

Literature Review

Review Artikel: Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) secara *In Vitro*

Ni Wayan Arny Tarama¹, Ni Putu Eka Leliqia^{1*}

¹ Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Indonesia

* Penulis Korespondensi: eka_leliqia@unud.ac.id

ABSTRAK: Tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) merupakan tanaman yang termasuk dalam suku Pandanaceae yang sering dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Artikel ini bertujuan untuk merangkum dan mengevaluasi penelitian-penelitian yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak pandan wangi. Penelusuran pustaka dilakukan menggunakan database Google Scholar dan PubMed. Tanaman pandan wangi mengandung berbagai senyawa seperti flavonoid, alkaloid, fenolik, minyak atsiri, dan tanin yang berkontribusi pada aktivitas antioksidan dan antibakteri. Bagian tanaman yang telah diuji untuk aktivitas antioksidan dan antibakteri meliputi daun, batang, serta akar dan bagian daun merupakan bagian yang paling banyak diteliti. Ekstrak daun pandan wangi memiliki aktivitas antioksidan yang mampu menghambat radikal bebas berdasarkan hasil pengujian secara *in vitro* dengan berbagai metode. Hasil antioksidan terbaik ditunjukkan oleh ekstrak etanol daun pandan wangi dengan nilai IC₅₀ sebesar 110,57 µg/mL (metode DPPH) dan 104,31 µg/mL (metode ABTS). Ekstrak etanol daun pandan wangi juga terbukti mampu menghambat pertumbuhan berbagai bakteri patogen yang telah diuji secara *in vitro* dengan metode difusi maupun dilusi. Hasil pengujian dengan metode difusi menunjukkan bahwa aktivitas terbaik ditunjukkan oleh ekstrak etanol daun pandan wangi terhadap *Streptococcus mutans* (Ø 17,6 mm) sedangkan dengan metode mikrodilusi, ekstrak etanol daun juga mampu memberikan hambatan terbaik pada bakteri yang sama dengan nilai KHM sebesar 3,9 µg/mL. Kandungan *pandamarilactonine-A* yang diisolasi dari daun pandan wangi terbukti memiliki aktivitas kuat terhadap *Pseudomonas aeruginosa* (KHM 15,6 µg/mL) dan *Escherichia coli* (KHM 62,5 µg/mL). Ekstrak daun pandan wangi menunjukkan potensi sebagai sumber alami antioksidan dan antibakteri, namun diperlukan studi lebih lanjut untuk memahami mekanisme aksi ekstrak tersebut.

KATA KUNCI: Antibakteri, Antioksidan, Daun, Pandan wangi, *Pandanus amaryllifolius*.

1. PENDAHULUAN

Pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) merupakan salah satu tanaman obat yang secara tradisional digunakan di negara-negara Asia Tenggara dan diyakini memiliki khasiat untuk berbagai penyakit (Bhuyan and Sonowal, 2021). Pandan wangi sering diolah sebagai teh, jus maupun ramuan tradisional yang didasarkan pada pengalaman turun-temurun masyarakat. Olahan pandan wangi dipercaya oleh masyarakat mampu mengatasi ketombe, pegal linu, serta menjaga kebersihan gigi (Sa'adah *et al.*, 2023). Tanaman tersebut diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk flavonoid, tanin, dan alkaloid, yang berkontribusi terhadap aktivitas biologisnya (Quyen *et al.*, 2020). Aktivitas biologis yang penting dari ekstrak pandan wangi diantaranya adalah aktivitas antioksidan dan antibakterinya.

Aktivitas antioksidan merujuk pada kemampuan senyawa untuk menangkal radikal bebas yang menjadi penyebab rusaknya sel dan jaringan. Radikal bebas terkait dengan penyakit

degeneratif, diantaranya penyakit jantung, kanker, dan penuaan dini. Oleh karena itu, sumber antioksidan alami seperti pandan wangi menjadi sangat penting untuk dipelajari lebih lanjut (Suwannakul *et al.*, 2018). Di sisi lain, aktivitas antibakteri merujuk pada kemampuan senyawa untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri patogen penyebab infeksi. Sehingga pengobatan penyakit infeksi karena bakteri tidak mungkin dilakukan tanpa penggunaan antibiotik. Namun, kemanjuran antibiotik medis terus menurun karena penyebaran resistensi antimikroba dan kurangnya agen antimikroba baru (Baranova *et al.*, 2023). Salah satu cara mengatasi ancaman resistensi obat adalah dengan menggunakan antimikroba berbasis tanaman (Alibi *et al.*, 2021). Pandan wangi, dengan kandungan senyawa bioaktifnya, berpotensi menjadi alternatif atau pelengkap dalam pengobatan infeksi bakteri (Zuraida *et al.*, 2021). Penelitian secara *in vitro* memberikan wawasan awal yang penting mengenai potensi biologis dari ekstrak tanaman. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan dan antibakteri dalam kondisi laboratorium yang terkendali, sebelum melanjutkan ke uji klinis atau aplikasi praktis lainnya (Suwannakul *et al.*, 2018; Zuraida *et al.*, 2021).

Artikel review ini bertujuan untuk mengulas berbagai penelitian yang telah dilakukan terkait aktivitas antioksidan dan antibakteri dari ekstrak pandan wangi, serta kandungan fitokimia dan dugaan mekanisme kerja dari senyawa tersebut. Artikel ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai potensi pandan wangi sebagai sumber antioksidan dan antibakteri alami.

2. METODE

Artikel ini disusun dengan mengumpulkan data-data terkait senyawa fitokimia, aktivitas antioksidan dan antibakteri tanaman pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.). Seluruh data mengenai aktivitas tanaman pandan wangi dikumpulkan menggunakan database ilmiah internasional dan nasional. Database yang digunakan meliputi Google Scholar dan PubMed dengan menggunakan kata kunci antibakteri, *antibacterial*, *antioxidant*, antioksidan, daun, akar, batang, pandan wangi, dan *Pandanus amaryllifolius*, skrining fitokimia, dan *chemical constituents*.

