

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Rhizophora mucronata*

Mangrove merupakan ekosistem yang didominasi oleh kelompok tumbuhan yang hidup pada habitat perairan payau, terutama di wilayah berlumpur dan basah yang dipengaruhi oleh pasang surut di daerah tropis. Mangrove mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang berubah-ubah, tanahnya tergenang air laut, maupun berada pada kondisi berlumpur atau liat (Sinabang *et al.*, 2023). Tumbuhan ini memiliki peran penting dalam menjaga dan melindungi garis pantai dari ancaman abrasi. Struktur akarnya yang kokoh mampu mencegah erosi, sementara daun dan rantingnya berfungsi meredam energi gelombang laut. Mangrove juga menyediakan habitat bagi beragam organisme laut, sehingga turut mendukung kelestarian keanekaragaman hayati (Afifah *et al.*, 2023). Selain fungsi ekologisnya, mangrove juga bermanfaat sebagai sumber pangan serta bahan dasar dalam pembuatan obat-obatan. Beberapa jenis tumbuhan mangrove diketahui memiliki aktivitas antioksidan, antimikroba, dan antikanker. Bagian yang umum dimanfaatkan dari tanaman ini meliputi akar, kulit batang, serta daunnya (Rahmah, 2021).

Buah *R. mucronata* merupakan salah satu spesies tumbuhan mangrove yang mampu tumbuh hingga ketinggian sekitar 27 meter dengan diameter batang mencapai 70 cm. Kulit batangnya berwarna gelap hingga hitam dan memiliki akar tunjang yang kokoh serta akar udara yang muncul di sekitar percabangan bagian bawah pohon (Kusumadewi & Idrus, 2023). Mangrove *R. mucronata* memiliki daun berbentuk elips sampai hampir bulat, tebal seperti kulit, dan berukuran cukup lebar. Panjang daun sekitar 10–22 cm dengan lebar 8–11 cm. Ujung daun meruncing (*acute*) dan memiliki duri kecil (*mucronatus*). Permukaan atas daun berwarna hijau tua, sedangkan bagian bawahnya hijau muda kekuningan. Pada bagian bawah tulang daun tampak warna kehijauan dengan bintik-bintik hitam yang tersebar tidak merata (Syahrial *et al.*, 2020). Bunganya muncul di ketiak daun dan terdiri dari empat bunga tunggal yang

menyerupai biji terbagi empat. Bentuk buahnya menyerupai jambu air, berwarna coklat, dengan panjang 2–4 cm dan lebar 2–2,5 cm. Hipokotil tumbuh menempel di ujung buah, berbentuk panjang membulat, berwarna hijau dengan leher kotiledon berwarna kuning, serta memiliki permukaan kasar berbintil. Tanaman ini tumbuh di daerah pesisir dengan substrat berlumpur atau berpasir (Indriaty *et al.*, 2024).



Gambar 2.1 *Rhizophora mucronata*

(Sumber: Giraud, 2023)

Klasifikasi tumbuhan mangrove *Rhizophora mucronata* adalah sebagai berikut (Umadji *et al.*, 2023):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Rosidae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Spesies	: <i>Rhizophora mucronata</i> Lam

Buah *R. mucronata* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku makanan dan minuman, sedangkan daun mudanya sering dikonsumsi sebagai sayuran. Bagian kayu dan kulit kayu *R. mucronata* digunakan dalam proses penyamakan serta sebagai sumber zat pewarna alami. Selain itu, ekstrak atau air rebusan dari kayunya diketahui berkhasiat sebagai pelangsing, serta memiliki efek antidiare dan antimuntah (Ramli *et al.*, 2020). Buah dari genus *Rhizophora* memiliki potensi besar sebagai sumber antioksidan, bionutrisi, dan bahan baku pangan fungsional. Buah *R. mucronata* diketahui mengandung kadar antioksidan tertinggi berupa asam askorbat dan asam fenolat, serta memiliki kandungan mikroelemen mangan paling tinggi dibandingkan dengan jenis buah bakau lainnya (Nusaibah *et al.*, 2022).

Potensi buah *R. mucronata* sebagai sumber pangan juga telah dimanfaatkan dalam bentuk olahan tepung. Fattah *et al.* (2025) melaporkan bahwa tepung mangrove dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan berbagai produk kue kering, seperti nastar, kastengel, kukis, coklat almond, mawar, sumprit selai, sumprit coklat, kue kacang, hingga brownies krispi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Mahdevi *et al.* (2023) menemukan bahwa tepung buah *R. mucronata*, dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi dalam pembuatan mie. Selain sebagai bahan dasar makanan ringan, hasil penelitian Nusaibah *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa buah bakau dari jenis *Rhizophora* sp. dan *Sonneratia* sp. dapat dikembangkan sebagai alternatif bahan baku pembuatan kopi analog. Temuan tersebut menunjukkan bahwa buah *R. mucronata* memiliki potensi pemanfaatan yang luas, tidak hanya terbatas pada penggunaan tradisional sebagai tanaman obat, tetapi juga dalam pengembangan produk pangan inovatif, sehingga menjadikannya sebagai salah satu alternatif bahan baku yang bernilai dalam industri pangan modern.

2.2 Senyawa Metabolit Sekunder dan Mekanisme Kerjanya

Senyawa metabolit yang dihasilkan tumbuhan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu metabolit primer dan metabolit sekunder (Annisa *et al.*, 2021). Metabolit primer berfungsi mendukung proses pertumbuhan tanaman,

sedangkan metabolit sekunder tidak berperan langsung dalam proses tersebut. Metabolit sekunder merupakan senyawa organik yang diproduksi tumbuhan, namun tidak terlibat secara langsung dalam proses fotosintesis, pertumbuhan, respirasi, transportasi zat terlarut, translokasi, sintesis protein, asimilasi nutrisi, diferensiasi, maupun pembentukan karbohidrat, protein, dan lipid (Nasrul & Chatri, 2024). Buah *R. mucronata* diketahui mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder, termasuk fenol, tanin, flavonoid, saponin, glikosida, terpenoid, dan alkaloid (Pambudi & Haryoto, 2022).

Aktivitas antibakteri dari setiap jenis metabolit sekunder bekerja melalui mekanisme yang berbeda-beda dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Mekanisme ini dapat berupa gangguan terhadap sintesis protein, kerusakan pada dinding sel, serta penghambatan proses metabolisme energi dalam aktivitas bakteri. Mekanisme aktivitas antibakteri dari senyawa aktif terhadap pertumbuhan bakteri melibatkan beberapa proses biologis lain, diantaranya perubahan permeabilitas membran sel, modifikasi terhadap protein dan asam nukleat, serta penghambatan aktivitas enzim, sintesis asam nukleat, dan sintesis protein dalam sel bakteri (Khoitrotunnisa *et al.*, 2025). Berikut penjelasan mengenai mekanisme kerja dari senyawa-senyawa metabolit.

