

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam. ex Savigny

Bruguiera gymnorhiza adalah jenis buah mangrove yang umumnya dikenal sebagai bakau berdaun besar. Tanaman ini termasuk dalam keluarga Rhizophoraceae dan tumbuh di hutan mangrove atau daerah pesisir. *B. gymnorhiza* dapat tumbuh di substrat lumpur dan tanah gambut. *B. gymnorhiza* sering ditemukan di daerah seperti Jawa, Nusa Tenggara Timur, Maluku, Bali, Papua, dan Kalimantan (Nurafifah *et al.*, 2024; Amalia *et al.*, 2025).

B. gymnorhiza dikenal dengan beragam nama lokal di Indonesia. Seperti, tenggel di Aceh, tinjang merah di Jakarta, putut atau tumu di Riau, lindur atau tanjang merah di Bali, dan bangko di Nusa Tenggara Timur. Masyarakat Nusa Tenggara Barat menyebutnya salak-salak. Penamaan di Pulau Jawa juga bervariasi, yaitu tancang di Jawa Barat, putut di Jawa Tengah, serta tancang di Jawa Timur. Masyarakat Madura mengenalnya sebagai lindur, sedangkan di Sulawesi Selatan disebut tokke-tokke (Patimah *et al.*, 2022). Selain itu, di kawasan mangrove Jagapati disebut buah lindur. Berikut klasifikasi mangrove *B. gymnorhiza* (Govaerts, 2025):

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Malpighiales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Bruguiera</i> Lam.
Spesies	: <i>Bruguiera gymnorhiza</i> (L.) Lam. ex Savigny

B. gymnorhiza dikenal sebagai tumbuhan yang bisa mencapai ukuran cukup besar, bahkan tingginya dapat mencapai 30 meter. Pada fase awal pertumbuhannya, anakan tumbuhan ini memiliki akar tunggang berwarna coklat dengan panjang sekitar 15 hingga 20 cm. Seiring dengan pertumbuhan, akar tersebut akan mengalami perubahan dan berkembang menjadi akar lutut.

B. gymnorhiza memiliki batang berwarna abu-abu dengan tinggi yang bervariasi, mulai dari 30 cm hingga 30 meter, dan diameter batang berkisar antara 8 hingga 17 cm. Batangnya berbentuk bulat (*teres*) dan permukaannya terasa kasar serta dipenuhi lentisel. Arah pertumbuhan batangnya tegak lurus (*erectus*). Tumbuhan ini juga memperlihatkan pola percabangan monopodial, di mana batang utama tumbuh dominan dan terlihat jelas, sementara cabang-cabangnya tumbuh sekunder (Patimah *et al.*, 2022).

Daun pada tumbuhan *B. gymnorhiza* umumnya berukuran panjang antara 10 hingga 15 cm dan lebar sekitar 4,5 sampai 10 cm. Daunnya termasuk daun tunggal dengan bentuk menyerupai lanset. Permukaan atas dan bawah daun terasa licin (*leavis*) dan tampak mengkilap (Indriaty *et al.*, 2024). Daun bagian atas cenderung berwarna hijau tua, sementara bagian bawah berwarna hijau kekuningan. Tekstur daunnya tebal dan agak keras, menyerupai kulit (*coriaceous*). Daun tersusun secara berhadapan pada batang, dengan pola pertulangan sejajar dan tepi daun yang rata (*integer*). Ujung dan pangkal daun meruncing (*acuminatus*). Beberapa daun tampak mulus tanpa corak, namun ada juga yang memiliki bintik-bintik hitam pada permukaannya (Djamaluddin, 2018).

B. gymnorhiza memiliki bunga tunggal yang tersusun dalam bentuk bongkol (*capitalum*) dan tumbuh di ketiak daun. Warna bunganya bervariasi antara merah dan kuning, dengan ukuran panjang sekitar 5 hingga 8 cm. Bunga ini terdiri atas kelopak (*calyx*) dan mahkota (*corolla*), yang merupakan bagian utama struktur bunganya (Tala, 2020). Untuk bagian buah, tumbuhan ini menghasilkan buah sejati tunggal yang berdaging (*carnosus*) dengan bentuk bulat memanjang. Panjang buah berkisar antara 8,5 hingga 30 cm dan diameter sekitar 1,7 hingga 2 cm. Saat masih muda, buah berwarna hijau, dan berubah menjadi coklat ketika telah masak (Gambar 2.1). Jenis buahnya termasuk buah batu (*drupa*), yang ditandai dengan adanya tiga lapisan kulit: kulit luar (*exocarpium*), kulit tengah (*mesocarpium*), dan kulit dalam (*endocarpium*). Menariknya, kelopak bunga tetap melekat pada buah meskipun buah tersebut telah matang dan jatuh ke tanah (Indriaty *et al.*, 2024).