Jurnal ilmiah internasional yang digunakan sebanyak 24, diantaranya telah terindeks scopus dengan kriteria Scimago Q1 sebanyak 4 jurnal, Q2 sebanyak 3 jurnal, Q3 sebanyak 11 jurnal, dan Q4 sebanyak 1 jurnal. Untuk jurnal ilmiah nasional terdapat 6 jurnal, yang telah terakreditasi SINTA 2 sebanyak 1 jurnal, SINTA 3 sebanyak 2 jurnal dan SINTA 5 sebanyak 3 jurnal. Data yang diperoleh dari jurnal tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyiapan tanaman obat untuk tujuan eksperimental merupakan langkah awal dan penentu dalam mencapai hasil penelitian yang berkualitas. Hal ini melibatkan ekstraksi serta penentuan kualitas dan kuantitas konstituen bioaktif sebelum dilanjutkan dengan pengujian efek biologis (Abubakar and Haque, 2020). Ekstrak merupakan hasil ekstraksi yang mengandung campuran multikomponen dari senyawa fitokimia aktif, sebagian aktif, dan tidak aktif, dan aktivitas farmakologinya sering kali tidak hanya pada satu target. Komposisi senyawa fitokimianya bervariasi tergantung pada metode penyiapan dan bagian tanaman yang digunakan. Kompleksitas dan variabilitas ini berdampak pada reproduktifitas dan interpretasi hasil studi aktivitas farmakologi (Heinrich *et al.*, 2022).

3.1 Senyawa Fitokimia Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius*)

Secara umum, daun lebih banyak diteliti dibandingkan bagian tanaman lainnya. Hal ini karena bagian utama dari tanaman pandan wangi yang berkhasiat adalah bagian daunnya (Hidayani, *et al.*, 2021). Berdasarkan data pada Tabel 1, ekstrak daun pandan wangi yang diekstraksi dengan berbagai pelarut menghasilkan berbagai senyawa fitokimia seperti flavonoid, alkaloid, polifenol, tanin, terpenoid, dan fenol. Berbeda dengan ekstrak akar pandan wangi yang cenderung mengekstrak senyawa makromolekul yang lebih besar. Kandungan yang ditemukan dalam ekstrak tersebut diantaranya selulosa, hemiselulosa, lignin, protein, karbohidrat dan lemak, yang mana selulosa merupakan komponen utamanya (Lomthong *et al.*, 2022).

Pemilihan pelarut merupakan salah satu tahapan persiapan ekstraksi. Selektivitas pelarut untuk mengekstrak senyawa target dari suatu bahan tumbuhan berkaitan dengan kompatibilitas polaritas keduanya (Azwanida, 2015). Kualitas senyawa fitokimia, kecepatan proses ekstraksi, dan keamanan ekstrak yang diperoleh harus diperhatikan ketika menentukan pelarut (Sinha *et al.*, 2022). Beragam pelarut, seperti etil asetat, air, metanol serta etanol sudah dimanfaatkan untuk mengekstrak senyawa bioaktif dari bahan tanaman. Namun, pemilihan etanol sebagai pelarut ekstraksi dianggap memberikan banyak keuntungan dibandingkan pelarut organik lainnya, yaitu relatif lebih aman (kurang beracun) (Abarca-Vargas *et al.*, 2016; Lohvina *et al.*, 2022). Etanol lebih umum digunakan untuk proses ekstraksi daun pandan wangi (Tabel 1). Penggunaan etanol dalam ekstraksi daun pandan wangi efektif melarutkan berbagai jenis senyawa fitokimia polar dan semi-polar. Namun, perbedaan konsentrasi etanol yang digunakan juga dapat mempengaruhi jenis senyawa yang diekstraksi. Polaritas pelarut etanol dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi air yang terkandung dalam etanol. Semakin banyak kandungan air di dalam etanol, maka terjadi peningkatan polaritas jika dibandingkan dengan polaritas etanol absolut (Tiwari *et al.*, 2011). Kandungan air dari Etanol absolut adalah 0,01% (v/v) (Covington and Dickinson, 1973). Pelarut dengan polaritas tinggi memiliki kemampuan untuk mengekstrak golongan senyawa dengan polaritas yang lebih luas (Do *et al.*, 2014). Pada tabel 1, terlihat pelarut yang umumnya digunakan ekstraksi daun pandan wangi adalah etanol 96%. Jitrangsri *et al.* (2020) melaporkan bahwa semakin tinggi kandungan etanol dalam pelarut ekstraksi, semakin tinggi randemen ekstrak yang diperoleh yang mungkin berpengaruh terhadap kandungan senyawa fitokimianya.

Terdapat juga penelitian yang menggunakan metanol sebagai pelarut dalam proses ekstraksi daun dan akar pandan wangi. Metanol merupakan pelarut polar dan bersifat universal, karena selain dapat mengekstrak komponen polar, metanol juga dapat mengekstrak komponen non polar (Riyadi *et al.*, 2023). Laluces *et al.*, (2015) menggunakan pelarut metanol untuk memperoleh kandungan alkaloid kompleks daun pandan wangi seperti *pandamarilactone* dan *pandamarilactonine*. Kedua senyawa alkaloid tersebut tergolong jenis senyawa alkaloid dengan gugus fungsi polar seperti gugus karbonil (C=O), gugus hidroksil (–OH) dan gugus amina (–NH₂ atau –NH). Adanya gugus fungsi tersebut memungkinkan interaksi yang kuat dengan molekul-molekul pelarut polar seperti metanol. Interaksi terjadi melalui ikatan hidrogen antara gugus polar dalam *pandamarilactone* dan *pandamarilactonine* dengan gugus hidroksil dalam metanol, menjadikan kedua senyawa ini larut dalam metanol (Tan and

Takayama, 2019). Penggunaan kombinasi pelarut etil asetat dan etanol 96% juga menunjukkan kemampuan dalam mengekstrak berbagai spektrum senyawa fitokimia (Bali *et al.*, 2019).

