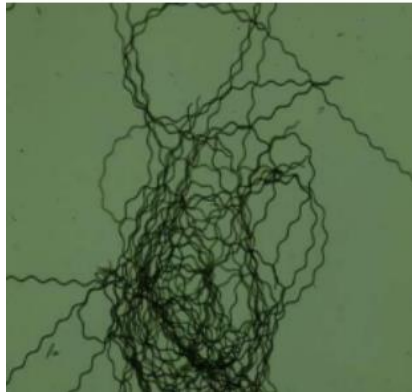


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Spirulina platensis*

1. Pengertian dan klasifikasi



Gambar 1 *Spirulina platensis*.
(Sumber: Nege *et al.*, 2020)

Sistematika *Spirulina platensis* berdasarkan AlgaBase, (2022) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Eubacteria
Subkingdom	: Negibacteria
Filum	: Cyanobacteria
Kelas	: Cyanophyceae
Subclas	: Oscillatoriophyceae
Ordo	: Spirulinales
Famili	: Spirulinaceae
Genus	: Spirulina
Spesies	: <i>Spirulina platensis</i>

Spirulina platensis adalah organisme fotoautotrofik biru-hijau yang dapat menggunakan karbondioksida sebagai sumber karbonnya dan memperoleh energi dari sinar matahari. Semua cyanobacteria filamen non-heterocystous yang berkembang biak dengan fusi biner termasuk dalam ordo yang sama, Oscillatoriales, yang mencakup spesies umum *Spirulina platensis* atau *Arthrospira* (Nege *et al.*, 2020).

Spirulina platensis adalah salah satu jenis cyanobacteria atau bakteri yang dapat berperan sebagai organisme yang dapat melakukan fotosintesis untuk menghasilkan makanannya sendiri karena mengandung klorofil. Memiliki bentuk spiral dan konsentrasi fikosianin yang tinggi berkontribusi pada pewarnaan hijau-biru.

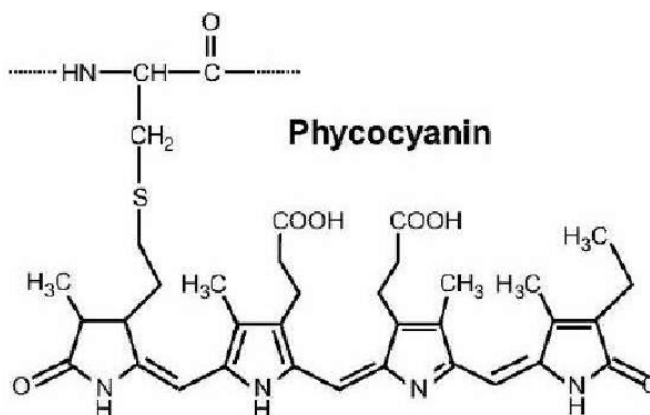
Spirulina platensis tumbuh subur di air tawar, air laut, dan danau. *Spirulina platensis* juga dapat tumbuh di media dengan alkalinitas tinggi (pH 8,5–11), sedangkan mikroorganisme lain berjuang untuk berkembang di lingkungan ini (Christwardana *et al.*, 2016).

2. Morfologi

Di bawah mikroskop cahaya, filamen non-heterocystous biru-hijau dari *Spirulina platensis* adalah dinding melintang yang mudah terlihat yang dibuat oleh sel vegetatif melalui pembelahan biner dalam satu bidang. Filamen tunggal yang mengambang bebas menunjukkan motilitas meluncur. Penyempitan dinding yang kurang lebih terlihat pada trikoma yang diselubungi oleh selubung tipis (Edis, 2012).

