aliphatic secondary amine, NH stretch
>N–H	~3450	Aromatic secondary amine, NH stretch
>N–H	3490–3430	Heterocyclic amine, NH stretch
=N–H	3350–3320	Imino compounds, NH stretch
>N–H	1650–1550	Secondary amine, NH bend
C–N	1190–1130	Secondary amine, CN stretch
Tertiary amino		
C–N	1210–1150	Tertiary amine, CN stretch
Aromatic amino		
C–N	1340–1250	Aromatic primary amine, CN stretch
C–N	1350–1280	Aromatic secondary amine, CN stretch
C–N	1360–1310	Aromatic tertiary amine, CN stretch

Table 9 Example carbonyl compound group frequencies

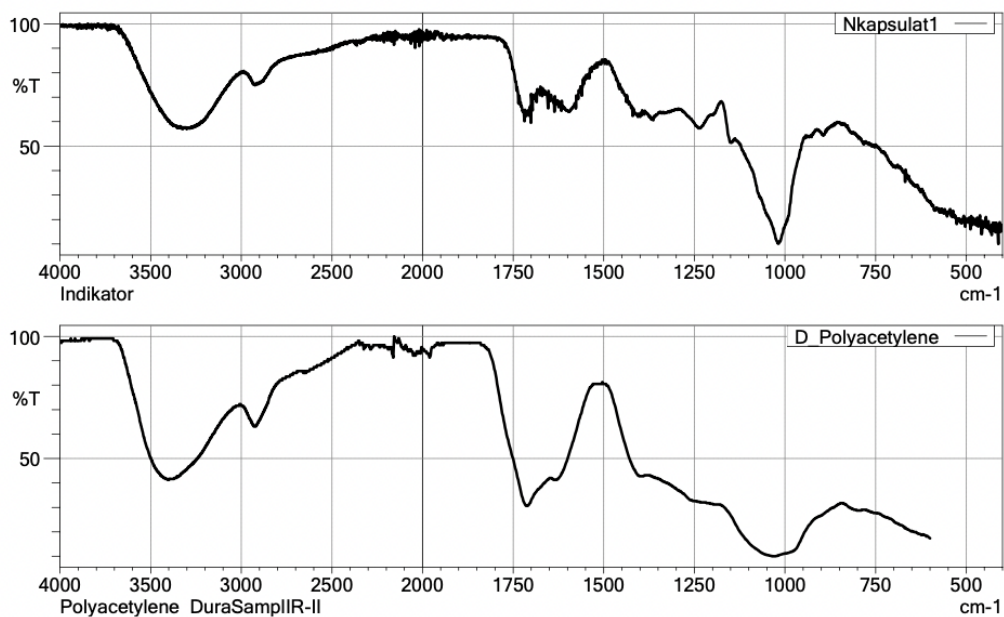
Group frequency (cm ⁻¹)	Functional group
1610–1550/1420–1300	Carboxylate (carboxylic acid salt)
1680–1630	Amide
1690–1675/(1650–1600) ^a	Quinone or conjugated ketone
1725–1700	Carboxylic acid
1725–1705	Ketone
1740–1725/(2800–2700) ^b	Aldehyde
1750–1725	Ester
1735	Six-membered ring lactone
1760–1740	Alkyl carbonate
1815–1770	Acid (acyl) halide
1820–1775	Aryl carbonate
1850–1800/1790–1740	Open-chain acid anhydride
1870–1820/1800–1775	Five-membered ring anhydride
2100–1800	Transition metal carbonyls

^a Lower frequency band is from the conjugated double bond.

^b Higher frequency band characteristic of aldehydes, associated with the terminal aldehydic C–H stretch.

Lampiran 12. Hasil FTIR Enkapsulat Antosianin

Enkapsulat Antosianin (0% Alginat, 2% Pektin)

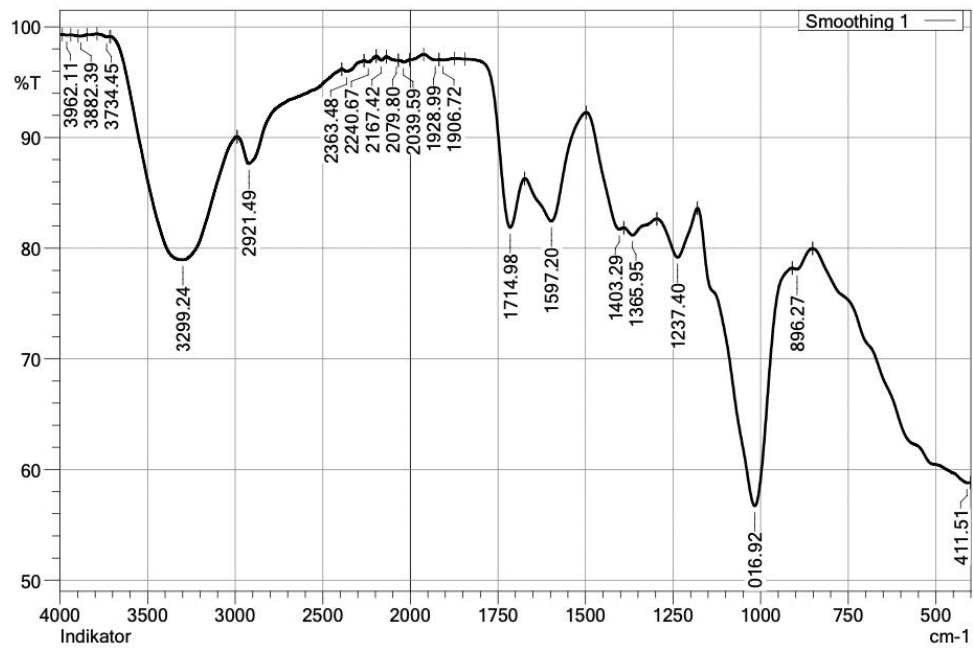


C:\LabSolutions\LabSolutionsIR\Data\310123Matthew\Nkapsulat1.ispd

	Score	Library	Name	Comment
1	809	27 - ATR-Polymer2	D Polyacetylene	Polyacetylene DuraSampIR-II
2	803	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) DuraSampIR-II
3	802	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
4	802	19 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@DuraSampIR2(diamond)
5	800	11 - ATR-Polymer2	D Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSampIR-II
6	796	50 - A_FoodAdditives2	A_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulosec(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSampIR2(diamond)
7	795	4 - T-Organic2	Starch	Soluble Starch Transmission
8	789	1 - gula dan karbo	xylan polisakarida1	
9	789	27 - T-Polymer2	Polyacetylene	Polyacetylene Transmission(Microscope)
10	787	20 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@KBr Wafer

