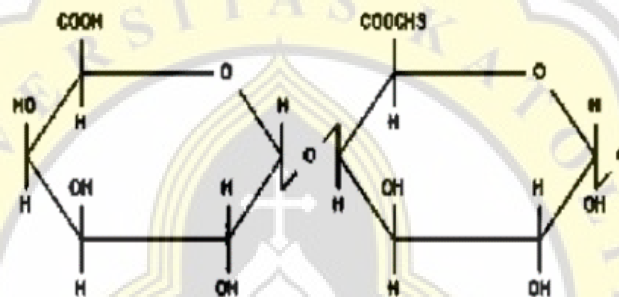


BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Ekstraksi Senyawa Pektin Pada Limbah Kulit Pisang

Senyawa pektin merupakan substrat alami yang terdapat pada sebagian besar tanaman, salah satunya kulit pisang. Pektin pada dasarnya termasuk dalam polisakarida linier. Penyusun utama pektin yaitu D-galakturonat yang berikatan dengan glikosidik $\alpha(1-4)$. Pektin sering dimanfaatkan karena sifatnya yang mampu membentuk gel.



Sumber: Hanum *et al.*, (2012)

Gambar 3. Struktur Senyawa Pektin

Dari berbagai penelitian yang sudah dilakukan, ekstraksi senyawa pektin pada limbah kulit pisang dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Pada Tabel 3 terdapat perbandingan metode dan kondisi ekstraksi senyawa pektin dari limbah kulit pisang. Hasil tertinggi ekstraksi senyawa pektin limbah kulit pisang adalah sebesar 24,08% dengan menggunakan metode maserasi. Hasil tersebut didapatkan dari percobaan yang dilakukan oleh Khamsucharit *et al.*, (2018), dengan menggunakan pelarut asam sitrat 6% dalam kondisi suhu 90°C selama 60 menit dan preparasi sampel pengeringan pada suhu 60°C . Metode yang paling dipakai adalah maserasi karena mudah dilakukan dan tidak membutuhkan alat khusus. Selain maserasi juga digunakan metode MAE dan UAE (Tabel 3).

MAE merupakan jenis ekstraksi modern yang dibantu dengan gelombang mikro sebagai sumber energi panas. Metode ini juga efektif dalam ekstraksi pektin kulit pisang, dengan rendemen tertinggi urutan kedua setelah maserasi yaitu sebesar 16,53%, dan membutuhkan waktu yang lebih singkat. Metode MAE efisien karena membutuhkan waktu yang singkat dibandingkan dengan metode maserasi, selain itu membutuhkan energi dan solven lebih sedikit, dan memiliki akurasi lebih tinggi. Metode dengan bantuan gelombang mikro dapat melakukan transfer energi dengan cepat ke pelarut sehingga dapat meningkatkan suhu sistem yang cepat. Tekanan pada bahan yang diekstraksi juga meningkat sehingga menghancurkan dinding sel dan dapat melakukan pelepasan komponen (Rivadeneira *et al.*, 2020).

Ekstraksi pektin memerlukan pelarut yang memiliki karakteristik khusus untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Konsentrasi asam yang tinggi dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi pektin (Phaiphan, 2022). Dalam kondisi asam pektin mudah dihidrolisis dan dilarutkan sehingga menghasilkan rendemen yang tinggi. Pada Tabel 3 hasil pektin tertinggi diperoleh dengan menggunakan pelarut asam sitrat, hal ini dilaporkan juga oleh Rungraeng & Kraithong, (2020), yang menemukan ekstraksi menggunakan asam sitrat dengan pH 2,0 memiliki hasil rendemen pektin tertinggi. Hasil pektin pada dasarnya tergantung pada kondisi ekstraksi termasuk jenis asam, pH, waktu, dan struktur bahan baku. Penggunaan pelarut asam kuat jenis lain seperti HCl pada pH 1,0-1,5 juga sering dilakukan pada ekstraksi pektin, hal ini dikarenakan HCl memiliki kemampuan untuk menarik gula (rhamnose, galaktosa, arabinosa) dan asam D-galakturonat pada sampel. Pada ekstraksi pektin penggunaan asam berfungsi untuk memisahkan ion polivalen, memutuskan ikatan antara asam pektinat dengan selulosa, menghidrolisis propektin menjadi molekul kecil dan melakukan hidrolisis gugus metil ester pektin (Madjaga *et al.*, 2017). Ekstraksi pektin dengan menggunakan pelarut aquadestilata dinilai kurang efektif, hal ini dibuktikan oleh penelitian Emaga *et al.*, 2008 dalam Rasidek *et al.*, (2018) bahwa ekstraksi kondisi asam mendapatkan hasil yang lebih tinggi.