Gambar 2. 1 *B. gymnorhiza*
(Sumber: Pelsner & Barcelona, 2012)

Spesies *B. gymnorhiza* diketahui kaya akan senyawa fitokimia. Buahnya mengandung karbohidrat tinggi dan sering digunakan oleh masyarakat pesisir sebagai sumber makanan alternatif selama musim kemarau untuk mengurangi risiko ketidakamanan pangan. Komposisi nutrisinya meliputi 32,91% karbohidrat, 62,92% air, 0,79% lemak, 2,11% protein, dan 1,29% abu (Afifah *et al.*, 2022). Kandungan gizi tersebut memungkinkan *B. gymnorhiza* untuk diolah menjadi berbagai produk bernilai tambah seperti sirup, dodol, teh, tepung, dan roti pipih atau biskuit oleh masyarakat pesisir (Rina *et al.*, 2021).

B. gymnorhiza memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber makanan alternatif karena kandungan karbohidratnya yang tinggi, yang dapat diolah menjadi tepung. Namun, buah ini juga mengandung antinutrisi berupa tanin, yang harus dikurangi terlebih dahulu agar aman dikonsumsi (Dewi *et al.*, 2017). Tanin adalah senyawa fenolik yang dapat menghambat penyerapan zat besi di saluran pencernaan, sehingga mengurangi ketersediaan nutrisi. Selain itu, tanin dapat menyebabkan rasa pahit dan berpotensi menyebabkan keracunan jika dikonsumsi berlebihan (Nurafifah *et al.*, 2024).

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa *B. gymnorhiza* memiliki aktivitas bioaktif sebagai antioksidan dan hepatoprotektor. Daun *B.*

gymnorhiza, yang kaya akan polifenol, efek dari antioksidannya dapat memperbaiki kerusakan jaringan hati. Selain itu, *B. gymnorhiza* juga memiliki aktivitas antibakteri, dengan hambatan tertinggi terhadap bakteri *E. coli* berkisar antara $7,88 \pm 2,08$ hingga $8,50 \pm 1,14$ mm. Bagian tumbuhan *B. gymnorhiza* yang menarik untuk diteliti selain dari kulit batangnya yaitu pada kulit buahnya karena berpotensi sebagai sumber obat antikanker (Mardiyah *et al.*, 2021).

Faktor pembatas dalam memanfaatkan *B. gymnorhiza* adalah kandungan senyawa antinutrisi, seperti tanin dan asam hidrosianik (HCN) (Nurafifah *et al.*, 2024). Kandungan HCN dalam buah lindur sebesar 19,26 ppm sedangkan kandungan tanin mencapai 34,105 ppm. Kandungan zat antigizi pada buah mangrove tersebut dapat menimbulkan rasa pahit, sepat, gatal, serta berpotensi menyebabkan keracunan apabila tidak dilakukan proses penghilangan zat tersebut sebelum dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan (Munir *et al.*, 2023).

2.2 Antioksidan

Antioksidan merupakan molekul atau senyawa yang stabil untuk mendonorkan elektron atau atom hidrogen kepada radikal bebas, sehingga mampu menetralsirnya dan menghambat potensi reaksi berantai yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada sel-sel tubuh (Ibroham *et al.*, 2022). Antioksidan memiliki peran utama yaitu menunda atau mencegah kerusakan sel, terutama melalui penghambatan reaksi oksidasi yang disebabkan oleh aktivitas radikal bebas. Keterbatasan cadangan antioksidan dalam tubuh, mengakibatkan perlunya asupan antioksidan dari luar ketika terjadi paparan radikal bebas yang berlebihan (Sudirman *et al.*, 2016).

Antioksidan dibagi menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Antioksidan alami dinilai lebih aman karena mampu berinteraksi langsung dengan radikal bebas untuk menghentikan reaksi berantai yang merusak molekul penting dalam tubuh, serta dianggap sebagai alternatif potensial pengganti antioksidan sintetis (Sudirman *et al.*, 2016). Antioksidan alami mengandung senyawa bioaktif yang dapat

diidentifikasi melalui uji fitokimia dan memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tubuh (Handayani, 2021).