Tabel 1. Kandungan Senyawa Fitokimia pada Ekstrak Pandan Wangi`

Metode Ekstraksi (Pelarut)	Kandungan Senyawa Fitokimia	Referensi
Bagian Daun		
Maserasi (etil asetat-etanol 96%)	Flavonoid, alkaloid, polifenol, dan tanin	(Bali dkk., 2019)
Maserasi (etanol 96%)	Flavonoid, tanin, saponin, terpenoid, glikosida dan alkaloid	(Hidayani, <i>et al.</i> , 2021)
Maserasi (etanol 96%)	Flavonoid, alkaloid, dan tanin	(Wananggari dan Oktavilantika, 2024)
Maserasi (etanol 96%)	Flavonoid, alkaloid, fenol dan tanin	(Zuraida dan, 2021)
Maserasi (etanol 70%)	Flavonoid, alkaloid, polifenol, dan tanin	(Utami dan Rosa, 2021)
Maserasi (etanol 70%)	Senyawa polifenol	(Suwannakul <i>et al.</i> , 2018)
Maserasi (etanol 96%)	Flavonoid, alkaloid, saponin dan tanin	(Juariah dkk., 2022)
Maserasi (etanol)	Antrakuinon, flavonoid, terpenoid, kumarin, dan saponin	(Quyen <i>et al.</i> , 2020)
Maserasi (air)	Alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan kumarin	(Quyen <i>et al.</i> , 2020)
Maserasi (metanol)	Flavonoid, alkaloid, fenol dan tanin	(Hadi, 2015)
Perkolasi (metanol)	Alkaloid (<i>pandamarilactonine-A</i> , <i>pandamarilactonine-B</i> , <i>pandamarilactone-1</i> , <i>pandamarilactone-32</i>)	(Laluces <i>et al.</i> , 2015)
MAE (etanol 75%)	Polifenol	(Zaki <i>et al.</i> , 2020)
Soxhlet (metanol)	Fenol, flavonoid, tanin, saponin, antosianin, dan karotenoid	(Jaisankar <i>et al.</i> , 2023)
Hidrodistilasi	Minyak atsiri (Komponen utama: fitol, <i>α-thujaplicin</i> , dodekanol, n-tetradekanol, dan benzil acetat)	(Mar <i>et al.</i> , 2019)
Bagian Akar		
Maserasi (metanol)	Selulosa, hemiselulosa, lignin, protein	(Lomthong <i>et al.</i> , 2022)
Soxhlet (metanol)	Fenol, flavonoid, tanin, saponin, antosianin, dan karotenoid	(Jaisankar <i>et al.</i> , 2023)
Bagian Batang		
Soxhlet (metanol)	Fenol, flavonoid, tanin, saponin, antosianin, dan karotenoid	(Jaisankar <i>et al.</i> , 2023)

Pada tabel 1, terlihat beberapa metode digunakan untuk mengekstraksi kandungan senyawa fitokimia dari daun, batang, dan akar pandan wangi. Metode ekstraksi yang digunakan juga berpengaruh terhadap kandungan ekstrak yang diperoleh. Teknik ekstraksi tradisional, seperti perkolasi, maserasi dan ekstraksi refluks, umumnya melibatkan penggunaan pelarut

organik dalam jumlah yang banyak dan ekstraksi dilakukan dengan waktu yang lebih panjang. Sebagian teknik ekstraksi terkini atau bersifat *eco-friendly*, seperti ekstraksi fluida superkritis (*supercritical fluid extraction*), ekstraksi fluida bertekanan (*pressurized fluid extraction*), dan *microwave-assisted extraction* (MAE), juga telah diaplikasikan pada ekstraksi bahan alam dan memiliki kelebihan yaitu jumlah pelarut organik yang lebih rendah, proses ekstraksi yang lebih efisien serta peningkatan selektivitas (Zhang *et al.*, 2018). Penggunaan metode maserasi pada proses ekstraksi menghasilkan spektrum yang luas dari senyawa fitokimia, termasuk flavonoid, alkaloid, fenol, dan tanin. Sedangkan metode perkolasi lebih efektif dalam mengekstrak senyawa spesifik dalam kondisi yang lebih terkendali (Manousi *et al.*, 2019). Metode ini lebih efisien dibandingkan metode maserasi karena melibatkan proses kontinyu pergantian pelarut jenuh secara terus-menerus dengan pelarut baru (Zhang *et al.*, 2018). Lalluce *et al.* (2015) menerapkan metode perkolasi dengan metanol sebagai pelarut untuk memperoleh ekstrak daun pandan wangi yang dipisahkan lebih lanjut sehingga diperoleh 4 isolat alkaloid (Tabel 1). Fu *et al.* (2008) juga menggunakan metode perkolasi untuk mengidentifikasi kandungan alkaloid dari ekstrak Goupil patch (sediaan campuran obat cina yang mengandung 29 bahan) namun pelarut ekstraksi yang digunakan etanol. Kedua peneliti tersebut menggunakan metode yang sama namun pelarut yang berbeda. Semua bentuk alkaloid atau bentuk garam bebasnya dapat dilarutkan dalam metanol atau etanol, namun, polaritas metanol lebih tinggi daripada etanol, dengan titik didih lebih rendah, sehingga metanol memiliki kemampuan melarutkan garam alkaloid yang lebih baik (Tuan *et al.*, 2023). Hidrodistilasi merupakan metode konvensional untuk ekstraksi senyawa bioaktif, terutama minyak atsiri dari tanaman yang melibatkan tiga proses fisikokimia utama yaitu hidrodifusi, hidrolisis, dan dekomposisi dengan panas (Oreopoulou *et al.*, 2019). Metode ini sesuai untuk bagian tanaman baik segar maupun kering yang tidak rusak karena pemanasan (Akdağ and Öztürk, 2019). Mar *et al.* (2019) menggunakan metode hidrodistilasi untuk memperoleh kandungan minyak atsiri dari daun pandan wangi, dengan kandungan utama senyawa *phytol* (21,35%). Senyawa tersebut secara luas digunakan dalam industri wewangian.

3.1 Aktivitas Antioksidan Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius*)

Stres oksidatif berperan penting dalam perkembangan penyakit kronis seperti penyakit kardiovaskular, diabetes, penyakit neurodegeneratif, dan kanker. Paparan berkelanjutan pada kenaikan kadar faktor pro-oksidan mampu mengakibatkan kecacatan struktur dari DNA mitokondria serta pergeseran fungsi dari sebagian enzim dan struktur sel, yang mampu mengakibatkan abnormalitas ekspresi gen (Padureanu *et al.*, 2019). Gaya hidup modern terkait pola makan, paparan berbagai bahan kimia, dan kurang olahraga berperan penting dalam berkembangnya stres oksidatif. Namun, penggunaan tanaman obat dengan sifat antioksidan telah dimanfaatkan karena kemampuannya untuk mengobati atau mencegah beberapa penyakit pada manusia yang disebabkan oleh stres oksidatif (Sharifi-Rad *et al.*, 2020).

Aktivitas antioksidan dapat diukur menggunakan metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) dan ABTS (2,2'-azino-bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid) (Tabel 2). Uji ABTS memiliki sensitivitas yang lebih tinggi daripada DPPH (Floegel *et al.*, 2011). Berdasarkan kemampuan senyawa antioksidannya, DPPH dan ABTS mempunyai mekanisme reaksi yang berbeda. Pada DPPH, kemampuan suatu senyawa dalam menangkap radikal bebas didasarkan pada kemampuan senyawa tersebut dalam menyumbangkan atom hidrogen. Namun

pada uji ABTS, aktivitas senyawa antioksidan dilihat berdasarkan kemampuannya mendonorkan radikal proton sehingga dapat menstabilkan senyawa radikal bebas (Müller *et al.*, 2011) Aktivitas antiradikal mengacu pada kemampuan suatu senyawa untuk berinteraksi dengan radikal bebas (dalam reaksi radikal bebas), sedangkan aktivitas antioksidan adalah kemampuan untuk menghambat proses oksidatif. Oleh karena itu, sistem pengujian DPPH dan ABTS memberikan informasi berbeda tentang radikal bebas dan aktivitas antioksidan (Kusumorini *et al.*, 2021). Indikator utama efektivitas antioksidan adalah nilai IC₅₀, yaitu konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas. IC₅₀ dihitung dari grafik yang menggambarkan persentase penangkal radikal bebas (%RSA/*Radical Scavenging Activity*) terhadap konsentrasi sampel uji (µg/mL). Semakin rendah nilai IC₅₀, semakin kuat kemampuan antioksidan suatu ekstrak (Gulcin *and* Alwasel, 2023).