Spirulina platensis termasuk uniseluler, tidak memiliki inti sel prokariotik sejati, memiliki bentuk spiral biru-hijau, dan trikomanya melingkar secara teratur. Dalam beberapa kondisi suhu dan tekanan, filamen heliksnya dapat berubah menjadi morfologi abnormal, seperti bentuk melengkung dan bahkan linier tidak teratur, yang dianggap sebagai degenerasi permanen yang tidak bisa kembali. Namun, filamen linier *Spirulina platensis* bisa secara spontan kembali ke bentuk heliks dengan morfologi yang sama dengan filamen asli. Ultra karakteristik struktural, fisiologis, dan biokimia filamen linier berbeda dari filamen asli (Mishra *et al.*, 2013). Antioksidan dan pigmen alami dari *Spirulina platensis* aman digunakan dalam kosmetik dan sebagai aditif. Klorofil, karoten, xantofil, dan fikosianin adalah pigmen ramah antioksidan yang ditemukan di *Spirulina platensis* (Sedjati *et al.*, 2012).

B. Fikosianin



Gambar 2 Struktur molekul fikosianin.

(Sumber: Nege *et al.*, 2020)

Pigmen fikobiliprotein yang disebut fikosianin memiliki struktur kromofor dengan dua subunit polipeptida yang disebut *phycocyanobilin*, salah satunya memiliki berat molekul 12-20 kDa dan yang lainnya 15-22 kDa (Silva *et al.*, 2018). Rantai polipeptida terdiri dari subunit α dan β , kedua subunit ini membentuk monomer $(\alpha\beta)_3$ dan selanjutnya menjadi heksamer $(\alpha\beta)_6$, setiap monomer mengandung tiga kromofor yang diposisikan pada residu Cys-84 dari subunit α dan Cys-84 serta Cys-155 dari subunit β (Adjali *et al.*, 2022). Spirulina mengandung pigmen fikosianin hingga 20% dari berat keringnya, yang dapat digunakan dalam makanan, kosmetik, dan produk perawatan kesehatan (Chaiklahan *et al.*, 2012). Karena tidak beracun dan mudah larut dalam senyawa polar, fikosianin ini berpotensi sebagai pewarna alami karena dapat menghasilkan warna biru cerah (Purnamayati *et al.*, 2016). Menurut Firdiyani *et al.* (2015), fikosianin diduga dapat menghasilkan warna dan kadar pigmen yang bervariasi karena merupakan pigmen polar dan dapat diekstrak menggunakan pelarut polar.

Menurut Purnamayati *et al.* (2016), fikosianin stabil pada pH 5–6, di tempat gelap, dengan kelembapan rendah, dan pada suhu lebih rendah dari 47°C. Kondisi pH memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat dan intensitas warna fikosianin. Tingkat dan intensitas warna fikosianin menurun seiring dengan penurunan pH, begitu pula penyerapan. Perubahan sifat fisik, kimia, dan visual suatu bahan dapat mengindikasikan ketidakstabilan (Mauliasari *et al.*, 2019).

C. Arang Aktif

Arang aktif adalah arang yang telah mengalami perubahan sifat-sifat fisik dan kimia dikarenakan telah dilakukan aktivasi sehingga daya serap dan luas permukaan partikel serta kemampuan arang tersebut akan menjadi lebih tinggi (Koho *et al.*, 2014). Arang aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben (Setyaningsih, 2016). Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori

dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif (Notoatmodjo, 2005).

Daya adsorpsi arang aktif yang tinggi disebabkan jumlah pori-pori yang besar distribusi ukuran pori merupakan parameter yang penting dalam hal kemampuan daya serap arang aktif terhadap molekul yang ukurannya bervariasi. disamping distribusi pori, bentuk pori merupakan parameter yang khusus untuk daya serap arang aktif yang terjadi. Pori-pori dengan bentuk silinder lebih mudah tertutup yang menyebabkan tidak aktifnya bagian permukaan dari arang aktif tersebut (Koho *et al.*, 2014).

D. Ekstraksi

1. Pengertian

Ekstraksi merupakan suatu proses penarikan komponen senyawa yang di inginkan dari suatu bahan dengan cara pemisahan satu atau lebih komponen dari suatu bahan yang merupakan sumber komponennya. Pada umumnya ekstraksi akan semakin baik bila permukaan serbuk simplisia yang bersentuhan dengan pelarut semakin luas. Dengan demikian, semakin halus serbuk simplisia maka akan semakin baik ekstraksinya (Setyantoro *et al.*, 2019).