Antioksidan alami juga mengandung gugus hidroksil (OH) dalam struktur molekulnya, yang umumnya berasal dari senyawa fenol atau polifenol. Beberapa contoh senyawa alami seperti tokoferol, turunan asam sinamat, pospatida, flavonoid, dan asam organik polifungsional merupakan senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan (Handayani, 2021). Asam kafeat, asam ferulat, dan asam klorogenat merupakan turunan asam sinamat yang berperan sebagai antioksidan. Senyawa polifenolik alami ini bersifat multifungsi karena mampu bertindak sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkelat logam, dan penghambat pembentukan oksigen singlet (Maesaroh *et al.*, 2018)

Tubuh manusia tidak mampu mensintesis mikronutrien dan senyawa metabolit sekunder yang berperan sebagai antioksidan alami, sehingga asupannya perlu diperoleh dari sumber pangan, seperti rempah-rempah, buah-buahan, dan sayuran. Tumbuhan mengandung beragam senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan, diantaranya senyawa flavonoid, fenolik, senyawa yang mengandung belerang, tanin, alkaloid, diterpen fenolik, serta vitamin (Ibroham *et al.*, 2022). *Eco-enzyme* hasil fermentasi buah diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi memiliki aktivitas antioksidan. Hasil penelitian Sembiring (2023), menunjukkan bahwa *eco-enzyme* yang berasal dari kulit jeruk Bali memiliki nilai IC_{50} sebesar 9,418075752 ppm berdasarkan uji DPPH, yang menandakan aktivitas antioksidan dengan kategori sangat kuat.

Antioksidan berfungsi menetralkan radikal bebas, sehingga mampu mencegah dampak negatif yang ditimbulkannya. Antioksidan berperan penting dalam melindungi kulit dari kerusakan akibat faktor eksternal seperti sinar ultraviolet, polusi udara, dan asap rokok yang dapat menyebabkan proses oksidasi pada kulit. Penggunaan antioksidan dapat membantu mengurangi risiko kerusakan tersebut. Senyawa ini dapat mencegah proses oksidasi dengan cara bereaksi dengan molekul reaktif, termasuk radikal bebas, sehingga membantu menjaga kesehatan kulit (Ayu *et al.*, 2025). Selain itu, antioksidan

juga bermanfaat dalam menjaga stabilitas bahan-bahan dalam sabun, terutama komponen lipid, dengan mencegah terjadinya oksidasi. Hal ini membantu meningkatkan daya simpan produk serta menjaga kualitas warna, aroma, dan teksturnya agar tetap baik (Agustine *et al.*, 2023).

2.3 Fermentasi

Fermentasi adalah proses biokimia kompleks yang berlangsung melalui peran mikroorganisme dalam mengubah bahan organik menjadi berbagai senyawa yang lebih bermanfaat (Jusman *et al.*, 2025). Proses tersebut tidak hanya berperan dalam memperpanjang masa simpan dan memperbaiki rasa makanan, tetapi juga berperan terhadap peningkatan kandungan senyawa bioaktif termasuk antioksidan. Selama proses fermentasi, senyawa kompleks mengalami pemecahan menjadi bentuk yang lebih sederhana serta bioaktif, sehingga ketersediaan hayati dan aktivitas antioksidan hasil fermentasi mengalami peningkatan (Azzhar & Ansory, 2023). Peningkatan aktivitas antioksidan selama proses fermentasi salah satunya terjadi melalui kerja enzim β -glukosidase yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Mahardani & Yuanita, 2021).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses fermentasi diantaranya yaitu substrat, jenis mikroorganisme, pH, suhu, kadar oksigen, lama fermentasi, serta komposisi nutrisi. Bakteri asam laktat (BAL) merupakan mikroorganisme yang tidak hanya berperan dalam mengarahkan jalannya fermentasi, tetapi juga memengaruhi karakteristik sensorik, keamanan, dan aktivitas biologis produk yang dihasilkan (Liu *et al.*, 2022). Komposisi substrat fermentasi merupakan salah satu faktor yang memengaruhi karakteristik produk akhir. Kandungan karbohidrat, protein, dan senyawa fenolik pada bahan baku dapat memengaruhi aktivitas mikroba serta jenis metabolit yang dihasilkan selama fermentasi. Substrat yang kaya akan gula cenderung mendorong pembentukan asam organik sehingga nilai pH menurun lebih cepat. Lingkungan yang lebih asam tersebut dapat mendukung kinerja enzim dan pertumbuhan mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi (Bai *et al.*, 2022). Selain

itu, pH berperan dalam menentukan efektivitas proses fermentasi (Kusuma *et al.*, 2023).