11	783	43 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100G-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100GCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
12	781	4 - ATR-Organic2	D_Starch	Soluble Starch DuraSamplIR
13	780	20 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
14	779	42 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100F-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100FCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
15	770	41 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
16	769	49 - T_FoodAdditives2	T_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulose(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
17	767	44 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
18	762	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
19	762	40 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
20	760	21 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@KBr Wafer
21	759	41 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
22	758	42 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
23	758	43 - T_FoodAdditives2	T_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@KBr Wafer
24	757	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
25	756	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
26	756	45 - ATR-Organic2	D_Algin	Alginic Acid, Sodium Salt DuraSamplIR-II
27	755	11 - T-Inorganic2	Na3PO4	Na3PO4 12H2O Transmission
28	752	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSamplIR-II

29	749	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) Transmission(Microscope)
30	743	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSamplIR-II
31	743	3 - T-Inorganic2	TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O Transmission
32	738	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
33	734	122 - IRs ATR Reagent2	122	Carminic Acid C22H20O13 ATR/diamond molecular weight:492.39 powder
34	731	11 - T-Polymer2	Cupra	Bemberg(Cupra) Transmission(Microscope)
35	730	3 - IRs Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
36	729	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR
37	727	43 - ATR-Organic2	D_HumicAcid	HumicAcid DuraSamplIR
38	725	12 - T-Polymer2	Ramie	Ramie Transmission(Microscope)
39	724	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
40	721	37 - T-Organic2	HumicAcid	HumicAcid Transmission
41	718	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSamplIR-II
42	717	10 - T-Polymer2	Cotton	Cotton Transmission(Microscope)
43	717	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II
44	714	179 - IRs Pharmaceuticals	Kitasamycin Tartrate	Kitasamycin Tartrate formula : C39H65NO14 ATR/diamond molecular weight : 771.93
45	711	230 - IRs ATR Reagent2	230	alpha-Cyclodextrin (C6H10O5)6 ATR/diamond molecular weight:972.85 powder
46	711	231 - IRs ATR Reagent2	231	beta-Cyclodextrin (C6H10O5)7 ATR/diamond molecular weight:1135.00 powder
47	711	111 - IRs ATR Reagent2	111	Dextran 2000 (C6H10O5)n ATR/diamond molecular weight:180000'210000 powder
48	709	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
49	709	39 - T-Organic2	T_Algin	Alginic Acid, Sodium Salt Transmission(Microscope)
50	705	62 - IRs Polymer2	RAMIE	Ramie Fiber ATR/diamond ATRcorrected



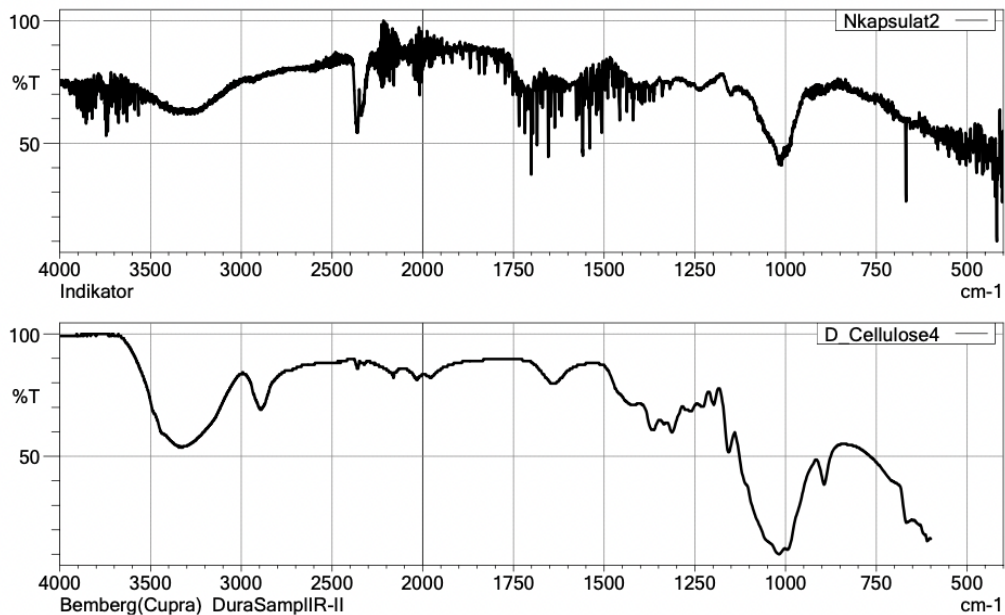
C:\LabSolutions\LabSolutions\IR\Data\310123Matthew\Nkapsulat1.ispd

Indikator

	Item	Value
2	Sample name	N kapsulat
3	Sample ID	
4	Option	
5	Intensity Mode	%Transmittance
6	Apodization	Happ-Genzel
9	No. of Scans	5
10	Resolution	2 cm-1

