

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Rosela (*Hibiscus sabdarifa* L)

Rosela merupakan tumbuhan liar tropis yang termasuk dalam famili *Malvaceae*. Rosela merupakan tanaman herba, perdu, atau tumbuhan tahunan. Tanaman Rosela berbunga dari biji dan mekar hampir sepanjang tahun. Bagian bunga rosela yang sering dimanfaatkan adalah bagian kelopak bunganya yang kaya akan antioksidan yang berperan sebagai pengikat senyawa radikal bebas dan sering dimanfaatkan sebagai pewarna alami (Arista Gustiarani & Triastuti, 2021). Roselle adalah semak berumur satu tahun, tingginya mencapai 2,4 m. Batang berwarna merah, bulat dan berbulu lebat, 3-5 helai daun pengganti, panjang 7,5-12,5 cm, urat berwarna hijau kemerahan, tangkai daun pendek. Bentuk helaian daun berbentuk daun bulat telur, tangkai daun pendek, berbunga tunggal, kuncup bunga tumbuh dari bagian ketiak daun, tangkai bunga berukuran 5-20 mm, kelopak mekarnya menempel, tidak rontok, berbentuk dering, mahkota mekarnya bebas, kelopaknya berjumlah 5, mahkota bunga memiliki bentuk bulat telur terbalik, berwarna kuning, kuning kemerahan (BPOM RI, 2010).

2.1.1. Klasifikasi



Gambar 2. 1 Tanaman Rosella

Sumber : (BPOM RI, 2010)

Divisi	: Magnoliophyt
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Dilleniidae
Bangsa	: Malvales
Suku	: Malvaceae
Marga	: Hibiscus
Jenis	: <i>Hibiscus sabdariffa</i> Linn. (BPOM RI, 2010)

2.1.2. Kandungan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Oktapiya *et al.*, pada tahun 2022, ekstrak etanol daun rosela mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tannin. Tanaman rosela juga kaya akan asam malat, antosianin, asam askorbat, dan mineral, terutama Ca dan Fe, namun sedikit kandungan glukosanya (Patel, 2014). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agustiarini & Wijaya menyatakan bahwa bunga rosela memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat dibuktikan dengan nilai IC_{50} sebesar 43 μ g/ml.

2.1.3. Aktifitas Farmakologi

Tanaman rosela memiliki efek farmakologi yang sangat baik bagi kesehatan. Efek farmakologi dari tanaman rosela adalah sebagai antihipertensi, antiobesitas, antiinflamasi, antikolesterol, hepatoprotektif, antioksidan, antibakteri dan antelmintik (BPOM RI, 2010)..

2.2. Katuk (*Sauropus adnrogynus* (L.) Merr.)

Tanaman katuk merupakan tanaman obat yang mempunyai kandungan zat bermanfaat yang tinggi, mengandung zat antibakteri, beta-karotin sebagai zat aktif warna karkas serta tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Tanaman katuk tersebar di berbagai belahan negara yaitu India, Malaysia dan Indonesia. Dapat tumbuh pada dataran tinggi dan rendah dan dapat tumbuh secara berkelompok maupun secara individu. Katuk tumbuh dengan baik pada ketinggian 5-1300 m dpl. Tanaman katuk memiliki tinggi sampai 3 meter. Memiliki batang berwarna hijau muda, Batangnya mempunyai alur dengan kulit agak halus. Susunan daun selang seling pada satu tangkaidan tunggal dengan

jumlah daun pada setiap cabang 11-21, keadaan tepi lancip daun berbentuk lonjong menyesuaikan. Bentuk daun lanset dengan permukaan atas berwarna hijau kusam dan permukaan bawah berwarna hijau muda dengan tangkai daun terlihat jelas, panjang tepi potong 2,5 cm, lebar 1,25-3 cm; batang berwarna hijau, panjang 1,75-3 mm, dan ekor pendek 2-4 mm. Daun pada pangkal dahan berbentuk lonjong, lebar 1,5-2,5 cm, panjang 2,5-4,5 cm, sedangkan pada bagian tengah dan penutup berbentuk lonjong, lebarnya diperkirakan 2,2-3,1 cm, dan panjang 4,3 - 8.5cm (Santoso, n.d, 2014).