Bakteri asam laktat dan enzim β -glukosidase umumnya berlangsung optimal pada lingkungan yang bersifat sedikit asam, dengan kisaran pH antara 4 hingga 6. Selama proses fermentasi, penurunan pH dapat membentuk lingkungan yang kondusif bagi perkembangan mikroorganisme yang menguntungkan serta menghambat perkembangan mikroba patogen (Kusuma *et al.*, 2023). Komponen lain yang dapat memengaruhi aktivitas enzimatik dan laju fermentasi yaitu suhu. Suhu yang berada di bawah kisaran optimal dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan suhu yang terlalu tinggi berpotensi memicu terbentuknya produk sampingan yang tidak diharapkan serta menyebabkan degradasi senyawa bioaktif (Martinez *et al.*, 2023). Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas produk dapat dilakukan dengan pengendalian suhu yang tepat. Fermentasi sendiri juga membutuhkan kontrol kadar oksigen (Jusman *et al.*, 2025).

Lama waktu fermentasi juga memengaruhi peningkatan kandungan senyawa bioaktif. Lama fermentasi merupakan faktor penting yang memengaruhi kualitas produk, karena fermentasi yang terlalu singkat dapat membatasi pembentukan senyawa yang diinginkan, sedangkan fermentasi yang terlalu lama dapat menurunkan kualitas maupun kestabilannya (Zhao *et al.*, 2021). Oleh karena itu, durasi fermentasi perlu diatur dengan tepat agar aktivitas antioksidan mencapai tingkat maksimal. Selain itu, kandungan nutrisi, khususnya ketersediaan nitrogen dan berbagai mikronutrien, memiliki peranan penting dalam mendukung aktivitas metabolik mikroorganisme selama proses fermentasi. Kecukupan sumber nitrogen dapat menunjang pembentukan senyawa aroma serta meningkatkan produksi berbagai senyawa bioaktif, termasuk flavonoid dan fenol bebas (Ferrero *et al.*, 2021). Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan kandungan beberapa senyawa fenolik, seperti asam protokatekuat, asam ferulat, flavonoid, dan antosianin, yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Anjani & Laksmiani, 2022).

Secara umum, proses fermentasi dalam bidang bioteknologi dibedakan menjadi tiga jenis utama, yaitu fermentasi *batch*, *fed-batch*, dan fermentasi kontinu (Wulandari *et al.*, 2024). Pada sistem *batch* maupun *fed-batch*, mikroorganisme dimasukkan ke dalam bioreaktor yang telah disiapkan dengan kondisi optimal. Selama proses berlangsung, mikroba akan tumbuh dengan memanfaatkan nutrisi yang tersedia secara bertahap, sementara produk hasil fermentasi terus terbentuk. Berbeda dengan itu, fermentasi kontinu dilakukan dengan cara menambahkan substrat dan sekaligus mengambil hasil fermentasi secara berkesinambungan dengan laju tertentu agar kondisi tetap stabil (Dong *et al.*, 2023).

Fermentasi *batch* adalah suatu metode di mana campuran antara mikroorganisme dan nutrisi dimasukkan ke dalam media atau wadah fermentasi, yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan memproduksi senyawa tertentu (Ulfah *et al.*, 2024). Salah satu produk yang dapat dibuat melalui proses fermentasi adalah *eco-enzyme*. Pada umumnya, pembuatan *eco-enzyme* menggunakan sistem fermentasi *batch*, karena seluruh bahan baku seperti bahan organik, air, serta gula sebagai sumber energi langsung dicampurkan sejak awal tanpa ada penambahan bahan selama proses berlangsung. Proses fermentasi *eco-enzyme* juga berlangsung dalam kondisi anaerob, yakni tanpa kehadiran oksigen, dengan memanfaatkan kulit buah atau buah sebagai bahan utama (Battong & Tang, 2025).

Meskipun banyak diterapkan, metode fermentasi *batch* juga memiliki sejumlah keterbatasan. Salah satunya adalah kebutuhan biaya awal yang bisa cukup besar untuk penyediaan starter, ditambah dengan tingkat produktivitas yang cenderung rendah, durasi proses yang relatif lama, serta biaya tenaga kerja yang lebih tinggi (Dong *et al.*, 2023). Di sisi lain, keunggulan utama dari fermentasi *batch* terletak pada kemudahan pengelolaannya. Seluruh media dan inokulum sudah disiapkan sejak awal, tanpa perlu penambahan bahan selama proses berlangsung. Selain itu, karena hanya dilakukan satu kali pengisian bahan dan fermentasi berlangsung dalam wadah tertutup, risiko terjadinya kontaminasi menjadi lebih kecil (Wulandari *et al.*, 2024).