Tabel 2. Aktivitas Antioksidan Pandan Wangi

Metode Ekstraksi (Pelarut)	DPPH IC ₅₀ (µg/mL)	DPPH (% RSA)	ABTS IC ₅₀ (µg/mL)	Referensi
Bagian Daun				
Maserasi (air)	265,73	-	204,99	(Quyen <i>et al.</i> , 2020)
Soxhlet (metanol)	-	72,48 ± 8,82	-	(Jaisankar <i>et al.</i> , 2023)
Maserasi (etanol 70%)	110,57	-	-	(Suwannakul <i>et al.</i> , 2018)
MAE (etanol 75%)	-	77,70	-	(Zaki <i>et al.</i> , 2020)
Soaking (etanol 75%)	-	46,01	-	(Zaki <i>et al.</i> , 2020)
Maserasi (etanol)	129,32	-	104,31	(Quyen <i>et al.</i> , 2020)
Bagian Akar				
Maserasi (metanol)	230,24	-	-	(Lomthong <i>et al.</i> , 2022)
Soxhlet (metanol)	-	56,60 ± 9,66	-	(Jaisankar <i>et al.</i> , 2023)
Bagian Batang				
Soxhlet (metanol)	-	52,59 ± 1,44	-	(Jaisankar <i>et al.</i> , 2023)

IC₅₀= Inhibition Concentration 50%; DPPH= 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl; ABTS= ,2,2- azinobis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid); RSA= Radical Scavenging Activity; MAE= Microwave-assisted Extraction

Berdasarkan Tabel 2, aktivitas antioksidan tertinggi berdasarkan nilai IC₅₀ ditunjukkan oleh ekstrak etanol daun pandan wangi baik dengan metode DPPH (Suwannakul *et al.*, 2018) maupun ABTS (Quyen *et al.*, 2020), namun kekuatannya masih termasuk katagori sedang (IC₅₀ 100–150 µg/mL) (Fatmawaty *et al.*, 2019). Berdasarkan nilai % RSA (kemampuan menangkal radikal bebas), aktivitas antioksidan tertinggi diperlihatkan oleh ekstrak etanol 75% daun pandan wangi yang diperoleh melalui metode *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dengan nilai persentase RSA sebesar 77,70% (Zaki *et al.*, 2020). Aktivitas tersebut dapat disebabkan oleh pemilihan metode ekstraksi yang secara langsung berpengaruh terhadap kandungan senyawa fikokimia. Penggunaan metode MAE, yang dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa aktif seperti flavonoid dan polifenol, yang dikenal memiliki potensi antioksidan

tinggi. Metode ini telah banyak dibuktikan sebagai salah satu metode yang dipilih untuk meningkatkan potensi antioksidan dari bahan alam (Milani *et al.*, 2020; Nana *et al.*, 2021). Beberapa studi telah menjelaskan mekanisme golongan senyawa fitokimia sebagai antioksidan. Flavonoid mencegah lipid peroksidasi dan bertindak sebagai pembersih radikal, seperti superoksida, lipid peroksida, dan senyawa terhidroksilasi, serta menyebabkan inaktivasi molekul oksigen tunggal dan pencegahan aktivitas lipoksigenase. Potensi flavonoid yang tinggi dalam menghambat radikal bebas berkaitan dengan kemampuannya untuk mentransfer atom hidrogen dari gugus hidroksil ke radikal bebas (Hassanpour *and* Doroudi, 2023). Sifat antioksidan dari senyawa polifenol karena senyawa tersebut dapat bereaksi dengan berbagai radikal bebas. Mekanisme kerja antioksidannya melibatkan transfer atom hidrogen, *Sequential Proton Loss Electron Transfer* (SPLET), transfer elektron tunggal, dan membentuk kelat dengan logam transisi (Zeb, 2020).

3.2 Aktivitas Antibakteri Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius*)

Ada beberapa metode untuk evaluasi kerentanan terhadap antimikroba secara *in vitro*: yang paling umum digunakan adalah metode difusi cakram agar (metode difusi cakram Kirby-Bauer) dan metode mikrodilusi (Palladini *et al.*, 2023). Metode difusi cakram agar telah lama digunakan dalam uji diagnostik karena mudah digunakan, biaya rendah, dan fleksibilitas dalam jenis dan jumlah agen antimikroba yang akan diuji. Namun, beberapa keterbatasan memengaruhi kinerja keseluruhan metode ini yaitu metode ini memungkinkan untuk menguji satu nilai konsentrasi antimikroba, metode ini bergantung pada operator untuk pelaksanaan, pembacaan, dan interpretasi diameter zona penghambatan, dan metode ini hanya memberikan hasil kualitatif (rentan, intermediet, atau resisten) (CLSI, 2022; Palladini *et al.*, 2023). Selain itu kelemahan dari metode tersebut adalah penggunaan media agar yang merupakan matriks berbasis air, sehingga senyawa antimikroba non-polar (seperti yang umum ditemukan di banyak produk alami) atau senyawa antimikroba dengan berat molekul yang lebih tinggi mungkin tidak dapat berdifusi dengan mudah melalui agar (Eloff, 2019). Metode mikrodilusi telah digunakan secara luas untuk menguji berbagai macam agen antimikroba, termasuk antibiotik konvensional dan agen antibakteri baru. Metode ini memungkinkan untuk memperoleh hasil kuantitatif, yaitu Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), yang biasanya didefinisikan sebagai konsentrasi terendah agen yang sepenuhnya menghambat atau mencegah pertumbuhan organisme uji (CLSI, 2018). Metode mikrodilusi juga cocok untuk digunakan dalam sistem yang dapat diukur secara otomatis menggunakan alat (Lazou dan Chaintoutis, 2023). Green *et al.* (2020) memodifikasi pengujian dengan metode mikrodilusi dimana pengamatan titik akhir (*end point*) untuk menentukan nilai KHM didasarkan atas nilai OD (*optical density*) menggunakan spektrofotometer daripada mengandalkan titik akhir secara subjektif yang ditentukan secara visual.