1. Mekanisme Kerja Flavonoid

Senyawa flavonoid dapat ditemukan pada berbagai bagian tumbuhan, seperti biji, buah, akar, batang, kulit kayu, dan sayuran. Flavonoid diketahui mengandung berbagai manfaat bagi kesehatan, sehingga banyak dimanfaatkan dalam bidang nutrasetikal, farmasi, pengobatan, serta industri kosmetik. Manfaat tersebut berkaitan erat dengan sifat flavonoid yang bersifat antioksidatif, antiinflamasi, antimutagenik, dan antikarsinogenik (Fitri & Putra, 2018). Kandungan senyawa flavonoid dalam tanaman mangrove mampu menurunkan kepadatan sel dengan cara menyebabkan pecahnya sel, yang kemudian mengakibatkan perubahan struktur serta kebocoran pada membran sel (Rahmah *et al.*, 2021).

Mekanisme antibakteri flavonoid melibatkan gangguan terhadap permeabilitas membran sel bakteri, termasuk fungsi mikrosom dan lisosom,

yang disebabkan oleh interaksi antara flavonoid dan DNA bakteri. Flavonoid memiliki kemampuan dalam menghambat fungsi membran sel melalui pembentukan kompleks senyawa yang menyebabkan gangguan pada kestabilan dan aktivitas membran. Sementara itu, bakteri dapat menghasilkan enzim sebagai respons terhadap proses metabolisme yang terjadi dalam tubuhnya. Oleh karena itu, apabila jalur metabolisme terganggu atau terputus, hal tersebut dapat berdampak pada penurunan kemampuan bakteri untuk tumbuh (Seko *et al.*, 2021).

2. Mekanisme Kerja Tanin

Tanin merupakan senyawa yang banyak ditemukan pada tumbuhan dikotil. Senyawa tanin tidak terlibat secara langsung dalam proses metabolisme, namun berperan dalam regulasi aktivitas hormonal (Nurfirzatulloh *et al.*, 2023). Salah satu mekanisme kerja tanin adalah menghambat enzim DNA topoisomerase dan enzim *reverse transcriptase* dalam sel. Penghambatan enzim-enzim tersebut menyebabkan terganggunya proses replikasi serta transkripsi DNA pada bakteri, yang pada akhirnya menghambat pembentukan sel bakteri (Kumalasari *et al.*, 2020). Selain itu, tanin diketahui dapat mengganggu fungsi protein struktural pada bakteri sehingga sel bakteri tidak dapat bertahan hidup dan mengalami kematian (Khoirotunnisa *et al.*, 2025).

3. Mekanisme Kerja Saponin

Saponin diketahui banyak ditemukan pada berbagai organ tumbuhan, seperti buah, bunga, daun, batang, dan akar. Senyawa tersebut merupakan metabolit sekunder yang memiliki kemampuan mirip seperti steroid (Ngginak *et al.*, 2021). Aktivitas antibakteri saponin terjadi melalui penurunan tegangan permukaan yang menyebabkan meningkatnya permeabilitas membran sel, sehingga terjadi kebocoran isi sel bakteri (Kumalasari *et al.*, 2020). Sifat amfifilik yang dimiliki saponin memungkinkan senyawa ini mengganggu interaksi hidrofobik antar komponen lipid di membran sel bakteri. Akibatnya, peningkatan permeabilitas membran menyebabkan kebocoran isi sel. Kerusakan pada

membran ini mengganggu fungsi permeabilitas, menyebabkan hilangnya komponen intraseluler dan ketidakseimbangan homeostasis sel (Khoirotunnisa *et al.*, 2025).

4. Mekanisme Kerja Fenol

Fenol termasuk salah satu senyawa yang ditemukan dalam tumbuhan dan dapat diperoleh melalui proses ekstraksi. Keberadaan senyawa ini memiliki hubungan yang kuat dan positif terhadap aktivitas antioksidan pada tanaman (Zahar *et al.*, 2021). Penghambatan pertumbuhan bakteri oleh senyawa fenol terjadi akibat denaturasi protein yang menyebabkan terganggunya struktur protein bakteri. Selain itu, pembentukan ikatan hidrogen oleh senyawa ini dapat mengganggu permeabilitas dinding sel dan membran sitoplasma. Gangguan pada permeabilitas tersebut dapat menimbulkan terganggunya keseimbangan makromolekul dan ion di dalam sel, yang pada akhirnya menyebabkan sel mengalami lisis (Seko *et al.*, 2021).

2.3 Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder

Proses ekstraksi dapat diartikan sebagai pemisahan senyawa dari suatu bahan, baik padat maupun cair, dengan bantuan pelarut yang sesuai untuk mendapatkan ekstrak (Budiarto *et al.*, 2025). Pelarut yang digunakan harus mampu melarutkan zat tertentu secara selektif tanpa melarutkan komponen lainnya. Pemisahan melalui ekstraksi dilakukan melalui beberapa tahapan. Proses dimulai dengan penambahan sejumlah pelarut yang dikontakkan dengan sampel. Selanjutnya, zat terlarut akan berpindah dari sampel ke dalam pelarut sehingga terbentuk fase ekstrak. Tahap akhir adalah pemisahan antara fase ekstrak dan sisa sampel (Yulinar & Suharti, 2021). Metode ekstraksi diklasifikasikan menjadi dua, yaitu konvensional dan modern. Metode konvensional memanfaatkan pelarut dan pemanasan sederhana, namun memiliki keterbatasan berupa proses ekstraksi yang memerlukan waktu lama, penggunaan pelarut dengan volume besar, serta menghasilkan rendemen yang sedikit. Metode konvensional yang paling umum digunakan antara lain

maserasi, refluks, perkolasi, dan soxhletasi (Tri *et al.*, 2022). Berikut penjelasan mengenai metode ekstraksi konvensional.

a. Maserasi

Metode maserasi termasuk dalam ekstraksi konvensional yang dilakukan melalui perendaman simplisia dalam pelarut pada suhu ruang tanpa melibatkan pemanasan (Arifin *et al.*, 2025). Metode ini bekerja berdasarkan mekanisme difusi. Proses ini memungkinkan pelarut masuk ke dalam dinding sel bahan tanaman sehingga senyawa aktif dapat terlarut, kemudian membawa senyawa tersebut keluar hingga tercapai keseimbangan konsentrasi antara bahan dan pelarut (Budiarto *et al.*, 2025). Keuntungan penggunaan metode maserasi adalah prosesnya yang sederhana dengan peralatan yang mudah digunakan, sehingga biaya operasional relatif rendah. Selain itu, karena tidak menggunakan pemanasan, metode ini dapat menjaga kestabilan senyawa selama proses ekstraksi (Aryanti *et al.*, 2025).