2.2.1. Klasifikasi



Gambar 2. 2 Tanaman Katuk (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledoneae
Subkelas	: Angiospermae
Bangsa	: Graniales
Suku	: Euphorbiaceae
Marga	: Sauropus
Jenis	: <i>Sauropus androgynus</i> L. Merr. (Santoso, 2014)

2.2.2. Kandungan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh *et al.* pada tahun 2015 didapatkan tanaman daun katuk memiliki senyawa kimia golongan alkaloid, triterpenoid, saponin, tanin, polifenol, glikosida dan flavonoid. Senyawa-senyawa tersebut memiliki khasiat sebagai antioksidan yang dapat dijadikan obat atau suplemen yang bisa melindungi tubuh dari paparan radikal

bebas. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan daun katuk memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 27,07 $\mu\text{g/mL}$ (Budiana *et al.*, 2022).

2.2.3. Aktifitas Farmakologi

Tanaman katuk (*Sauropus androgynus*) memiliki efek farmakologi yang sangat baik bagi tubuh, diantaranya sebagai antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, antianemia, dan meningkatkan produksi asi (Majid & Muchtaridi, 2018).

2.3. Kumis Kucing (*Orthosiphon aristatus* (Blume) Miq.)

Di Indonesia tanaman kumis kucing sudah dikenal sebagai tanaman obat. Kumis kucing termasuk dalam famili Lamiaceae atau Labiatae. Tumbuhan ini dikenal memiliki berbagai nama lokal, yaitu kutum, mamam, bunga laba-laba, remuk jung, remujung, kumis ucing, songot koceng, sesalaseyan (Jawa), teh jawa, kumis kucing (Adnyana *et al.*, 2013). Tanaman kumis kucing tingginya mencapai 1-2 m, batang berbentuk persegi, agak berkerut, berbulu pendek atau gundul, bervariasi berwarna gelap kehijauan. Tepinya bergerigi, ujung dan pangkalnya meruncing, serta permukaan daunnya yang halus berbentuk bulat telur tunggal, agak lonjong, atau belah ketupat. Di ujung dahan banyak bunga berwarna putih keunguan tersusun berkelompok. Titik tertinggi mahkota bunga ditumbuhi alang-alang berwarna putih keunguan, panjang bilik sekitar 10-18 mm, panjang bibir tunas 4,5-10 mm. Buahnya panjang, berwarna coklat tua, dan mempunyai trikoma pendek (Syamsiah *et al.*, 2016).

2.3.1. Klasifikasi



Gambar 2. 3 Tanaman Kumis Kucing

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

Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Asteridae
Bangsa	: Lamiales
Suku	: Euphorbiaceae
Marga	: Ortosifon
Jenis	: <i>Aristatus</i> , <i>labiatus</i> , <i>grandiflorum</i> , <i>spicatus</i> , <i>stamineus</i> (Almatar & Rahmat, 2014).

2.3.2. Kandungan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Waras Nurcholi *et al*, tanaman kumis kucing memiliki kandungan senyawa diantaranya flavonoid, fenol hidrokuinon, saponin, tanin, dan triterpenoid. Berdasarkan literatur yang ditulis oleh Adnyana dkk, dijelaskan bahwa Studi fitokimia kumis kucing banyak senyawa kimia dilaporkan dan diklasifikasikan sebagai monoterpen, diterpen, triterpen, saponin, flavonoid, asam organik, dan lain-lain (Adnyana *et al.*, 2013). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan kumis kucing memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 65,62513 $\mu\text{g/mL}$ (Salasa *et al.*, 2021).

2.3.3. Aktivitas Farmakologi

Tanaman kumis kucing memiliki efek farmakologi yang cukup baik. Efek farmakologi tersebut ditunjukkan dengan adanya aktivitas antioksidan, antitumor, diuretik, antidiabetes, antihipertensi, antiinflamasi, antibakteri dan hepatoprotektif (Adnyana *et al.*, 2013).

