

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Radikal Bebas

Oksidasi adalah proses kimia yang melibatkan transfer elektron dari suatu zat ke agen pengoksidasi, sering kali menghasilkan radikal bebas (Tyagi dkk., 2022). Radikal bebas ini dapat memicu reaksi berantai yang merusak sel. Radikal bebas sebagai atom atau molekul memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas diproduksi dalam proses metabolisme seluler aerobik dan memiliki peran sebagai mediator utama dalam pengaturan proses pensinyalan. Stres oksidatif mencerminkan ketidakseimbangan antara produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) dan antioksidan yang memadai (Mann, 2014).

Sel-sel dalam tubuh manusia secara alami menghasilkan radikal bebas dan ROS sebagai bagian dari proses metabolisme normal. Aktivitas fisik, seperti olahraga, dapat meningkatkan produksi ROS melalui berbagai mekanisme di jalur metabolisme seluler. ROS terdiri dari dua jenis utama, yaitu oksidan dan radikal bebas. Meskipun mekanisme pembentukannya berbeda, kedua jenis senyawa ini memiliki efek biologis yang serupa (Giri, 2019). Ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan, yang disebut stres oksidatif, dapat merusak atau membunuh sel jika kadar antioksidan menurun atau fungsi enzim antioksidan terganggu.

Peningkatan jumlah ROS yang berlebihan telah terbukti sebagai akibat dari stres oksidatif dalam latihan yang berlebihan (kuat dan juga kelebihan beban). Mekanisme lain yang meningkatkan ROS adalah melalui pengaruh gen yaitu melalui jalur transkripsi yang peka terhadap redoks.

2.1.2. Antioksidan

Antioksidan adalah molekul yang memiliki stabilitas cukup untuk menyumbangkan elektron kepada radikal bebas, sehingga menetralsirnya dan mengurangi potensinya untuk merusak sel. Antioksidan berperan dalam memperlambat atau mencegah kerusakan sel, terutama melalui kemampuannya menangkap dan menetralsasi radikal bebas. Molekul antioksidan dengan berat molekul rendah dapat berinteraksi secara aman dengan radikal bebas, menghentikan reaksi berantai sebelum terjadi kerusakan pada molekul penting dalam tubuh (Lobo dkk., 2010).

Antioksidan merupakan molekul yang dapat memperlambat atau menghentikan oksidasi, biasanya dengan cara mengorbankan diri untuk menetralsasi radikal bebas, disebut antioksidan (Tyagi dkk., 2022). Antioksidan melindungi sel dari kerusakan dengan menstabilkan radikal bebas yang tidak stabil. Contoh antioksidan meliputi flavonoid, polifenol, beta-karoten, antosianin dan likopen.

Antioksidan berfungsi dengan berbagai mekanisme, termasuk menangkap radikal bebas, menyumbangkan hidrogen atau elektron, menguraikan peroksida, menghilangkan oksigen singlet, menghambat aktivitas enzim tertentu, bertindak secara sinergis, dan mengikat logam melalui proses khelasi. Antioksidan, baik yang bersifat enzimatis maupun nonenzimatis, hadir dalam lingkungan intraseluler dan ekstraseluler untuk menetralsasi ROS (Lobo dkk., 2010).

2.1.3. Tanaman Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan tanaman yang sudah dikenal luas di masyarakat dan dapat ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Secara ilmiah, tanaman ini digolongkan sebagai *Ipomoea batatas* L., dan menjadi tanaman pertanian yang penting karena kandungan gizinya serta keanekaragaman genetiknya. Ubi jalar ini memiliki ciri khas daging berwarna ungu cerah, yang

disebabkan oleh adanya antosianin, yaitu sejenis flavonoid yang berperan sebagai antioksidan (Susanto dkk., 2019).



Gambar 2.1 Daun Antin 3

Sumber: (Dipahayu dkk., 2022)

Kingdom : *Plantae*
 Sub kingdom : *Tracheobionta*
 Super divisi : *Spermatophyta*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Magnoliopsida*
 Sub Kelas : *Asteridae*
 Ordo : *Solanales*
 Famili : *Convolvulaceae*
 Genus : *Ipomea*
 Spesies : *Ipomea batatas* Poir.

Di Indonesia, terdapat beberapa varietas ubi jalar, antara lain ubi jalar putih, ungu, merah, dan kuning. Ubi jalar ungu memiliki keunggulan kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ubi jalar putih dan kuning (Farida dkk., 2022). Ubi jalar ungu merupakan salah satu varietas ubi jalar yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI) di bawah naungan Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Dewangga & Irianto, 2022).

2.1.4. Kandungan Daun Ubi jalar Ungu Varietas Antin-3

Penelitian yang dilakukan (Dipahayu dkk., 2022) daun ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) Antin-3 (daun Antin-3) mengandung senyawa flavonoid $4,83 \pm 0,07\%$ dan polifenol $16,98 \pm 0,07\%$ dan memiliki aktivitas antioksidan yang ditunjukkan dengan nilai IC_{50} sebesar 47,99 ppm. Berdasarkan klasifikasi aktivitas antioksidan, senyawa dengan nilai IC_{50} kurang dari 50ppm termasuk dalam kategori sangat kuat IC_{50} antara 50–100 ppm dikategorikan kuat, IC_{50} antara 101–150 ppm tergolong sedang, dan IC_{50} antara 150–200 ppm tergolong lemah (Widyasanti dkk., 2016).