b. Refluks

Refluks merupakan metode ekstraksi yang prinsip kerjanya mirip dengan maserasi, tetapi dilakukan dengan pemanasan sehingga penarikan senyawa berlangsung lebih efisien. Dalam metode ini, pelarut dipanaskan hingga menguap, kemudian uapnya didinginkan oleh kondensor sehingga kembali ke wadah reaksi dalam bentuk cairan. Larutan hasil ekstraksi kemudian difiltrasi untuk memisahkan bagian ampas. Sebagai pengembangan dari maserasi dan soxhlet, refluks memungkinkan ekstraksi lebih cepat dengan rendemen tinggi (Muslich *et al.*, 2020). Metode tersebut efektif dalam proses ekstraksi senyawa fitokimia yang tahan terhadap suhu tinggi, seperti yang terdapat pada umbi-umbian dan kacang-kacangan (Arrofiqi *et al.*, 2024).

c. Perkolasi

Metode perkolasi merupakan teknik ekstraksi di mana pelarut dialirkan terus-menerus melalui bahan baku untuk memperoleh ekstrak, sehingga senyawa aktif bisa larut lebih banyak dibandingkan dengan maserasi (Silviani & Nirwana, 2020). Metode ini termasuk ekstraksi dingin

sehingga tidak menggunakan panas dan senyawa dalam bahan tetap terjaga. Dengan aliran pelarut yang terus-menerus, proses perkolasi memungkinkan waktu kontak yang cukup lama, sehingga diharapkan ekstrak yang diperoleh lebih optimal dan kejenuhan pelarut dapat dihindari (Rosalina & Putri, 2024). Kelebihan metode perkolasi adalah waktu ekstraksi yang lebih singkat dibandingkan maserasi. Namun, metode ini memiliki keterbatasan yaitu membutuhkan lebih banyak pelarut dan tenaga ahli (Rismiyati *et al.*, 2025). Metode ini efektif dalam mengekstraksi senyawa fitokimia yang sensitif terhadap panas, seperti terpenoid, flavonoid, dan tanin (Arrofiqi *et al.*, 2024).

d. Soxhletasi

Proses isolasi senyawa bioaktif dari bahan alam dapat dilakukan melalui metode soxhletasi. Pada metode soxhletasi, pelarut dipanaskan hingga mendidih sehingga menghasilkan uap yang naik ke kondensor, kemudian mengembun dan menetes ke dalam bahan yang akan diekstraksi. Ketika pelarut dalam ruang ekstraksi mencapai ketinggian tertentu, larutan ekstrak mengalir kembali ke labu pemanas. Proses ini terus berulang, sehingga pelarut dapat digunakan kembali, sementara senyawa target tetap tertinggal di labu pemanas (Pargiyanti, 2019). Keunggulan metode ini dibandingkan metode ekstraksi lain adalah sampel dapat bersentuhan berulang kali dengan pelarut murni, sehingga senyawa dapat diekstraksi secara optimal tanpa memerlukan volume pelarut yang besa (Herfayati *et al.*, 2022). Namun, metode ini memiliki keterbatasan, yaitu memerlukan waktu lama, penggunaan pelarut yang banyak, tidak adanya agitasi, perlu penguapan pelarut, dan risiko degradasi senyawa akibat panas (Rismiyati *et al.*, 2025).

Metode konvensional telah banyak digunakan dalam ekstraksi, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal waktu, rendemen, dan penggunaan pelarut. Hal ini mendorong pengembangan metode ekstraksi modern, yang memiliki waktu ekstraksi lebih singkat, rendemen lebih tinggi, dan penggunaan pelarut lebih sedikit. Contoh metode modern meliputi *Supercritical Fluid Extraction*

(SFE), *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE), dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE) (Tri *et al.*, 2022). Berikut penjelasan mengenai metode ekstraksi modern.

a. *Supercritical Fluid Extraction* (SFE)

Supercritical Fluid Extraction (SFE) adalah metode untuk memisahkan satu komponen (ekstraktan) dari matriksnya menggunakan cairan superkritis, seperti CO₂, sebagai pelarut. Proses ini dilakukan di atas suhu kritis 31 °C dan tekanan kritis 74 bar. Cairan superkritis memiliki sifat gabungan antara gas dan cairan, sehingga mampu mengekstraksi senyawa yang sulit larut dengan pelarut konvensional. Ekstraksi SFE berlangsung cepat, biasanya antara 10 hingga 60 menit, dan cairan superkritis dapat dipisahkan dari ekstrak hanya dengan menurunkan tekanan, hampir tidak meninggalkan residu, sehingga ekstrak yang diperoleh sangat murni (Rismiyati *et al.*, 2025). Dalam konteks aplikasi penelitian, metode SFE telah banyak diterapkan pada proses ekstraksi sampel di bidang pangan, pertanian, dan tanaman, dengan jumlah publikasi ilmiah yang terus mengalami peningkatan. Selain itu, SFE juga terbukti efektif digunakan dalam tahap preparasi sampel untuk analisis lingkungan, bahkan telah dikombinasikan dengan berbagai instrumen analitik lain guna memungkinkan pelaksanaan analisis secara simultan (Rinawati *et al.*, 2020).

b. *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE)

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) merupakan metode ekstraksi modern yang memanfaatkan pelarut hijau, seperti *Natural Deep Eutectic Solvent* (Asta *et al.*, 2025). Keunggulan metode UAE terletak pada singkatnya waktu yang dibutuhkan dalam proses ekstraksi, efisiensi tinggi dalam pemisahan senyawa bioaktif, serta kebutuhan pelarut yang lebih rendah sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Nathanael *et al.*, 2025). Mekanisme kerja UAE didasarkan pada kavitasi akustik, yaitu terbentuknya gelembung-gelembung kecil saat gelombang ultrasonik melewati cairan. Saat gelembung ini pecah,

tekanan dan aliran mikro yang kuat muncul, sehingga dinding sel tanaman rusak dan senyawa aktif lebih mudah larut ke dalam pelarut. Metode UAE memiliki keunggulan, yaitu waktu ekstraksi lebih singkat 15-60 menit, suhu operasi lebih rendah sehingga mengurangi kerusakan senyawa sensitif, serta rendemen yang dihasilkan metode ini lebih tinggi, yaitu sekitar 20–35% apabila dibandingkan dengan metode konvensional. (Samang & Aktawan, 2025).

c. *Microwave Assisted Extraction (MAE)*

Metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) merupakan teknik ekstraksi yang memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk mempercepat pemanasan bahan, sehingga ekstraksi menjadi lebih mudah (Purnami *et al.*, 2025). Keunggulannya meliputi proses ekstraksi yang lebih singkat, jumlah pelarut yang dibutuhkan relatif lebih sedikit, serta kemampuan meningkatkan rendemen ekstraksi tanpa menyebabkan kerusakan pada senyawa bioaktif (Putri *et al.*, 2024). Prinsip kerja MAE memanfaatkan pemanasan dielektrik, di mana molekul polar dalam sel tanaman, terutama air, berputar cepat mengikuti medan gelombang mikro dan menghasilkan panas dari dalam sel. Panas internal ini menyebabkan uap terbentuk di dalam sel, meningkatkan tekanan hingga dinding sel pecah dan melepaskan senyawa bioaktif. Proses ini lebih efisien dibandingkan pemanasan konvensional yang memanaskan dari luar ke dalam (Samang & Aktawan, 2025).