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	411.51	58.79	0.49	851.74	401.45	14577.849	796.338	
2	896.27	78.09	0.53	909.91	851.74	1228.579	12.327	
3	1016.92	56.70	23.64	1180.66	909.91	8048.500	2881.033	
4	1237.40	79.17	3.98	1296.29	1180.66	2179.464	230.073	
5	1365.95	81.18	0.88	1391.08	1296.29	1717.476	34.956	
6	1403.29	81.73	1.31	1498.09	1391.08	1468.277	83.558	
7	1597.20	82.45	6.45	1673.32	1498.09	2363.588	486.785	
8	1714.98	81.86	7.08	1843.53	1673.32	1548.341	134.205	
9	1906.72	97.01	0.06	1918.22	1873.69	130.897	1.375	
10	1928.99	97.02	0.13	1962.02	1918.22	123.090	3.777	
11	2039.59	96.81	0.19	2068.31	2005.11	195.013	5.573	
12	2079.80	96.96	0.07	2136.54	2068.31	199.054	4.216	
13	2167.42	96.97	0.36	2193.99	2136.54	163.440	10.375	
14	2240.67	96.82	0.26	2264.37	2193.99	210.395	9.924	
15	2363.48	95.97	0.37	2391.49	2264.37	458.871	21.302	
16	2921.49	87.64	3.14	2989.00	2391.49	4415.714	310.208	
17	3299.24	78.95	15.01	3711.47	2989.00	10051.309	6151.697	
18	3734.45	99.08	0.10	3789.03	3717.22	56.214	1.842	
19	3882.39	99.16	0.05	3896.76	3845.05	41.190	1.486	
20	3962.11	99.25	0.04	3987.96	3939.13	35.671	1.014	

Enkapsulat Antosianin (0,5% Alginat, 2% Pektin)

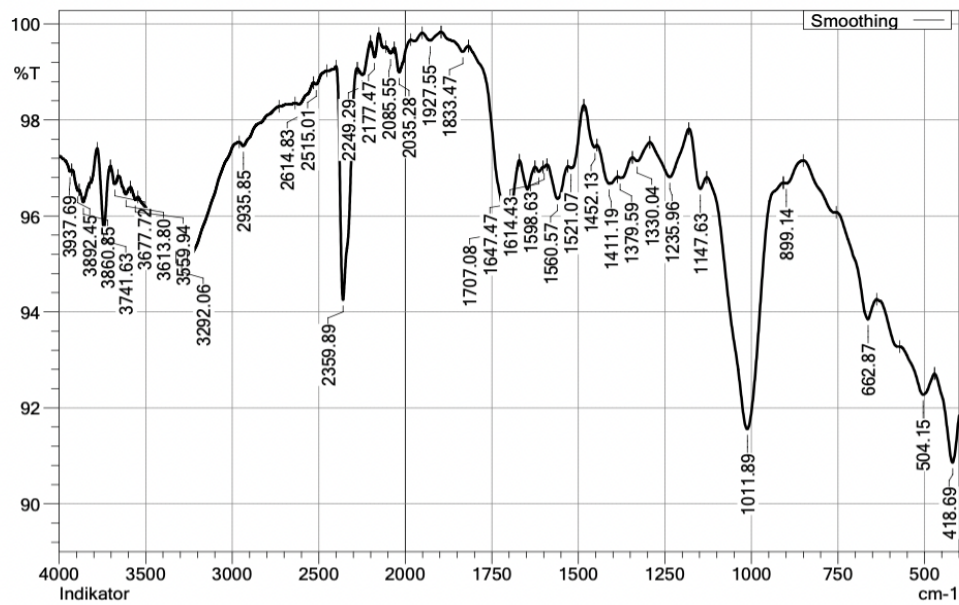


C:\LabSolutions\LabSolutions\IR\Data\310123Matthew\Nkapsulat2.ispd

	Score	Library	Name	Comment
1	663	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSampIR-II
2	663	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Corporation) DuraSampIR-II
3	654	4 - ATR-Organic2	D Starch	Soluble Starch DuraSampIR
4	652	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
5	649	50 - A_FoodAdditives2	A_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulosec(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSampIR2(diamond)
6	644	43 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100G-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100GCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSampIR2(diamond)
7	640	1 - gula dan karbo	xylan polisakarida1	
8	639	4 - T-Organic2	Starch	Soluble Starch Transmission
9	639	42 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100F-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100FCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSampIR2(diamond)

10	635	19 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
11	633	44 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
12	633	41 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
13	631	30 - ATR-Inorganic2	D_TALC4	TALC(Polyethylene, Chlorinated/Chlorine content 48%) DuraSamplIR-II
14	629	40 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
15	628	3 - T-Inorganic2	TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O Transmission
16	625	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
17	624	31 - ATR-Inorganic2	D_TALC5	TALC(Polyethylene, Chlorosulfonated) DuraSamplIR-II
18	623	29 - ATR-Inorganic2	D_TALC3	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 42%) DuraSamplIR-II
19	623	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSamplIR-II
20	622	122 - IRs ATR Reagent2	122	Carminic Acid C22H20O13 ATR/diamond molecular weight:492.39 powder
21	621	27 - ATR-Inorganic2	D_TALC2	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 25%) DuraSamplIR-II
22	620	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSamplIR-II
23	619	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene DuraSamplIR-II
24	617	20 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
25	617	20 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@KBr Wafer
26	616	11 - ATR-Inorganic2	D_Na3PO4	Na3PO4 12H2O DuraSamplIR
27	616	3 - ATR-Inorganic2	D_TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O DuraSamplIR
28	615	11 - T-Inorganic2	Na3PO4	Na3PO4 12H2O Transmission

29	613	230 - IRs ATR Reagent2	230	alpha-Cyclodextrin (C6H10O5) ₆ ATR/diamond molecular weight:972.85 powder
30	611	231 - IRs ATR Reagent2	231	beta-Cyclodextrin (C6H10O5) ₇ ATR/diamond molecular weight:1135.00 powder
31	610	49 - T_FoodAdditives2	T_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulose(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
32	610	111 - IRs ATR Reagent2	111	Dextran 2000 (C6H10O5) _n ATR/diamond molecular weight:180000'210000 powder
33	608	41 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
34	605	42 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
35	605	27 - T-Polymer2	Polyacetylene	Polyacetylene Transmission(Microscope)
36	605	43 - T_FoodAdditives2	T_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@KBr Wafer
37	604	165 - IRs ATR Reagent2	165	Soluble Starch ATR/diamond molecular weight: powder
38	601	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
39	601	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
40	600	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSamplIR-II
41	599	34 - ATR-Inorganic2	D_Na6Al6Si6O24S4	Na6Al6Si6O24S4, DuraSamplIR, Pig No. B-29, Ultramarine, CAS No. 57455-37-5
42	599	21 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@KBr Wafer
43	598	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR
44	594	25 - ATR-Inorganic2	D_AIOH3	Aluminium Hydroxide/Al(OH) ₃ DuraSamplIR
45	594	29 - T-Inorganic2	T_Na6Al6Si6O24S4	Na6Al6Si6O24S4, Transmission(Microscope), Pig No. B-29, Ultramarine, CAS No. 57455-37-5
46	592	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
47	591	2 - gula dan karbo	d-glucose11	
48	590	6 - T-Inorganic2	Glass2	Glass Transmission
49	590	33 - ATR-Organic2	D_AcetylCellulose	AcetylCellulose DuraSamplIR
50	588	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSamplIR-II