2.4. Antioksidan

2.4.1. Definisi Antioksidan

Antioksidan adalah zat yang jika terdapat dalam makanan atau dalam tubuh dalam konsentrasi yang sangat rendah, akan menunda, mengendalikan atau mencegah proses oksidatif yang menyebabkan penurunan kualitas makanan atau permulaan dan penyebaran penyakit degeneratif dalam tubuh (Shahidi & Zhong, 2015). Antioksidan memiliki peran penting dalam sistem pertahanan organisme hidup melawan kerusakan radikal bebas dan mempertahankan kesehatan yang optimal. Antioksidan dapat menunda atau menghambat kerusakan sel terutama melalui sifat penangkal radikal bebasnya (Ibroham *et al.*, 2022).

Berdasarkan mekanismenya, antioksidan dapat digolongkan menjadi beberapa golongan antioksidan primer, sekunder, dan tersier. Antioksidan primer berfungsi sebagai pelindung terhadap radikal bebas jenis baru dengan membentuk molekul yang tidak terlalu berbahaya dan ditemukan secara intraseluler. Antioksidan sekunder berfungsi mengikat radikal bebas. Antioksidan tersier berperan dalam memperbaiki biomolekul yang rusak akibat radikal bebas (Mu'nisa, 2022).

2.4.2. Pengujian Antioksidan Dengan Metode DPPH

Pengujian antioksidan dilakukan untuk mengetahui antioksidan yang terkandung dalam sampel. Dari berbagai metode yang dapat dilakukan Salah satu metode pengujian yang banyak dilakukan adalah pengujian antioksidan dengan metode DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*). Metode pengujian tersebut dapat digunakan untuk mengetahui antioksidan dalam suatu sampel.

Metode DPPH Blois (1995) yang merupakan radikal bebas yang bersifat stabil. Pengujian menggunakan metode DPPH berfungsi dalam mengevaluasi potensi antioksidan dalam mengurangi atau menghilangkan radikal bebas. Screening merupakan suatu langkah dalam proses evaluasi antioksidan yang menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang maksimum 515 nm untuk menguji aktivitas antioksidan secara kuantitatif. (Mu'nisa, 2022).

Parameter IC_{50} yang berasal dari konsentrasi penghambatan IC_{50} menunjukkan konsentrasi antioksidan yang digunakan untuk meredam konsentrasi DPPH sebesar 50%. Angka ini digunakan untuk menyatakan konsentrasi aktivitas antioksidan yang diuji dengan DPPH. Semakin rendah nilainya, semakin besar gerakan penguatan sel, yang kemudian ditentukan menggunakan *inhibition curve* (Mu'nisa, 2022).

Tingkat antioksidan dikatakan sangat kuat, kuat, sedang, lemah dapat diketahui dari nilai rentan tingkat kekuatan antioksidan pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Sifat antioksidan berdasarkan IC_{50} (Tristantini *et al.*, 2016 dari molyneux, 2004)

Nilai IC_{50}	Sifat Antioksidan
< 50 ppm	Sangat kuat
50 ppm – 100 ppm	Kuat
100 ppm – 150 ppm	Sedang
150 ppm – 200 ppm	Lemah

2.5. Mikroenkapsulasi

2.5.1. Definisi Mikroenkapsulasi

Mikroenkapsulasi adalah proses dimana padatan, cairan ataupun gas yang dapat terbungkus dalam partikel yang membentuk lapisan tipis pelapis bahan dinding nyata di sekitarnya. Pelapisan ini melibatkan pelapisan partikel yang berkisar antara satu hingga beberapa ratus mikron (Madiha Jabeen *et al.*, 2016). Dalam jurnal lain dikatakan bahwa mikroenkapsulasi adalah sebuah proses penyalutan bahan inti (*core*) yang berupa partikel padat, cairan, atau gas dengan menggunakan bahan penyalut (*coating*). Proses ini bertujuan untuk melindungi bahan inti berupa senyawa aktif dari berbagai pengaruh lingkungan seperti cahaya, oksigen, air, dan suhu (Siregar & Kristanti, 2019).