Hasil ekstraksi pektin sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan waktu. Semakin tinggi suhu ekstraksi akan menyebabkan tumbukan antar molekul dan proses

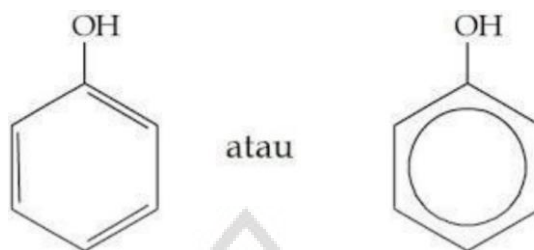
hidrolisis akan semakin meningkat, maka rendemen pektin yang dihasilkan tinggi. Menurut Nurhayati *et al.*, (2016), suhu maksimal untuk menghasilkan ekstrak pektin yang optimal adalah 80°C. Suhu tinggi selama proses ekstraksi akan membantu proses difusi pelarut ke dalam jaringan dan dapat meningkatkan aktivitas pelarut dalam menghidrolisis senyawa pektin. Selain itu dengan adanya peningkatan energi kinetik juga akan terjadi pelepasan polisakarida dari sel sehingga rendemen pektin semakin banyak. Akan tetapi penggunaan suhu yang terlalu tinggi saat melakukan ekstraksi pektin tidak dianjurkan karena mengakibatkan terlepasnya ikatan hidrolis pada ikatan galakturonat sehingga senyawa pektin menjadi rusak (Ristianingsih *et al.*, 2021). Secara umum penggunaan suhu dan waktu pada ekstraksi pektin sangat berpengaruh terhadap hasil.

Hasil ekstraksi pektin limbah kulit pisang terendah sebesar 2,58% dalam waktu 1,67 menit (Tabel 3) yang tergolong singkat. Menurut Picauly & Tetelepta, (2020), semakin lama waktu ekstraksi pektin kulit pisang maka rendemen pektin yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan ion hidrogen yang mensubstitusi kalsium dan magnesium dari protopektin yang terhidrolisis akan mengakibatkan rusaknya molekul pada ikatan galakturonat terlepas. waktu ekstraksi pektin yang semakin lama juga dapat terjadinya kontak antar pelarut dengan bahan baku semakin sempurna sehingga rendemen pektin semakin banyak (Madjaga *et al.*, 2017). Waktu ekstraksi pektin berbanding lurus dengan jumlah protopektin yang berubah menjadi pektin, akan tetapi pada waktu tertentu pektin dapat mengalami degradasi menjadi asam pekat. Menurut Aziz *et al.*, (2018), bertambahnya waktu ekstraksi akan menyebabkan proses pemanasan akan lebih lama dan pektin yang dihasilkan menurun, hal ini dikarenakan terjadinya kejenuhan karena pektin terdegradasi.

4.2. Ekstraksi Senyawa Fenolik Pada Limbah Kulit Pisang

Fenol merupakan senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon dan cincin benzena. Pada umumnya semua tumbuhan memiliki senyawa fenol. Fenolik termasuk golongan senyawa

alkohol sehingga dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan alami. Fenol juga memiliki sifat cenderung asam dan polar.



Sumber: Alara *et al.*, (2021)

Gambar 4. Struktur Senyawa Fenolik

Dari berbagai penelitian yang sudah dilakukan, ekstraksi senyawa fenolik pada limbah kulit pisang dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Pada Tabel 4 terdapat perbandingan metode dan kondisi ekstraksi senyawa fenolik dari limbah kulit pisang. Hasil ekstraksi fenolik ditentukan dalam asam galat (GAE) sebagai standar kadar senyawa fenolik total. Asam galat adalah senyawa fenolik turunan dari asam hidrosibenzoat yang stabil, relatif murah, dan tergolong asam fenol sederhana (Wahyuni *et al.*, 2019). Dalam Tabel 4. didapati hasil tertinggi ekstraksi senyawa fenolik limbah kulit pisang adalah sebesar $62,42 \pm 0,56$ mg GAE/g diperoleh dari proses maserasi dengan menggunakan pelarut etanol 60% dalam kondisi suhu 68°C selama 0,8 jam dan preparasi sampel pengeringan pada suhu 60°C (Tai *et al.*, 2021). Perbedaan metode, penggunaan pelarut, dan kondisi ekstraksi dapat mempengaruhi tinggi rendahnya hasil ekstraksi senyawa fenolik limbah kulit pisang.