Metode ekstraksi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti waktu, suhu, serta jenis pelarut yang digunakan. Durasi yang terlalu singkat menghasilkan ekstraksi yang kurang optimal, sedangkan durasi lama dapat menyebabkan kerusakan senyawa aktif. Suhu yang lebih tinggi dapat mempercepat ekstraksi, tetapi berisiko merusak senyawa sensitif terhadap panas (Budiarto *et al.*, 2025). Pemilihan jenis pelarut dalam proses ekstraksi memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas perolehan senyawa bioaktif (Alfauzi *et al.*, 2022). Jenis pelarut dapat mempengaruhi rendemen dan kandungan senyawa karena perbedaan kemampuan melarutkan zat aktif.

Pelarut yang lebih polar umumnya menghasilkan daya ekstraksi dan rendemen yang lebih tinggi karena lebih mudah melarutkan senyawa sesuai dengan kepolarannya (Wijaya & Satriawan, 2023). Senyawa aktif dalam tumbuhan akan larut secara optimal pada pelarut yang memiliki tingkat kepolaran yang sama. Senyawa polar lebih mudah larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa semi polar dan non polar akan larut dalam pelarut dengan kepolaran yang sesuai (Wiranata & Sasadara, 2022). Berikut penjelasan mengenai beberapa pelarut yang digunakan dalam ekstraksi.

a. Metanol

Metanol termasuk salah satu golongan alkohol yang memiliki rumus kimia CH_3OH yang berbentuk cairan bening, bersifat polar sehingga efektif digunakan sebagai pelarut. Pada kondisi normal, metanol bersifat mudah menguap dan mudah terbakar, serta bersifat toksik apabila tertelan. Selain itu, metanol memiliki bau khas yang lebih ringan dibandingkan etanol dan banyak dimanfaatkan sebagai pelarut, bahan bakar, cairan antibeku, serta bahan tambahan dalam industri etanol (Evalina *et al.*, 2020). Metanol memiliki kemampuan yang baik untuk melarutkan senyawa polar, seperti fenol, flavonoid, alkaloid, tanin, dan lignin (Yuliarni *et al.*, 2022). Karena bersifat beracun, penggunaannya harus hati-hati dan biasanya diikuti tahap pemurnian untuk menghilangkan residu metanol dari ekstrak (Gunawan *et al.*, 2024).

b. Etanol

Etanol atau etil alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) merupakan alkohol polar yang membentuk ikatan hidrogen antar-molekul, memiliki tingkat kelarutan yang tinggi serta tidak reaktif terhadap komponen lain karena bersifat inert (Arsa & Achmad, 2020). Etanol merupakan pelarut semipolar yang mampu mengekstraksi senyawa dengan rentang polantas luas, mulai dari senyawa polar hingga nonpolar (Handoyo, 2020). Etanol efektif dalam mengekstraksi berbagai senyawa fenolik dan flavonoid (Alfauzi *et al.*, 2022). Tingkat kelarutan senyawa fenolik

dalam pelarut dipengaruhi oleh konsentrasi etanol. Semakin tinggi konsentrasi etanol maka semakin rendah sifat kepolaran pelarut (Listiawati *et al.*, 2022). Etanol banyak digunakan karena relatif tidak toksik dibanding metanol dan aseton, murah, mudah diperoleh, aman untuk obat dan makanan, efisien, ramah lingkungan, serta memiliki kemampuan ekstraksi yang tinggi (Hakim & Saputri, 2020). Oleh karena itu, penentuan pelarut harus disesuaikan berdasarkan tujuan ekstraksi serta senyawa target yang ingin diperoleh (Sulistiawanti *et al.*, 2025).

c. N-heksana

N-heksana merupakan hidrokarbon alkana rantai lurus dengan 6 atom karbon (C_6H_{14}) yang bersifat nonpolar dan inert, sehingga sering digunakan sebagai pelarut dalam reaksi organik. N-heksana diperoleh dari penyulingan minyak mentah pada fraksi yang mendidih pada 65-70 °C. N-heksana termasuk cairan tidak berwarna yang tidak dapat bercampur dengan air (Arsa & Achmad, 2020). Sebagai pelarut nonpolar, n-heksana efektif untuk mengekstraksi minyak, lemak, dan senyawa nonpolar lainnya, yang dapat memiliki sifat atau efek berbeda dibanding senyawa yang diekstraksi dengan pelarut polar (Daryono, *et al.*, 2020).

d. Aseton

Aseton adalah pelarut semi polar yang dapat mengekstrak senyawa metabolit sekunder baik yang polar, semi polar, maupun non-polar (Ulfah *et al.*, 2022). Aseton harus digunakan dengan hati-hati karena bersifat mudah terbakar dan beracun (Gunawan *et al.*, 2024). Aseton dapat digunakan sebagai *co-solvent* dengan titik didih rendah (56,2 °C), sehingga mudah dipisahkan melalui *co-distilasi* bersama metanol. Aseton memiliki berbagai keunggulan, antara lain kemampuan pelarutan yang tinggi, mempercepat reaksi, meningkatkan rendemen biodiesel, mudah dipisahkan, relatif murah, dan mudah diperoleh (Roni *et al.*, 2025).

e. Akuadest

Aquadest merupakan air hasil destilasi yang dikenal sebagai air murni (H_2O) karena hampir tidak mengandung mineral (Utami *et al.*, 2021). Cairan ini bening, tidak berbau, dan tidak berasa, serta sering digunakan untuk membersihkan peralatan laboratorium dari kotoran (Khotimah *et al.*, 2024). Aquadest efektif untuk melarutkan senyawa polar karena sifatnya yang bersifat polar (Susanti & Janah, 2020). Namun, aquadest kurang cocok sebagai pelarut untuk senyawa non polar, karena senyawa non-polar hanya dapat larut pada pelarut non-polar, seperti eter, kloroform dan n-heksana (Veronika *et al.*, 2025).

2.4 Diare

Diare merupakan gangguan pencernaan yang ditandai dengan peningkatan frekuensi buang air besar tiga kali atau lebih per hari, dengan tinja bertekstur cair atau semi-cair (Kasmara & Sarli, 2023). Permasalahan diare masih menjadi isu kesehatan di tingkat global termasuk di Indonesia hingga saat ini. Penyakit ini tergolong berbahaya karena berpotensi menyebabkan kematian, yang umumnya dipicu oleh sanitasi lingkungan yang tidak memadai dan terbatasnya akses terhadap air bersih, fasilitas pembuangan tinja yang tidak layak serta rendahnya tingkat pendidikan masyarakat (Rosalina & Nurmaulawati, 2024). Di tingkat global, penyakit yang ditularkan melalui air dan kontaminasi tinja menyebabkan lebih dari 3,5 juta kematian per tahun. Pembuangan tinja yang tidak tepat dapat mencemari air dan tanah, sehingga memicu penyakit berbasis air. Oleh karena itu, tinja perlu dibuang secara benar ke jamban atau ditimbun di tempat yang aman bila fasilitas tidak tersedia (Agus & Joko, 2021).