2. Metode ekstraksi

Ultrasound-Assisted Extraction (UEA) adalah jenis ekstraksi alternatif yang tidak menggunakan panas. Metode ini dikenal lebih cepat, lebih efektif, dan memungkinkan menggunakan lebih sedikit pelarut organik. Ini membuat ekstrak murni dengan hasil lebih tinggi daripada ekstraksi tradisional. Komponen bahan pangan seperti aroma, pigmen, dan antibakteri semuanya telah diekstraksi menggunakan metode ini. Pengecilan ukuran sampel, jenis dan rasio pelarut, serta waktu ekstraksi merupakan parameter metode ekstraksi yang penting (Rahmawati *et al.*, 2017).

Metode maserasi telah dimodifikasi untuk menyertakan ekstraksi ultrasonik. Gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20 kHz digunakan untuk mengolah ekstrak. Prinsip kerja ini yaitu dengan mengamati sifat akustik gelombang ultrasonik yang dirambatkan melalui medium yang dilewati. Media yang dilalui gelombang akan bergetar saat merambat. Medium perambatan dengan cairan dikenal dengan nama ekstraksi ultrasonic bath. Proses ekstraksi akan diaduk secara intensif oleh getaran. Untuk mempercepat proses ekstraksi, pengadukan akan

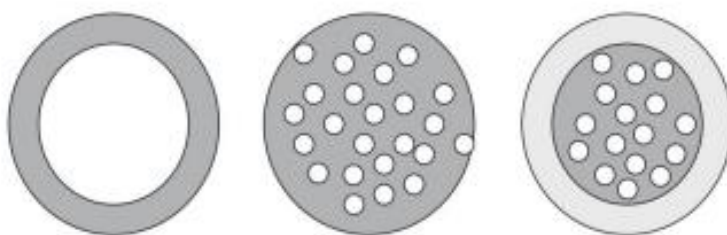
meningkatkan osmosis antara bahan dan pelarut (Setyantoro *et al.*, 2019).

Sonokimia adalah nama lain dari metode ekstraksi ultrasonik, yaitu pemanfaatan efek gelombang ultrasonik untuk mempengaruhi perubahan-perubahan yang terjadi pada proses kimia. Jika dibandingkan dengan metode ekstraksi yang lain, keuntungan utama dari metode ekstraksi gelombang ultrasonik meliputi efisiensi yang lebih besar, waktu pengoperasian yang lebih singkat, dan biasanya laju perpindahan massa yang lebih cepat.

E. Enkapsulasi

Proses pelapisan senyawa aktif (bahan inti) dalam zat lain (senyawa atau campuran senyawa yang digunakan sebagai bahan dinding atau pelapis) dikenal sebagai enkapsulasi. Enkapsulasi dapat digunakan untuk mengontrol pelepasan antioksidan ke dalam obat yang ditargetkan dan melindunginya dari pengaruh lingkungan (kelembaban, cahaya, panas). Matriks yang sesuai dengan bahan inti yang akan dienkapsulasi diperlukan untuk proses enkapsulasi (Suzery *et al.*, 2017).

Tipe reservoir dan tipe enkapsulasi matriks adalah dua tipe utama enkapsulasi. Agen aktif dikelilingi oleh cangkang pada tipe reservoir. Tipe ini juga disebut tipe kapsul, inti tunggal, atau cangkang inti. Sebaliknya pada tipe matriks kecuali memiliki lapisan tambahan, zat aktif disebarkan pada bahan pembawa atau permukaannya, yang dapat dilihat pada Gambar 3. (Aminah dan Hersoelistryorini, 2021).



1. Tipe reservoir 2. Tipe matrix 3. Tipe coated matrix

Gambar 3 Tipe enkapsulasi.