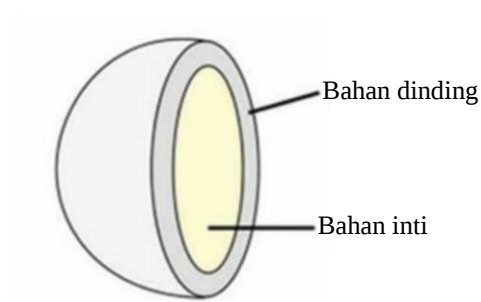
Inti-cangkang mikrokapsul dapat menjadi sarana pelindung dan pengantar struktur skala submikron, karena kemampuannya membentuk dispersi halus.

Mikrokapsul digunakan dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik untuk meningkatkan stabilitas senyawa inti dan mengontrol kinetika pelepasannya (Theodoridis & Kraemer, 2015). Keuntungan menggunakan mikroenkapsulasi ini yaitu dapat menghindari kerusakan ekstrak, dapat meningkatkan stabilitas, melindungi bahan aktif dan mencegah penurunan aktivitas, menutupi rasa dan bau, dan dapat meningkatkan bioavailabilitas (Wati *et al.*, 2022). Perkembangan teknologi nano atau mikroenkapsulasi merupakan solusi yang mungkin untuk meningkatkan bioavailabilitas banyak senyawa fungsional (Kwak, 2014). Metode mikroenkapsulasi dipilih berdasarkan aplikasi spesifik dan faktor-faktor seperti ukuran partikel, karakteristik fisikokimia bahan inti dan dinding, mekanisme pelepasan, dan biaya (Nguyen *et al.*, 2022)

2.5.2. Karakteristik Mikroenkapsulasi

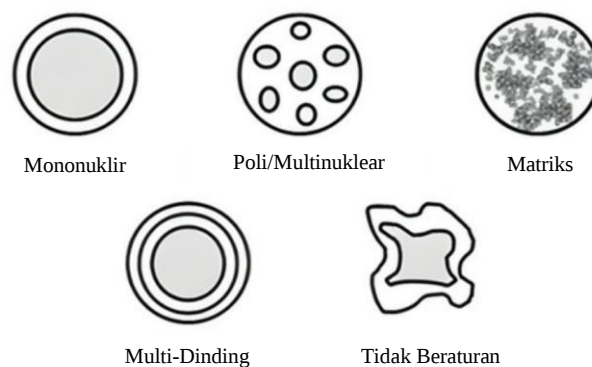
Mikrokapsul biasanya berdiameter antara 0,2 hingga 5000 μm dan terdiri dari bahan enkapsulasi atau bahan dinding yang membungkus inti yang mengandung zat aktif. Ukuran partikel akhir bergantung pada banyak faktor, seperti metode pengolahan dan sifat bahan enkapsulasi. Oleh karena itu penting untuk mempertimbangkan jenis bahan penyalut yang akan digunakan dalam kombinasi dengan proses enkapsulasi sesuai dengan fungsi atau tujuan mikrokapsul dan ukuran partikel yang diinginkan, bahan penyalut menghasilkan variasi dalam efisiensi dan stabilitas enkapsulasi (Calderón *et al.*, 2022).

Proses mikroenkapsulasi berguna untuk menjebak partikel kecil berupa cairan, padatan, atau gas dalam satu atau dua polimer seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.4 (Peanparkdee *et al.*, 2016). Polimer tersebut memungkinkan untuk melindungi zat sensitif berukuran mikro dari lingkungan eksternal sehingga memungkinkan zat pelepasan dapat terkendali. Produk yang dihasilkan dari teknik mikroenkapsulasi adalah mikropartikel.