2.4 *Eco-enzyme*

Eco-enzyme merupakan produk yang ramah lingkungan, dibuat melalui fermentasi kulit buah, sayuran, atau gula dengan penambahan air sebagai pelarut, dan proses fermentasi berlangsung selama 90 hari (3 bulan) (Dewi *et al.*, 2022). Produk ini digunakan untuk berbagai keperluan seperti pembersihan, pengendalian hama, perbaikan kualitas tanah, penghematan air, serta pembuatan pupuk organik cair. *Eco-enzyme* adalah larutan yang diperoleh dari fermentasi sayuran dan buah dengan menggunakan gula jawa atau molase sebagai substrat (Agustrina *et al.*, 2023). Produk ini memiliki beragam manfaat, terutama dalam pembuatan pupuk organik, serta dapat menjadi alternatif pengganti bahan kimia yang berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Bahan baku *eco-enzyme* berasal dari bahan organik yang sudah tidak terpakai serta biasanya menjadi limbah, seperti kulit buah dan sisa sayuran, yang menjadi bahan utama dalam proses pembuatannya (Wijaya & Laila, 2024).

Pembuatan *eco-enzyme* pada dasarnya menggunakan prinsip yang serupa dengan proses pengomposan, tetapi dengan penambahan air sebagai media fermentasi sehingga menghasilkan produk akhir berupa cairan yang lebih muda digunakan serta memiliki berbagai manfaat (Wijaya & Laila, 2024). Pembuatan *eco-enzyme* tergolong sederhana, yakni dengan memanfaatkan limbah organik dari dapur, gula, dan air dalam perbandingan tertentu. Proses ini melibatkan fermentasi campuran tersebut selama kurang lebih tiga bulan. Selama masa fermentasi, mikroorganisme yang terdapat pada limbah organik akan memecah bahan-bahan tersebut menjadi cairan dengan berbagai kegunaan (Putra *et al.*, 2023).

Setelah tiga bulan, akan menghasilkan *eco-enzyme* berwarna coklat gelap dan memiliki aroma khas fermentasi yang asam manis. Cairan tersebut mengandung berbagai jenis bakteri yang menguntungkan, seperti bakteri asam laktat (BAL), *Bacillus*, dan *Lactobacillus* yang berperan dalam menguraikan bahan organik (Mavani *et al.*, 2020). Selain berguna sebagai pengurai limbah, *eco-enzyme* juga memiliki berbagai manfaat diantaranya sebagai pupuk alami

untuk tanaman, pembersih serbaguna di rumah, serta penghilang bau tidak sedap. Di samping itu, *eco-enzyme* juga memiliki sifat antibakteri terhadap *Enterococcus faecalis*, sehingga dapat dimanfaatkan dalam perawatan gigi. Penggunaannya turut berperan mengurangi emisi gas rumah kaca (Putra *et al.*, 2023).

Keunggulan *eco-enzyme* dibandingkan dengan pengomposan yaitu tidak memerlukan lahan yang lebar untuk fermentasi seperti pada pembuatan kompos, serta tidak membutuhkan ruang penyimpanan khusus dengan spesifikasi tertentu. Satu-satunya kebutuhan penyimpanan adalah wadah plastik yang memiliki tutup rapat. Proses fermentasi *eco-enzyme* menghasilkan gas ozon (O₃) dan menghasilkan cairan yang berfungsi sebagai pembersih serta pupuk ramah lingkungan (Wijaya & Laila, 2024). Selain itu, *eco-enzyme* juga berfungsi sebagai senyawa antioksidan dalam pembuatan sabun cair (Hendri *et al.*, 2023). Produk ini tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga berperan dalam mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya yang umumnya terdapat dalam produk-produk komersial (Ogie *et al.*, 2025).

Dalam proses pembuatan sabun, *eco-enzyme* bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan kualitas sabun itu sendiri. Kandungan enzim alaminya mampu mempercepat proses pembersihan serta membantu sabun bekerja lebih efektif dalam mengangkat noda pada pakaian. Tidak hanya itu, *eco-enzyme* juga dapat mendukung proses konversi minyak atau lemak menjadi sabun dengan cara menguraikan kotoran organik yang bisa menghambat reaksi kimia selama proses pembuatan (Saifuddin *et al.*, 2021). *Eco-enzyme* sendiri merupakan campuran enzim alami yang berfungsi memecah partikel kotoran menjadi bentuk yang lebih sederhana, sehingga lebih mudah dibersihkan. Dalam sabun cuci tangan, bahan ini juga berperan penting untuk membersihkan minyak dan kotoran dari permukaan kulit secara menyeluruh tanpa menyebabkan iritasi, sehingga kulit terasa bersih dan tetap segar (Khasanah *et al.*, 2023; Fathoni *et al.*, 2024).