Daun ubi jalar ungu varietas Antin 3 memiliki kandungan antosianin sebesar 150mg/100g (Dipahayu & Arifiyana, 2019). Antosianin merupakan antioksidan dan penangkap radikal bebas, sehingga berperan untuk mencegah terjadinya penuaan, kanker, penyakit degenerative dan gangguan stress oksidatif pasca latihan fisik berat (Lima et al., 2019). Varietas Antin 3 memiliki kandungan antosianin 7 kali lebih tinggi dibandingkan varietas yang lain nya dan hasil penelitian lain juga melaporkan bahwa varietas Antin 3 memiliki kandungan antosianin sebesar 150,7 mg/100 g (Farida dkk., 2022). Simplisia daun Antin 3 tidak hanya mengandung metabolit sekunder berupa flavonoid, tetapi juga mengandung komponen lain seperti gula, protein, beta-karoten, zat besi, dan kalsium.

2.1.5. Flavonoid dan Polifenol

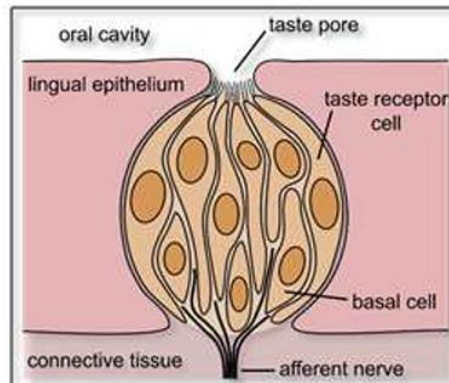
Flavonoid dan polifenol merupakan dua kelompok utama metabolit sekunder yang dikenal luas karena aktivitas antioksidannya yang sangat tinggi. Flavonoid termasuk dalam subkelas polifenol, dan secara struktur memiliki gugus fenolik yang memungkinkan mereka berperan sebagai penyumbang elektron atau atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas. Mekanisme ini sangat penting dalam menghentikan reaksi berantai oksidatif yang dapat menyebabkan kerusakan pada DNA, protein, dan membran

sel (Panche et al., 2016). Keberadaan gugus hidroksil pada struktur flavonoid juga memungkinkan senyawa ini mengkelat logam transisi seperti Fe^{2+} dan Cu^{2+} , sehingga mencegah terjadinya reaksi Fenton yang menghasilkan radikal hidroksil berbahaya (Kumar & Pandey, 2013). Selain aktivitas antioksidannya, flavonoid juga memiliki sifat antiinflamasi, kardioprotektif, dan neuroprotektif, menjadikannya senyawa penting dalam menjaga kesehatan seluler.

Polifenol, yang mencakup flavonoid di dalamnya, adalah senyawa fenolik dengan dua atau lebih gugus hidroksil yang tersebar luas dalam jaringan tumbuhan. Polifenol bekerja secara efektif dalam menetralkan *Reactive Oxygen Species* (ROS), baik dengan cara langsung menangkap radikal bebas maupun dengan menghambat enzim-enzim yang memproduksi ROS seperti xantin oksidase (Manach et al., 2004). Selain itu, polifenol juga dapat memperbaiki fungsi mitokondria, mengurangi peradangan kronis, dan meningkatkan sistem imun tubuh (Scalbert et al., 2005). Kemampuan polifenol untuk mencegah kerusakan oksidatif sangat penting dalam melindungi tubuh dari berbagai penyakit degeneratif seperti kanker, aterosklerosis, dan penyakit neurodegeneratif.

2.1.6. Pengecap Rasa

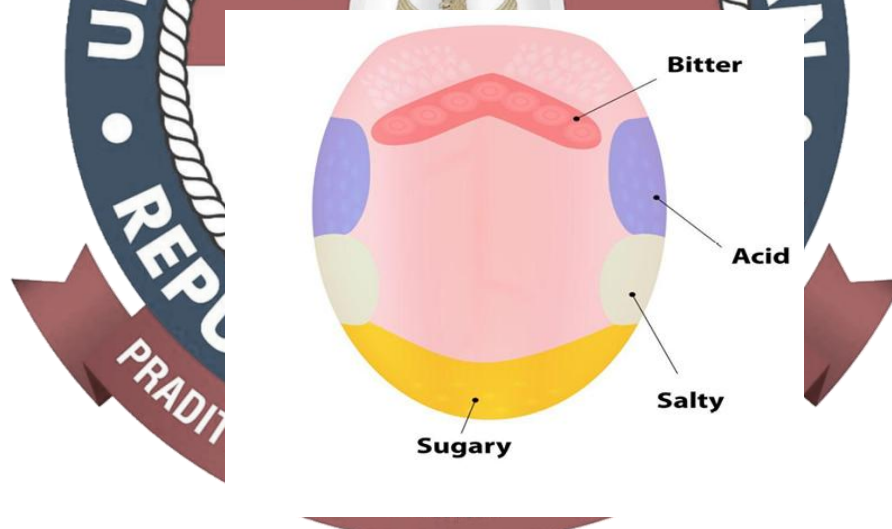
Manusia mendeteksi rasa melalui sel reseptor rasa yang dikelompokkan dalam struktur berbentuk seperti bawang yang disebut *taste buds* atau kuncup pengecap. Setiap kuncup pengecap memiliki pori yang terbuka ke permukaan lidah, memungkinkan molekul dan ion yang masuk ke dalam mulut untuk mencapai sel reseptor di dalamnya. Manusia memiliki sekitar 10.000 kuncup pengecap, yang mulai terbentuk pada janin sekitar usia tiga bulan (Dubey dkk., 2022).



Gambar 2.2 Kuncup Pengecap

Sumber (Dubey dkk., 2022)

Satu kuncup pengecap terdiri dari 50–100 sel pengecap, di mana setiap sel pengecap memiliki reseptor pada permukaan apikalnya. Reseptor ini merupakan protein transmembran yang berfungsi mengikat molekul dan ion penyebab munculnya empat sensasi rasa utama, yaitu asin, asam, manis, dan pahit.