Gambar 2. 4 Mikrokapsul
Sumber : (Peanparkdee *et al.*, 2016)

Berdasarkan berbagai sifat inti, bahan dinding, dan teknik mikroenkapsulasi, terdapat berbagai jenis partikel. Morfologi mikrokapsul dapat digambarkan sebagai: mononuklear, poli/multinuklear, matriks, multi-dinding, dan tidak beraturan (Peanparkdee *et al.*, 2016)



Gambar 2. 5 Sifat inti mikroenkapsulasi
Sumber : (Peanparkdee *et al.*, 2016)

2.5.3. Metode Mikroenkapsulasi

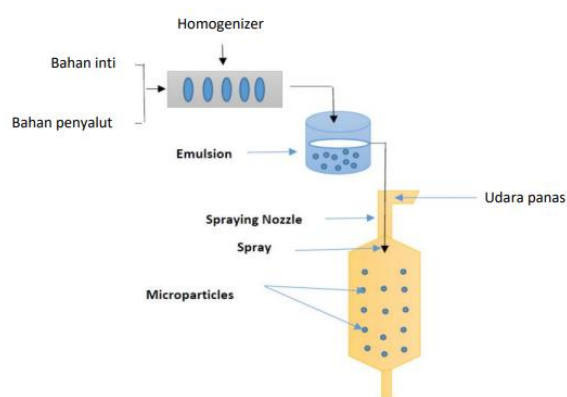
1. *Freeze Drying*

Merupakan metode yang digunakan dalam proses pengeringan pada hampir semua bahan yang sensitif terhadap panas dan aroma. Sudah digunakan untuk mengkapsul essence yang larut dalam air dan aroma alami. Metode ini

bekerja dengan cara sampel dibekukan dalam suhu antara -90 dan -40°C , kemudian pengeringan dengan sublimasi langsung dibawah tekanan rendah sehingga suhunya menurun antara -90 dan -20°C . Setelah pengeringan sampel yang terbentuk dapat dihancurkan dalam bentuk yang lebih kecil(Hidayah, 2016).

2. *Spray Drying*

Teknik ini umumnya digunakan dalam mengeringkan bahan dalam bentuk cairan melewati gas panas. Pakan dalam bentuk cair dipompa melalui alat-alat atomiser yang menghasilkan tetesan halus (serbuk dengan ukuran $1\text{ }\mu\text{m}$ sampai $150\text{ }\mu\text{m}$ Komponen utama peralatan spraydrying adalah inlet (antara 150 dan 220 derajat Celcius) dan saluran keluar (antara 50 dan 80 derajat Celcius), keduanya dikontrol untuk menghasilkan bubuk pada suhu di bawah 100 derajat Celcius (Hidayah, 2016).



Gambar 2. 6 Ilustrasi *Spray drying*

Sumber : (Aminah & Hersoelistyorini, 2021)

3. *Spray Chilling/ Spray Cooling*

Merupakan metode yang tidak memakan banyak biaya, prosesnya mirip dengan spray drying dimana bahan aktif tersebar dalam bahan pelapis dan ada proses atomisasi. Cara ini bertujuan untuk meningkatkan kestabilan panas, memperlambat pelepasan lapisan saat basah, dan mengubah cairan menjadi bubuk. Secara umum tidak ada proses evaporasi air. Emulsi yang dibentuk dari

bahan-bahan dinamis dan penutup pancuran (atomisasi) sehingga tetesan dibentuk dan kemudian dicampur dalam media pendingin (camber) untuk membentuk bubuk (Hidayah, 2016).

4. *Bed coating*

Merupakan metode yang digunakan dalam mengkapsul bubuk dengan peralatan yang diset dalam proses kontinyu atau tidak. serbuk tersebut dibentuk oleh udara luar pada suhu tertentu dan kemudian disemprotkan melalui atomisasi untuk membuat bahan penutup. Sehingga secara berangsur-angsur zat aktif akan tertutup oleh pelapis pada saat dispray. Bahan pelapis mengutamakan sifat konsistensi yang wajar sehingga dapat disedot dan diatomisasi dengan baik, harus stabil dalam kondisi panas dan harus dapat membungkus lapisan film sebagai bahan penutup (Hidayah, 2016).