Pengujian aktivitas antibakteri pandan wangi dilakukan terhadap bakteri Gram-negatif dan Gram-positif. Kedua jenis bakteri tersebut dapat menyebabkan infeksi dengan berbagai mekanisme. Bakteri gram positif seperti *A β-haemolytic streptococcus* grup A dan *S. aureus* dapat melakukan invansi ekstraseluler dengan menghancurkan sel pelindung jaringan untuk menyebar ke dalam inang sambil tetap berada di luar sel inang (Wilson *et al.*, 2002). *S. aureus* merupakan salah satu bakteri nosokomial yang paling umum dengan kemampuannya menyebabkan berbagai macam penyakit manusia, mulai dari lesi kulit hingga infeksi invasif

dan lebih serius, misalnya osteomielitis, artritis septik, pneumonia, endokarditis, dan meningitis. Bakteri gram negatif dapat menyebabkan berbagai macam penyakit pada manusia seperti infeksi pada saluran kemih, bakterimia, sepsis/meningitis, dan infeksi saluran pencernaan. Contoh bakteri Gram negatif adalah *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Al-jebory *et al.*, 2022)

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4, aktivitas antibakteri pandan wangi yang diidentifikasi dengan zona hambat yang kuat ditunjukkan oleh ekstrak etanol daun pandan wangi dengan konsentrasi 75% terhadap bakteri Gram-positif, yakni *Streptococcus mutans* (Ø17, 6 mm) (Wananggari and Oktavilantika, 2024). Nilai zona hambat berkisar antara 15–19 mm dikategorikan kuat (Balouiri *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil pada Tabel 3 dan Tabel 4, nilai KHM paling baik ditunjukkan oleh ekstrak etanol 70% daun pandan wangi sebesar 3,9 µg/mL terhadap bakteri *S. mutans* (Suwannakul *et al.*, 2018). Aktivitasnya termasuk ke dalam kategori sangat aktif karena nilai KHM yang ditunjukkan kurang dari 100 µg/mL (Puvača *et al.*, 2021). Pengujian dengan kedua metode tersebut, walaupun berbeda sampel uji, kedua ekstrak memberikan aktivitas terbaik dalam menghambat pertumbuhan *S. mutans* yang merupakan penyebab karies pada gigi. Habitat alami bakteri tersebut berada di rongga mulut manusia, khususnya plak gigi, yang merupakan multispecies biofilm yang terbentuk pada permukaan keras gigi (Lemos *et al.*, 2019). Aktivitas antibakteri yang diperlihatkan oleh ekstrak etanol daun pandan wangi pada penelitian Wananggari and Oktavilantika (2024) serta Suwannakul *et al.* (2018) diduga karena keberadaan dari senyawa fitokimianya seperti flavonoid, alkaloid, tanin dan fenol. Kandungan flavonoid dapat membunuh bakteri dengan cara merusak lapisan pelindung bakteri (membran sel) melalui pembentukan ikatan kimia dengan protein-protein penting pada bakteri (Zendrato *et al.*, 2021). Senyawa tanin bekerja dengan merusak dinding pelindung bakteri sehingga bakteri tidak dapat bertahan hidup (Prasetyorini *et al.*, 2019). Aktivitas antibakteri dari senyawa fenolik dikaitkan dengan kemampuannya dalam merusak membran bakteri, menghambat faktor virulensi seperti toksin dan enzim, dan menghambat terbentuknya biofilm bakteri (Miklasińska-Majdanik *et al.*, 2018).

Pada Tabel 3 dan 4 juga terlihat bahwa senyawa fitokimia yang lebih spesifik seperti alkaloid dan golongan minyak atsiri yang terkandung dalam daun pandan wangi terbukti memiliki aktivitas antibakteri. Lallouche *et al.* (2015) yang berhasil mengisolasi 4 isolat alkaloid membuktikan bahwa isolat tersebut memiliki aktivitas antibakteri. *Pandamarilactone-1*, *Pandamarilactone-32*, dan *Pandamarilactone-B* memiliki aktivitas antibakteri dengan kategori aktif terhadap bakteri uji *P. aeruginosa*, *E. coli* dan *S. aureus*, serta hanya *Pandamarilactone-A* yang memiliki aktivitas antibakteri dengan kategori sangat aktif terhadap ketiga bakteri uji. Nilai KHM 100-500 µg/mL menunjukkan aktivitas antibakteri masuk kategori aktif (Puvača *et al.*, 2021). Alkaloid bertindak sebagai antibakteri dengan berbagai cara, seperti menghambat sintesis protein dan asam nukleat bakteri, mengubah permeabilitas membran sel bakteri, merusak dinding sel dan membran sel bakteri, menghambat metabolisme bakteri, serta menghalangi fungsi pompa efluks (Yan *et al.*, 2021). Mar *et al.* (2019) juga berhasil memperoleh ekstrak dengan kandungan minyak atsiri utamanya adalah fitol, *α-thujaplicin*, dodekanol, n-tetradekanol, dan benzil acetat serta terbukti memiliki aktivitas antibakteri dengan kategori sangat aktif pada bakteri *P. aeruginosa*, *E. coli* dan *Micrococcus luteus* serta kategori aktif pada bakteri *S. aureus*. Lee *et al.* (2016) mengkonfirmasi karakteristik kematian sel bakteri yang diinduksi oleh *phytol* seperti

akumulasi ROS, kerusakan DNA, pembelahan sel, dan depolarisasi membran, serta diduga senyawa tersebut menyebabkan kerusakan DNA pada bakteri *P. aeruginosa* yang dimediasi stres oksidatif.