Gambar 2.3 Representasi Bergambar Reseptor Rasa

Sumber (Prashant Thakker dkk., 2022)

Tabel 2.1 Konsentrasi ambang batas untuk sensasi rasa

Rasa	Area lidah	Konsentrasi ambang batas
Manis	Ujung lidah	0,5%
Garam	Ujung dan Sisi lidah	0,25%
Asam	Sisi lidah	0,007%
Pahit	Bagian belakang lidah	0,00005%

Ambang batas rasa merujuk pada konsentrasi minimum suatu zat yang dapat menghasilkan persepsi rasa. Tabel tersebut menunjukkan nilai ambang batas untuk keempat sensasi rasa utama. Dari data tersebut terlihat bahwa sensitivitas lidah terhadap rasa pahit dari kina 10.000 kali lebih tinggi dibandingkan terhadap rasa manis dari gula, sementara itu sakarin memiliki nilai ambang batas sekitar 0,001% pada skala ini.

2.1.7. *Taste Masking*

Pendekatan untuk *taste masking* secara umum bertujuan untuk mengatasi rasa pahit dari *Active Pharmaceutical Ingredient* (API) dengan menggunakan perasa kuat, masker, dan pemanis untuk menutupi rasa pahit, mengurangi kontak antara API dengan reseptor pengecap, atau mengurangi pelepasan API di rongga mulut (Prashant Thakker dkk., 2022). Untuk mencapai tujuan pengurangan rasa pahit atau rasa tidak enak dari obat, berbagai teknik yang dapat dilakukan diantaranya:

- Penambahan agen perasa dan pemanis.
- Mikroenkapsulasi.
- Resin penukar ion.
- Penggunaan inhibitor rasa pahit.
- Emulsi ganda.

2.1.8. Mikroenkapsul

Mikroenkapsulasi adalah teknologi lanjutan yang memungkinkan pelapisan bahan inti dengan lapisan pelindung menggunakan bahan polimer atau non-polimer (Jacqueline Bower dkk., 2024). Proses ini menghasilkan partikel mikroskopis dengan ukuran antara 1 μm hingga beberapa ratus μm . Tujuan utamanya adalah melindungi senyawa aktif dari kondisi lingkungan yang merugikan, seperti cahaya, panas, dan oksigen, serta mengontrol pelepasannya dalam kondisi tertentu. Lapisan pelindung yang disebut sebagai enkapsulan dapat berupa bahan alami seperti gelatin dan selulosa, atau bahan sintetis seperti PLGA (Poli asam laktat-ko-glikolat). Teknik ini juga digunakan untuk memperbaiki stabilitas, efisiensi penghantaran, dan sensorik, seperti masking rasa dan aroma yang tidak diinginkan.

Beberapa metode yang umum digunakan dalam mikroenkapsulasi adalah sebagai berikut (Choudhury dkk., 2021):

1. *Spray Drying*, pada metode ini campuran bahan inti dan enkapsulan disemprotkan dalam bentuk kabut ke dalam ruang berisi udara panas. Udara panas menguapkan pelarut dan menghasilkan partikel mikroskopis kering. *Spray drying* adalah metode yang ekonomis, fleksibel, dan cocok untuk berbagai jenis bahan, namun struktur partikel yang dihasilkan seringkali berpori, sehingga lebih rentan terhadap oksidasi.
2. *Spray Cooling*, metode ini mirip dengan *spray drying*, tetapi menggunakan udara dingin untuk mengeras partikel campuran. Metode ini cocok untuk bahan sensitif terhadap panas. Kelemahan utamanya adalah stabilitas partikel yang lebih rendah selama penyimpanan.
3. Ekstrusi adalah metode yang melibatkan pencampuran bahan inti dan lapisan pelindung yang dilewatkan melalui nozel konsentris untuk membentuk tetesan dengan inti yang

terbungkus. Solidifikasi dilakukan melalui pendinginan atau menggunakan larutan pengeras. Hasilnya adalah mikroenkapsul dengan ukuran yang lebih besar dan densitas tinggi.

4. Emulsifikasi, merupakan metode yang dilakukan dengan mendispersikan bahan inti dalam pelarut organik yang mengandung enkapsulan, kemudian diemulsi dalam medium minyak atau air. Pelarut organik diuapkan, membentuk lapisan polimer di sekitar inti. Metode ini sering digunakan untuk enzim dan mikroorganisme.
5. *Freeze Drying* adalah metode di mana bahan inti pertama-tama dibekukan bersama dengan larutan pelindung, kemudian dilakukan pengeringan dalam tekanan rendah sehingga air yang membeku diubah langsung menjadi uap (sublimasi). Metode ini sangat efektif untuk bahan yang sensitif terhadap panas karena dilakukan pada suhu rendah, menjaga aktivitas biologis bahan aktif. Contoh aplikasi freeze drying adalah enkapsulasi minyak esensial dengan matriks protein atau maltodekstrin, yang menunjukkan peningkatan stabilitas selama penyimpanan.

2.1.9. Tablet

Tablet merupakan salah satu sediaan solid farmasi yang memiliki karakteristik khusus, seperti bentuk kompak, bulat, permukaan datar atau cembung, serta mengandung satu atau lebih bahan aktif. Sediaan tablet menjadi bentuk farmasi yang paling sering digunakan karena kemudahan dan kepraktisannya dalam penggunaannya (Zaman & Sopyan, 2020). Keunggulan lainnya adalah dosis yang lebih akurat, kemampuan menutupi rasa tidak enak dari bahan aktif, stabilitas sediaan yang lebih tinggi, serta efisiensi dalam proses produksinya (Jaimini & Rawat, 2013). Bahan tambahan dibutuhkan oleh tablet untuk meningkatkan kualitas tablet. Tablet memiliki

volume yang kecil sehingga dapat mudah disimpan, dikemas, dan dibawa. Meskipun tablet volumenya kecil, tablet dapat mengandung zat aktif yang besar. Diketahui stabilitas tablet secara biologi, fisika, dan kimiawinya lebih bagus dibandingkan dengan sediaan cair dan semi solid. Sediaan tablet dapat menutupi rasa dan bau yang tidak enak pada zat aktif. Tablet bisa dimodifikasi juga dengan menambahkan agen salut yang dapat melindungi zat aktif dan menutupi rasa tidak enak (Tungadi, 2018).