5. *Coacervation*

Merupakan prosedur yang digunakan 2 fase cairan dalam sebuah sistem koloid. Langkah pertama yaitu pemecahan koloid cair dalam pelarut yang tepat, termasuk koloid alami. Ketika kondisi lingkungan berubah seperti pH berubah, kelarutan koloid mengalami penurunan dan sebagian besar koloid dapat dipisahkan ke dalam fase baru. Fase awal yang semula homogen berubah menjadi dua fase, di mana fase yang lebih mengandung koloid membentuk tetesan cairan amorf yang disebut tetesan *coacervate*. Tetesan ini dilapisi oleh dinding *coacervative*, yang merupakan kapsul yang menyelubungi tetesan secara penuh. Proses *coacervation* terdiri dari tiga tahap: pembentukan tetesan, pembentukan dinding *coacervative*, dan isolasi kapsul. Coacervation pada dasarnya merupakan metode mikroenkapsulasi di mana bahan inti sepenuhnya dilapisi oleh bahan pelapis, yang dapat terbentuk melalui interaksi senyawa polimer atau surfaktan. Metode ini memberikan keunggulan dalam melindungi bahan inti dari kondisi lingkungan, mengatur pelepasan zat aktif, dan meningkatkan stabilitas bahan inti. Mikroenkapsulasi dengan coacervation banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk farmasi, pangan, dan kosmetik, untuk meningkatkan stabilitas, efektivitas, dan kemanfaatan berbagai jenis bahan (Hidayah, 2016).

6. *Liposom Entrapment*

Liposom terbentuk dari dua lapis membran yang mana terdiri dari molekul lipid seperti fosfolipid (lecithin) dan kolesterol. Mereka terbentuk ketika lipid terpisah pada media cair dan terekspos sebagai potongan yang menggunakan microfluidization atau penggilingan koloid. Mekanisme utama dalam pembentukan liposom adalah interaksi hidrofilik dan hidrofobik antara fosfolipid dan molekul air. Bahan aktif dapat ditangkap dengan bahan cair dari liposom atau dengan menangkap dengan membran. Ukuran partikel antara 30 nm atau beberapa dalam bentuk mikron. Penyimpanan menyebabkan ukuran menjadi lebih besar sehingga perlu dijaga dengan electrostatic repulsion (seperti dengan penambahan lipid pada membran pelapis (Hidayah, 2016).

2.6. **Eksipien (Zat Tambahan)**

Pembuatan mikrokapsul selain zat aktif, dibutuhkan juga zat tambahan agar sediaan mikrokapsul memenuhi persyaratan formula mikrokapsul seperti:

2.6.1. Polimer (Pelapis)

Bahan pelapis merupakan bahan yang berperan sebagai bahan pelapis bahan inti atau bahan aktif pada proses mikroenkapsulasi. Bahan pelapis yang dipilih untuk digunakan harus mempunyai sifat kelarutan yang tinggi dan mampu membentuk lapisan pelindung, serta mampu mengemulsi. Selain itu, bahan pelapis harus mampu menghasilkan larutan konsentrasi tinggi dengan viskositas rendah. Contoh bahan pelapis yang umum digunakan dalam mikroenkapsulasi antara lain maltodekstrin dan gom arab (Purnomo *et al.*, 2014).

2.6.2. Pengisi

Bahan pengisi merupakan bahan yang disertakan dalam formulasi obat untuk mencapai berat sediaan yang diinginkan. Suatu bahan pengisi diharapkan mempunyai sifat inert dan mampu meningkatkan daya rekat dan kemampuan alir massa tablet (Dwi Larasati, 2022).

2.6.3. Adsorben (Peningkat kelarutan)

Kelarutan adalah karakteristik dimana suatu zat padat, cair, atau gas dapat larut dalam pelarutnya, membentuk larutan yang seragam. Tingkat kelarutan diukur berdasarkan seberapa banyak zat terlarut yang dapat larut dalam pelarut hingga mencapai keadaan jenuh (Apsari & Chaerunisa, 2020). Adsorben yang umum digunakan adalah Aerosil. Aerosil mempunyai daya serap air yang tinggi, mampu menyerap hingga 50% dari total kadar air pada bahan yang akan dikeringkan tanpa mengurangi kemampuan alir yang baik (Maharesi *et al.*, 2021).