(Sumber: Aminah dan Hersoelistryorini, 2021)

Secara umum ukuran partikel kapsul dapat dikelompokkan menjadi: makrokapsul lebih besar dari 5000 μm , mikrokapsul lebih kecil dari 5000 μm , dan nanokapsul lebih kecil dari 0,2 μm . Dilihat dari

bentuk dan konstruksinya dapat dikelompokkan menjadi, mikrokapsul dan mikrosfer. Mikrosfer adalah sistem matriks di mana nukleus didistribusikan secara merata dan/atau dilarutkan dalam jaringan polimer, inti dari mikrosfer dapat tersuspensi atau larut, menghasilkan homogenitas atau heterogenitas. Sementara mikrokapsul adalah partikel yang terdiri dari inti yang merupakan senyawa aktif dan dilapisi dengan polimer, yang merupakan membran kapsul (Aminah dan Hersoelistyorini, 2002).

F. Mikroenkapsulasi

1. Pengertian

Mikroenkapsulasi adalah suatu metode untuk mengubah suatu cairan menjadi padat atau bubuk dengan cara membungkus cairan tersebut menggunakan suatu bahan penyalut yang sangat kecil, tepatnya 0,2-5000 μ m. Menurut Djafar dan Supardan (2019), mikroenkapsulasi adalah metode lain yang digunakan untuk menjaga bahan inti cair agar tidak mengeras, mempermudah penanganan dan mempertahankan rasa bahan inti.

2. Proses mikroenkapsulasi

Proses mikroenkapsulasi terdiri dari dua komponen yaitu inti dan penyalut. Inti juga dikenal sebagai fase internal, sedangkan penyalut dikenal sebagai fase enkapsulasi, membran, kapsul, atau eksternal. Berbagai senyawa bioaktif dapat dienkapsulasi seperti perasa, sel, enzim, vitamin, mineral, aroma dan flavor, pewarna makanan, antioksidan, dan senyawa bioaktif lainnya (Aminah dan Hersoelistyorini, 2021).

Penyalut atau dinding bisa tunggal, banyak, atau berlapis-lapis, sedangkan inti bisa dibuat dari satu atau lebih bahan. Berbagai jenis bahan seperti komponen farmasi aktif, warna, rasa, minyak atsiri, dan antioksidan semuanya dapat dienkapsulasi dengan penyalut metil selulosa, maltodekstrin, alginat, gelatin menggunakan berbagai metode enkapsulasi, termasuk pengeringan semprot, penguapan pelarut, suspensi udara, koaservasi, pemisahan fasa, pengeringan beku, ekstrusi, pelapisan unggun terfluidisasi, dan emulsifikasi (Klinjapo dan Krasaekoopt, 2018).

3. Kelebihan dan kekurangan

Mikroenkapsulasi tidak hanya memiliki kelebihan, namun teknologi inipun memiliki kekurangan, Adapun kelebihan dan

kekurangan dari mikroenkapsulasi berdasarkan Agnihotri *et al.* (2012), dapat dilihat pada tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan mikroenkapsulasi

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Mampu mengatur bahan inti (mengubah bahan inti cair menjadi padat, sehingga lebih mudah penanganannya dan memiliki bau yang lebih netral)	Perubahan stabilitas pengkapsulan selama proses produksi dan penyimpanan
2	Melindungi bahan inti (Mencegah perubahan dan pengurangan kadar bahan inti)	Ketidakpuasan konsumen terhadap kualitasnya
3	Mengontrol proses pelepasan bahan inti	Penambahan cost
4	Meningkatkan kestabilan bahan inti selama proses produksi sampai produk akhir (mengurangi penguapan bahan aktif, reaksi dengan udara, air dan bahan lain serta proses degradasi	Meningkatkan kekomplekan proses produksi.
5	Meningkatkan nutrisi suatu bahan serta memperpanjang umur simpan tanpa mengurangi sifat fisik, kimia, atau fungsionalnya.	