Tabel 3. Aktivitas Antibakteri Pandan Wangi terhadap Bakteri Gram-Negatif

Metode Ekstraksi (Pelarut)	Metode Uji Antibakteri	Spesies Bakteri	Aktivitas Antibakteri			Referensi
			KHM (µg/mL)	KBM (µg/mL)	Zona Hambat, mm (% Konsentrasi Ekstrak)	
Bagian Daun						
Perkolasi (Metanol)						
–Pandamarilactonine-A	Mikrodilusi	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15,6	31,25	-	(Laluces <i>et al.</i> , 2015)
		<i>Escherichia coli</i>	62,5	125	-	
–Pandamarilactonine-B		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	500	>500	-	
		<i>Escherichia coli</i>	500	>500	-	
–Pandamarilactone-1		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	500	500	-	
		<i>Escherichia coli</i>	500	>500	-	
–Pandamarilactone-32		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	500	>500	-	
		<i>Escherichia coli</i>	125	250	-	
Maserasi (Etanol 70%)	Mikrodilusi	<i>Porphyromonas gingivalis</i>	125	-	-	(Suwannakul <i>et al.</i> , 2018)
Maserasi (Etanol)	Difusi sumur	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	9,4-13,2 (70-100)	(Zuraida dkk., 2021)
Maserasi (Etanol)	Difusi cakram	<i>Shigella dysenteriae</i>	-	-	8,9-11 (40-60)	(Jacky dkk., 2019)
		<i>Vibrio cholerae</i>	-	-	8,1-11,2 (40-60)	
		<i>Escherichia coli</i>	-	-	8,1-11,2 (40-60)	
Maserasi (Etil asetat-Etanol)	Difusi cakram	<i>Salmonella typhi</i>	-	-	11,6-15,3 (25-100)	(Bali dkk., 2019)
Maserasi (Etil asetat)	Difusi cakram dan Dilusi Padat	<i>Escherichia coli</i>	5.000	45.000	TD	(Mardiyaningsih dan Aini, 2014)
Hidrodistilasi (Minyak Atsiri)	Difusi cakram dan Mikrodilusi	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	62,5	-	8,0 ± 1,6	(Mar <i>et al.</i> , 2019)
		<i>Escherichia coli</i>	31,25	-	15,3 ± 2,1	
Bagian Akar						
Metanol	Difusi cakram	<i>Escherichia coli</i>	-	-	TD (1,25-10)	(Lomthong <i>et al.</i> , 2022)

TD = Tidak Terdeteksi; KBM = Konsentrasi Bunuh Minimum; KHM = Konsentrasi Hambat Minimum

Tabel 4. Aktivitas Antibakteri Pandan Wangi terhadap Bakteri Gram-Positif

Metode Ekstraksi (Pelarut)	Metode Uji Antibakteri	Spesies Bakteri	Aktivitas Antibakteri			Referensi
			KHM (µg/mL)	KBM (µg/mL)	Zona Hambat, mm (% Konsentrasi Ekstrak)	
Bagian Daun						
Perkolasi (Metanol)						
–Pandamarilactonine-A	Mikrodilusi	<i>Staphylococcus aureus</i>	250	500	-	(Laluces <i>et al.</i> , 2015)
–Pandamarilactonine-B			250	500	-	
–Pandamarilactone-1			250	500	-	
–Pandamarilactone-32			250	500	-	
Maserasi (Etanol 70%)	Mikrodilusi	<i>Streptococcus sanguinis</i>	31,25	-	-	(Suwannakul <i>et al.</i> , 2018)
		<i>Streptococcus salivarius</i>	62,5	-	-	
		<i>Streptococcus mutans</i>	3,9	-	-	
Maserasi (Etanol)	Difusi sumur	<i>Propionibacterium acnes</i>	-	-	7-9 (15-30)	(Wananggari dan Oktavilantika, 2024)
Maserasi (Etanol)	Difusi cakram	<i>Bacillus cereus</i>	-	-	7,9-10,13 (40-60)	(Jacky dan., 2019)
		<i>Enterococcus faecalis</i>	-	-	8,1-10,2 (40-60)	
Maserasi (Etanol)	Difusi cakram	<i>Streptococcus mutans</i>	-	-	10,3-17,6 (25-75)	(Juariah dan, 2022)
Maserasi (Etil asetat)	Difusi cakram dan Dilusi padat	<i>Staphylococcus aureus</i>	11.000	67.000	-	(Mardiyaningsih dan Aini, 2014)
Hidrodistilasi (Minyak Atsiri)	Difusi cakram dan Mikrodilusi	<i>Micrococcus luteus</i>	31,25	-	10,7 ± 0,9	(Mar <i>et al.</i> , 2019)
		<i>Staphylococcus aureus</i>	125	-	8,0 ± 0,8	
Bagian Akar						
Metanol	Difusi cakram	<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	3-9,75 (1,25-10)	(Lomthong <i>et al.</i> , 2022)

KHM = Konsentrasi Hambat Minimum; KBM = Konsentrasi Bunuh Minimum

4. KESIMPULAN

Ekstrak etanol daun pandan wangi memperlihatkan aktivitas antioksidan yang mampu menangkal radikal DPPH (IC_{50} = 110,57 μ g/mL) dan ABTS (IC_{50} = 104,31 μ g/mL). Ekstrak etanol daun pandan wangi juga efektif terhadap bakteri Gram-positif, terutama *S. mutans*, dengan zona hambat yang kuat dan KHM yang rendah (3,9 μ g/mL). Hal tersebut disebabkan oleh adanya senyawa fitokimia diantaranya seperti flavonoid, alkaloid, senyawa fenolik, dan minyak atsiri yang berperan penting dalam mekanisme antioksidan dan antibakteri. Flavonoid dan senyawa fenolik dikatakan dapat menghambat radikal bebas salah satunya karena memiliki kemampuan untuk mentransfer atom hidrogen dari gugus hidroksil ke radikal bebas. Senyawa alkaloid *Pandamarilactonine-A* yang telah berhasil diisolasi dari daun pandan wangi dan kandungan minyak atsiri dari daun pandan wangi telah terbukti sangat aktif sebagai antibakteri, khususnya pada bakteri Gram negatif *P. aeruginosa* dan *E. coli*. Potensi daun pandan wangi sebagai antioksidan dan antibakteri yang telah terbukti dapat dijadikan dasar untuk penelitian lebih lanjut sehingga nantinya dapat dikembangkan menjadi produk sediaan farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abarca-Vargas, R., Malacara, C. F. P., and Petricevich, V. L. (2016). Characterization of chemical compounds with antioxidant and cytotoxic activities in bougainvillea x buttiana holttum and standl, (*Var. rose*) extracts. *Antioxidants*, 5(45), 1–11.
- Abubakar, A. R., and Haque, M. (2020). Preparation of medicinal plants: basic extraction and fraction action procedures for experimental purposes. *Journal of Pharmacy and Bioallide Sciences*, 12(1), 1-10.
- Akdağ, A., and Öztürk, E. (2019). Distillation methods of essential oils. *Nisan*, 45(1), 22-31.
- Alibi, S., Crespo, D., and Navas, J. (2021). Plant-Derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, 10(3), 1–19.
- Azwanida, N. N. (2015). Medicinal & aromatic plants a review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal and Aromatic Plants*, 4(3), 1–6.
- Bali, P. N. C., Raif, A., dan Tarigan, S. B. (2019). Uji efektivitas daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) sebagai antibakteri terhadap *Salmonella typhi*. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 6(1), 59–64.
- Baranova, A. A., Alferova, V. A., Korshun, V. A., and Tyurin, A. P. (2023). Modern trends in natural antibiotic discovery. *Life*, 13(5).
- Bhuyan, B., and Sonowal, R. (2021). An overview of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. Exlindl. and its potential impact on health. *Current Trends In Pharmaceutical Research*, 8(1), 1–20.
- CLSI. (2018). *Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically*, 11th Edition. USA, Clinical and Laboratory Standards Institute.
- CLSI. (2022). *M100—Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*, 30th Edition. USA, Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Covington, A. K. and Dickinson, T. (1973). Introduction and solvent properties. In *Physical Chemistry of Organic Solvent Systems* (p. 5). New York, Plenum Press.
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., and Ju, Y.-H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22, 296–302.