2.1.10. Metode pembuatan tablet

Metode pembuatan tablet berdasarkan cara pembuatannya secara umum dapat dibagi menjadi tiga, yaitu metode granulasi basah, metode granulasi kering, dan metode kempa langsung, diantaranya.

a) Metode granulasi

Pembuatan tablet secara granulasi dimaksudkan untuk zat aktif yang tidak dapat dicetak secara langsung karena serbuk tidak memiliki daya ikat antar partikel yang baik dan tidak memiliki sifat-sifat yang dibutuhkan dalam proses pencetakan tablet.

Granulasi adalah beberapa proses yang bertujuan menyatukan partikel yang kecil bersama-sama menjadi partikel yang lebih besar membentuk gumpalan yang permanen agar dapat mengalir bebas seperti pasir yang kering (Tungadi, 2018). Berdasarkan cara pembuatannya, granulasi dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Metode granulasi basah

Granulasi basah merupakan proses yang melibatkan pembasahan serbuk dengan larutan pengikat sehingga terbentuk pasta, yang kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran mesh tertentu untuk menghasilkan granul dengan ukuran yang diinginkan. Tahapan ini

menjadi pembeda utama metode granulasi basah dibandingkan metode lainnya. Granul dihasilkan dengan mengikat partikel serbuk menggunakan larutan pengikat, bukan melalui kompresi langsung.

Proses granulasi basah melibatkan penambahan larutan atau suspensi pengikat ke dalam campuran serbuk. Pelarut yang digunakan harus menghasilkan massa lembab yang seragam dan tidak terlalu basah. Setelah pembentukan granul, dilakukan pengeringan untuk mencapai kadar kelembaban optimum. Selama proses pengeringan, granul perlu diaduk secara berkala guna mencegah terjadinya adhesi granul pada dinding wadah pengering (Ni'matul Fauziah dkk., 2024).

2. Metode granulasi kering

Granulasi kering digunakan untuk bahan aktif yang bersifat termolabil atau sensitif terhadap kelembapan dan panas, serta memiliki sifat alir dan kompresibilitas yang buruk. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan sifat alir dan kemampuan kempa massa cetak tablet. Proses granulasi kering dilakukan dengan menekan serbuk pada tekanan tinggi hingga membentuk tablet besar (*slug*) yang tidak beraturan. Tablet ini kemudian dihancurkan dan diayak untuk mendapatkan granul dengan ukuran partikel yang sesuai. Salah satu keunggulan metode ini adalah tidak memerlukan panas maupun kelembapan, sehingga cocok untuk bahan aktif atau eksipien yang sensitif terhadap kedua faktor tersebut. Alternatif lain dari granulasi kering adalah dengan menggunakan mesin rol hidrolik untuk menghasilkan massa padat tipis, yang kemudian

diayak atau digiling menjadi granul dengan ukuran yang diinginkan (Sirisha dkk., 2018).

b) Metode kempa langsung

Metode cetak langsung merupakan proses pembuatan tablet yang paling sederhana. Proses pembuatan tablet dengan cara mencetak langsung campuran zat berkhasiat dan tambahan lain yang cocok, campuran yang akan dicetak langsung harus mempunyai kompresibilitas yang baik agar dapat dicetak menjadi massa yang kompak dan harus mempunyai sifat alir yang baik sehingga dapat mengalir dengan baik ke dalam ruang cetakan. Contoh bahan tambahan yang mempunyai sifat alir dan kompresibilitas yang baik antara lain laktosa kering, dikalsium fosfat anhidrat, avicel dan lain-lain (Zaman & Sopyan, 2020).

2.1.11. Evaluasi

Evaluasi dilakukan terhadap serbuk atau granul sebelum dicetak menjadi tablet dan terhadap sediaan tablet kunyah yang sudah jadi.

a. Evaluasi massa cetak

1) Uji Kadar air

Pemeriksaan kadar air pada granul dilakukan dengan menggunakan alat *Moisture Balance*. Masing-masing formula ditimbang sebanyak kurang lebih 2 gram, granul kemudian diletakan pada kedalam plat yang sudah ada pada alat yang telah disiapkan, kemudian kadar air tertera pada *Moisture Balance*. Syarat : 2-6 % (Hadisoewignyo dkk , 2013).

2) Uji sifat alir

Pengujian kecepatan alir dilakukan untuk menilai kemampuan suatu granul dalam mengalir. Sudut diam merupakan sudut yang terbentuk ketika granul mengalir dan membentuk tumpukan di atas permukaan horizontal. Granul dengan sudut

diam kurang dari 30° dikategorikan memiliki laju alir yang baik, sedangkan sudut diam lebih dari 40° menunjukkan bahwa laju alir granul tergolong kurang baik (Buang dkk., 2023).

Tabel 2.2 Sudut diam berdasarkan daya alir

Sudut diam	Daya alir
< 20	Sangat baik
20 - 30	Baik
30 - 34	Cukup baik
> 40	Sangat buruk

Pada penetapan waktu alir yang diukur adalah waktu yang diperlukan oleh suatu jumlah tertentu granul untuk mengalir melalui pembuka corong dengan syarat lebih dari 10 gram/detik.