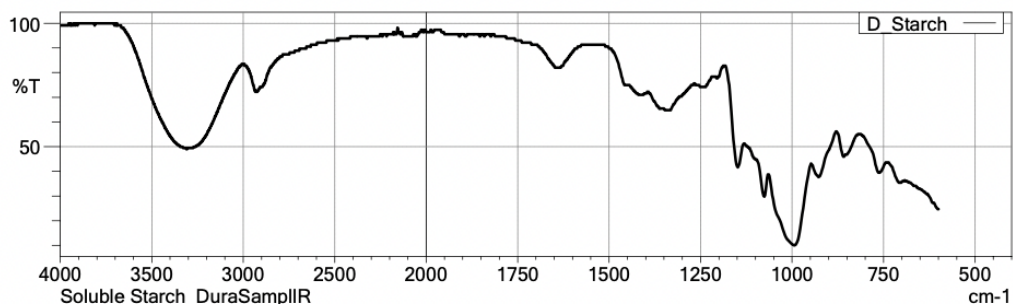
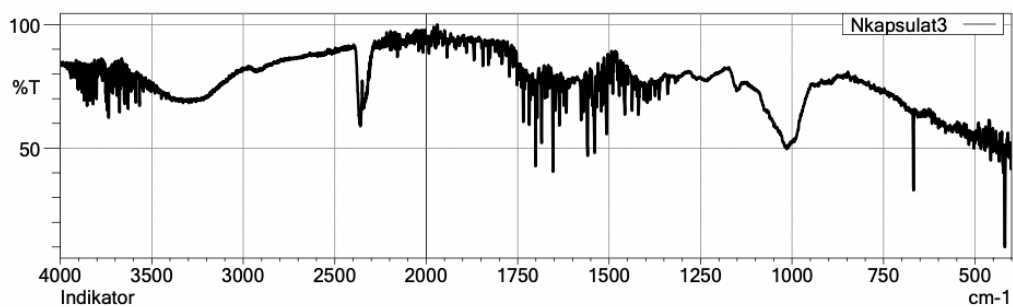
C:\LabSolutions\LabSolutions\IR\Data\310123Matthew\Nkapsulat2.ispd

Indikator

	Item	Value
2	Sample name	N kapsulat
3	Sample ID	
4	Option	
5	Intensity Mode	%Transmittance
6	Apodization	Happ-Genzel
9	No. of Scans	5
10	Resolution	2 cm-1

	Peak	Intensity	Corr. intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	418.69	90.86	1.21	471.12	400.02	586.101	36.825	
2	504.15	92.27	0.62	572.38	471.12	736.441	27.033	
3	662.87	93.85	0.80	754.79	638.45	591.350	29.184	
4	899.14	96.68	0.08	907.04	850.31	175.410	0.894	
5	1011.89	91.56	5.19	1128.95	908.48	1187.326	470.550	
6	1147.63	96.56	0.61	1180.66	1128.95	154.650	15.602	
7	1235.96	96.81	0.87	1293.41	1180.66	313.125	51.016	
8	1330.04	97.15	0.16	1343.68	1293.41	135.824	3.946	
9	1379.59	96.79	0.09	1386.77	1343.68	131.558	3.120	
10	1411.19	96.67	0.42	1446.38	1386.77	183.224	13.269	
11	1452.13	97.43	0.17	1484.44	1446.38	84.834	4.592	
12	1521.07	96.99	0.30	1530.41	1484.44	117.608	10.547	
13	1560.57	96.36	0.69	1590.73	1530.41	199.196	21.425	
14	1598.63	97.01	0.02	1601.51	1590.73	31.928	0.108	
15	1614.43	96.92	0.10	1625.20	1601.51	71.723	1.165	
16	1647.47	96.55	0.54	1670.45	1625.20	143.513	11.917	
17	1707.08	95.90	1.85	1817.67	1670.45	341.304	98.411	
18	1833.47	99.42	0.18	1896.67	1817.67	30.889	6.169	
19	1927.55	99.66	0.17	1951.25	1896.67	14.111	4.612	
20	2035.28	98.99	0.57	2063.28	1984.29	56.755	24.112	
21	2085.55	99.39	0.13	2112.84	2063.28	27.098	3.038	
22	2177.47	99.31	0.41	2200.45	2153.05	23.112	9.718	
23	2249.29	98.94	0.34	2277.30	2200.45	64.662	15.204	
24	2359.89	94.25	4.86	2400.10	2277.30	392.970	282.425	
25	2515.01	98.74	0.08	2530.09	2453.25	85.503	1.107	
26	2614.83	98.32	0.12	2637.10	2530.09	162.051	8.354	
27	2935.85	97.46	0.16	2959.55	2729.02	485.875	5.024	
28	3292.06	95.08	0.05	3325.10	3260.46	316.043	1.507	
29	3559.94	96.34	0.13	3587.95	3544.86	153.612	2.677	
30	3613.80	96.45	0.23	3659.76	3587.95	243.700	8.096	
31	3677.72	96.67	0.26	3703.57	3659.76	140.216	6.220	
32	3741.63	95.74	1.49	3780.41	3703.57	264.555	51.456	
33	3860.85	96.29	0.31	3884.55	3821.35	223.115	9.473	
34	3892.45	96.53	0.09	3928.36	3884.55	143.442	1.111	
35	3937.69	96.92	0.07	4000.17	3928.36	207.365	-0.675	