Proses terjadinya diare dimulai ketika saluran pencernaan terkontaminasi bakteri penyebab diare. Bakteri tersebut kemudian merusak sel-sel mukosa usus, sehingga luas permukaan usus berkurang. Kerusakan ini menyebabkan meningkatnya sekresi air dan elektrolit ke dalam rongga usus, sehingga menghasilkan tinja cair atau diare (Alfianur *et al.*, 2021). Penularan

mikroorganisme patogen penyebab diare dapat terjadi melalui makanan, tanah, dan air. Makanan yang tidak higienis dapat membawa patogen masuk ke dalam tubuh. Selain itu, tanah juga dapat menjadi sumber penularan karena berfungsi sebagai tempat penampungan berbagai limbah yang mengandung bakteri, virus, parasit, dan jamur patogen, terutama di daerah padat penduduk dan rawan banjir. Air yang tercemar juga dapat menjadi jalur penularan, baik saat digunakan untuk minum, mandi, mencuci, maupun menyiapkan makanan, misalnya pada air sungai atau sumur yang berdekatan dengan *septic tank* (Putri *et al.*, 2022).

Diare terbagi menjadi dua kategori, yaitu diare akut dan diare kronis. Diare akut terjadi secara tiba-tiba dan berlangsung selama kurang dari 14 hari. Sementara itu, diare kronis merupakan kondisi diare yang terjadi secara terus-menerus dengan durasi lebih dari 14 hari (Hutasoit, 2020). Gejala yang terjadi meliputi buang air besar berfrekuensi tiga kali atau lebih dalam sehari, dengan konsistensi feses lunak hingga cair atau bahkan sepenuhnya cair (Kasmara & Sarli, 2023). Diare yang terjadi secara terus-menerus selama beberapa hari dapat mengakibatkan terjadinya dehidrasi akibat kehilangan cairan tubuh. Dehidrasi terbagi ke dalam beberapa tingkat keparahan, yakni dehidrasi ringan, sedang, dan berat. Jika seseorang mengalami dehidrasi berat akibat diare yang disertai muntah, maka kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya kematian (Kristianingsih & Victoria, 2023).

Penanganan diare yang tidak tepat dapat menyebabkan munculnya gejala seperti dehidrasi, renjatan hipovolemik, hipokalemia, hipoglikemia, serta intoleransi akibat kerusakan vili usus dan berkurangnya enzim laktase. Selain itu, muntah dan diare yang berkelanjutan dapat menyebabkan malnutrisi energi protein (Wasliah *et al.*, 2020). Upaya pencegahan diare dapat dilakukan dengan tidak memberikan obat diare yang diperuntukkan bagi orang dewasa kepada anak-anak, serta dengan mengonsumsi air matang atau minuman berkarbonasi yang aman. Selain itu, disarankan untuk menjauhi air keran, es, produk susu yang tidak dipasteurisasi, sayuran mentah, buah yang tidak dikupas, daging, dan makanan laut. Pencegahan juga dapat dilakukan melalui pemberian vaksin,

yang memberikan proteksi terhadap beberapa penyakit penyebab diare (Aditya *et al.*, 2020).

2.5 Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri merupakan organisme uniseluler prokariotik berskala mikroskopis, dengan panjang sekitar 1–2 μm . Salah satu spesies yang sering ditemui adalah *Escherichia coli*, yaitu bakteri gram negatif berbentuk basil yang secara alami hidup di saluran pencernaan manusia dan hewan (Sari, 2020). *Escherichia coli* bersifat anaerob fakultatif, sehingga mampu tumbuh baik pada kondisi aerob maupun anaerob. *E. coli* memiliki panjang sekitar 2 μm , diameter 0,7 μm , dan lebar antara 0,4 hingga 0,7 μm . Koloni *E. coli* umumnya berbentuk bulat, cembung, halus, dengan batas tepi yang tegas (Hasanah, 2025). Secara ekologis, *E. coli* berperan sebagai flora normal usus yang membantu proses pencernaan dan sintesis vitamin K, namun sebagian strain patogen dapat mengakibatkan infeksi pada sistem saluran pencernaan, termasuk diare, melalui produksi enterotoksin dan kerusakan epitel usus (Dewi *et al.*, 2024).

Escherichia coli dapat menimbulkan penyakit apabila berhasil memasuki tubuh inang, menyesuaikan diri dengan lingkungan internal, serta mampu bertahan dan menghindari respons imun (Octavia, 2025). Proses infeksi dimulai dari kolonisasi bakteri pada mukosa usus, diikuti replikasi, perusakan sel epitel, dan penetrasi ke jaringan usus. *Escherichia coli* terbagi menjadi enam kelompok utama berdasarkan tingkat dan mekanisme patogenisitasnya, yaitu *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *Enteropathogenic E. coli* (EPEC), *Enterohemorrhagic E. coli* (EHEC), *Enteroinvasive E. coli* (EIEC), *Enteraggregative E. coli* (EAEC), dan *Diffusely Adherent E. coli* (DAEC). Setiap tipe patogen tersebut memiliki kemampuan menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada manusia, yang umumnya meliputi tiga jenis infeksi utama yaitu infeksi saluran pencernaan seperti diare, infeksi saluran kemih, serta meningitis pada bayi baru lahir (Setia *et al.*, 2020).

Beberapa jenis *E. coli* memiliki cara berbeda dalam menginfeksi inangnya. *Enteropathogenic E. coli* (EPEC) menempel pada dinding usus halus

dan merusak mikrovili, yaitu tonjolan kecil pada permukaan usus yang berfungsi menyerap nutrisi. Kerusakan ini menyebabkan gangguan pada struktur sel, timbulnya peradangan, dan diare (Antara *et al.*, 2024). *Enterohemorrhagic E. coli* (EHEC) juga menempel dan menimbulkan lesi pada usus, tetapi terjadi di bagian usus besar. Jenis ini menghasilkan racun yang disebut *Shiga toxin* (Stx), yang dapat menyebar ke peredaran darah sehingga menimbulkan komplikasi serius. Diare yang ditimbulkan ditandai oleh feses yang encer dan berlendir, namun tidak disertai darah (Aji, 2020). Sementara itu, *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC) menyebabkan diare dengan menghasilkan dua jenis racun, yaitu racun yang tidak tahan panas (LT) dan racun yang tahan panas (ST). Kedua racun ini memicu keluarnya cairan berlebih dari dinding usus, sehingga menyebabkan diare berair. *Enteraggregative E. coli* (EAEC) membentuk lapisan biofilm tebal di permukaan usus halus dan besar. Biofilm ini melindungi bakteri sekaligus memudahkan produksi racun yang menyebabkan peradangan dan kerusakan jaringan. Jenis lainnya, *Enteroinvasive E. coli* (EIEC), menyerang sel epitel pada usus besar dengan cara menembus dan berkembang di dalam sel tersebut. Setelah itu, bakteri dapat berpindah ke sel lain, sehingga memperluas area infeksi. Sedangkan *Diffusely Adherent E. coli* (DAEC) menempel pada sel usus halus dan menstimulasi pembentukan tonjolan menyerupai jari yang membungkus bakteri, sehingga memperkuat proses infeksi (Octavia, 2025).