4. Metode mikroenkapsulasi

Metode mikroenkapsulasi terbagi menjadi dua kelompok besar yaitu mikroenkapsulasi proses kimia (*coacervation, co-crystallization, molecular inclusion, and interfacial or in-situ polymerization*) dan mikroenkapsulasi dengan proses fisik/mekanis (*spray drying, spray chilling/cooling, extrusion, and fluidized bed coating*). Terkadang campuran dari dua siklus digunakan dalam pengembangan emulsi tunggal atau ganda dengan strategi *spray drying* (Madene *et al.*, 2006).

4.1. *Spray chilling/ spray cooling*. Metode ini adalah metode murah yang menggunakan proses atomisasi dan mirip dengan *spray drying* karena bahan aktif didistribusikan ke seluruh bahan pelapis. Metode ini bertujuan untuk mengubah cairan menjadi bubuk,

memperlambat pelepasan lapisan di lingkungan basah, dan meningkatkan stabilitas panas. Penguapan air umumnya tidak terjadi. Secara umum tidak ada proses evaporasi air. Emulsi yang terbentuk dari bahan aktif dan pelapis dispray (atomisasi) sehingga terbentuk tetesan kemudian dicampur dalam media (camber) pendingin sehingga terbentuk bubuk (Madene *et al.*, 2006). Metode ini memiliki kelemahan karena memerlukan penanganan khusus dan kondisi penyimpanan yang sulit dan tidak mudah dilakukan (Hidayah, 2016).

4.2. *Fluidized bed coating.* Merupakan metode yang digunakan dalam mengkapsul bubuk dengan perangkat keras yang diatur dalam siklus terus-menerus atau tidak. Untuk membuat bahan pelapis, udara ekstrem pada suhu tertentu membentuk bubuk, yang kemudian disemprotkan dengan atomisasi. Sehingga saat disemprotkan, coatingnya lama kelamaan akan menutupi bahan aktifnya. Untuk dapat dipompa dan diatomisasi, bahan pelapis harus memiliki sifat viskositas yang tepat, stabil dalam kondisi panas, dan mampu membentuk lapisan film. Menurut Hidayah (2016), teknologi ini hanya dapat digunakan untuk mengenkapsulasi partikel padat, dan ukuran produk yang dihasilkan tidak boleh kurang dari 10 μm .

4.3. *Coacervation.* Metode ini adalah proses yang memisahkan dua fase cair dalam sistem koloid. Pemecahan koloid cair, termasuk koloid alami, dalam pelarut yang sesuai adalah langkah pertama. Sebagian besar koloid mampu dipisahkan menjadi fase baru ketika kondisi lingkungan, seperti pH, berubah. Sehingga fase awal yang awalnya hanya satu, terbagi menjadi dua fase, dengan dinding pelapis bertindak sebagai kapsul dan fase dengan lebih banyak koloid muncul sebagai tetesan cairan amorf yang dikenal sebagai tetesan coacervate. Ada tiga fase dalam proses koaservasi: pembentukan dinding koaservatif, isolasi kapsul, dan pembentukan droplet. Coacervation adalah metode mikroenkapsulasi di mana lapisan benar-benar menutupi bahan inti. Kelebihan dari metode ini adalah memiliki payload yang sangat tinggi yaitu > 99% dan kemudahan dalam mengontrol lepasnya bahan inti dari pelapis. Kelemahannya yaitu proses produksinya mahal, dan jika ingin menggunakannya untuk tujuan komersial, ada batasan yang kompleks (Madene *et al.*, 2006).

4.4. *Liposom entrapment.* Sebuah membran dua lapis molekul lipid, seperti kolesterol dan fosfolipid (lesitin) membentuk liposom. Dengan menggunakan mikrofluidisasi atau penggilingan koloid, lipid

dipisahkan dari media cair dan diekspos sebagai bongkahan. Interaksi hidrofilik dan hidrofobik yang terjadi antara fosfolipid dan molekul air adalah mekanisme utama pembentukan liposom. Membran atau komponen cair liposom dapat menangkap bahan aktif, partikel dengan ukuran antara 30 nm dan beberapa mikron. Tolakan elektrostatis, misalnya, dengan menambahkan lipid ke membran pelapis, harus digunakan untuk menjaga ukuran tetap konstan selama penyimpanan. Metode ini memiliki kelemahan yaitu hanya stabil dalam waktu singkat, sulit untuk scale up, dan susah dalam pembuatan kapsul karena bahannya membutuhkan kondisi kering (Hidayah, 2016).