Eco-enzyme bisa digunakan untuk berbagai kebutuhan rumah tangga, salah satunya sebagai cairan pembersih karena sifatnya yang asam (Mardiani *et*

al., 2021). Kandungan asam organik yang cukup tinggi membuatnya sangat efektif untuk membersihkan, sehingga cocok digunakan untuk mencuci piring, mengepel lantai, mencuci pakaian, membersihkan toilet, hingga sebagai bahan tambahan dalam sabun mandi dan sampo (Battong & Tang, 2025). Pembersih berbasis enzim ini sepenuhnya alami, bebas dari zat kimia berbahaya, ramah lingkungan, serta aman di kulit. Selain itu, *eco-enzyme* ini juga berfungsi sebagai penolak serangga alami yang dapat membantu menjauhkan semut dan serangga lainnya dari area rumah (Saifuddin *et al.*, 2021).

Eco-enzyme diklaim mampu membersihkan dengan efektivitas yang sebanding dengan pembersih serbaguna yang umum dijual di pasaran, tapi bedanya, bahan ini sama sekali tidak mengandung zat kimia berbahaya (Rochyani *et al.*, 2020). Pembersih berbahan dasar *eco-enzyme* mengandung zat asam alami yang bekerja secara optimal dalam mengangkat kotoran (Khasanah *et al.*, 2023). Salah satu keunggulannya adalah aman digunakan, bahkan untuk orang yang memiliki kulit sensitif terhadap bahan-bahan kimia, karena tidak menyebabkan iritasi atau kerusakan pada kulit (Rochyani *et al.*, 2020).

2.5 Sabun Cair

Sabun adalah bahan pembersih yang sudah dikenal luas oleh masyarakat. Sabun merupakan produk yang dihasilkan melalui reaksi saponifikasi antara trigliserida dan larutan alkali (Salanti *et al.*, 2022). Secara umum, sabun merujuk pada garam dari asam lemak rantai panjang yang digunakan sebagai bahan pembersih. Sabun dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, seperti butiran, batangan, serpihan, maupun cair, dan dihasilkan melalui reaksi antara asam lemak alami dengan garam natrium atau kalium (Alum, 2024). Sabun termasuk dalam jenis surfaktan anionik yang dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, seperti mencuci, membersihkan, mandi, maupun keperluan medis. Secara umum pembuatan sabun dapat dilakukan melalui dua metode utama yaitu proses penyabunan (saponifikasi) dan proses netralisasi (Amelia & Hasibuan, 2023).

Bahan aktif alami yang terkandung pada produk sabun cair masih jarang dijumpai di pasaran. Sebagian besar sabun yang beredar umumnya menggunakan bahan aktif sintetis seperti *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS), triklosan, *Butylated Hydroxyanisole* (BHA), *Butylated Hydroxytoluene* (BHT), dan parabens yang berfungsi sebagai antioksidan dan bahan pengawet (Salendra *et al.*, 2018). Penggunaan bahan sintetis tersebut berpotensi memberikan dampak yang kurang baik terhadap kesehatan dan lingkungan, karena dapat menyebabkan kulit menjadi kering, gatal, dan mengalami kerusakan. Selain itu, beberapa senyawa tertentu telah diklasifikasikan sebagai karsinogen oleh lembaga internasional (Joshi & Pawar, 2015). Beberapa tahun terakhir, perkembangan kosmetik cenderung beralih ke produk alami (*natural product*) seiring dengan tren kembali ke alam (*back to nature*), sehingga produk sabun berbahan alami mulai mendapatkan perhatian dan disukai (Amelia & Hasibuan, 2023).

Proses pembuatan sabun cair umumnya memanfaatkan minyak nabati sebagai bahan dasar serta penambahan senyawa aktif untuk meningkatkan fungsinya (Mardiana & Solehah, 2020). Salah satu alternatif dalam pembuatan sabun alami adalah penggunaan sumber alkali alami sebagai pengganti bahan aktif tertentu, sehingga menghasilkan produk yang lebih aman bagi kulit serta lebih ramah lingkungan (Amelia & Hasibuan, 2023). Beberapa jenis minyak nabati yang umum digunakan dalam pembuatan sabun antara lain minyak kelapa, minyak kelapa sawit, dan *Virgin Coconut Oil* (VCO). Minyak kelapa dan minyak kelapa sawit merupakan bahan baku yang mampu menghasilkan sabun dengan kekentalan yang sesuai, stabilitas yang baik, serta daya pembentukan busa yang tinggi (Oktari *et al.*, 2017). Minyak kelapa, yang kaya akan asam laurat, berperan penting dalam meningkatkan kemampuan pembentukan busa pada sabun (Amelia & Hasibuan, 2023).