Tabel 2.3 Sifat alir berdasarkan kecepatan alir

Kecepatan Alir	Sifat Alir
> 10 g/detik	Baik sekali
4 - 10 g/detik	Baik
1,6 - 4 g/detik	Kurang baik
< 1,6 g/detik	Buruk

3) Uji kompresibilitas

Kompresibilitas merupakan proses pemadatan granul melalui penerapan ketukan mekanis pada gelas ukur yang berisi granul. Volume awal granul diukur setelah granul dimasukkan ke dalam gelas ukur tanpa perlakuan ketukan. Ketukan tersebut dilakukan menggunakan perangkat *tap density*, yang menyebabkan granul bergerak turun pada jarak tertentu akibat pengaruh bobotnya. Gelas ukur dipilih sebagai alat utama dalam pengujian ini karena kemampuannya untuk meminimalkan potensi pemisahan massa selama proses

pengetukan. Persentase kompresibilitas dapat dihitung menggunakan *Carr Index* dan rasio Hausner. Tabel indeks kompresibilitas terdapat pada Tabel 2.4 dan Tabel indeks rasio hausner pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Kategori kompresibilitas

No.	% Kompresibilitas	Sifat Alir
1.	5-11	Sangat baik
2.	12-16	Baik
3.	17-21	Sedang
4.	22-33	Buruk
5.	34-38	Sangat
6.	>40	Buruk sekali

Tabel 2.5 Kategori Rasio Hausner

No.	Rasio Hausner	Sifat Alir
1.	< 1,25	Baik
2.	1,25-1,5	Sedang
3.	>1,5	Buruk

b. Evaluasi tablet

1) Keseragaman bobot tablet

Uji keseragaman bobot tablet bertujuan untuk memastikan konsistensi bobot setiap tablet yang diproduksi. Tablet harus memiliki bobot yang relatif seragam satu sama lain agar tercapai keseragaman kadar zat aktif di dalamnya (Purba dkk., 2014).

2) Keseragaman ukuran

Uji keseragaman ukuran digunakan untuk mengevaluasi dimensi tablet termasuk ketebalan dan diameter tablet dengan tujuan untuk menjamin konsistensi ukuran dari setiap tablet yang diproduksi (Buang dkk., 2023). Pengujian dilakukan pada tablet kunyah dengan mengukur 20 tablet sebanyak tiga kali pengulangan menggunakan alat jangka sorong. Data hasil

pengukuran dianalisis berdasarkan persyaratan uji keseragaman ukuran, yaitu diameter tablet tidak boleh melebihi tiga kali tebal tablet dan tidak kurang dari $1 \frac{1}{3}$ kali tebal tablet (Setiadefi, 2014).

3) Uji kekerasan

Kekerasan tablet mengacu pada kemampuan tablet untuk menahan gaya yang diterapkan untuk memecahnya selama uji kompresi. Secara umum, tablet perlu memiliki kekuatan, ketahanan, dan kekerasan yang memadai untuk tetap utuh saat menghadapi guncangan selama berbagai tahap, mulai dari proses penanganan, produksi, pengemasan, hingga pengiriman. Dalam pengujian kekerasan, tekanan minimum yang dibutuhkan untuk memecahkan tablet adalah 4 kgf, dan Alat yang digunakan untuk menguji kekerasan adalah uji kekerasan (*hardness tester*). Pengujian dimulai dengan mengatur skala ke posisi nol, kemudian tekanan diberikan secara perlahan hingga tablet pecah. Nilai skala pada saat tablet pecah mencerminkan kekuatan tablet, dinyatakan dalam satuan kg/cm^3 . Peningkatan tekanan dapat mengakibatkan laminasi pada tablet. Tablet yang berkualitas adalah tablet yang mampu bertahan terhadap guncangan selama berbagai tahap proses, mulai dari penanganan hingga pengiriman, namun dapat dengan mudah larut dalam sistem pencernaan manusia (Hidayati dkk., 2020).

4) Uji waktu hancur

Pengujian waktu hancur dilakukan dengan menempatkan tablet pada masing-masing tabung dalam keranjang *disintegration tester*, yang kemudian dicelupkan ke dalam medium berupa air yang dipertahankan pada suhu 37°C , sesuai dengan kondisi fisiologis tubuh manusia (Aulton & Taylor, 2018). Waktu yang dicatat adalah durasi yang

dibutuhkan hingga tablet hancur sempurna, yang tidak boleh melebihi 15 menit untuk tablet tidak bersalut sesuai standar yang berlaku (FI VI, 2020).

5) Uji kerapuhan

Pengujian ini paling sedikit 20 tablet yang berbobot ± 6 g ditimbang dengan akurat. Tablet dirotasi dalam suatu *Friabilator Roche* sebanyak 100 putaran. Dibersihkan debunya, lalu ditimbang kembali. Persentase friabilitas ditetapkan dari kehilangan bobot. Pada tablet kunyah nilai friabilitas sampai 4% dapat diterima (Setiadevi, 2014).

6) Uji hedonik

Merupakan metode pengujian dalam analisis sensori organoleptik yang bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan kualitas di antara beberapa produk sejenis melalui pemberian penilaian atau skor terhadap sifat tertentu dari suatu produk, serta untuk mengukur tingkat kesukaan terhadap produk tersebut. Prinsip utama uji hedonik adalah meminta tanggapan subjektif panelis mengenai tingkat kesukaan atau ketidaksukaan terhadap produk yang diuji. Tanggapan ini diukur menggunakan skala hedonik, yang kemudian dikonversi menjadi skala numerik dengan nilai yang meningkat sesuai tingkat kesukaan. Data numerik ini memungkinkan analisis statistik untuk dilakukan, dapat dilihat pada lampiran 1 (Qamariah dkk., 2022).

