

Antioxidant Activity and α -Glucosidase Inhibitory Activity of Endophytic Bacteria Isolated from *Areca catechu* Seeds

Bakteri Endofit Pinang Sebagai Penghasil Antioksidan dan Inhibitor α -Glukosidase

Tiara Balkis^a, Edy Fachrial^{a,b*}, Wienaldi^a

^a Program Studi Pendidikan Dokter, Universitas Prima Indonesia, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

^b Center of Excellence of Phytodegenerative and Lifestyle Medicine, Universitas Prima Indonesia. Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

*Corresponding Authors: edyfachrial@unprimdn.ac.id

Abstract

Introduction: Diabetes mellitus is a chronic metabolic disorder with a high global prevalence and serious complications. The prediabetes stage is a critical target for prevention, often managed with α -glucosidase inhibitors. However, synthetic drugs such as acarbose are frequently associated with gastrointestinal side effects, highlighting the need for safer alternatives. Endophytic microbes from medicinal plants, including areca nut (*Areca catechu*), have the potential to produce bioactive compounds with antioxidant and antidiabetic activities. **Objective:** This study aimed to explore endophytic bacteria from fresh areca nut seeds as a source of metabolites with antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity. **Methods:** Fresh areca nut seeds were sterilized using the surface sterilization method, followed by endophytic bacterial isolation and Gram staining. Cultures were fermented in Nutrient Broth, and supernatants were obtained by centrifugation. Antioxidant activity was assessed using the DPPH method, while α -glucosidase inhibition was tested in vitro with *p*-nitrophenyl α -D-glucopyranoside as substrate. Acarbose served as the positive control. **Results:** Seven Gram-negative, rod-shaped endophytic isolates (BP1-BP7) were obtained. Isolate BP1 exhibited the highest antioxidant activity with 45.7% inhibition. Furthermore, the BP1 supernatant demonstrated potent α -glucosidase inhibitory activity up to 93.6%, comparable to that of acarbose (91%). **Conclusion:** Endophytic bacteria from areca nut seeds possess dual bioactivity as antioxidants and α -glucosidase inhibitors, suggesting their potential as sustainable alternative antidiabetic agents worthy of further investigation.

Keywords: *Areca nut seeds*, antioxidant, α -glucosidase

Abstrak

Pendahuluan: Diabetes mellitus merupakan penyakit metabolik kronis dengan prevalensi tinggi dan risiko komplikasi serius. Fase prediabetes menjadi target penting pencegahan, salah satunya melalui inhibitor α -glukosidase. Namun, obat sintetik seperti acarbose sering menimbulkan efek samping gastrointestinal sehingga diperlukan alternatif yang lebih aman. Mikroba endofit dari tanaman obat, termasuk biji pinang (*Areca catechu*), berpotensi menghasilkan senyawa bioaktif dengan aktivitas antioksidan dan antidiabetes. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi bakteri endofit dari biji pinang segar sebagai sumber metabolit dengan aktivitas antioksidan dan inhibitor α -glukosidase. **Metode:** Biji pinang disterilisasi menggunakan metode *surface sterilization*, diisolasi bakteri endofit, lalu dikarakterisasi dengan pewarnaan Gram. Kultur difermentasi dalam Nutrient Broth, supernatan dipisahkan dengan sentrifugasi, kemudian diuji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH serta uji inhibitor α -glukosidase secara in vitro dengan substrat *p*-nitrophenil α -D-glukopiranosida. Acarbose digunakan sebagai kontrol positif. **Hasil:** Diperoleh tujuh isolat endofit (BP1-BP7) berbentuk basil Gram negatif. Isolat BP1 menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan inhibisi 45,7%. Supernatan BP1 mampu menghambat aktivitas enzim α -glukosidase hingga 93,6%, setara dengan acarbose (91%). **Kesimpulan:** Bakteri endofit biji pinang memiliki potensi sebagai sumber bioaktif dual-acting, yaitu antioksidan sekaligus inhibitor α -glukosidase, sehingga layak dikembangkan lebih lanjut sebagai terapi alternatif antidiabetes yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Pinang, antioksidan, α -glukosidase



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 27/08/2025.,
Revised: 22/11/2025.
Accepted: 22/11/2025.
Available Online: 23/11/2025.

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i4.1090>

Pendahuluan

Diabetes mellitus merupakan penyakit metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya [1]. Kondisi prediabetes, di mana kadar glukosa darah lebih tinggi dari normal namun belum memenuhi kriteria diabetes, memiliki potensi besar untuk berkembang menjadi diabetes mellitus tipe 2 jika tidak dilakukan intervensi yang tepat [2]. Fase prediabetes menjadi target penting untuk pencegahan, termasuk melalui penggunaan inhibitor α -glukosidase yang efektif dalam menurunkan lonjakan glukosa postprandial [3].