Ekstraksi senyawa fenolik kulit pisang dilakukan dengan metode konvensional (maserasi, HAE, INF) dan non konvensional (UAE, MAE). Penggunaan metode maserasi memiliki hasil ekstraksi fenolik tertinggi akan tetapi juga memiliki hasil terendah. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kondisi ekstraksi. Menurut Sundaram *et al.*, (2011). Pemilihan kondisi ekstraksi dan pelarut yang tepat adalah faktor terpenting dalam memperoleh kandungan senyawa bioaktif yang tinggi. Penggunaan metode ekstraksi modern seperti MAE dan UAE dapat juga dikatakan memiliki efektivitas tinggi. Pada penelitian Vu *et al.*, (2019) terbukti bahwa metode

MAE memberikan hasil fenolik cukup tinggi yaitu $50,55 \pm 1,06$ mg GAE/g, lebih tinggi dari penelitian Anal *et al.*, (2014) yang menggunakan metode UAE ($35,1 \pm 1,15$ mg GAE/g). Penggunaan metode yang lebih modern memakan waktu yang lebih singkat dan mampu mengekstraksi dalam jumlah besar (skala industri). Radiasi ultrasonik dan gelombang mikro mampu mempercepat proses ekstraksi fenolik. Ekstraksi menggunakan microwave dan ultrasonik dapat menghasilkan peningkatan rendemen dalam waktu yang singkat pada suhu tertentu dengan penggunaan pelarut yang sedikit (Anal *et al.*, 2014).

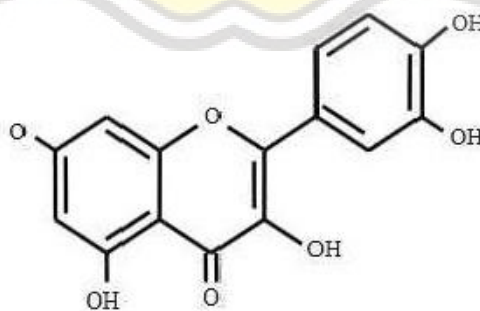
Kelarutan fenolik dapat dipengaruhi oleh polaritas pelarut yang digunakan selama proses ekstraksi. Pelarut seperti metanol, etanol, propanol, aseton, etil asetat, dan kombinasinya sebagian besar telah digunakan dalam ekstraksi fenolik tanaman dengan kombinasi air yang berbeda (Anal *et al.*, 2014). Hal ini terbukti bahwa pada Tabel 4 sebagian besar ekstraksi yang dilakukan menggunakan jenis pelarut tersebut. Pada Tabel 4 ditunjukkan bahwa penggunaan pelarut aseton memberikan hasil fenolik tertinggi. Hal ini disebabkan karena senyawa fenolik memiliki sifat polar, sehingga dapat larut dengan baik dalam pelarut yang mengandung etanol. Pemilihan pelarut etanol dalam ekstraksi fenolik kulit pisang didasarkan pada sifat fisikokimianya dan secara umum diakui aman digunakan dalam makanan oleh *American Food and Drug Administration* (FDA) (Pereira *et al.*, 2017). Pada Tabel 4 ditunjukkan hasil ekstraksi terendah sebesar 1,5 mg GAE/g dengan konsentrasi aseton 96%. Penggunaan konsentrasi tersebut tergolong tinggi. Penggunaan rasio pelarut yang meningkat mengakibatkan kandungan fenolik juga meningkat. Akan tetapi peningkatan rasio yang terlalu tinggi akan menyebabkan perbedaan gradien konsentrasi zat yang akan diekstraksi pada bahan baku, sehingga efisiensi ekstraksi menurun (Tai *et al.*, 2021). Faktor lain dalam efektivitas ekstraksi senyawa fenolik kulit pisang adalah waktu, hal ini disebabkan senyawa ini dapat teroksidasi oleh faktor lingkungan seperti cahaya, oksigen, dan suhu.