Penggunaan bahan aktif sintetis dalam pembuatan sabun cair berpotensi memberikan dampak negatif terhadap kulit, terutama menyebabkan iritasi pada kulit yang sensitif (Sufi *et al.*, 2023). Sebagai alternatif, bahan sintetis tersebut dapat digantikan dengan bahan yang lebih ramah lingkungan, yaitu *Methyl*

Ester Sulfonate (MES). MES merupakan surfaktan anionik yang diproduksi dari metil ester minyak inti sawit dan metil ester *Crude Palm Oil* (CPO) yang telah melalui proses pemurnian (Deli & Wahyuni, 2023). Proses produksi MES melibatkan reaksi sulfonasi dengan pereaksi yang mengandung gugus sulfat atau sulfit pada metil ester berbasis minyak kelapa sawit. Selain berasal dari sumber yang dapat diperbarui, MES juga bersifat lebih ramah lingkungan dibandingkan *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LABS), surfaktan anionik yang berbahan dasar minyak bumi (Yusuf *et al.*, 2024).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 2588–2017 mengenai Syarat Mutu Sabun Cair Pembersih Tangan, sabun cair yang memenuhi kriteria mutu memiliki nilai viskositas antara 400 hingga 4000 cPs, pH berkisar 4–11, serta kestabilan busa sebesar 60–100% (Sutanto *et al.*, 2022). Ketentuan baku mutu tersebut menjadi acuan dalam menentukan kualitas dan keamanan produk sabun cair. Standar ini juga berfungsi sebagai pedoman dalam formulasi, termasuk dalam penambahan bahan tambahan seperti *eco-enzyme*, agar mutu sabun tetap memenuhi parameter yang telah ditetapkan (Chairul *et al.*, 2025).

Salah satu bahan alami yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun cair yaitu *eco-enzyme*. Cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi tersebut mengandung beragam enzim katalitik antara lain lipase, tripsin, dan amilase yang berperan dalam menguraikan senyawa organik serta mampu menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri patogen (Battong & Tang, 2025). Selain itu, *eco-enzyme* juga memiliki kandungan alkohol dan asam organik, terutama asam asetat, yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba, serta senyawa bioaktif yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan (Kusumawati & Putri, 2022). Sabun cair berbahan *eco-enzyme* juga memiliki nilai ekonomis karena dapat menggantikan berbagai pembersih berbahan kimia (Tuhumury *et al.*, 2025). Di samping itu, *eco-enzyme* bersifat alami, mudah terurai, lembut di kulit, tidak menyebabkan iritasi, dan ramah lingkungan (Battong & Tang, 2025).

2.6 Penelitian Terdahulu

Sebagai dasar pendukung penelitian ini, perlu disajikan beberapa hasil studi terdahulu yang relevan. Penelitian-penelitian sebelumnya memberikan wawasan mengenai pemanfaatan berbagai bahan organik sebagai media alternatif dalam pembuatan *eco-enzyme* serta produk turunannya berupa sabun cair. Ringkasan hasil penelitian terkait topik ini disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Hasil	Perbedaan	Persamaan
1.	Pengaruh <i>Eco-enzyme</i> Pada Pembuatan Sabun Cair Dari Minyak Jelantah	R. Fathoni, A. Meyliana, D. P.Dhowi (Seminar Nasional Rekayasa Tropis Vol.4 no.1, 2024)	Penambahan <i>eco-enzyme</i> dalam pembuatan sabun cair menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kemampuan pembersihan, sabun cair yang dibuat telah memenuhi SNI karena memiliki nilai pH 9-10 yang menunjukkan bahwa formulasi sabun cair yang dihasilkan memenuhi kriteria sabun cair yang baik.	Perbedaannya adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan sabun cair berupa minyak jelantah	Karakterisasi fisikokimia sabun cair berupa pH dan uji daya busa
2.	Uji Organoleptik <i>Eco-enzyme</i> Dari Limbah Kulit Buah	R. Y. Viza (Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains	Kombinasi kulit buah yang digunakan sebagai bahan baku	Perbedaannya adalah bahan dasar pembuatan <i>eco-enzyme</i> . Penelitian ini	Metode yang digunakan dalam pembuatan <i>eco-enzyme</i> yaitu