Menurut data International Diabetes Federation (IDF), pada tahun 2021 terdapat lebih dari 537 juta penderita diabetes di seluruh dunia, mayoritas adalah diabetes mellitus tipe 2. Di Indonesia, prevalensi diabetes juga cukup tinggi dengan jumlah penderita mencapai 10,3 juta jiwa, menempatkan Indonesia pada posisi keenam di dunia [4]. Diabetes mellitus sering disebut sebagai *silent killer* karena banyak penderita yang tidak menyadari penyakitnya hingga muncul komplikasi. Penyakit ini dapat menjadi kronis ketika pankreas tidak lagi memproduksi insulin yang cukup atau insulin yang diproduksi tidak digunakan secara efektif oleh tubuh [5]. Salah satu bentuk terapi yang digunakan untuk mengontrol hiperglikemia, terutama pada pasien prediabetes, adalah penggunaan inhibitor α -glukosidase seperti acarbose [6]. Inhibitor α -glukosidase bekerja dengan menghambat aktivitas enzim α -glukosidase yang berperan dalam mempercepat pemecahan oligosakarida menjadi monosakarida di usus halus, sehingga dapat menunda penyerapan glukosa dan mengontrol kadar glukosa darah postprandial [7]. Namun, penggunaan acarbose sering disertai efek samping pada saluran pencernaan seperti flatulensi dan diare, sehingga diperlukan alternatif agen inhibitor α -glukosidase yang lebih aman dan efektif [8].

Peningkatan kadar glukosa darah pada pasien diabetes dapat menyebabkan stres oksidatif, yang berkontribusi terhadap perkembangan komplikasi diabetes [9]. Diperlukan agen yang tidak hanya mampu menghambat kerja enzim α -glukosidase untuk menekan lonjakan glukosa postprandial, tetapi juga memiliki aktivitas antioksidan untuk menangkal stres oksidatif. Mikroba, khususnya mikroba endofit, memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif yang bersifat sebagai antioksidan sekaligus inhibitor α -glukosidase, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai terapi alternatif untuk diabetes mellitus [10].

Pinang (*Areca catechu*) mengandung berbagai senyawa seperti alkaloid, polifenol, flavonoid, steroid dan triterpenoid, asam amino, serta tanin [11]. Biji pinang yang masih segar mengandung konsentrasi alkaloid yang lebih tinggi dibandingkan dengan biji yang sudah mengalami pemrosesan [12]. Biji pinang (*Areca catechu*) memiliki potensi aktivitas antidiabetes, termasuk sebagai inhibitor enzim α -glukosidase. Selain itu, endofit yang diisolasi dari tanaman ini diduga mampu menghasilkan senyawa bioaktif, seperti flavonoid dan tanin, yang secara umum dikenal memiliki aktivitas antioksidan [13].

Mikroba endofit merupakan mikroba yang terdapat dan hidup pada jaringan tanaman. Mikroba ini dapat berkolonisasi tanpa menimbulkan dampak negatif atau kerusakan pada tanaman inangnya. Keberadaannya dapat dijumpai pada berbagai bagian tumbuhan, yaitu bagian akar, batang, daun, dan buah [14]. Mikroba endofit mampu menghasilkan metabolit yang memiliki kesamaan dengan senyawa aktif yang diproduksi oleh tanaman inangnya. Metode pemanfaatan mikroba endofit terbukti lebih efisien untuk memperoleh senyawa bioaktif dibandingkan dengan ekstraksi langsung dari tanaman, yang membutuhkan biomassa dalam jumlah yang sangat besar [15].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi mikroba endofit dari tanaman berpotensi obat seperti biji pinang (*Areca catechu*) sebagai strategi yang menjanjikan dalam

memperoleh senyawa bioaktif, termasuk yang memiliki aktivitas antidiabetes, secara lebih efisien dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Peralatan dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah inkubator bakteri, *beaker glass*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikropipet, api bunsen, *bio safety cabinet*, cawan petri, pinset, pisau steril, *object glass*, kawat ose, mikroskop cahaya, tabung *sentrifuge*, *sentrifuge* (Labnet), *microplate reader* (Accuris), neraca analitik, penjepit tabung reaksi, aluminium foil, *spreader*, mortar, alu, *microtube*, vortex, spektrometer UV-Vis (Shimadzu), *microplate* 96.