Enkapsulat Antosianin (1% Alginat, 2% Pektin)

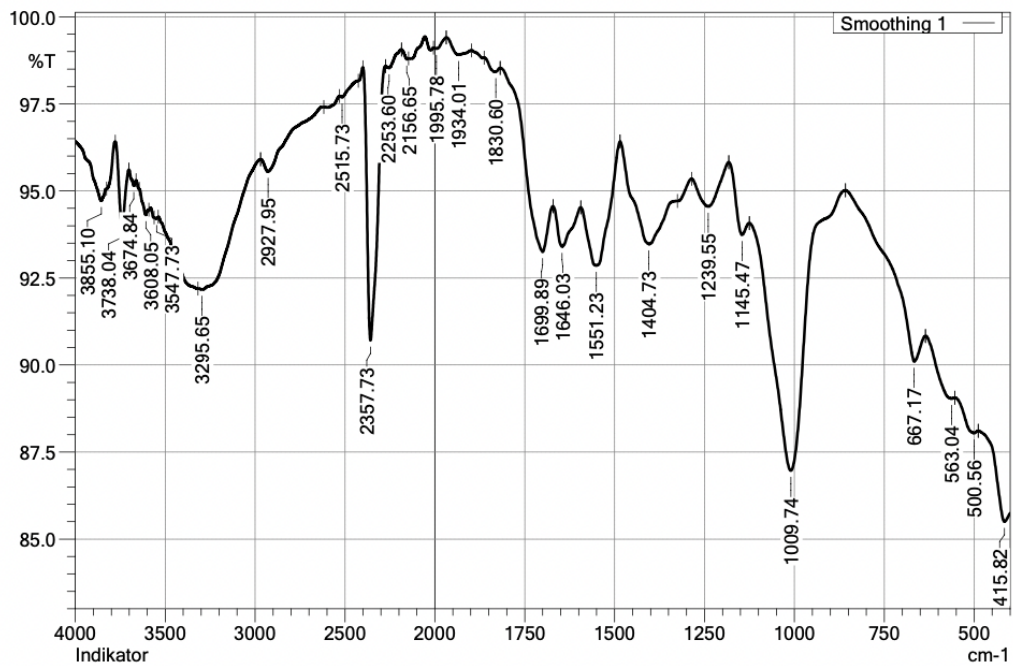


C:\LabSolutions\LabSolutions\IR\Data\310123Matthew\Nkapsulat3.ispd

	Score	Library	Name	Comment
1	673	4 - ATR-Organic2	D Starch	Soluble Starch DuraSampIR
2	672	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) DuraSampIR-II
3	671	11 - ATR-Polymer2	D Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSampIR-I
4	662	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
5	658	50 - A_FoodAdditives2	A_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulosec(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSampIR2(diamond)
6	656	4 - T-Organic2	Starch	Soluble Starch Transmission
7	653	43 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100G-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100GCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSampIR2(diamond)
8	651	19 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@DuraSampIR2(diamond)
9	648	1 - gula dan karbo	xylan.polisakarida1	

10	647	42 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100F-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100FCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
11	641	41 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
12	641	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene_DuraSamplIR-II
13	639	44 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
14	638	20 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@KBr Wafer
15	638	30 - ATR-Inorganic2	D_TALC4	TALC(Polyethylene, Chlorinated/Chlorine content 48%)_DuraSamplIR-II
16	637	122 - IRs ATR Reagent2	122	Carminic Acid C22H20O13 ATR/diamond molecular weight:492.39 powder
17	635	40 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
18	634	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper_DuraSamplIR-II
19	632	29 - ATR-Inorganic2	D_TALC3	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 42%)_DuraSamplIR-II
20	632	3 - T-Inorganic2	TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O Transmission
21	632	20 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
22	631	11 - T-Inorganic2	Na3PO4	Na3PO4 12H2O Transmission
23	630	27 - T-Polymer2	Polyacetylene	Polyacetylene Transmission(Microscope)
24	630	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton_DuraSamplIR-II
25	629	31 - ATR-Inorganic2	D_TALC5	TALC(Polyethylene, Chlorosulfonated)_DuraSamplIR-II
26	627	49 - T_FoodAdditives2	T_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulose(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
27	626	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie_DuraSamplIR-II

28	626	111 - IRs ATR Reagent2	111	Dextran 2000 (C6H10O5) _n ATR/diamond molecular weight:180000'210000 powder
29	625	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSampIR-II
30	624	41 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
31	623	11 - ATR-Inorganic2	D_Na3PO4	Na3PO4 12H2O DuraSampIR
32	622	42 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
33	621	27 - ATR-Inorganic2	D_TALC2	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 25%) DuraSampIR-II
34	621	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
35	621	231 - IRs ATR Reagent2	231	beta-Cyclodextrin (C6H10O5) ₇ ATR/diamond molecular weight:1135.00 powder
36	619	230 - IRs ATR Reagent2	230	alpha-Cyclodextrin (C6H10O5) ₆ ATR/diamond molecular weight:972.85 powder
37	618	43 - T_FoodAdditives2	T_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@KBr Wafer
38	617	21 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@KBr Wafer
39	616	165 - IRs ATR Reagent2	165	Soluble Starch ATR/diamond molecular weight: powder
40	611	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Cooperation) Transmission(Microscope)
41	607	3 - ATR-Inorganic2	D_TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O DuraSampIR
42	605	9 - IRs Polymer2	COTTON	Cotton Fiber ATR/diamond ATRcorrected
43	604	25 - ATR-Inorganic2	D_AlOH3	Aluminium Hydroxide/Al(OH) ₃ DuraSampIR
44	603	43 - ATR-Organic2	D_HumicAcid	HumicAcid DuraSampIR
45	603	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSampIR-II
46	601	40 - ATR-Inorganic2	D_TiO2-Cr2O3-Sb2O5	TiO2-Cr2O3-Sb2O5, DuraSampIR, Pig No. BR-24, Chromium Titanium Yellow, CAS No. 68186-90-3
47	601	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSampIR
48	599	40 - IRs Reagent2	CAO	Calcium oxide [CaO] ORIGIN Date: 92/04/08 File: CAO.DX INFRARED SPECTROPHOTOMETER FTIR-8000 SERIES
49	599	33 - ATR-Organic2	D_AcetylCellulose	AcetylCellulose DuraSampIR
50	599	45 - ATR-Organic2	D_Algin	Alginic Acid, Sodium Salt DuraSampIR-II