7) Uji DPPH

Metode DPPH didasarkan pada prinsip perubahan warna larutan DPPH dari ungu pekat menjadi kuning pucat akibat aktivitas senyawa antioksidan dalam sampel yang mampu menangkap dan menetralkan radikal bebas. Intensitas perubahan warna ini berbanding lurus dengan jumlah DPPH yang dinetralkan, yang dapat diamati secara kualitatif maupun

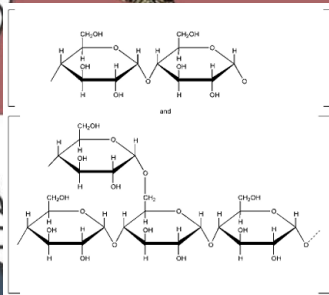
diukur secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan nilai absorbansi. Pengamatan pada spektrofotometer dilakukan dengan mengukur perubahan serapan warna (nilai absorbansi). Nilai absorbansi optimal untuk larutan DPPH adalah kurang dari satu. Tingkat aktivitas antioksidan dalam sampel ditentukan berdasarkan nilai *Inhibitor Concentration* (IC_{50}), yaitu konsentrasi yang menyebabkan 50% DPPH kehilangan sifat radika bebasnya. Semakin kecil nilai IC_{50} , semakin tinggi aktivitas antioksidan pada sampel tersebut (Mulangsi dkk., 2017).

2.1.12. Studi Preformulasi

2.1.12.1 Maltodextrin

Berat molekul : 900-9000

Struktur



(Rowe dkk., 2006)

Pemerian : Bubuk atau butiran putih yang tidak berbau dan manis. (Rowe dkk., 2006).

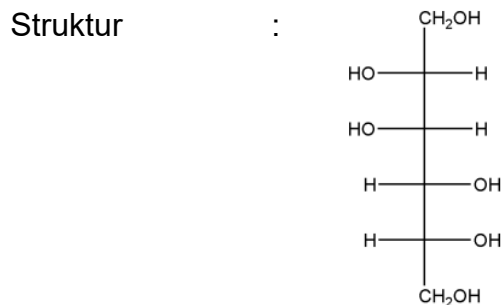
Kelarutan : Bebas larut dalam air, sedikit larut dalam etanol 95% (FI VI, 2020).

Kegunaan : Penyalut (20-80%) (Rowe dkk., 2006)

Inkompatibilitas : Pada kondisi pH dan suhu tertentu, maltodekstrin dapat mengalami reaksi dengan asam amino sehingga menghasilkan warna kuning atau kecokelatan dan tidak cocok dengan oksidator kuat.

2.1.12.2 Manitol

Berat molekul : 182.17



(Rowe dkk., 2006)

Pemerian : Manitol berbentuk bubuk kristal berwarna putih, tidak berbau, atau granul yang mengalir bebas. Manitol memiliki rasa manis, kira-kira semanis glukosa dan setengah semanis sukrosa, dan memberikan sensasi dingin di mulut. Secara mikroskopis, manitol tampak seperti jarum ortorombik saat dikristalkan dari alkohol. Manitol menunjukkan polimorfisme (Rowe dkk., 2006).

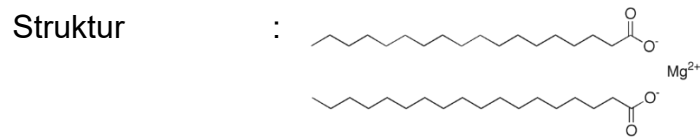
Kelarutan : Serbuk atau hablur; putih atau hampir putih (FI VI, 2020).

Kegunaan : Pemanis (10-90%) (Rowe dkk., 2006)

Inkompatibilitas : Larutan manitol dengan konsentrasi 20% b/v atau lebih dapat bereaksi dengan kalium klorida atau natrium klorida, menghasilkan pengendapan. Manitol tidak kompatibel dengan sodium cephapirin pada konsentrasi 2 mg/mL dan 30 mg/mL, serta dengan infus xylitol. Selain itu, manitol dapat membentuk kompleks dengan logam seperti aluminium, tembaga, dan besi.

2.1.12.3 Mg. Stearat

Berat molekul : 182.17



(Hobbs dkk., 2017)

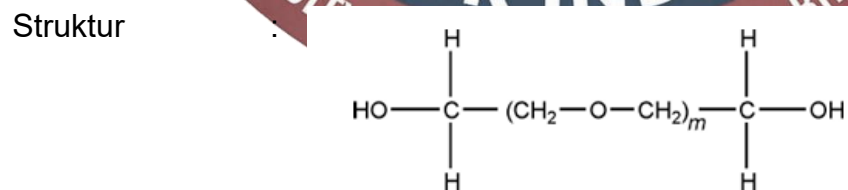
Pemerian : Serbuk halus, putih dan volumeinus; bau lemah khas ; mudah melekat di kulit; bebas dari butiran.

Kelarutan : Tidak larut dalam air, dalam etanol, dan dalam eter (FI VI, 2020).

Kegunaan : Pelicin (0.25% dan 5.0% b/b) (Rowe dkk., 2006)

Inkompatibilitas : Larutan manitol dengan konsentrasi 20% b/v atau lebih dapat bereaksi dengan kalium klorida atau natrium klorida, menghasilkan pengendapan. Manitol tidak kompatibel dengan sodium cephapirin pada konsentrasi 2 mg/mL dan 30 mg/mL, serta dengan infus xylitol. Selain itu, manitol dapat membentuk kompleks dengan logam seperti aluminium, tembaga, dan besi.