Pada Tabel 4 didapati ekstraksi fenolik dilakukan selama 0,01 jam hingga 120 jam. Waktu yang lebih lama menghasilkan senyawa fenolik yang relatif rendah berbanding terbalik dengan hasil tertingginya. Waktu ekstraksi yang panjang akan

membuat terjadinya dekomposisi oksidasi, karena kandungan zat dalam bahan berdifusi dari sel keluar. Waktu dan suhu selama ekstraksi fenolik sangat berkaitan. Menurut Vu *et al.*, (2019), pada suhu tinggi dan waktu yang lama akan menyebabkan beberapa senyawa fenolik teroksidasi. Pemilihan suhu sedang menjadi solusi yang optimal daripada suhu tinggi dan waktu yang panjang. Pada Tabel 4 suhu yang digunakan pada ekstraksi fenolik berkisar 25°C hingga 80°C. Pada penelitian Anal *et al.*, (2014), ekstraksi senyawa fenolik dengan suhu 40°C - 50°C memiliki hasil ekstraksi paling tinggi, sedangkan lebih dari itu hasil ekstraksi akan mengalami penurunan. Kandungan senyawa fenolik meningkat dengan meningkatnya suhu ekstraksi, tetapi ketika suhu terlalu tinggi melebihi 50°C kandungan senyawa biologis cenderung menurun. Ketika suhu ekstraksi meningkat senyawa bioaktif akan mudah terlarut dan viskositas pelarut menurun sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa polifenol (Tai *et al.*, 2021).

4.3. Ekstraksi Senyawa Flavonoid Dari Limbah Kulit Pisang

Senyawa flavonoid merupakan golongan dari fenolik alami yang terbesar terdapat pada jaringan tanaman. Struktur kimia flavonoid tersusun dari C₆-C₃-C₆ dan kerangkanya terdiri 2 cincin aromatik, serta cincin tengah berupa heterosiklik dengan kandungan oksigen. Flavonoid dapat berperan sebagai antioksidan dengan cara mendonasikan atom hidrogen atau memiliki kemampuan mengikat logam, berada dalam bentuk glukosida. Pada berbagai penelitian flavonoid kulit pisang lebih sering digunakan karena memiliki komposisi tergolong paling tinggi diikuti fenolik, dan pektin.



Sumber: Redha, (2010)

Gambar 5. Struktur Senyawa Flavonoid

Dari berbagai penelitian yang sudah dilakukan, ekstraksi senyawa flavonoid pada limbah kulit pisang dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Pada Tabel 5 terdapat perbandingan metode dan kondisi pengekstraksian senyawa flavonoid yang digunakan dalam ekstraksi limbah kulit pisang. Flavonoid tergolong dalam senyawa fenolik, maka terdapat kesamaan pada pengaruh kondisi metode ekstraksi dan penggunaan pelarut. Hasil flavonoid dinyatakan dalam *rutin equivalent* (RE), *quercetin* (QE), dan *catechin equivalent* (CE). Dalam tabel diketahui hasil tertinggi ekstraksi flavonoid $196 \pm 6,70$ QE mg diperoleh dari proses UAE (*Ultrasound-Assisted extraction*) dengan menggunakan pelarut Etanol 95% dalam kondisi suhu 60°C selama 0,5 jam dan preparasi sampel pengeringan suhu 50°C .

Flavonoid memiliki komposisi tertinggi pada kulit pisang karena turunan dari fenolik yang terdiri dari 15 atom karbon pada tumbuhan, sedangkan fenolik senyawa kimia yang terdiri dari satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat langsung dengan gugus hidrokarbon aromatik. Penggunaan metode seperti maserasi, MAE, INF, HAE juga tidak berpengaruh banyak terhadap hasil, kecuali UAE. Pada Tabel 5 setiap penggunaan metode UAE dalam ekstraksi flavonoid memiliki hasil yang tinggi dibandingkan dengan maserasi. Selain memiliki waktu ekstraksi yang singkat metode UAE dapat mengekstraksi dalam skala yang besar. Chaudhry *et al.*, (2022), mengungkapkan bahwa metode ekstraksi ultrasonik dalam waktu yang singkat lebih baik digunakan dari pada metode konvensional maserasi. Akan tetapi penggunaan pelarut yang tepat dan kondisi ekstraksi yang sesuai perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pada Tabel 5. penggunaan pelarut jenis etanol lebih sering digunakan dan mendapatkan hasil ekstraksi yang tinggi. Hal ini didasari oleh teori *like dissolve like*, dimana adanya kesamaan polaritas senyawa flavonoid terhadap pelarut tersebut. kandungan flavonoid dapat meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pelarut etanol dan akan menurun setelah mencapai konsentrasi pelarut yang lebih tinggi. Pada Tabel 5 terlihat hasil terendah $0,05147 \pm 0,00194$ QE mg/g diperoleh dari proses maserasi dengan menggunakan pelarut metanol 80% kondisi suhu 25°C selama 0,5 jam. Hal