2.6.4. Pengikat

Bahan pengikat digunakan dalam formulasi sediaan untuk meningkatkan daya kohesif bubuk. Hal ini penting untuk mengikat serbuk menjadi butiran dan akan membentuk massa yang kohesif atau padat. Kriteria pemilihan bahan pengikat meliputi kemampuan untuk bercampur dengan bahan lain sehingga dapat meningkatkan daya rekat sediaan, memungkinkan sediaan terdisintegrasi, dan menjamin kelarutan obat dalam saluran pencernaan dan pelepasan zat aktif untuk diabsorpsi (Dwi Larasati, 2022).

2.6.5. Pemanis

Sensasi rasa memegang peranan penting dan perlu perhatian khusus dalam proses formulasinya. Setiap bahan yang bersentuhan dengan mulut akan berinteraksi dengan reseptor rasa sehingga menghasilkan sensasi rasa tertentu. Untuk menyamarkan rasa tersebut, formulasi umumnya menggunakan pemanis (Parfati & Rani, 2018).

2.7. Evaluasi Mikrokapsul

2.7.1. Organoleptik

Pengujian organoleptik disebut juga pengujian sensorik merupakan suatu metode evaluasi yang mengandalkan indera manusia sebagai alat utama untuk mengukur respon terhadap suatu produk (Wahyuningtias, 2010).

2.7.2. Susut pengeringan

Susut pengeringan merupakan suatu cara untuk mengukur sisa zat pada suatu bahan setelah mengalami proses pengeringan pada suhu 105°C selama 30 menit atau hingga berat mencapai kondisi stabil, yang kemudian dinyatakan dalam persentase. Fungsinya untuk menetapkan batas maksimal hilangnya senyawa selama proses pengeringan, yang berkaitan dengan tingkat kemurnian dan potensi pencemaran bahan (Marisi Tambunan *et al.*, 2019).

2.7.3. Laju alir

Laju alir dinyatakan dalam gram/detik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan flowability tester, Pengukuran sudut diam (α), tinggi kerucut (h), dan jari-jari dasar kerucut granul dilakukan setelah granul mengalir secara bebas. Perhitungan kecepatan aliran dan sudut diam dapat dihitung dengan rumus (Nurahmanto *et al.*, 2017) :

$$\text{Kecepatan alir} = \frac{\text{Berat granul (g)}}{\text{Waktu alir (detik)}}$$

$$\text{Sudut istirahat} = \alpha = \tan \left(\frac{\text{Tinggi Kerucut (h)}}{\text{Jari-jari (r)}} \right)$$

2.7.4. Distribusi ukuran partikel

Ukuran partikel dapat diukur dengan menggunakan metode ayakan, dimana ayakan disusun secara bertahap dengan partikel yang lebih besar ditempatkan di bagian atas dan yang lebih kecil ditempatkan di bagian bawah (Kurniati *et al.*, 2017).

2.7.5. Waktu larut

Pengujian waktu pelarutan formula menunjukkan bahwa formula yang dibuat memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu sesuai dengan teori pelarutan pada rentang waktu 5 sampai 10 menit. (Marwati *et al.*, 2021).

2.7.6. Volume Sedimentasi

Evaluasi sedimentasi dilakukan untuk memantau keberadaan sedimen selama penyimpanan dalam jangka waktu tertentu. Proses pengujian sedimentasi meliputi penempatan sediaan terlarut ke dalam gelas ukur berukuran 250 mL, kemudian disimpan pada suhu ruangan. Volume yang

dimasukkan di awal disebut volume awal (V_o), sedangkan perubahan volume (V_u) mencerminkan volume akhir pengendapan atau sedimentasi. (Pratama *et al.*, 2022). Parameter tersedut dapat dihitung dengan rumus (Wirasti *et al.*, 2020):

$$F = \frac{V_u}{V_o}$$

Keterangan :

F : Volume sedimentasi (mL)

V_u : Volume akhir sedimentasi

V_o : Volume awal sediaan (mL)

2.7.7. Uji kenaikan bobot

Uji kenaikan bobot dilakukan dengan cara menghitung selisih bobot mikrokapsul sebelum dan sesudah disalut (Santoso *et al.*, 2022).