- Eloff, J. N. (2019) Avoiding pitfalls in determining antimicrobial activity of plant extracts and publishing the results. *BioMed Central complementary and alternative medicine*, 19(1), 106.
- Fatmawaty, Anggreni, N. G. M., Fadhil, N., and Prasasty, V. D. (2019). Potential in vitro and in vivo antioxidant activities from *Piper crocatum* and *Persea americana* leaf extracts. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 12(2), 661-667.
- Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I., and Chun, O.K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (7), 1043-1048
- Fu, M., Zhang, L., Han, J., and Li J. (2008). Optimization of the technology of ethanol extraction for Goupi patch by orthogonal design test. *Zhongguo Yaoshi (Wuhan, China)*, 11(1), 75–76.
- Green, K. J, Dods K., and Hammer K. A. (2020). Development and validation of a new microplate assay that utilises optical density to quantify the antibacterial activity of honeys including Jarrah, Marri and Manuka. *PLoS One*, 15(12).
- Gulcin, İ., and Alwasel, S. H. (2023). DPPH radical scavenging assay. *Processes*, 11(8):2248.
- Hadi, S. N. (2015). Qualitative phytochemical analysis and antimicrobial activity of *Fillicium verum* against foodborne pathogens. *Buletin FSK*, 2(1), 11–17
- Hassanpour, S. H., and Doroudi, A. (2023). Review of the antioxidant potential of flavonoids as a subgroup of polyphenols and partial substitute for synthetic antioxidants. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 13(4), 354.
- Heinrich, M., Jalil, B., Abdel-Tawab, M., Echeverria, J., Kulić, Ž., McGaw, L. J., Pezzuto, J. M., Potterat, O., and Wang, J.B. (2022). Best practice in the chemical characterisation of extracts used in pharmacological and toxicological research-The ConPhyMP-Guidelines. *Frontiers in pharmacology*, 13(13).
- Hidayani, C. E., Ginting, C. N., and Chiuman, L. (2021). Analysis of anti-bacterial activity of ethanol extract fragrant pandan leaves (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) against the growth of disease cause pathogen bacteria using the agar diffusion method. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx)Journal*, 3(3): 213-228.
- Jacky, Putri, D. A., dan Azizah, M. (2019). Uji aktivitas anti bakteri ekstrak etanol daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) Terhadap bakteri penyebab diare. *Jurnal Kesehatan Saelmakers Perdana*, 2, 91–98.
- Jaisankar, I., Jayakumara Varadan, R., Adamala, S., Blesy, G. M., Prabu, S. L., Umamaheswari, A., and Ramanan, S. (2023). Phytochemical properties and antioxidant activities of *Pandanus amaryllifolius*. *Indian Journal Of Agroforestry*, 25(2), 112–120.
- Jitrangsri, K., Chaidedgumjorn, A., and Satiraphan, M. (2020). Effect of ethanol percentage upon various extraction methods of peanut based on antioxidant activity with trans-resveratrol and total phenolic contents. *Pharmaceutical Sciences Asia*, 47(2), 164-172.
- Juariah, S., Wiranda, J., dan Sepryani, H. (2022). Uji efektifitas ekstrak daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. *Journal Of Indonesian Medical Laboratory And Science (Joimedlabs)*, 3(1), 89–96.
- Kusumorini, N., Nugroho, A. K., Pramono, S., and Martien, R. (2021). Determination of the potential antioxidant activity of isolated piperine from white pepper using DPPH, ABTS, and FRAP methods. *Majalah Farmaseutik*, 18 (4), 454-461.

- Laluces, H. M. C., Nakayama, A., Nonato, M. G., Dela Cruz, T. E., and Tan, M. A. (2015). Antimicrobial alkaloids from the leaves of *Pandanus amaryllifolius*. *Journal Of Applied Pharmaceutical Science*, 5(10), 151–153.
- Lazou, T. P., and Chaintoutis, S. C. (2023). Comparison of disk diffusion and broth microdilution methods for antimicrobial susceptibility testing of *Campylobacter* isolates of meat origin. *Journal of Microbiological Methods*, 204.
- Lee, W., Woo, E. R., and Lee, D. G. (2016). Phytol has antibacterial property by inducing oxidative stress response in *Pseudomonas aeruginosa*. *Free Radical Research*, 50(12), 1309-1318.
- Lemos, J. A., Palmer, S. R., Zeng, L., Wen, Z. T., Kajfasz, J. K., Freires, I. A., Abranches, J., and Brady, L. J. (2019). The biology of *Streptococcus mutans*. *Microbiology Spectrum*, 7(1).
- Lohvina, H., Sándor, M., and Wink, M. (2022). Effect of ethanol solvents on total phenolic content and antioxidant properties of seed extracts of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) varieties and determination of phenolic composition by HPLC-ESI-MS. *Diversity*, 4(1), 7.
- Lomthong, T., Chorum, M., Samaimai, S., and Thongpoem, P. (2022). Antioxidant and antibacterial activities of *Pandanus amaryllifolius* Roxb. (Pandanaceae) prop roots and its application for a novel bacterial cellulose (Nata) fermentation by enzymatic hydrolysis. *Journal Of Applied Biology And Biotechnology*, 10(4), 147–152.
- Manousi, N., Sarakatsianos, I., and Samanidou, V. (2019). Extraction techniques of phenolic compounds and other bioactive compounds from medicinal and aromatic plants. In *Engineering Tools In The Beverage Industry: The Science of Beverages*, 3.
- Mar, A., Mar, A. A., Thin, P. P., and Zin, M. M. (2019). Study on the Phytochemical constituents in essential oil of *Pandanus amaryllifolios* Roxb. leaves and their anti-bacterial efficacy. *Yadanabon University Research Journal*, 10(1): 1-9
- Mardiyaningsih, A., dan Aini, R. (2014). Pengembangan potensi ekstrak daun pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) sebagai agen antibakteri. *Pharmaciana*, 4(2), 185–192.
- Mikłasińska-Majdanik, M., Kępa, M., Wojtyczka, R. D., Idzik, D., and Wąsik, T. J. (2018). Phenolic compounds diminish antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* clinical strains. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2321.
- Milani, G., Curci, F., Cavalluzzi, M.M., Crupi, P., Pisano, I., Lentini, G., Clodoveo, M. L., Franchini, C., and Corbo, F. (2020). Optimization of Microwave-Assisted Extraction of antioxidants from bamboo shoots of *Phyllostachys pubescens*. *Molecules*, 25(1), 215.
- Müller, L., Fröhlich, K., and Böhm, V. (2011). Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (α TEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay. *Food Chemistry*, 129 (1), 139-148.
- Nana, O., Momeni, J., Boyom, F. F., Njintang, N. Y., and Ngassoum, M. B. (2021). Microwave-assisted extraction as an advanced technique for optimisation of limonoid yields and antioxidant potential from *Trichilia roka* (Meliaceae). *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 1-12.
- Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., and Oreopoulou, V. (2019). Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: an overview of the methods and the effect of extraction parameters, In Watson, R. R. (Ed.), *Polyphenols in Plants*, 2nd Edition (pp243-259). USA, Academic Press.