ini dibuktikan pada penelitian Chaudhry *et al.*, (2022), bahwa pada ekstraksi senyawa flavonoid penggunaan pelarut etanol memiliki hasil lebih tinggi daripada penggunaan pelarut metanol. Akan tetapi penggunaan pelarut metanol juga dapat meningkatkan konsentrasi flavonoid, dikarenakan metanol memiliki sifat polar yang dapat melarutkan senyawa flavonoid pada kulit pisang. Suhu dan waktu juga mempengaruhi penggunaan pelarut serta hasil ekstraksi.

Kandungan flavonoid meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu ekstraksi tetapi ketika suhu ekstraksi terlalu tinggi dalam waktu yang terlalu lama, maka kandungan bioaktif akan menurun. Komponen bioaktif seperti flavonoid tidak tahan terhadap Suhu tinggi diatas 50°C karena menyebabkan perubahan struktur (Yuliantari *et al.*, 2017). Flavonoid akan larut dengan mudah pada etanol, ekstraksi jangka panjang atau suhu yang tinggi dapat menyebabkan penetrasi pelarut pada sel bahan baku yang akan menyebabkan oksidasi (Tai *et al.*, 2021). Hal ini sesuai dengan hasil unik yang terdapat pada Tabel 5. yang memiliki hasil tergolong rendah yaitu 0,6 mg QE/g dengan menggunakan pelarut Etanol 96% selama 120 jam. Terlihat waktu yang digunakan pada penelitian ini cukup lama sehingga mempengaruhi hasil ekstraksi.

Berdasarkan data Tabel 5 semua penelitian menggunakan *pretreatment* pengeringan pada suhu dibawah 100°C. Pengeringan sampel ekstraksi pada suhu dibawah 100 °C, dapat meningkatkan hasil ekstrak fenolik dan flavonoid (Lou *et al.*, 2015). *Pretreatment* pada saat ekstraksi akan membantu terjadinya degradasi selulosa sehingga senyawa bioaktif yang dihasilkan selama proses ekstraksi meningkat secara signifikan dibandingkan ekstraksi dengan sampel segar. Pada sisi lain, pengeringan pada suhu yang terlalu tinggi (>100°C) akan menyebabkan kerusakan pada komponen flavonoid pada kulit pisang.

4.4. Valorisasi Senyawa Bioaktif Pada Limbah Kulit Pisang

Dengan berkembangnya beragam teknologi muncul ide-ide baru dalam mengolah segala sesuatu. Sekitar 102 juta ton produksi buah pisang setiap tahunnya dan kulit pisang menyumbangkan sekitar 35% dari berat keseluruhan pisang, sehingga

diperkirakan sebanyak 36 juta ton limbah kulit pisang, dan jumlah tersebut semakin meningkat sekitar 5% pada setiap tahunnya. Limbah kulit pisang akan memberikan dampak negatif apabila dibiarkan begitu saja.

Berbagai macam inovasi seperti pembuatan pupuk, pakan ternak, dan pembuatan keripik dari limbah kulit pisang dilakukan untuk mengurangi jumlah limbah kulit pisang yang tersebar. Limbah kulit pisang memiliki nilai gizi yang tinggi sehingga sangat disayangkan apabila hanya dimanfaatkan sebagai olahan tersebut. Berbagai macam senyawa bioaktif terkandung pada kulit pisang yang dapat berfungsi sebagai antioksidan yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Sehingga dapat dilakukan valorisasi terhadap senyawa bioaktif pada kulit pisang dengan menjadikan produk-produk pangan yang bernilai tinggi, bahkan memiliki dampak positif bagi masyarakat.