2.6 Jeli sebagai Produk Pangan Fungsional

Pemanfaatan pangan fungsional di Indonesia memiliki peran yang sangat penting. Hal ini dikarenakan tingginya tingkat keanekaragaman hayati yang dimiliki (Sihite & Hutasoit, 2023). Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan literasi serta kajian ilmiah yang mendalam untuk mengevaluasi sejauh mana perkembangan pangan fungsional di Indonesia, serta memahami kontribusinya terhadap peningkatan kesehatan masyarakat (Amalia *et al.*, 2024). Pangan fungsional merupakan bahan pangan yang tidak hanya berperan sebagai sumber nutrisi, tetapi juga memiliki fungsi fisiologis yang memberikan

manfaat positif terhadap daya tahan tubuh dan kesehatan individu. Pangan fungsional dapat berperan meningkatkan sistem imun, menunda penuaan dini, mencegah berbagai penyakit, dan meningkatkan kondisi fisik tubuh (Khoerunisa, 2020).

Peningkatan popularitas pangan fungsional terjadi sejalan dengan meningkatnya prevalensi penyakit yang berkaitan dengan pola makan tidak sehat, yang bahkan gejalanya mulai terlihat sejak usia dini (Nusraningrum *et al.*, 2021). Seiring dengan perkembangan waktu, berbagai inovasi dalam produk pangan terus bermunculan. Setiap inovasi yang dikembangkan harus mempertimbangkan kondisi pasar serta tingkat minat konsumen terhadap produk tersebut (Yuliani *et al.*, 2024). Peningkatan minat masyarakat terhadap produk pangan inovatif dapat ditingkatkan melalui variasi warna, bentuk, serta penamaan atau pelabelan produk yang mudah dikenali dan diterima oleh konsumen (Ayu *et al.*, 2023). Penerapan strategi tersebut berkontribusi pada meningkatnya penerimaan masyarakat terhadap inovasi pangan, keberlanjutan produk lokal, dan konsumsi produk olahan inovatif (Putri *et al.*, 2024).

Pengembangan pangan fungsional dapat dilakukan dengan memanfaatkan buah maupun daun mangrove menjadi beragam produk pangan yang memiliki nilai fungsi fisiologis bagi kesehatan (Yulistiani *et al.*, 2023). Produk olahan mangrove tersebut salah satunya berupa permen jeli, yang merupakan produk pangan dengan tekstur kenyal serta penampilan yang jernih dan transparan. Permen jeli merupakan produk pangan yang dibuat dari sari buah dengan penambahan bahan pembentuk gel (Nuh *et al.*, 2020). Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder serta berfungsi sebagai antioksidan (Rosulva *et al.*, 2021). Senyawa antioksidan berperan dalam menghambat, menunda, mencegah atau memperlambat proses oksidasi, bahkan dalam konsentrasi yang relatif rendah. *R. mucronata* merupakan salah satu spesies mangrove yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber antioksidan (Theafelicia & Wulan, 2023).

Buah *R. mucronata* diketahui memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder dari berbagai golongan, antara lain fenol, tanin, flavonoid, saponin,

glukosida, terpenoid, dan alkaloid. Seluruh bagian tanaman *R. mucronata* dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk berbagai penyakit, seperti diabetes, diare, disentri, filariasis (kaki gajah), hematoma, bisul, demam, angina, hematuria, perdarahan, hepatitis, inflamasi, serta luka dan bisul (Pambudi & Haryoto, 2022). Dalam penelitian ini, ekstrak *R. mucronata* yang kaya akan senyawa metabolit sekunder dan berpotensi sebagai sumber antioksidan akan dibuat permen jeli sebagai pangan fungsional antidiare. Permen jeli dibuat dari kombinasi sari buah dan bahan pembentuk gel yang menghasilkan karakteristik yang khas yaitu tekstur kenyal serta tampilan yang transparan (Illy *et al.*, 2024). Larasati *et al.* (2022) mengungkapkan bahwa salah satu bentuk pemanfaatan buah mangrove menjadi permen jeli yaitu menggunakan mangrove jenis *Sonneratia alba*. Produk ini mengandung karbohidrat, vitamin C, senyawa fenolik, serta antioksidan yang memiliki cita rasa manis dan asam yang berasal dari kandungan gizinya.

Penelitian lain oleh Ramadani *et al.* (2020) memanfaatkan buah *Sonneratia caseolaris* (pedada) sebagai bahan baku pembuatan permen jeli. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengkaji karakteristik kimia dari permen jeli buah pedada dengan penambahan karagenan sebagai bahan pembentuk gel. Pembuatan permen jeli memerlukan kombinasi dengan bahan pembentuk gel lainnya, seperti gelatin agar memperoleh tekstur yang kenyal (Wardhani, 2022). Gelatin merupakan bahan turunan kolagen yang memiliki kemampuan fungsional sebagai pembentuk gel, pengemulsi, penstabil, serta agen pembentuk lapisan tipis. Pemanfaatan gelatin dalam pembuatan jeli memengaruhi karakteristik fisikokimia, seperti tekstur dan stabilitas termal, yang berdampak pada kualitas akhir produk (Tirtasatya *et al.*, 2025).

2.7 Uji Organoleptik Produk Pangan

Uji organoleptik merupakan metode pengujian yang memanfaatkan indera manusia untuk menentukan tingkat penerimaan produk pangan. (Ismanto, 2023). Tujuannya adalah menilai mutu sensorik suatu produk, meliputi aspek visual, aroma, cita rasa, dan tekstur, serta memastikan bahwa

produk tersebut sesuai dengan selera dan ekspektasi konsumen (Solikin *et al.*, 2024). Penilaian ini didasarkan pada respons sensorik individu, yang mencerminkan sejauh mana produk tersebut dapat diterima secara subjektif. Indera yang terlibat dalam pengujian ini meliputi indera pengecap, penglihatan, penciuman, dan peraba. Dalam pelaksanaannya, uji organoleptik umumnya menggunakan kuesioner sebagai alat bantu, berupa daftar pertanyaan terkait karakteristik produk pangan, yang diisi oleh responden dan dinilai menggunakan skala tertentu (Suryono & Ningrum, 2018).

Salah satu metode uji organoleptik adalah uji hedonik, yaitu pengujian yang bertujuan untuk menilai tingkat kesukaan atau ketidaksukaan panelis terhadap suatu produk. Tingkat penerimaan konsumen terhadap produk tertentu dapat diukur melalui uji hedonik yang menggunakan skala hedonik sebagai instrumen penilaian (Chairuni & Makmur, 2022). Uji hedonik dilakukan dengan meminta panelis menilai tingkat kesukaan berdasarkan hasil pengamatan melalui panca indera. Penilaian tersebut menggunakan skala hedonik sebagai alat ukur. Skala hedonik digunakan untuk menentukan sensitifitas dari pengukuran tingkat kesukaan (Triandini & Wangiyana, 2022).