2.1.12.4 PolyethyleneGlycol (PEG) 4000



Berat molekul : 3000-4800

Pemerian : Serbuk koloid silikon dioksida dengan ukuran partikel sekitar 15 nm, ringan, warna putih-kebiruan, tidak berbau, tidak berasa, dan

serbukamorf. amorf, berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa.

Kelarutan : Praktis tidak larut dalam air, pelarut organik dan asam, kecuali asamhidrofluorat; Larut dalam larutan panas alkali hidroksida. Membentukdispersi koloidal dalam air.

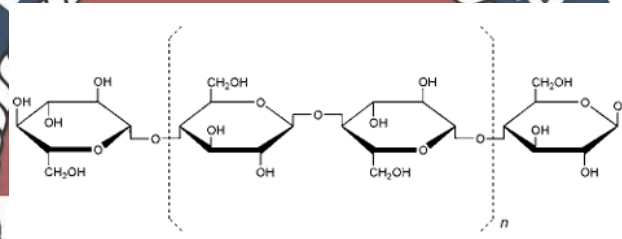
Kegunaan : Pelincir (0,1 – 0,5%) (Rowe dkk., 2006)

Inkompatibilitas : Tidak cocok dengan preparat dietilstilbestrol.

2.1.12.5 Avicel pH 102

Berat molekul : ~ 36.000

Struktur :



(Rowe dkk., 2006)

Pemerian : Serbuk kristal yang terdiri dari partikel-partikel berpori, putih, tidak berbau, tidak berasa.

Kelarutan : Sedikit larut dalam 5% b/v larutan natrium hidroksida, praktis tidak larut dalam air, asam mineral dan hampir semua pelarut organik.

Kegunaan : Pengisi (20-90%) (Rowe dkk., 2006)

Inkompatibilitas : Terhadap bahan pengoksidasi kuat.

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

NO	Judul Penelitian	Sitasi	Metode	Kesimpulan	Perbedaan dan Persamaan
1	Aktivitas Antioksidan Sediaan Nutraceutical Tablet Hisap Ekstrak Daun Ubi Jalar Ungu (<i>Ipomoea batatas</i> L.) Varietas Antin-3	(Dipahayu & Safira, 2025)	Penelitian ini menguji aktivitas antioksidan tablet hisap ekstrak daun ubi jalar ungu varietas Antin-3 dengan PVP K-30 sebagai pengikat pada konsentrasi 5% dan 10%, menggunakan metode DPPH untuk menentukan nilai IC50.	Tablet hisap dengan PVP K-30 5% menghasilkan nilai IC50 sebesar $24,1 \pm 0,8$ ppm, sedangkan dengan PVP K-30 10% menghasilkan $64,3 \pm 2,0$ ppm. Sebagai pembanding, vitamin C murni memiliki IC50 $10,1 \pm 0,1$ ppm. Tablet dengan PVP 5% memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan PVP 10%.	Perbedaan: Pada penelitian ini tidak melakukan proses mikroenkapsulasi dan tidak di formulasikan menjadi tablet kunyah. Persamaan: Menggunakan ekstrak yang sama yaitu varietas Antin-3 dan pengujian yang dilakukan.
2	Mikroenkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Naga Super Merah (<i>Hylocereus costaricensis</i>) pada Berbagai Massa	(Sucianti dkk., 2020)	Pada penelitian ini menggunakan metode khusus untuk mikroenkapsulasi ekstrak kulit buah naga super merah (<i>Hylocereus costaricensis</i>) menggunakan maltodekstrin.	Rasio perbandingan yang digunakan adalah 1:8, 1:10, 1:12, dan 1:14 (b/b). Menit ke-5 dari masing-masing rasio nilai persen peredaman radikal bebas DPPH yaitu 27,35%; 24,62%; 20,66%; dan	Perbedaan: Pada penelitian ini dilakukan mikroenkapsulasi ekstrak kulit buah naga super merah tanpa diformulasikan