4.4.1. Produk Pangan

Kulit pisang merupakan limbah potensial dan mengandung serat pangan, protein, potasium, dan asam lemak tak jenuh (Zaini *et al.*, 2020). Serat yang terkandung pada kulit pisang adalah pektin dan fruktan. Serat makanan memiliki ketahanan terhadap penyerapan dan pencernaan oleh enzim yang terdapat pada saluran pencernaan manusia. Kandungan serat pada kulit pisang dapat menyerap racun dan zat berbahaya pada usus. Kulit pisang juga mengandung antioksidan seperti polifenol, prodelphinidin, karotenoid, dan katekolamin. Pada Tabel 6 valorisasi kulit pisang diolah menjadi tepung, sehingga dapat dijadikan produk pangan seperti cookies, sosis, rissoles bebas gluten, kefir, biskuit, cake. Menurut Alam *et al.*, (2020), kulit pisang memiliki kandungan pati, protein, lemak, dan gizi mikro sehingga konsumsi tepung kulit pisang dapat berperan penting bagi kesehatan tubuh. Penambahan tepung kulit pisang dalam olahan produk pangan juga dapat menghemat biaya dan menambah nutrisi.

Menurut beberapa penelitian tepung kulit pisang dianggap sebagai bahan bebas gluten, sehingga diolah sebagai pangan fungsional untuk menghasilkan produk bebas gluten dan memiliki kualitas yang baik. Pengembangan produk pangan dengan nilai gizi yang tinggi dan memanfaatkan limbah telah banyak dilakukan.

Ekstraksi tepung kulit pisang telah menghasilkan senyawa fenolik terutama jenis flavonoid yang berperan sebagai antioksidan (Agama-Acevedo *et al.*, 2016). Peran antioksidan yang ditambahkan pada produk pangan dapat meningkatkan umur simpan. Kulit pisang juga memiliki kemampuan dalam pembentukan gel, dapat mengikat air, adsorpsi minyak, mengikat zat organik dan mineral (Zaini *et al.*, 2020). Oleh karena itu memasukkan tepung kulit pisang pada beberapa makanan olahan perlu dilakukan.

4.4.2. Peningkatan *Shelf-life* Pada Bahan Pangan

Bahan pangan dalam bentuk segar maupun hasil olahannya akan mudah rusak apabila cara penyimpanannya tidak ditangani dengan baik. Maka dari itu peningkatan *Shelf-life* pada bahan Pangan. Kulit pisang mengandung pektin, fenolik, dan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi (Vu *et al.*, 2017,) dan (behiry *et al.*, 2019). Kandungan senyawa bioaktif tersebut dapat digunakan dalam meningkatkan kualitas dan umur simpan produk pangan. Pada Tabel 6 valorisasi senyawa bioaktif limbah kulit pisang sebagai *Edible film*, antimikroba, mencegah oksidasi minyak ikan, antioksidan, antifungi, antibakteri. Menurut penelitian Megawati & Machsunah, (2016), pektin pada kulit pisang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *edible film* yang mampu sebagai bahan pelindung untuk kemasan produk pangan yang ramah lingkungan. Penggunaan *edible film* memiliki dampak positif terhadap lingkungan maupun produk yang dikemas. *Edible film* dapat dikonsumsi langsung dengan produk pangan, memperbaiki sifat organoleptik produk pangan, tidak mencemari lingkungan, dan dapat berfungsi sebagai penambah nutrisi, sebagai pewarna, flavor, antioksidan serta antimikroba. Dengan ini hasil ekstraksi kulit pisang dapat berperan sebagai pengawet pada bahan maupun produk pangan.

Hasil ekstraksi fenolik dan flavonoid pada kulit pisang dapat digunakan sebagai antibakteri. Menurut penelitian Wahyuni *et al.*, (2019), penggunaan senyawa aktif kulit pisang mampu menghambat kuat perkembangan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Kandungan fenol dan flavonoid mampu menonaktifkan enzim pada bakteri, hal ini dikarenakan adanya pembentukan

kompleks dengan protein bakteri melalui ikatan hidrogen, ikatan kovalen, serta ikatan hidrofobik. Kandungan flavonoid juga mampu mengganggu membran bakteri sehingga fungsi permeabilitas selektif dan fungsi transpor aktif juga terganggu. Komposisi protein dan sel-sel pada bakteri akan terganggu, sehingga mengakibatkan keluarnya makromolekul dan ion dari sel. Maka sel-sel pada bakteri akan hilang bentuk dan terjadi lisis. Aktivitas antioksidan pada kulit pisang juga mampu mencegah oksidasi pada bahan pangan.