Pengujian organoleptik banyak diterapkan untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap berbagai produk pangan, termasuk produk olahan berbahan buah dari ekosistem mangrove. Ramadani *et al.* (2020) melakukan uji organoleptik pada permen jeli buah pedada (*Sonneratia caseolaris*) menggunakan parameter warna, aroma, rasa, tekstur, dan *overall*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan 100 mL sari buah pedada dan 20 g karagenan merupakan perlakuan yang paling disukai panelis serta menunjukkan tingkat penerimaan yang baik terhadap seluruh parameter organoleptik yang diuji. Penelitian lain pada dodol berbahan buah mangrove *Sonneratia* sp. juga menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan memengaruhi tingkat kesukaan panelis terhadap warna, sedangkan parameter rasa dan tekstur tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Fitria *et al.*, 2021). Dalam pengujian hedonik terdapat lima tingkat penilaian, yaitu sangat suka, suka, agak tidak suka, tidak suka, dan sangat tidak suka

(Qamariah & Mahendra, 2022). Pada pelaksanaan uji hedonik, terdapat beberapa aspek yang menjadi kategori penilaian, yaitu aroma, rasa, tekstur, dan warna sebagai berikut.

a) Rasa

Penilaian terhadap makanan sangat dipengaruhi oleh faktor rasa sebagai aspek utama. Rasa makanan adalah gabungan sensasi yang diterima oleh indera pengecap dan penciuman (Rahmadhanimara *et al.*, 2022). Cita rasa pada produk pangan dapat berasal dari karakteristik alami bahan atau dari komponen tambahan yang digunakan selama proses pengolahan (Trihaditia & Puspitasari, 2020). Meskipun suatu produk memiliki kualitas yang baik, rasa yang kurang menyenangkan dapat menyebabkan penolakan atau ketidaktertarikan dari konsumen (Ferantika *et al.*, 2020). Beberapa faktor yang menentukan cita rasa makanan di antaranya adalah kandungan senyawa kimia, suhu, kombinasi bahan pangan dengan bahan tambahan, serta waktu pemasakan.

b) Warna

Warna merupakan indikator awal yang memengaruhi penerimaan suatu makanan. Persepsi konsumen sering dikaitkan dengan warna tertentu pada makanan, sehingga produk dengan warna yang tidak sesuai cenderung kurang diterima (Hasanah *et al.*, 2022). Dalam penilaian kualitas, warna merupakan atribut penting karena produk dengan gizi, rasa, dan tekstur yang baik tetap dapat mengalami penurunan penerimaan jika memiliki warna yang kurang menarik (Suladra, 2020). Tampilan warna yang menarik berpotensi meningkatkan minat panelis maupun konsumen untuk mencicipi produk tersebut (Chairuni & Makmur, 2022).

c) Aroma

Aroma merupakan sensasi bau yang diterima melalui indera penciuman. Persepsi aroma terbentuk dari interaksi kompleks antara empat jenis bau utama, yaitu harum, asam, tengik, dan hangus (Septian *et al.*, 2025). Aroma pada suatu produk pangan terbentuk dari molekul-molekul yang menguap dan terdeteksi oleh indera penciuman. Perubahan aroma

dapat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme yang menguraikan karbohidrat menjadi alkohol serta asam organik. Aroma termasuk salah satu parameter penting dalam penilaian uji organoleptik yang melibatkan penilaian oleh panelis. Aroma muncul sebagai hasil dari senyawa volatil yang terkandung dalam produk pangan, dan ketika produk dikonsumsi, senyawa tersebut akan terdeteksi oleh sistem olfaktori melalui indera penciuman di hidung (Illy *et al.*, 2024). Aroma makanan sangat berperan dalam menentukan apakah suatu makanan terasa enak atau tidak. Bahkan, aroma memiliki karakter yang lebih kompleks dibandingkan rasa, dan kepekaan indera penciuman umumnya lebih tinggi daripada indera pengecap. Pengujian aroma dalam industri pangan memiliki peran penting karena mampu menghasilkan penilaian dengan cepat (Ningrum *et al.*, 2024).

d) Tekstur

Tekstur merupakan karakteristik visual yang dapat diamati secara langsung oleh panelis dan turut memengaruhi persepsi terhadap tingkat penerimaan suatu produk. Tekstur makanan dapat dinilai secara langsung menggunakan indera, termasuk penglihatan, dan dibedakan menjadi berbagai jenis, seperti keras, lembut, halus, kasar, padat, cair, kering, lembap, dan kenyal (Septian *et al.*, 2025). Tekstur permen jeli sangat bergantung pada komposisi gula yang terkandung didalamnya, karena berperan dalam membentuk kekuatan dan konsistensi produk. Peningkatan kadar gula, pektin, dan asam dalam pembuatan jeli menyebabkan konsistensi yang lebih kuat karena terbentuknya ikatan yang lebih erat antara air dalam struktur gel (Illy *et al.*, 2024).

2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa studi terdahulu yang relevan disajikan sebagai dasar pendukung penelitian ini, yang memberikan gambaran tentang pemanfaatan bahan organik dan sumber hayati dalam pengembangan produk fungsional berbasis senyawa bioaktif. Hasil penelitian terdahulu tersebut disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Nama Peneliti	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Aktivitas Antibakteri Bedak Yang Diperkaya Dengan Konsentrasi Ekstrak Buah (<i>Rhizophora mucronata</i>)	Sungkar, O. F., Khanza, S., & Pangestu, R. A. (<i>Jurnal Teknologi Pangan</i> , Vol. 2 No. 2, 2018).	Ekstrak buah <i>R. mucronata</i> menghambat <i>E. coli</i> dengan zona hambat tertinggi 12,45 mm pada konsentrasi 60%.	Sama-sama menggunakan buah <i>R. mucronata</i> dan menguji aktivitas antibakteri terhadap <i>E. coli</i> .	Penelitian sebelumnya mengaplikasikan ekstrak pada produk bedak, penelitian sekarang merumuskan ekstrak menjadi jeli sebagai pangan fungsional antidiare.
2.	Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Bakau Hitam (<i>Rhizophora mucronata</i>) terhadap Bakteri Penyebab Diare	Tarman, K., Purwaningsih, S., & Negara, A. P. P. (<i>JPHPI</i> , Vol. 16 No. 3, 2014).	Ekstrak metanol daun <i>R. mucronata</i> mampu menghambat pertumbuhan <i>E. coli</i> dengan zona hambat 9–12 mm dan nilai KHM 0,4 mg/mL. Senyawa aktif yang ditemukan meliputi alkaloid, tanin, flavonoid, saponin, fenol hidrokuinon, dan triterpenoid.	Sama-sama menggunakan spesies mangrove <i>R. mucronata</i> dan mengkaji aktivitas antibakteri terhadap bakteri diare, khususnya <i>E. coli</i> .	Penelitian Tarman menggunakan daun dan hanya menghasilkan ekstrak kasar, tanpa formulasi produk. Penelitian sekarang menggunakan buah <i>R. mucronata</i> dan diformulasikan menjadi jeli sebagai pangan fungsional antidiare.
3.	Kandungan Gizi dan Aktivitas Antioksidan Permen Jelly Buah Pedada (<i>Sonneratia caseolaris</i>)	Dari, D. W., Ramadani, D. T., & Aisah, A. (<i>Jurnal Akademika Baiturrahim Jambi</i> , Vol. 9, No. 2, 2020).	Permen jeli dengan tambahan karagenan menunjukkan kandungan gizi yang baik serta aktivitas antioksidan tinggi (IC50 49,26 ppm).	Memanfaatkan buah mangrove sebagai bahan dasar produk pangan fungsional dalam bentuk jeli dan menilai aktivitas	Penelitian sebelumnya berfokus pada <i>Sonneratia caseolaris</i> dan pengaruh karagenan terhadap sifat fisik dan antioksidan, sedangkan penelitian