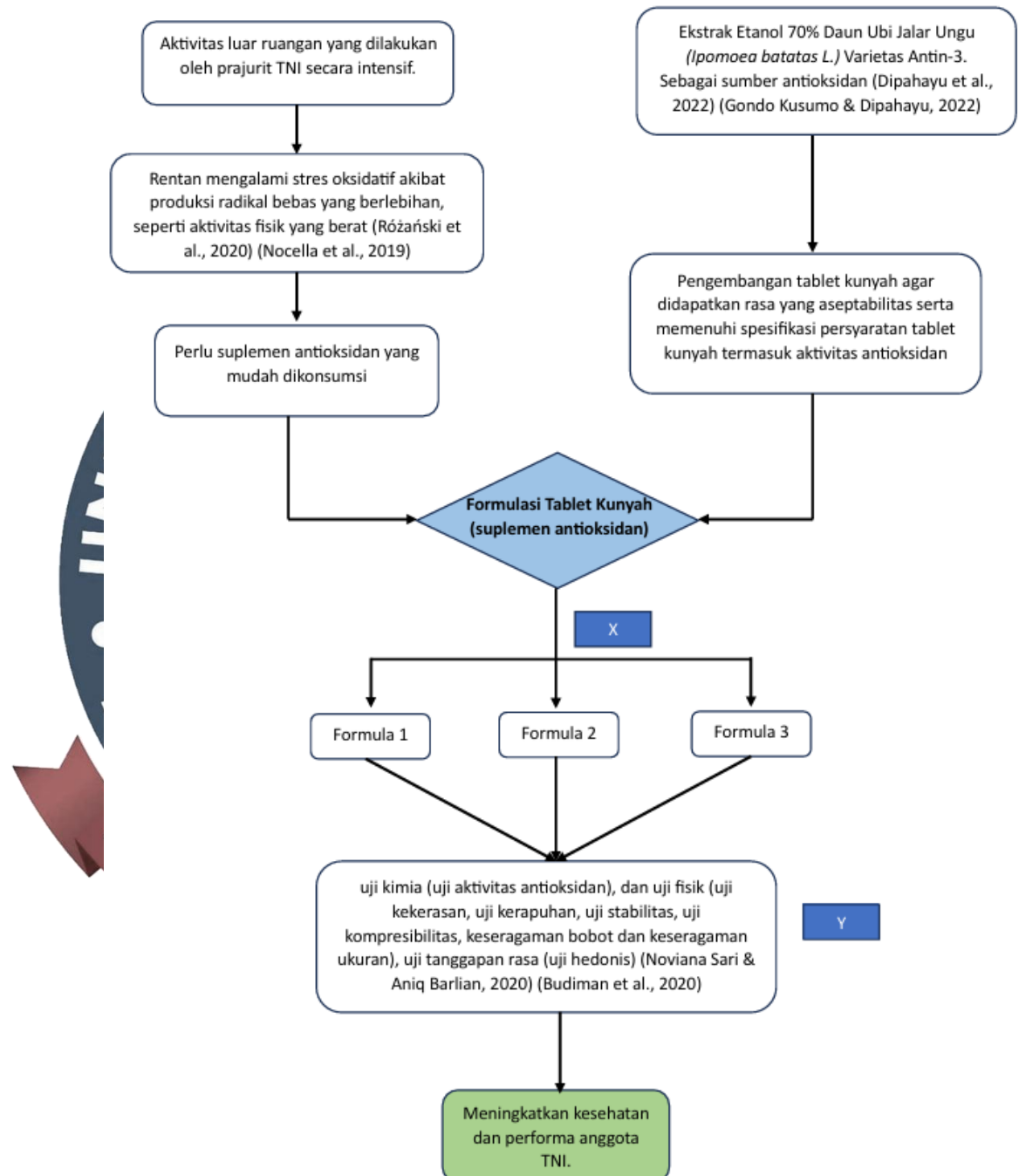
	Maltodekstrin dan Aplikasinya Sebagai Antioksidan			16,10%; sedangkan pada menik ke-60 dari masing masing rasio yaitu 46,62%; 40,19%; 30,22%; dan 23,79%. Perbandingan terbaik ditemukan pada rasio 1:8.	menjadi sediaan tablet kunyah. Persamaan: Menggunakan teknologi mikroenkapsulasi dengan pengeringan beku dan maltodeksin sebagai penyalut nya.
3	<i>Freeze-Drying Technique for Microencapsulation of Elsholtzia ciliata Ethanol Extract Using Different Coating Materials</i>	(Pudziuvelyte dkk., 2020)	Penelitian ini menggunakan teknik pengeringan beku untuk mikroenkapsulasi ekstrak etanolik <i>Elsholtzia ciliata</i> dengan berbagai bahan penyalut, seperti susu skim, sodium kaseinat, gum arab, maltodekstrin, beta-siklodekstrin, dan maltodekstrin resisten.	Pada penelitian ini pelapis yang paling efektif adalah natrium kaseinat, mencapai efisiensi enkapsulasi tertinggi dari senyawa fenolik total (TPC) pada 83,02%. Gum Arab mencapai efisiensi 39,79% sementara maltodekstrin mencapai efisiensi 76,46%, selain itu maltodekstrin memiliki keuntungan memiliki harga yang lebih murah dibandingkan penyalut lainnya.	Perbedaan: Pada penelitian ini dilakukan mikroenkapsulasi Ekstrak Etanol <i>Elsholtzia ciliata</i> dengan berbagai macam penyalut tanpa diformulasikan menjadi sediaan tablet kunyah. Persamaan : Menggunakan teknik mikroenkapsulasi yang sama yaitu dengan pengeringan beku dan maltodeksin sebagai penyalut nya.

4	Formulasi Sediaan Tablet Kunyah Parasetamol Yang Di Mikroenkapsulasi.	(Nurlistiana, 2010)	Penelitian ini menggunakan metode mikroenkapsulasi dengan pengeringan semprot menggunakan penyalut maltrodekstrin untuk menutupi rasa pahit parasetamol sebelum diformulasikan menjadi tablet kunyah.	Mikroenkapsulasi diketahui dapat menutupi rasa pahit dari kandungan zat aktif. Rasio perbandingan yang digunakan adalah 1:0,5, 1:1, 1:1,5 (b/b). Diketahui dari hasil uji hedonik untuk hasil mikroenkapsul ekstrak Antin-3 : maltrodekstrin (1:1,5) rasa lebih disukai oleh responden dibanding rasio 1:0,5 dan rasio 1:1.	Perbedaan: Menggunakan zat aktif, metode, dan bahan penyalut yang berbeda. Persamaan: Melakukan mikroenkapsulasi kemudian diformulasikan menjadi tablet kunyah.
---	---	---------------------	--	--	---

Sumber : diolah oleh peneliti



2.2 Kerangka Berpikir



Gambar 2.4 Kerangka Berfikir

2.3 Hipotesis

a. Hipotesis Nol (H_0)

Tidak ada perbedaan signifikan pada uji kekerasan, Kerapuhan, waktu hancur, kadar air tablet dan uji hedonik tablet kunyah ekstrak daun ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) varietas Antin-3 di semua formula terhadap variasi kadar maltodekstrin yang digunakan.

b. Hipotesis Alternatif (H_1)

Ada perbedaan signifikan pada uji kekerasan, Kerapuhan, waktu hancur, kadar air tablet dan uji hedonik tablet kunyah ekstrak daun ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) varietas Antin-3 di semua formula terhadap variasi kadar maltodekstrin yang digunakan.