4.5. *Spray drying*. Metode ini adalah teknik umum untuk mengeringkan sampel cair dalam gas panas. Sampel dipompa melalui alat penyemprot dalam bentuk cair, yang menghasilkan tetesan halus (serbuk dengan ukuran mulai dari 1 μm hingga 150 μm). Gas panas adalah udara, dimana udara yang biasanya digunakan adalah gas O_2 untuk proses pengeringan, namun bila bahan aktifnya sensitif maka digunakan gas N_2 (Hidayah, 2016). Bagian utama peralatan *spray drying* terdiri dari bagian inlet (suhu 150-220°C) dan outlet (suhu 50-80°C) yang diarahkan untuk membuat bubuk dengan suhu di bawah 100°C. Metode ini memiliki keunggulan relatif murah, mudah untuk ditingkatkan (dari skala laboratorium ke skala industri), menghasilkan kapsul yang berkualitas tinggi, kompak, dan memiliki stabilitas yang tinggi. Kemudahan bahan inti untuk lepas tanpa adanya sisa-sisa pelapis, terutama untuk pelapis yang terbuat dari bahan yang sangat larut dalam air dan dapat digunakan pada bahan yang tidak tahan panas (titik lebur rendah). Hal ini disebabkan terbentuknya lapisan film di sekitar droplet selama proses *spray drying*, yang mencegah kerusakan material inti akibat suhu di luar droplet (Djafar dan Supardan, 2019). Metode pengeringan semprot ini dibatasi oleh kurangnya bahan pelapis dan pelarut organik yang sesuai (karena berpotensi beracun dan mudah terbakar) (Madene *et al.*, 2006).

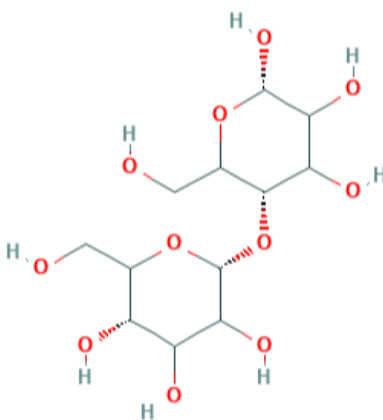
4.6. *Freeze drying*. Metode ini adalah teknik mikroenkapsulasi yang digunakan dalam sistem pengeringan untuk hampir semua bahan yang sensitif terhadap panas dan bau. Metode ini telah digunakan untuk merangkum aroma dan esensi alami yang larut dalam air. Prinsip pengeringan ini yaitu proses pembekuan yang dilanjutkan dengan proses pengeringan dengan alat freeze dryer (Hidayah, 2016). Astuti *et al.*, (2019) menambahkan proses ini dapat mempertahankan kualitas

produk (warna, bentuk, aroma, tekstur, aktivitas biologi) lebih baik daripada metode pengeringan lainnya. Menurut Klinjapo dan Krasaekoopt (2018), sampel pertama kali dibekukan pada suhu antara -90 dan -40 °C. Kemudian dikeringkan dengan sublimasi langsung di bawah tekanan rendah pada suhu antara -90 dan -20 °C. Sampel yang terbentuk dapat dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil setelah dikeringkan, dan penggilingan dapat digunakan untuk menghancurkannya jika perlu. Struktur pori terbuka, yang biasanya tidak memiliki ikatan yang baik di sekitar bahan aktif, serta waktu pemrosesan yang lama dan konsumsi energi yang tinggi merupakan kelemahan utama dari metode *freeze drying* (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