		Vol.5, No.1, 2022)	pembuatan <i>eco-enzyme</i> menunjukkan adanya perbedaan dan pengaruh terhadap warna, aroma, dan pH <i>eco-enzyme</i> yang dihasilkan.	menggunakan kulit buah nanas, kulit mangga, kulit pisang, kulit jeruk nipis, kulit semangka, kulit buah naga dan kulit lemon	perbanding n gula jawa:sampel: air = 1:3:10 serta uji karakterisasi <i>eco-enzyme</i>
3.	Pemanfaatan <i>Eco-enzyme</i> Berbahan Dasar Limbah Kulit Jeruk Untuk Pembuatan Sabun Cair Yang Ramah Lingkungan Serta Pengujian Antibakteri dan Organoleptik nya	Z. Khasanah, A. N. Shilfiyah, R. N. Hidayati (<i>Jurnal Saintekbu</i> , Vol.1, No.1, 2023)	Produk sabun cair antiseptik dapat dibuat dengan bahan dasar <i>eco-enzyme</i> kulit jeruk dengan tambahan bahan lain seperti MES, NaOH dsb. Hasil uji organoleptik pada produk sabun tersebut mendapatkan warna bening sedikit kekuningan, bentuk cair dengan tekstur kental, banyak busa, lembut ketika digunakan, tidak lengket dan mudah dibilas.	Perbedaannya adalah bahan dasar pembuatan <i>eco-enzyme</i> . Peneliti ini menggunakan kulit buah jeruk	Metode yang digunakan dalam pembuatan <i>eco-enzyme</i> serta pemanfaatannya untuk pembuatan sabun cair
4.	Transformasi Limbah Organik Menjadi Produk Bernilai Tambah: Pengembang an Sabun Cair	R.Septiani, S.Sundari (<i>Jurnal Sains dan Teknologi</i> Vol.4, No.1, 2025)	Pada uji organoleptik yang menilai aspek warna, aroma, tampilan, jumlah busa, dan kualitas pembersihan menunjukkan bahwa	Fokus pada pembuatan sabun serta uji aktivitas antibakteri; tidak terdapat metode pembuatan <i>eco-enzyme</i>	Karakterisasi fisikokimia sabun cair berupa pH, viskositas dan uji daya busa.

Ramah Lingkungan		mayoritas responden memberikan tanggapan positif, dengan 66,7% menyatakan warna sabun menarik, 66,7% menilai aroma sangat baik, 50% menyatakan kualitas pembersihan sangat baik, dan 46,7% menilai jumlah busa dalam kategori baik.			
5.	Pembuatan dan Uji Organoleptik <i>Eco-enzyme</i> dari Kulit Buah Jeruk	S. P. Dewi, S. Devi, S. Ambarwati (Prosiding Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains dan Teknologi Vol.2, No.1, 2022)	Produk <i>eco-enzyme</i> mempunyai aroma asam segar khas kulit jeruk akibat terbentuknya asam asetat yang berfungsi sebagai desinfektan. Warna cairan berubah menjadi coklat keruh karena pengaruh gula jawa dan residu kulit jeruk, sedangkan volume <i>eco-enzyme</i> mengalami penurunan setelah fermentasi akibat terbentuknya gas selama	Perbedaannya adalah bahan dasar pembuatan <i>eco-enzyme</i> . Penelitian ini menggunakan kulit buah jeruk	Metode yang digunakan dalam pembuatan <i>eco-enzyme</i> serta karakterisasi fisikokimia <i>eco-enzyme</i>

			proses berlangsung.		
6.	Pembuatan Sabun Cair dari <i>Eco-enzyme</i> sebagai Bentuk Pemanfaatan Limbah Organik Rumah Tangga	J. Battong & M. Tang (<i>Jurnal Saintis</i> Vol.6, No.1, 2025)	<i>Eco-enzyme</i> ditambahkan ke dalam formulasi sabun dalam konsentrasi 2,5% dan 5%. Dari hasil formulasi, penambahan <i>eco-enzyme</i> menunjukkan integrasi yang baik dalam sabun, namun memberikan efek penurunan terhadap nilai pH dan volume busa yang dihasilkan. Analisis statistik menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan terhadap penurunan pH ($p = 0,038$) dan tinggi busa ($p = 0,027$) akibat penambahan <i>eco-enzyme</i> .	Perbedaannya adalah bahan dasar pembuatan <i>eco-enzyme</i> . Peneliti ini menggunakan kulit buah pepaya, nanas, dan jeruk; terdapat penambahan air suling dalam pembuatan sabun cair	Metode yang digunakan dalam pembuatan <i>eco-enzyme</i> serta pemanfaatannya untuk pembuatan sabun cair

2.7 Hipotesis

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

2.7.1 Hipotesis 1

1. H_0 : Tidak terdapat antioksidan *eco-enzyme* buah *B. gymnorhiza*.
2. H_1 : Terdapat antioksidan *eco-enzyme* buah *B. gymnorhiza*.

2.7.2 Hipotesis 2

1. H_0 : Penambahan *eco-enzyme* buah *B. gymnorhiza* tidak menyebabkan perbedaan dari segi pH, viskositas, dan daya busa yang signifikan dibandingkan dengan kontrol terhadap mutu sabun cair.
2. H_1 : Penambahan *eco-enzyme* buah *B. gymnorhiza* menyebabkan perbedaan dari segi pH, viskositas, dan daya busa yang signifikan dibandingkan dengan kontrol terhadap mutu sabun cair.