Penelitian ini menggunakan Pinang (*Areca Cathecu*), etanol 75%, aquadest, natrium hipoklorit (NaOCl 2%), Nutrient Agar (NA), pewarna kristal violet, lugol iodine, alkohol aseton, safranin, minyak emersi, Nutrient Broth (NB), *p-nitrophenil α-D-glukopiranosida*, buffer fosfat, enzim α -glukosidase, natrium karbonat (Na_2CO_3), *acarbose*, ketokonazol, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), asam askorbat, NaCl fisiologis.

Sterilisasi Sampel

Prosedur sterilisasi biji pinang segar dimodifikasi dari metode [16], yaitu melalui tahapan pencucian dengan aquadest steril, perendaman dalam etanol 75% dan natrium hipoklorit 2%, serta pembilasan sebanyak 11 kali. Sterilitas dikonfirmasi melalui inokulasi bilasan akhir pada media NA yang mengandung ketokonazol. Sampel steril kemudian digerus menggunakan mortar steril untuk memperoleh ekstrak biji pinang.

Isolasi dan Pemurniaan Bakteri

Ekstrak biji pinang yang telah digerus diinokulasi ke dalam media Nutrient Broth (NB) dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, kemudian disubkultur ke media Nutrient Agar (NA) menggunakan metode *spread plate* untuk memperoleh distribusi koloni yang merata. Pemurniaan isolat bakteri endofit dilakukan melalui teknik *quadrant streaking* sebanyak 3 kali pengulangan. Isolasi dan pemurnian bakteri endofit dilakukan secara aseptik hingga diperoleh koloni tunggal murni [17].

Pewarnaan Gram

Isolat bakteri diambil dengan jarum ose yang telah disterilisasi lalu dioles di atas kaca benda steril sebanyak 3 titik. Olesan tersebut diberi 3 tetes reagen kristal violet dan diinkubasi selama 1 menit, lalu dibilas menggunakan aquadest. Selanjutnya olesan bakteri ditetesi dengan lugol iodine, diinkubasi selama 1 menit, kemudian dibilas dengan alkohol dan aquadest. Terakhir, olesan digenangi dengan safranin selama 1 menit, dibilas dengan aquadest, dikeringkan, dan diberi label, pewarnaan gram dilakukan dengan metode yang digunakan oleh [18] dengan sedikit modifikasi pada durasi inkubasi. Setiap preparat diamati di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 100x menggunakan minyak emersi [19].

Kultur Pertumbuhan Isolat dan Uji Aktivitas Antioksidan

Koloni tunggal isolat bakteri dari media NA dipindahkan menggunakan jarum ose ke media NB secara aseptik, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator bakteri. Selanjutnya, tiap sampel disentrifugasi dengan kecepatan 2268 g pada suhu 4°C selama 10 menit. Proses sentrifus tersebut menghasilkan supernatan sebagai ekstrak kasar yang akan digunakan dalam uji aktivitas antioksidan dan inhibitor α -glukosidase. Prosedur ini mengadaptasi metode [20] dengan modifikasi pada kecepatan dan durasi sentrifugasi.

Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH menggunakan supernatan yang telah diperoleh dari hasil sentrifugasi. Langkah awal yaitu pembuatan larutan sampel dengan memasukkan setiap supernatan ke dalam tabung reaksi sebanyak 1 mL lalu ditambah dengan 2 mL larutan DPPH, dikocok perlahan. Larutan blanko terdiri dari 3 mL DPPH tanpa penambahan sampel [21]. Untuk kontrol positif, dibuat dengan menggunakan asam askorbat 2 mg yang telah dilarutkan dalam etanol 96% sebanyak 20 mL [22]. Setelah itu, seluruh tabung reaksi diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang di dalam ruang gelap, dan dilakukan pengukuran absorbansi larutan pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrometer UV-Vis [23].

Aktivitas antioksidan dapat diketahui melalui persentase penghambatannya terhadap radikal bebas, dengan cara menganalisis nilai serapan dari sampel yang diuji menggunakan rumus:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{\text{Absorbansi Blanko} - \text{Absorbansi Sampel}}{\text{Absorbansi Blanko}} \times 100\% \quad [24]$$

Sampel dengan aktivitas antioksidan tertinggi akan digunakan pada uji inhibitor α -glukosidase.