G. Studi Preformulasi

1. Maltodextrin

Maltodekstrin ($C_6H_{10}O_5$) nH_2O adalah polimer sakarida yang sebagian besar dihubungkan bersama oleh ikatan glukosidik α -1,4. Hidrolisis enzimatik jagung, kentang, atau karbohidrat lain dengan atau tanpa asam menghasilkan maltodekstrin pada tingkat yang lebih rendah dari jumlah yang dibutuhkan untuk membuat sirup pati. Maltodekstrin tersedia dalam berat molekul yang berbeda, dikelompokkan sebagai dextrose equivalent (DE) sesuai dengan metode dan sumber produksi dan mempunyai DE antara 3 sampai 20. DE dinyatakan sebagai persentase hidrolisis yang terikat glukosidik, yang menunjukkan daya reduksinya (Klinjapo dan Krasaekoopt 2018).



Gambar 4. Struktur molekul maltodekstrin.

(Sumber: *National Center for Biotechnology Information*, 2022)

Maltodekstrin merupakan pelapis yang baik karena dapat membentuk emulsi, memiliki viskositas rendah, mudah ditemukan, mudah diproses, cepat terdispersi, sangat larut, dapat membentuk matriks yang mengurangi pencoklatan, dapat mencegah kristalisasi, dapat membentuk ikatan yang kuat, dan bersifat stabil dalam emulsi minyak dalam air (Djafar dan Supardan, 2019). Maltodekstrin juga memiliki ketahanan oksidasi yang sangat baik, memperpanjang umur simpan mikrokapsul yang dihasilkan (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

2. Isolat protein kedelai

IPK merupakan produk olahan dari kedelai dengan kandungan protein paling sedikit 90% dalam berat kering dengan komponen utama yaitu β -conglycinin (7S globulin) dan glisinin (11S globulin) dan banyak diaplikasikan pada produk pangan. IPK mengandung protein amfifatik dengan asam amino gugus hidrofilik di luar yang dapat berikatan dengan air dan gugus hidrofobik di dalam yang tidak dapat berikatan dengan air. (Rizkiati *et al.*, 2020). Sifat terpenting protein dalam sistem makanan adalah kemampuan mereka dalam membentuk gel setelah pemanasan, dimana gelasi panas berkontribusi terhadap sifat tekstur, membentuk produk, menahan komponen makanan lainnya dan menahan air dalam produk (Hasrini *et al.*, 2017).

Kelebihan protein kedelai lainnya adalah memberikan keseimbangan yang baik dalam komposisi asam amino, karena mengandung semua asam amino esensial dan terbukti menurunkan kolesterol, mengurangi resiko hiperlipidemia dan penyakit kardiovaskuler dan harganya lebih murah jika dibandingkan dengan sumber protein hewani (Suseno *et al.*, 2016).

H. Landasan Teori

Spirulina platensis adalah mikroalga biru hijau yang digolongkan pada kelompok cyanobacteria. *Spirulina platensis* banyak ditemukan di semua daerah di Indonesia. Protein, vitamin, mineral, dan pigmen alami dalam bentuk fikosianin, klorofil, beta karoten, dan xantofil merupakan kandungan nutrisi dalam *Spirulina platensis*. (Mauliasari *et al.*, 2019). *Spirulina platensis* memiliki persentase pigmen biru fikosianin sekitar 20% dari berat keringnya (Ridlo *et al.*, 2015). *Spirulina* merupakan salah satu sumber antioksidan dan pigmen alami yang aman digunakan sebagai zat aditif maupun dalam kosmetik.