Menurut penelitian Anal *et al.*, (2014), kandungan senyawa fenolik pada kulit pisang terdiri dari cincin aromatik dalam struktur molekul, sehingga dapat mencegah oksidasi minyak. Kandungan antioksidan seperti galocatechin dan dopamin dapat berperan dalam menangkal radikal bebas. Penambahan ekstrak kulit pisang pada minyak mampu menurunkan bilangan peroksida, bilangan asam, serta bilangan iod (Purwaningsih *et al.*, 2019). Kandungan antifungi dan antimikroba juga terdapat pada kulit pisang yang mampu menghambat pertumbuhan *F. culmorum* dan *R. solani* serta sebagai bakterisida terhadap *A. tumefaciens* (behiry *et al.*, 2019). Dengan demikian ekstraksi kulit pisang dapat mencegah pertumbuhan mikroba pada tanaman sebagai sumber bahan pangan.

4.4.3. Obat-obatan

Senyawa bioaktif yang terkandung dalam kulit pisang memiliki efek terapi terhadap beberapa jenis penyakit. Dengan ini penggunaan hasil ekstraksi kulit pisang memberikan dampak positif bagi kesehatan manusia. sesuai hasil dari beberapa penelitian pada Tabel 6. senyawa bioaktif dari ekstraksi kulit pisang dapat digunakan sebagai sumber obat untuk menangani penurunan kadar kolesterol, pencegah penyakit jantung, penyembuhan luka bakar, pengendalian diabetes, antiulkus, antiinflamasi, antitumor, antikanker.

Pektin dari kulit pisang memiliki manfaat kesehatan untuk menurunkan kolesterol darah dan mengurangi lipoprotein densitas rendah yang menyebabkan penyakit jantung (Swamy & Muthukumarappan, 2017). Pektin akan berikatan dengan kolesterol pada saluran pencernaan sehingga menghambat adsorpsi dari kolesterol tersebut. Flavonoid pada kulit pisang juga dapat menangkal radikal bebas dengan

menghambat peroksida lipid. Penurunan kolesterol oleh flavonoid terjadi karena adanya efek antioksidan serta kandungan seperti tanin, pektin, dan saponin dapat menghambat penyerapan lemak pada lumen usus.

Kandungan flavonoid adalah sumber antioksidan yang mampu mengurangi lipid peroksida, meningkatkan kecepatan epilepsi, dan memiliki sifat antimikroba. Penurunan lipid pada flavonoid dapat meningkatkan viabilitas kolagen (Syakri, 2019). Kandungan flavonoid pada kulit pisang dapat mempercepat penyembuhan luka. Selain itu kandungan senyawa bioaktif pada kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai antitumor dan antikanker. Kulit pisang merupakan bahan alami penghasil senyawa flavonoid yang dapat mencegah sitotoksik, seperti menghambat proliferasi sel, induksi apoptosis atau transduksi sinyal modulasi (Kumar *et al.*, 2019). Kandungan flavonoid yang tinggi memiliki efek terapi bagi tubuh manusia serta spektrum aktivitas biologi yang luas pada kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai antitumor dan antikanker.

Kulit pisang memiliki kandungan fenolik yang tinggi sehingga dapat mengatasi berbagai penyakit seperti diabetes. Kandungan antioksidan dari kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai sumber obat herbal yang memiliki sifat antidiabetik (Chaudhry *et al.*, 2022). Hal ini dikarenakan efek hepatoprotektif terhadap penderita penyakit diabetes dan pengaruhnya karena mekanisme pengendalian enzim transaminase hati serta menginduksi regenerasi hati. Menurut Nurrahma *et al.*, (2021), adanya kandungan gugus hidroksil fenolik dari serotin yang berperan sebagai antioksidan dalam aktivitas penangkapan radikal bebas, sehingga memiliki efek hepatoprotektif terhadap pengujian tikus yang terkena diabetes melalui mekanisme glukoneogenesis dan regenerasi hati. Serotin juga merupakan prekursor melatonin yang dapat mengurangi fibrosis, peradangan, dan membantu memperbaiki sel pada hati.

Penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa pektin, fenolik, dan flavonoid pada limbah kulit pisang memiliki potensi yang sangat besar yang dapat dikembangkan menjadi produk bernilai tinggi dalam bidang pangan, peningkatan *shelf-life* bahan pangan, dan obat-obatan. Diperlukan aplikasi teknologi valorisasi yang sesuai

untuk mendapatkan produk yang bermutu. Teknologi valorisasi yang efektif meliputi teknik ekstraksi yang tepat, kondisi ekstraksi yang optimal, serta bahan penolong yang sesuai.