Uji Inhibitor α -glukosidase

Uji aktivitas inhibitor α -glukosidase dilakukan dengan mencampurkan 50 μL supernatan yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi, 10 μL buffer fosfat (100 mM, pH 7), dan 40 μL enzim α -glukosidase (0,5 unit/mL) ke dalam microplate. Larutan blanko (A_0), kontrol (A_1), standar (A_{10}), dan sampel (A_{11}) disusun sesuai dengan komposisi pada Tabel 1. Komposisi Reaksi Uji Inhibitor α -glukosidase. Acarbose (10 mg/mL) digunakan sebagai kontrol positif. Seluruh larutan diinkubasi selama 20 menit pada suhu 37°C, kemudian ditambahkan 50 μL substrat *p*-nitrophenil α -D-glukopiranosida (PNPG, 20 mM), dan diinkubasi kembali selama 30 menit pada suhu yang sama. Reaksi dihentikan dengan penambahan 100 μL larutan natrium karbonat (Na_2CO_3 , 200 mM), lalu absorbansi diukur pada panjang gelombang 415 nm menggunakan *microplate reader* [25].

Tabel 1. Komposisi Reaksi Uji Inhibitor α -glukosidase

	Blanko (A_0)	Kontrol (A_1)	Standard (A_{10})	Sampel (A_{11})
Sampel	-	-	50 μL	50 μL
Enzim	-	40 μL	-	40 μL
Buffer pH 7	100 μL	60 μL	50 μL	10 μL
Inkubasi suhu 37°C selama 20 menit				
PNPG	50 μL	50 μL	50 μL	50 μL
Inkubasi suhu 37°C selama 30 menit				
Na_2CO_3	100 μL	100 μL	100 μL	100 μL

Untuk mengetahui persentase penghambatan α -glukosidase, digunakan rumus berikut:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{\text{Absorbansi Kontrol} - \text{Absorbansi Sampel}}{\text{Absorbansi Kontrol}} \times 100\%$$

Keterangan:

Absorbansi Kontrol = ($A_1 - A_0$)

Absorbansi Sampel = ($A_{11} - A_{10}$)

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil uji pewarnaan Gram memperlihatkan ketujuh isolat (BP1-BP7) merupakan bakteri Gram negatif dengan karakteristik warna merah muda dan morfologi berbentuk basil. Selanjutnya, dari pengujian aktivitas antioksidan didapati BP1 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi yang terlihat pada Tabel 2. Maka dari itu BP1 digunakan dalam uji penghambatan enzim α -glukosidase.

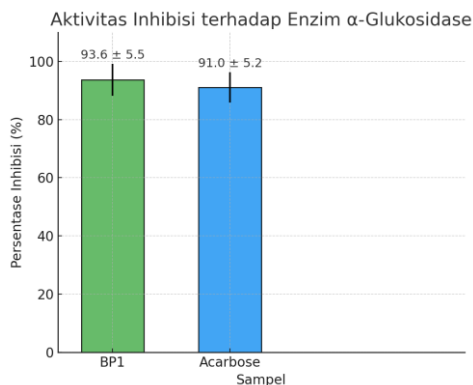
Tabel 2. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan

No	Sampel	Absorbansi (517 nm)	% Inhibisi
1	BP1	2,172	45,7%
2	BP2	2,219	44,5%
3	BP3	2,275	43,1%
4	BP4	2,200	45%
5	BP5	2,302	42,4%
6	BP6	2,220	44,5%
7	BP7	2,485	37,8%
8	Kontrol Negatif	4,000	0,0%
9	Kontrol Positif (Asam Askorbat)	0,243	99,9%

Keterangan :

Absorbansi pada panjang gelombang 517 nm

BP= Biji Pinang



Gambar 1. Persentase Inhibisi Aktivitas Enzim α -Glukosidase oleh Ekstrak BP1 Dibandingkan Acarbose

Gambar 1 menunjukkan aktivitas penghambatan enzim α -glukosidase oleh ekstrak kasar endofit BP1 dibandingkan dengan kontrol positif acarbose. Ekstrak BP1 menghasilkan persentase inhibisi sebesar $93,6 \pm 5,5\%$, sedikit lebih tinggi dibandingkan acarbose yang memiliki nilai $91,0 \pm 5,2\%$. Hasil ini mengindikasikan bahwa BP1 memiliki potensi aktivitas penghambatan yang sebanding dengan acarbose pada konsentrasi pengujian yang digunakan. Error bar merepresentasikan standar deviasi dari tiga kali pengulangan pengukuran.

Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengisolasi tujuh isolat bakteri endofit Gram-negatif berbentuk basil dari biji pinang segar. Pemilihan bahan segar merupakan langkah kritis untuk mempertahankan viabilitas komunitas mikroba endofit, yang dapat terganggu oleh proses pengeringan akibat perubahan tekanan osmotik dan kadar air dalam jaringan [26]. Keberhasilan isolasi ini ditunjang oleh protokol sterilisasi permukaan yang efektif, di mana kombinasi etanol dan natrium hipoklorit berhasil mengeliminasi mikroorganisme permukaan tanpa merusak bakteri endofit di dalam jaringan, sebagaimana dikonfirmasi oleh uji sterilitas bilasan akhir [27].

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa seluruh isolat merupakan bakteri Gram negatif berbentuk basil. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh Liu 2014, yang juga melaporkan dominasi bakteri Gram negatif pada jaringan tanaman *Areca catechu* L [28,29]. Secara struktur, bakteri Gram negatif memiliki lapisan lipid pada membran luar yang relatif tebal, sedangkan lapisan peptidoglikannya tipis. Pada proses pewarnaan Gram, pelarutan lipid oleh alkohol mengakibatkan terbentuknya pori-pori besar sehingga pewarna utama (kristal violet) bersama iodine keluar dari sel. Pewarna tandingan (safranin) kemudian masuk dan memberikan warna merah. Perbedaan ini menjadi ciri pembeda penting dengan bakteri Gram positif, yang memiliki peptidoglikan tebal sehingga dapat mempertahankan kristal violet-iodine meskipun dicuci alkohol [18].

Sebagai bakteri Gram negatif, isolat endofit BP1 dari *Areca catechu* berpotensi memiliki karakter fisiologis yang serupa dengan kelompok *Pseudomonas* spp., yang dilaporkan mendominasi komunitas endofitik dan rizobakteri pada tanaman pinang serta berperan penting dalam pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, dan produksi auksin (IAA) [30]. Kemampuan fisiologis tersebut menguatkan dugaan bahwa BP1 tidak hanya berkontribusi terhadap kesehatan tanaman inang, tetapi juga mampu menghasilkan metabolit sekunder bernilai bioaktif, termasuk senyawa yang berpotensi berperan sebagai antioksidan dan inhibitor enzim α -glukosidase [26].

Sejumlah studi menunjukkan bahwa endofit dari *Areca catechu* mampu menghasilkan senyawa aktif seperti alkaloid, tanin, dan polifenol yang berpotensi dimanfaatkan sebagai kandidat bioaktif untuk aplikasi farmasi [31]. Selain mendukung pertumbuhan tanaman, endofit ini juga berperan dalam mekanisme pertahanan biologis melalui produksi metabolit yang dapat menghambat patogen serta mengurangi stres oksidatif, sebagaimana ditunjukkan oleh kemampuan endofit untuk meningkatkan vigor benih dan ketahanan tanaman pada berbagai kondisi lingkungan [28,30,32,33].

Hasil uji aktivitas biologi menunjukkan potensi yang menjanjikan, khususnya pada isolat BP1. Isolat ini memiliki aktivitas antioksidan tertinggi ($45,7\%$ inhibisi) di antara semua isolat yang diuji, serta menunjukkan kemampuan menghambat enzim α -glukosidase yang cukup kuat ($93,6\%$). Aktivitas ganda tersebut (antioksidan dan antidiabetes) menjadi temuan penting dalam penelitian ini. Meskipun secara numerik nilai inhibisi α -glukosidase isolat BP1 ($93,6\%$) sedikit lebih tinggi dibandingkan kontrol positif acarbose (91%), hasil ini belum dapat disimpulkan sebagai aktivitas yang lebih baik, melainkan menunjukkan

potensi penghambatan yang sebanding dengan acarbose pada konsentrasi yang diuji. Temuan ini memberikan indikasi awal bahwa isolat BP1 layak untuk ditelusuri lebih lanjut melalui uji lanjutan.

Hasil uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa supernatan mampu mereduksi radikal bebas DPPH menjadi bentuk tereduksi DPPH-H, ditandai perubahan warna larutan dari ungu menjadi kuning. Mekanisme ini diduga berasal dari senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, dan tanin yang bekerja sebagai donor elektron atau hidrogen untuk menstabilkan radikal bebas [34]. Kemampuan ini relevan dalam mencegah stres oksidatif, yang diketahui menjadi faktor penting dalam patogenesis berbagai penyakit degeneratif, termasuk diabetes mellitus tipe 2 [35].