Fikosianin adalah pigmen polar yang berpotensi menjadi pewarna biru alami, sebab bisa membentuk warna biru yang cerah. Selain itu, tidak beracun dan dapat dikembangkan menjadi zat aditif untuk nutrisi fungsional (Purnamayati *et al.*, 2016). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Silva *et al.* (2018), menjelaskan bahwa fikosianin dapat memperlambat pertumbuhan sel kanker karena memiliki sifat antioksidan, anti penuaan, dan anti inflamasi. Hasil ini diperkuat dengan penjelasan Izadi dan Fazilati (2018) yang menyatakan bahwa fikosianin mempunyai beberapa kegiatan biologis diantaranya, anti inflamasi, antikanker, antibakteri, antioksidan, dan pelindung sel saraf. Fikosianin stabil di pH 5 – 6, tempat gelap, kelembapan rendah, serta akan menurun stabilitasnya jika disimpan di suhu lebih tinggi dari 47°C (Purnamayati *et al.*, 2016). Gustiningtiyas *et al.* (2020), menjelaskan bahwa fikosianin stabil selama 6 hari pada suhu 4°C dan 10°C. Pada suhu 50°C, pigmen fikosianin mengalami denaturasi yang ditandai dengan kehilangan warna. Fikosianin dapat terdenaturasi jika pH di bawah 5 dan diatas 7.

Enkapsulasi senyawa berukuran mikro telah dikembangkan untuk mengatasi masalah yang berhubungan dengan proses absorpsi dan senyawa yang tidak stabil pada teknik mikroenkapsulasi. Enkapsulasi merupakan suatu teknik untuk melapisi atau menyalut bahan aktif dengan suatu polimer yang dapat berukuran mikro ataupun nano (Wandani *et al.* 2020). Melindungi senyawa aktif dalam bahan yang peka terhadap lingkungan, mengontrol pelepasan senyawa aktif dari bahan, dan melindungi dari pengaruh buruk yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan (cahaya, kelembaban, dan oksigen) adalah beberapa kegunaan dari teknik mikroenkapsulasi ini. Metode ini juga dapat digunakan untuk meningkatkan nilai gizi suatu bahan dan memperpanjang umur simpannya tanpa mempengaruhi sifat fisik, kimia, atau fungsionalnya (Ye *et al.*, 2018). Sedikitnya jumlah partikel yang terlapisi pada produk mikrokapsul ini menjadikannya unik karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan lainnya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Suzery *et al.* 2017) menunjukkan bahwa fikosianin yang dienkapsulasi lebih tahan suhu dibandingkan fikosianin yang tidak dienkapsulasi. Dalam hal ini, proses enkapsulasi dapat membentuk dinding membran semipermeabel. Dinding membran tipis dapat melindungi suhu lingkungan yang tinggi.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pembuatan formulasi mikrokapsul fikosianin adalah metode *freeze drying* dengan maltodekstrin dan campuran penutup lainnya yang membentuk lapisan pelindung, kemudian ukuran molekulnya direduksi untuk menghasilkan ukuran yang lebih kecil. Penelitian yang dilakukan Charles *et al.* (2021), juga menemukan bahwa kombinasi bahan penyalut dengan pati garut pada enkapsulasi menggunakan *freeze drying* menunjukkan hasil stabilitas oksidasi terbaik selama penyimpanan 90 hari. Purnamayati *et al.* (2016), sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan 2 jenis enkapsulan (maltodekstrin dan karagenan) lebih efektif dalam menangkap dan melindungi fikosianin dari pada penggunaan maltodekstrin saja sebagai enkapsulan. Sediaan mikrokapsul fikosianin yang stabil adalah yang mampu mempertahankan sifat fisiknya selama periode penyimpanan dan memenuhi parameter sifat fisik yang ditentukan. Studi lain juga menemukan bahwa larutan bahan penyalut yang mengandung 2,5% isolat protein kedelai dan 17,5% maltodekstrin sangat efektif sebagai agen mikroenkapsulasi untuk bahan inti dengan muatan minyak yang tinggi (Rosenberg *et al.*, 2016); (Hasrini *et al.*, 2017).

I. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori diatas maka hipotesis dari penelitian ini adalah:

Pertama, penggunaan perbandingan maltodekstrin dan isolat protein kedelai mempengaruhi karakteristik mikrokapsul fikosianin.

Kedua, formula fikosianin dengan kombinasi penyalut yang berbeda yaitu isolat protein kedelai dan maltodekstrin (2,5%:7,5%) menghasilkan mikrokapsul fikosianin yang terbaik dibandingkan hanya menggunakan satu penyalut (maltodekstrin saja).