	) dengan Penambahan Karagenan			antioksidannya.	menggunakan <i>Rhizophora mucronata</i> dan berfokus pada bioaktivitas jeli sebagai pangan fungsional antidiare (uji antibakteri terhadap <i>E. coli</i>).
4.	Uji Aktivitas Antibakteri Sirup Buah Sawo manila (<i>Manilkara kauki</i> L.) dan Getah Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i> L) pada Bakteri <i>Escherichia coli</i> Penyebab Diare	Rahim, A., & Oktresia, E. (<i>Jurnal Sains dan Kesehatan</i> , Vol. 4, No. 6, 2022).	Sirup buah sawo manila memiliki aktivitas antibakteri sedang terhadap <i>E. coli</i> dan <i>S. aureus</i> ,	Menguji aktivitas antibakteri dari produk olahan buah terhadap <i>E. coli</i> sebagai bakteri penyebab diare.	Penelitian sebelumnya menggunakan buah non-mangrove (sawo manila) dalam bentuk sirup, sedangkan penelitian sekarang menggunakan buah mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> dalam bentuk jeli fungsional antidiare.
5.	Bioaktivitas Antibakteri dari Ekstrak Daun Mangrove <i>Avicennia</i> sp.	Zakinah A. Alhaddad, Deddy Wahyudi, dan Wendy Alexander Tanod (<i>Jurnal Kelautan</i> , Vol. 12 No. 1, 2019).	Ekstrak daun <i>Avicennia</i> sp. menunjukkan aktivitas antibakteri sedang terhadap <i>E. coli</i> dan kuat terhadap <i>S. aureus</i> .	Meneliti potensi antibakteri dari senyawa bioaktif tumbuhan mangrove terhadap bakteri enterik penyebab diare.	Penelitian sebelumnya menggunakan bagian daun <i>Avicennia</i> sp. dan fokus pada ekstrak kasar, sedangkan penelitian sekarang menggunakan buah <i>Rhizophora mucronata</i> dan diformulasikan menjadi jeli sebagai pangan

					fungsi antidiare.
6.	Aktivitas Antibakteri Ekstrak Tanaman Mangrove (<i>Rhizophora stylosa</i>) terhadap Bakteri <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Agus Triwanda, Yuni Puji Hastuti, dan Sinung Rahardjo (<i>Aurelia Journal</i> Vol. 5 No. 1, 2023).	Ekstrak mangrove <i>R. stylosa</i> menunjukkan aktivitas antibakteri sedang terhadap <i>V. parahaemolyticus</i> ; zona hambat tertinggi pada akar (9,5 mm) di konsentrasi 400 mg/L. Kandungan senyawa aktif yang terdeteksi meliputi flavonoid, tanin, fenol, alkaloid, dan saponin.	Meneliti aktivitas antibakteri tanaman mangrove genus <i>Rhizophora</i> serta menilai pengaruh konsentrasi terhadap zona hambat bakteri.	Penelitian sebelumnya fokus pada bagian tanaman (<i>akar, batang, daun, buah</i>) dan bakteri laut <i>V. parahaemolyticus</i> , sedangkan penelitian sekarang fokus pada buah <i>R. mucronata</i> terhadap bakteri enterik penyebab diare (<i>E. coli</i>) dalam bentuk jeli pangan fungsional.
7.	Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sungkai (<i>Peronema canescens</i> Jack) terhadap Pertumbuhan <i>Escherichia coli</i> dengan Metode Difusi Cakram Kirby-Bauer	Fransisca, D., Kahanjak, D. N., & Frethernety, A (<i>Journal of Environmental Sustainability Management</i> Vol. 4 No. 1, 2020).	Ekstrak etanol daun sungkai mampu menghambat pertumbuhan <i>E. coli</i> dengan zona hambat 3,75–7,75 mm. Konsentrasi efektif minimum (MIC) ditunjukkan pada konsentrasi 25%.	Menguji aktivitas antibakteri terhadap <i>E. coli</i> yang berperan sebagai bakteri penyebab diare.	Penelitian sebelumnya menggunakan daun sungkai sebagai sumber antibakteri alami, sedangkan penelitian sekarang menggunakan buah <i>Rhizophora mucronata</i> yang diformulasikan menjadi jeli sebagai pangan fungsional antidiare.

2.9 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dan penelitian terdahulu, maka dapat dirumuskan hipotesis dalam penelitian ini adalah:

2.9.1 Hipotesis 1

1. H_0 : Ekstrak buah *R. mucronata* tidak mengandung senyawa fitokimia (flavonoid, tanin, saponin, dan fenol).
2. H_1 : Ekstrak buah *R. mucronata* mengandung senyawa fitokimia (flavonoid, tanin, saponin, dan fenol).

2.9.2 Hipotesis 2

1. H_0 : Ekstrak buah *R. mucronata* tidak memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan *E. coli*.
2. H_1 : Ekstrak buah *R. mucronata* memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan *E. coli*.

2.9.3 Hipotesis 3

1. H_0 : Variasi konsentrasi gelatin tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat penerimaan organoleptik jeli buah *R. mucronata*.
2. H_1 : Variasi konsentrasi gelatin berpengaruh signifikan terhadap tingkat penerimaan organoleptik jeli buah *R. mucronata*.

2.9.4 Hipotesis 4

1. H_0 : Produk jeli buah *R. mucronata* tidak memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan *E. coli*.
2. H_1 : Produk jeli buah *R. mucronata* memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan *E. coli*.

2.9.5 Hipotesis 5

1. H_0 : Variasi konsentrasi gelatin tidak berpengaruh signifikan terhadap karakteristik tekstur jeli buah *R. mucronata*.
2. H_1 : Variasi konsentrasi gelatin berpengaruh signifikan terhadap karakteristik tekstur jeli buah *R. mucronata*.