Uji penghambatan α -glukosidase menunjukkan bahwa senyawa dalam supernatan dapat menghambat konversi substrat *p*-nitrofenil- α -D-glukopiranosida menjadi *p*-nitrofenol yang menghasilkan warna kuning. Penghambatan ini dapat terjadi melalui interaksi langsung senyawa bioaktif dengan sisi aktif enzim, atau melalui perubahan konformasi enzim sehingga afinitas terhadap substrat berkurang [7]. Penurunan intensitas warna kuning pada pengukuran spektrofotometri mengindikasikan efektivitas penghambatan tersebut [36]. Nilai penghambatan yang mendekati kontrol positif acarbose, yaitu inhibitor kompetitif yang telah banyak digunakan, menunjukkan adanya potensi kesetaraan mekanisme kerja pada konsentrasi uji yang digunakan. Meskipun demikian, penilaian efektivitas komparatif secara pasti masih memerlukan konfirmasi melalui analisis kinetika enzim yang lebih mendalam [37–43].

Bakteri endofit BP1 menunjukkan potensi bioaktif karena mampu menghasilkan metabolit dengan aktivitas ganda, termasuk penghambatan penyerapan glukosa dan penurunan stres oksidatif. Namun, temuan ini masih bersifat awal sehingga diperlukan validasi lebih lanjut, terutama melalui penentuan IC₅₀ dan identifikasi senyawa aktif. Penelitian lanjutan direkomendasikan mencakup pemurnian metabolit BP1, karakterisasi struktur kimia menggunakan LC-MS/MS dan NMR, serta pengujian toksisitas untuk memastikan keamanan dan potensi terapeutiknya.

Kesimpulan

Bakteri endofit yang diisolasi dari biji pinang (*Areca catechu*), khususnya isolat BP1, menunjukkan potensi awal sebagai sumber senyawa bioaktif dengan aktivitas ganda, yaitu sebagai antioksidan dan inhibitor enzim α -glukosidase. Temuan ini mengindikasikan peluang pengembangan BP1 sebagai agen terapi pendukung yang mampu membantu mengontrol kadar glukosa postprandial sekaligus mengurangi stres oksidatif pada kondisi prediabetes maupun diabetes. Namun demikian, hasil yang diperoleh masih bersifat preliminar. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian lanjutan yang mencakup: (1) identifikasi spesies BP1 melalui analisis gen 16S rRNA; (2) pemurnian dan karakterisasi struktur senyawa aktif menggunakan LC-MS/MS dan NMR; serta (3) penentuan nilai IC₅₀ dan uji toksisitas in vitro untuk memastikan profil keamanannya sebelum dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut.

Conflict of Interest

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan secara independen dan tidak memiliki konflik kepentingan, baik secara finansial maupun non-finansial, dengan pihak mana pun.

Acknowledgment

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Universitas Prima Indonesia atas penyediaan fasilitas penelitian dan dukungan arahan selama proses penelitian, serta kepada seluruh pihak yang turut berkontribusi dalam kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] Ojo OA, Ibrahim HS, Rotimi DE, Ogunlakin AD, Ojo AB. Diabetes mellitus: From molecular mechanism to pathophysiology and pharmacology. Med Nov Technol Devices 2023;19:100247. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2023.100247>.
- [2] Echouffo-Tcheugui JB, Selvin E. Prediabetes and What It Means: The Epidemiological Evidence. Annu Rev Public Health 2021;42:59–77. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-090419-102644>.