- Padureanu, R., Albu, C. V., Mititelu, R. R., Bacanoiu, M. V., Docea, A. O., Calina, D., and Bunga, A. M. (2019). Oxidative stress and inflammation interdependence in multiple sclerosis. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11), 1815.
- Palladini, G., Garbarino, C., Luppi, A., Russo, S., Filippi, A., Arrigoni, N., Massella, E., and Ricchi, M. (2023). Comparison between broth microdilution and agar disk diffusion methods for antimicrobial susceptibility testing of bovine mastitis pathogens, *Journal of Microbiological Methods*, 212.
- Prasetyorini, Utami, N. F., dan Sukarya, A. S. (2019). Hubungan Pengetahuan Ibu Hamil Dan Tingkat Ekonomi Tentang Kejadian Stunting, *Fitofarmaka Jurnal Ilmiah Farmasi* 3(2), 14–15.
- Puvača, N., Milenković, J., Galonja Coghill, T., Bursić, V., Petrović, A., Tanasković, S., Pelić, M., Ljubojević Pelić, D., and Miljković, T. (2021). Antimicrobial activity of selected essential oils against selected pathogenic bacteria: In vitro study. *Antibiotics*, 10(5).
- Quyen, N. T. C., Quyen, N. T. N., Nhan, L. T. H., and Toan, T. Q. (2020). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents of *Pandanus amaryllifolius* (Roxb.). *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 991(1).
- Riyadi, P.H., Susanto, E., Anggo, A.D., Arifin, M.H. and Rizki, L. (2023). Effect of methanol solvent concentration on the extraction of bioactive compounds using ultrasonic-assisted extraction (UAE) from *Spirulina platensis*. *Food Research*, 7(3), 59 - 66.
- Sa'adah, S. M., Putri, F. R., Ibtisam, A. A., Arrohmah, R. S., and Fitriyah, F. (2023). Phytochemical analysis of secondary metabolite compounds of pandanwangi leaf extract (*Pandanus amaryllifolius*). *Journal Of Natural Sciences And Mathematics Research*, 9(2), 135–142.
- Sharifi-Rad, M., Kumar, N. V. A., Zucca, P., Varoni, E. M., Dini, L., Panzarini, E., Rajkovic, J., Fokou, P. V. T., Azzini, E., Peluso, I., Prakash, M. A., Nigam, M., Rayess, Y. E., Beyrouthy, M. E., Polito, L., Iriti, M., Martins, N., Martorell, M., Docea, A. O., Setzer, W. N., Calina, D., Cho, W. C., and Sharifi-Rad, J. (2020). Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: Back and forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Frontiers in Physiology*, 11, 694.
- Sinha, D., Mukherjee, S., and Chowdhury, S. (2022). *Methods of extraction of phytochemicals*. In: Singh, A. (Ed), *Isolation, characterization, and therapeutic applications of natural bioactive compounds* (pp 250-279). USA, IGI Global.
- Suwannakul, S., Chaibenjawong, P., Suwannakul, S., and Professor, A. (2018). Antioxidant anti-cancer and antimicrobial activities of ethanol *Pandanus amaryllifolius* Roxb. leaf extract (In Vitro) - A potential medical application. *Journal Of International Dental And Medical Research*, 11(2), 383–389.
- Tan, M. A., and Takayama, H. (2019). Recent progress in the chemistry of pandanus alkaloids. In *Alkaloids: Chemistry And Biology*, 82(1).
- Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., and Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and extraction: A Review. *Internationale Pharmaceutica Scientia*, 1(1), 98–106.
- Tuan, N. T., Huyen, P. T. M., Tran, N. T. Q., Mai, D. T. T., and Nhon, H. T. N. (2023). Alkaloids extraction from *Vernonia amygdalina* Del. and evaluate the reducing power activity of the obtained extract. *Journal of Science Technology and Food*, 23(1), 3-13.
- Utami, E. R., dan Rosa, Y. (2021). Aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun pandan wangi (*Pandanus amaryfolius*) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan : Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 11(01), 61–71.

- Wananggari, L. A., dan Oktavilantika, D. M. (2024). Formulasi, evaluasi, dan uji aktivitas antibakteri clay mask ekstrak daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) terhadap bakteri *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Farmasi Dan Farmakoinformatika*, 2(1), 63–75.
- Wilson, J. W., Schurr, M. J., LeBlanc, C. L., Ramamurthy, R., Buchanan, K.L., and Nickerson, C. A. (2002). Mechanisms of bacterial pathogenicity. *Postgraduate Medical Journal*, 78(918), 216–224.
- Yan, Y., Li, X., Zhang, C., Lv, L., Gao, B., and Li., M. (2021). Research progress on antibacterial activities and mechanisms of natural alkaloids: a review. *Antibiotics (Basel)*, 10(3), 318.
- Zaki, A. M. N., Abd Hashib, S., Kalthum Ibrahim, U., and Ani Narisa Ahmad Bakhtiar, P. (2020). Total phenolic content and antioxidant activity of *Pandanus amaryllifolius* by soaking and Microwave-Assisted Extraction. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 778(1).
- Zhang, Q. W., Lin, L. G., and Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13(20), 1-26.
- Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9):e13394.
- Zendrato, B. C. L., Nasution, S. W., Lubis, N., dan Silaban, S. R. (2021). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun tapak liman (*Elephantopus scaber* L) terhadap bakteri *Shigella dysenteriae* dengan metode difusi cakra. *Biospecies*, 14(1), 18–23.
- Zuraida, Z., Lestari, E., dan Fadillah, A. F. (2021). Uji efektivitas antibakteri ekstrak daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. *Anakes : Jurnal Ilmiah Analis Kesehatan*, 7(2), 165–176.