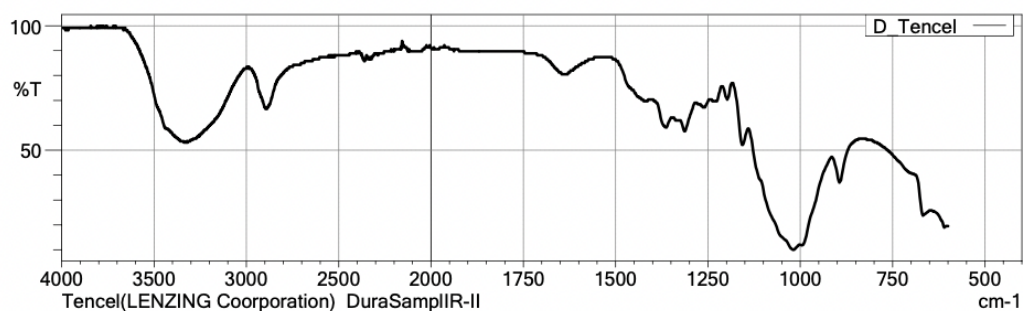
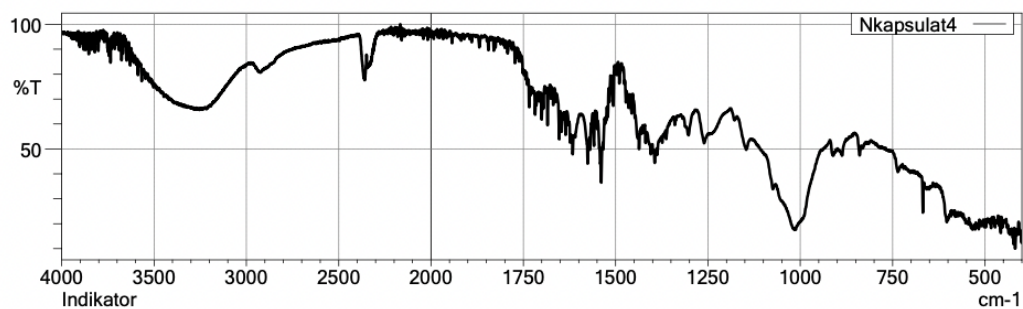
C:\LabSolutions\LabSolutions\IR\Data\310123Matthew\Nkapsulat3.ispd

Indikator

	Item	Value
2	Sample name	N kapsulat
3	Sample ID	
4	Option	
5	Intensity Mode	% Transmittance
6	Apodization	Happ-Genzel
9	No. of Scans	5
10	Resolution	2 cm-1

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	415.82	85.50	0.66	489.07	400.02	1160.952	-3.057	
2	500.56	88.04	0.24	553.70	489.07	746.327	8.560	
3	563.04	89.04	0.23	635.57	553.70	840.455	17.516	
4	667.17	90.10	1.33	858.21	635.57	1595.458	20.849	
5	1009.74	86.97	7.52	1125.36	858.21	2180.248	723.791	
6	1145.47	93.74	0.95	1182.82	1125.36	316.100	26.076	
7	1239.55	94.55	1.01	1286.23	1182.82	514.558	58.029	
8	1404.73	93.48	2.08	1485.16	1325.73	887.358	180.286	
9	1551.23	92.86	2.42	1594.32	1485.16	648.233	154.050	
10	1646.03	93.40	1.15	1671.17	1594.32	465.571	46.293	
11	1699.89	93.25	2.09	1818.39	1671.17	614.484	105.989	
12	1830.60	98.42	0.19	1862.92	1818.39	64.106	5.201	
13	1934.01	98.91	0.32	1968.49	1898.11	66.814	12.128	
14	1995.78	99.09	0.12	2007.27	1968.49	31.175	2.597	
15	2156.65	98.78	0.09	2186.09	2145.87	44.209	1.364	
16	2253.60	98.53	0.16	2272.99	2186.09	106.886	4.389	
17	2357.73	90.71	7.85	2400.10	2272.99	657.128	474.565	
18	2515.73	97.69	0.09	2529.37	2425.96	214.032	1.243	
19	2927.95	95.56	0.53	2969.61	2616.99	1209.193	32.224	
20	3295.65	92.17	0.26	3317.20	2969.61	2169.666	103.039	
21	3547.73	94.20	0.05	3562.09	3538.39	136.903	0.656	
22	3608.05	94.31	0.33	3644.68	3591.54	287.496	9.010	
23	3674.84	95.15	0.25	3702.13	3661.92	188.176	5.476	
24	3738.04	94.05	1.94	3778.26	3702.13	375.378	71.682	
25	3855.10	94.72	0.57	4000.17	3826.38	767.876	28.434	

Enkapsulat Antosianin (1,5% Alginat, 2% Pektin)