- [3] Moelands SV, Lucassen PL, Akkermans RP, De Grauw WJ, Van de Laar FA. Alpha-glucosidase inhibitors for prevention or delay of type 2 diabetes mellitus and its associated complications in people at increased risk of developing type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018;2018. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005061.pub3>.
- [4] Hossain MdJ, Al-Mamun Md, Islam MdR. Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. *Health Sci Rep* 2024;7. <https://doi.org/10.1002/hsr2.2004>.
- [5] Khan R, Chua Z, Tan J, Yang Y, Liao Z, Zhao Y. From Pre-Diabetes to Diabetes: Diagnosis, Treatments and Translational Research. *Medicina (B Aires)* 2019;55:546. <https://doi.org/10.3390/medicina55090546>.
- [6] Kashtoh H, Baek K-H. Recent Updates on Phytoconstituent Alpha-Glucosidase Inhibitors: An Approach towards the Treatment of Type Two Diabetes. *Plants* 2022;11:2722. <https://doi.org/10.3390/plants11202722>.
- [7] Dirir AM, Daou M, Yousef AF, Yousef LF. A review of alpha-glucosidase inhibitors from plants as potential candidates for the treatment of type-2 diabetes. *Phytochemistry Reviews* 2022;21:1049–79. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09773-1>.
- [8] Wibowo S, Wardhani SK, Hidayati L, Wijayanti N, Matsuo K, Costa J, et al. Investigation of α -glucosidase and α -amylase inhibition for antidiabetic potential of agarwood (*Aquilaria malaccensis*) leaves extract. *Biocatal Agric Biotechnol* 2024;58:103152. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103152>.
- [9] Caturano A, D'Angelo M, Mormone A, Russo V, Mollica MP, Salvatore T, et al. Oxidative Stress in Type 2 Diabetes: Impacts from Pathogenesis to Lifestyle Modifications. *Curr Issues Mol Biol* 2023;45:6651–66. <https://doi.org/10.3390/cimb45080420>.
- [10] Thapa CB, Bhattarai HD, Pant KK, Pant B. Comparative antioxidant, antibacterial, and antidiabetic activities of in vitro-grown callus and wild-grown various parts of *Piper longum* L. *Phytomedicine Plus* 2024;4:100586. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2024.100586>.
- [11] Xiao Y, Yang Y, Yong J, Lu C. Chemical Components and Biological Activities of *Areca catechu* L. *Biomed Res Rev* 2019;3. <https://doi.org/10.15761/brr.1000131>.
- [12] Wahyuni T, Miswanti, Putra WE, Rosmanah S, Rahman T, Ishak A, et al. Pinang (*Areca catechu*). n.d.
- [13] Mierza V, Chennia Lau D, Ravika Hadjami D, Cinta Amelia T, Galuh Ryandha M. Potential Study of Indonesian Herbal Plants as Antidiabetics in Type 2 Diabetic Patients. *Journal of Pharmaceutical and Sciences* 2023;6.
- [14] Dwijayanti NLP. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Fungi Endofit Isolat Ra1 Asal Tumbuhan Rui (*Harrisonia perforata* (Blanco) Merr dari Fermentasi Medium PDB Dan CDB. 2024.
- [15] Mahdalena SyP, Multiani SL, Khofifa NMM. Isolasi, Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Antioksidan Bakteri Endofit Dari Batang Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of Pharmacology and Natural Products* 2024. <https://doi.org/10.70075/jpnp.v1i2.86>.
- [16] Hermileni, Saragih G, Hidayani TR, Mirnandaulia M, Ginting CN, Fachrial E. Mikroba Endofit Dalam Dunia Kesehatan. 2023.
- [17] Alghamdi S. Isolation and identification of the oral bacteria and their characterization for bacteriocin production in the oral cavity. *Saudi J Biol Sci* 2022;29:318–23. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.096>.
- [18] Sarjono P, Mahardika H, Mulyani NS, Ngadiwijana, Prasetyawibowo NB, Ismiyarto. Aktivitas Antidiabetes Metabolit Sekunder Bakteri Endofit Asal Kulit Kayu Manis (Antidiabetic Activity From Secondary Metabolim Endophytic Bacteria Bark). vol. 25. 2020.
- [19] Rahmatullah W, Novianti E, Sari ADL. Identifikasi Bakteri Udara Menggunakan Teknik Pewarnaan Gram 2021.
- [20] Elvani VS, Rahmani SS, Dwiningsih S, Linda TM, Fitri WDF. Identifikasi Molekuler Bakteri Endofit Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis*) dan Aktivitasnya dalam Memproduksi Inhibitor Alfa Amilase. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences* 2023;10:13. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2023.v10.i01.p02>.
- [21] Nuryanti S, Suhaenah A, Syamsu RF, Andriani R, Laboratorium SN, Farmasi M, et al. Aktivitas Antioksidan Fungi Endofit Herba Krokot (*Portulaca oleracea* L.) (Antioxidant Activity of Endophytic Fungi from the Purslane Herb (*Portulaca oleracea* L.)). vol. 15. 2023.
- [22] Damanis FVM, Wewengkang DS, Antasionasti I. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Ascidian *Herdmania Momus* Dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). 2020.
- [23] Addina S, Subaryono S, Sukarno S. Aktivitas Oligosakarida Alginat Sebagai Antioksidan dan Inhibitor Alfa glukosidase. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan* 2020;15:47. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v15i1.646>.
- [24] Dwi R, Putri W, Herdyastuti N. The Potency of Antioxidant Compounds Produced by Endhophytes Bacteria on Guajava Leave (*Psidium guajava* L.). vol. 10. 2021.