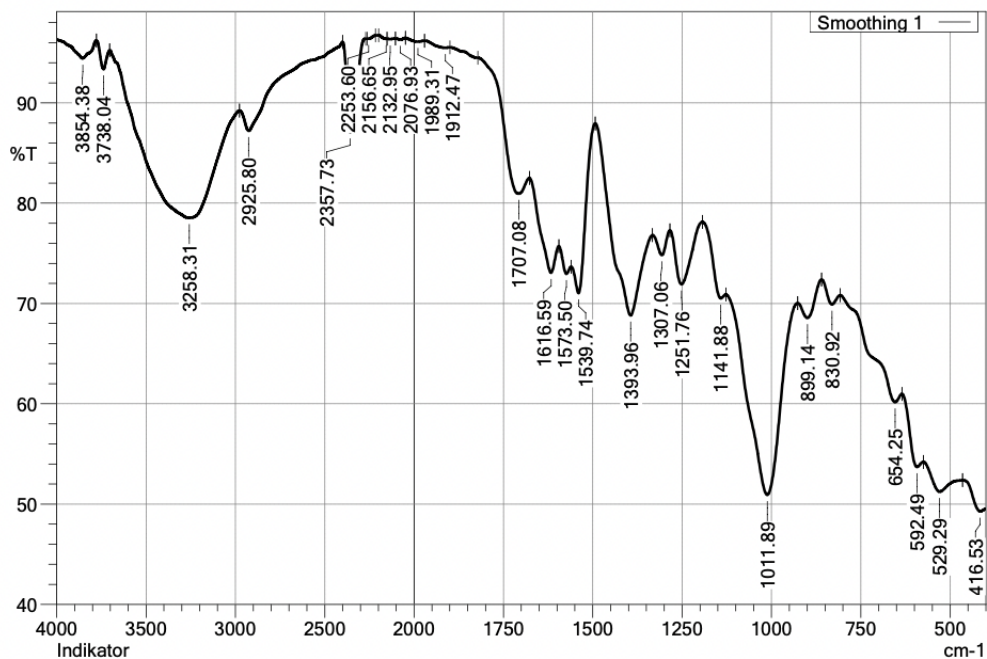


C:\LabSolutions\LabSolutions\IR\Data\310123Matthew\Nkapsulat4.ispd

	Score	Library	Name	Comment
1	737	174 - ATR-Polymer2	D_Tencel	Tencel(LENZING Coorporation) DuraSamplIR-II
2	731	11 - ATR-Polymer2	D_Cellulose4	Bemberg(Cupra) DuraSamplIR-II
3	720	19 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
4	720	4 - ATR-Organic2	D_Starch	Soluble Starch DuraSamplIR
5	716	8 - IRs Polymer2	CELLOPHA	Cellulose ATR/diamond ATRcorrected
6	712	50 - A_FoodAdditives2	A_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulose(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
7	710	1 - gula dan karbo	xylan polisakarida1	
8	707	4 - T-Organic2	Starch	Soluble Starch Transmission
9	705	20 - A_FoodAdditives2	A_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
10	705	20 - I_FoodAdditives2	I_Carboxymethyl Cellulose Calcium-4	Carboxymethyl Cellulose Calcium(Product name;E.C.G-FACSales origin;Gotoku CHEMICAL CO.,LTD.)@KBr Wafer
11	702	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene DuraSamplIR-II
12	701	43 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100G-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100GCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
13	692	42 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100F-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100FCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
14	691	27 - T-Polymer2	Polyacetylene	Polyacetylene Transmission(Microscope)
15	687	122 - IRs ATR Reagent2	122	Carminic Acid C22H20O13 ATR/diamond molecular weight:492.39 powder

16	685	41 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
17	683	44 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@DuraSamplIR2(diamond)
18	683	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
19	682	21 - T_FoodAdditives2	T_Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt-4	Carboxymethyl Cellulose Sodium Salt(Sales origin;Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)@KBr Wafer
20	681	45 - ATR-Organic2	D_Algin	Algic Acid, Sodium Salt DuraSamplIR-II
21	680	11 - ATR-Inorganic2	D_Na3PO4	Na3PO4 12H2O DuraSamplIR
22	680	3 - T-Inorganic2	TALC	TALC/3Mg4SiO2H2O Transmission
23	678	22 - ATR-Polymer2	D_Protein2	Protein(Soy Bean Powder) DuraSamplIR-II
24	676	40 - A_FoodAdditives2	A_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@DuraSamplIR2(diamond)
25	676	11 - T-Inorganic2	Na3PO4	Na3PO4 12H2O Transmission
26	675	30 - ATR-Inorganic2	D_TALC4	TALC(Polyethylene, Chlorinated/Chlorine content 48%) DuraSamplIR-II
27	672	63 - IRs Polymer2	RAYON	Rayon Fiber ATR/diamond ATRcorrected
28	671	10 - ATR-Polymer2	D_Cellulose3	Cotton DuraSamplIR-II
29	671	49 - T_FoodAdditives2	T_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulose(Product name;VITACEL L-600CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr
30	671	27 - ATR-Inorganic2	D_TALC2	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 25%) DuraSamplIR-II
31	669	31 - ATR-Inorganic2	D_TALC5	TALC(Polyethylene, Chlorosulfonated) DuraSamplIR-II
32	667	111 - IRs ATR Reagent2	111	Dextran 2000 (C6H10O5)n ATR/diamond molecular weight:180000'210000 powder
33	667	5 - IRs Polymer2	BEMBERG	Bemberg(Cupra) Fiber ATR/diamond ATRcorrected
34	667	230 - IRs ATR Reagent2	230	alpha-Cyclodextrin (C6H10O5)6 ATR/diamond molecular weight:972.85 powder
35	666	231 - IRs ATR Reagent2	231	beta-Cyclodextrin (C6H10O5)7 ATR/diamond molecular weight:1135.00 powder
36	663	12 - ATR-Polymer2	D_Cellulose5	Ramie DuraSamplIR-II

37	663	41 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_101-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR101CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
38	662	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR
39	660	29 - ATR-Inorganic2	D_TALC3	TALC(with Polyethylene, Chlorinated /Chlorine content 42%) DuraSamplIR-II
40	659	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
41	658	6 - ATR-Organic2	D_Glucose	D(+)-Glucose DuraSamplIR
42	656	3 - IRs Polymer2	ARABIC	Arabic gum Film
43	655	165 - IRs ATR Reagent2	165	Soluble Starch ATR/diamond molecular weight: powder
44	655	42 - T_FoodAdditives2	T_Microcrystalline Cellulose_102-4	Microcrystalline Cellulose(Product name;VIVAPUR102CSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)@KBr Wafer
45	655	43 - ATR-Organic2	D_HumicAcid	HumicAcid DuraSamplIR
46	653	29 - T-Inorganic2	T_Na6Al6Si6O24S4	Na6Al6Si6O24S4, Transmission(Microscope), Pig No. B-29, Ultramarine, CAS No. 57455-37-5
47	651	43 - T_FoodAdditives2	T_Microfibrillated Cellulose_200L-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-200LCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)@KBr Wafer
48	647	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II
49	647	6 - T-Inorganic2	Glass2	Glass Transmission
50	647	143 - T-Polymer2	T_Tencel	Tencel(LENZING Corporation) Transmission(Microscope)