- [25] Fachrial E, Ismawati, Jati AP, Nugroho TT, Saryono. Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria From "Trites" Having the Ability to Produce α -Glucosidase Inhibitors. *Int J Microbiol* 2025;2025. <https://doi.org/10.1155/ijm/8864668>.
- [26] Hashim SN, Ghazali SZ, Sidik NJ, Chia-Chay T, Saleh A. Surface sterilization method for reducing contamination of *Clinacanthus nutans* nodal explants intended for in-vitro culture. *E3S Web of Conferences* 2021;306:01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130601004>.
- [27] Sahu PK, Tilgam J, Mishra S, Hamid S, Gupta A, K. J, et al. Surface sterilization for isolation of endophytes: Ensuring what (not) to grow. *J Basic Microbiol* 2022;62:647–68. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100462>.
- [28] Sutariati GAK, Rahni NM, Mudi L, Yusuf DN. Isolation and screening test of indigenous endophytic bacteria from areca nut rhizosphere as plant growth promoting bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 454, IOP Publishing; 2020, p. 12187.
- [29] Liu F-P, Liu H-Q, Zhou H-L, Dong Z-G, Bai X-H, Bai P, et al. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from betel nut (*Areca catechu*) and their effects on plant growth and phosphorus mobilization in tropical soils. *Biology and Fertility of Soils* 2014;50:927–37.
- [30] Sutariati GAK, Rahni NM, Madiki A, Guyasa IM. Characterization of Endophytic-rhizobacteria from Areca Nut Rhizosphere to Dissolve Phosphates, Nitrogen Fixation of IAA Hormone Synthesis. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS* 2020;23:240–7.
- [31] Nuryanti S, Rusli, Astuti R. Potensi Fungi Endofit Biji Pinang Sebagai Antibakteri Terhadap *Escherichia Coli* Dan *Salmonella Thypi*. *Green Medical Journal* 2019;1:87–96. <https://doi.org/10.33096/gmj.v1i1.23>.
- [32] Shahzad R, Khan AL, Bilal S, Asaf S, Lee I. What Is There in Seeds? Vertically Transmitted Endophytic Resources for Sustainable Improvement in Plant Growth. *Frontiers in Plant Science* 2018;9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00024>.
- [33] Sutariati GAK, Muhidin M, Rahni NM, Mudi L, Maharani R, Wibawa GNA. The Effectiveness of Endo-Rhizo Bacterial Isolated From Areca Nut Rizosphere (*Areca Cathecu L.*) in Breaking Dormancy and Improvement of Seed Vigor. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science* 2021;807:42039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042039>.
- [34] Baliyan S, Mukherjee R, Priyadarshini A, Vibhuti A, Gupta A, Pandey RP, et al. Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules* 2022;27:1326. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>.
- [35] Yesupatham A, Saraswathy R. Role of oxidative stress in prediabetes development. *Biochem Biophys Rep* 2025;43:102069. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2025.102069>.
- [36] Jaber Ansari Z, Valian A, Afrasiabi A, Amdjadi P. Spectrophotometric Evaluation of the Effect of Bleaching on Color Changes of Stained Hybrid Ceramics. *Journal of Research in Dental and Maxillofacial Sciences* 2024;9:271–81. <https://doi.org/10.61186/jrdms.9.4.271>.
- [37] Jamilah S, Pratama S, Andriani Y, Khutami C. Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Biji Pinang (*Areca catechu L.*) Sebagai Antidiabetes Pada Mencit Putih Jantan (*Mus musculus*). *Pharmaceutical Science and Clinical Pharmacy* 2025;3:9–20.
- [38] Dirir AM, Daou M, Yousef AF, Yousef LF. A review of alpha-glucosidase inhibitors from plants as potential candidates for the treatment of type-2 diabetes. *Phytochemistry Reviews* 2022;21:1049–79.
- [39] Amudhan M, Begum V. Alpha-glucosidase inhibitory and hypoglycemic activities of *Areca catechu* extract. *Pharmacognosy Magazine* 2008;4:223.
- [40] Al-Omran SA, S D, KV AK, Nagaraja S. Pharmacodynamic Interaction of *Areca catechu* with Gliclazide in Wistar Rats. *Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics* 2024;15:69–77.
- [41] Suryowati T, Siagian FE, Maheshwari H, Diani YH, Kusuma RA. Bioactive compounds, antidiabetic and antimicrobial potential of pinang seeds extract (*Areca catechu l.*). *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan* 2023;8:1241–50.
- [42] Song F, Tang M, Wang H, Zhang Y, Zhu K, Chen X, et al. UHPLC-MS/MS identification, quantification of flavonoid compounds from *Areca catechu L.* extracts and in vitro evaluation of antioxidant and key enzyme inhibition properties involved in hyperglycemia and hypertension. *Industrial Crops and Products* 2022;189:115787.
- [43] Sun H, Yu W, Li H, Hu X, Wang X. Bioactive components of areca nut: an overview of their positive impacts targeting different organs. *Nutrients* 2024;16:695.