C:\LabSolutions\LabSolutionsIR\Data\310123Matthew\Nkapsulat4.ispd

Indikator

	Item	Value
2	Sample name	N kapsulat
3	Sample ID	
4	Option	
5	Intensity Mode	%Transmittance
6	Apodization	Happ-Genzel
9	No. of Scans	5
10	Resolution	2 cm-1

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	416.53	49.28	0.96	465.37	400.02	3226.807	21.066	
2	529.29	51.24	2.21	574.53	465.37	5211.312	112.383	
3	592.49	53.71	2.51	634.86	574.53	2636.339	77.669	
4	654.25	60.16	1.91	807.93	634.86	5987.263	85.051	
5	830.92	69.91	1.61	859.64	807.93	1510.568	42.598	
6	899.14	68.57	2.43	926.43	859.64	2007.044	84.954	
7	1011.89	50.92	19.49	1127.52	926.43	7788.758	1851.057	
8	1141.88	70.53	1.94	1193.59	1127.52	1727.648	43.578	
9	1251.76	71.93	5.67	1284.08	1193.59	2271.903	255.247	
10	1307.06	74.83	2.25	1332.91	1284.08	1173.761	53.547	
11	1393.96	68.82	12.24	1493.06	1332.91	3893.695	1072.909	
12	1539.74	71.04	7.02	1560.57	1493.06	1487.024	190.794	
13	1573.50	72.97	1.45	1595.04	1560.57	898.267	25.500	
14	1616.59	73.08	4.41	1677.63	1595.04	1915.484	190.862	
15	1707.08	80.95	4.03	1821.26	1677.63	1773.297	123.704	
16	1912.47	95.49	0.18	1970.64	1899.54	302.341	8.897	
17	1989.31	96.10	0.17	2048.20	1970.64	290.887	7.041	
18	2076.93	96.31	0.14	2104.22	2048.20	202.722	3.945	
19	2132.95	96.35	0.06	2150.90	2104.22	168.929	1.331	
20	2156.65	96.38	0.05	2198.30	2150.90	164.673	1.828	
21	2253.60	96.39	0.07	2261.50	2215.54	159.358	1.600	
22	2357.73	87.08	9.10	2400.10	2270.12	1035.608	546.618	
23	2925.80	87.21	2.62	2976.79	2400.10	4369.664	129.494	
24	3258.31	78.55	13.01	3703.57	2976.79	11394.411	5752.582	
25	3738.04	93.38	2.32	3777.54	3703.57	398.584	82.948	
26	3854.38	94.44	1.81	4000.17	3777.54	1021.369	187.784	

Lampiran 13. Dokumentasi Penelitian

Ubi jalar ungu



Preparasi ubi ungu



Pengkukan ubi ungu

*Shock cooling* setelah pengkukan

Penghalusan ubi ungu



Penambahan etanol-asam sitrat pada ubi ungu



Proses inkubasi ekstrak selama 12 jam



Hasil ekstraksi sebelum disaring



Penyaringan ekstrak antosianin



Hasil ekstraksi antosianin ubi ungu



Ekstrak antosianin dievaporasi



Hasil evaporasi antosianin ubi ungu



Ekstrak antosianin 70-80°Brix



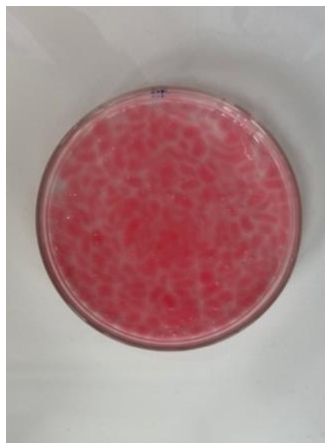
Homogenisasi suspensi



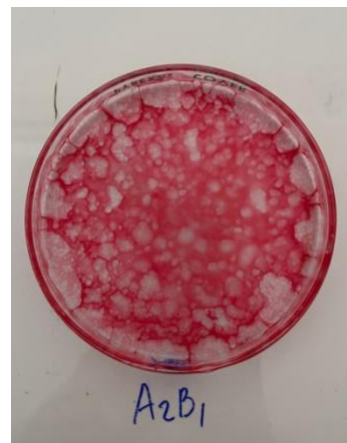
Pembuatan enkapsulat



Perendaman beads pada larutan CaCl_2



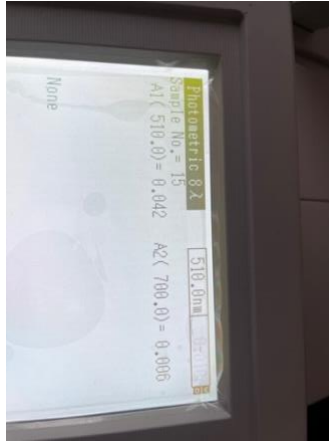
Enkapsulat basah



Enkapsulat kering



Pengujian antosianin sampel



Hasil pembacaan absorbansi pada spektrofotometer



Preparasi pengujian antioksidan sampel



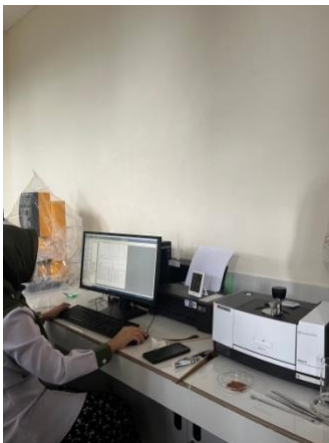
Preparasi pengujian kelarutan



Preparasi pengujian release antosianin



Pengujian warna menggunakan instrumen *colorimeter*



Penggunaan FTIR



Sampel enkapsulat antosianin

Lampiran 14. Dokumentasi Enkapsulat Antosianin

