

POTENSI EKSTRAK PIGMEN KUNING BAKTERI SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN ALAMI

DELFIANI ANGGIAS PUTRI



**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Potensi Ekstrak Pigmen Kuning Bakteri sebagai Sumber Antioksidan Alami” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Delfiani Anggias Putri
G3501211018

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

DELFIANI ANGGIAS PUTRI. Potensi Ekstrak Pigmen Kuning Bakteri sebagai Sumber Antioksidan Alami. Dibimbing oleh ARIS TRI WAHYUDI dan RIKA INDRI ASTUTI

Keanekaragaman yang dimiliki oleh mikroba dapat menghasilkan berbagai senyawa metabolit sekunder yang unik dan menunjukkan perannya dalam bidang industri dan farmakologi. Penggunaan metabolit sekunder seperti pigmen bakteri saat ini menarik perhatian untuk diteliti, karena pigmen bakteri memiliki banyak keunggulan baik dalam produksi maupun aktivitasnya. Bakteri penghasil pigmen dapat ditemukan di berbagai habitat mulai dari laut hingga tanah rizosfer. Pigmen yang disintesis oleh bakteri pada habitat tertentu merupakan bentuk mekanisme adaptasi sel bakteri untuk kelangsungan hidup di dalam habitatnya. Bakteri dapat memproduksi berbagai jenis pigmen seperti melanin, prodigiosin, pyocyanin, violacein, karotenoid, dan lain-lain. Pigmen bakteri telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas biologis termasuk antioksidan, antimikroba, antikanker, dan *sun protection*. Penelitian sebelumnya telah berhasil mengisolasi bakteri penghasil pigmen kuning yang berasal dari tanah rizosfer dan bakteri yang berasosiasi dengan spons. Pigmen dari beberapa bakteri tersebut diduga memiliki potensi sebagai antioksidan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menentukan aktivitas antioksidan secara *in vitro* dari ekstrak pigmen kuning bakteri dan dilanjutkan pada khamir *Schizosaccharomyces pombe* ARC039 yang digunakan sebagai organisme model.

Penelitian ini diawali dengan meremajakan dan mengekstraksi pigmen kuning dari 14 isolat bakteri menggunakan pelarut metanol. Ekstrak yang diperoleh kemudian ditentukan aktivitas antioksidannya menggunakan radikal DPPH. Dua isolat yang memiliki aktivitas antioksidan terbaik diidentifikasi berdasarkan gen 16S rRNA dan kemudian dipilih untuk dianalisis lebih lanjut terkait aktivitas antioksidannya berdasarkan pelarut ekstraksi dan radikal yang berbeda. Ekstrak dari pelarut yang memiliki aktivitas antioksidan terbaik dipilih untuk dilakukan fraksinasi dengan menggunakan metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan dilanjutkan bioautografi antioksidan. Fraksi aktif yang diperoleh dari uji bioautografi antioksidan kemudian diisolasi menggunakan metode KLT preparatif. Fraksi aktif tersebut kemudian ditentukan aktivitas antioksidannya terhadap radikal DPPH dan ABTS. Ekstrak kasar pigmen dan fraksi aktif terpilih kemudian diuji pada level seluler menggunakan organisme model *S. pombe* ARC039 untuk mengetahui respon toleransi khamir terhadap cekaman oksidatif (H_2O_2) dan aktivitas mitokondrianya. Selanjutnya, senyawa metabolit yang terkandung dalam fraksi aktif terpilih dianalisis menggunakan *liquid chromatography mass spectrophotometry* (LC-MS/MS).

Analisis aktivitas antioksidan dari 14 isolat bakteri penghasil pigmen kuning menunjukkan bahwa isolat SAB E-3 dan SAB E-6 memiliki aktivitas antioksidan terbaik dalam meredam radikal DPPH. Hasil identifikasi berdasarkan gen 16S rRNA menunjukkan bahwa SAB E-3 memiliki kemiripan dengan *Pseudomonas oryzae* IAM 1568 (99,37%) dan SAB E-6 memiliki kemiripan dengan *Micrococcus aloverae* AE-6 (98,18%). Kedua isolat tersebut kemudian diekstraksi menggunakan beberapa pelarut organik untuk mengetahui pengaruh pelarut

ekstraksi terhadap aktivitas antioksidan. Ekstrak kasar pigmen dari kedua isolat yang diekstraksi menggunakan metanol mengandung senyawa fenolik dan flavonoid tertinggi yang mungkin berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Selain itu, berdasarkan analisis UV-Vis, kedua ekstrak kasar pigmen yang dihasilkan oleh masing-masing bakteri diduga sebagai karotenoid. Ekstrak kasar pigmen dari *P. oryzihabitans* SAB E-3 dan *M. aloeverae* SAB E-6 yang diekstraksi menggunakan metanol memiliki aktivitas antioksidan terbaik dalam meredam radikal DPPH dengan nilai IC₅₀ masing-masing sebesar 190,73 µg/mL dan 248,14 µg/mL, sedangkan aktivitas antioksidan terhadap radikal ABTS memiliki nilai IC₅₀ masing-masing sebesar 187,71 µg/mL dan 983,79 µg/mL. Oleh sebab itu, kedua ekstrak ini dipilih untuk dilakukan fraksinasi dan dilanjutkan uji bioautografi. Hasil analisis bioautografi menunjukkan bahwa ekstrak *P. oryzihabitans* SAB E-3 memiliki lima fraksi aktif dan *M. aloeverae* SAB E-6 memiliki tiga fraksi aktif. Fraksi 1 dari *P. oryzihabitans* SAB E-3 memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat terhadap radikal DPPH (75,71 µg/mL) dibandingkan ekstrak kasar dan fraksi lainnya. Akan tetapi, aktivitas terhadap radikal ABTS lebih rendah (226,59 µg/mL) dibandingkan ekstrak kasar pigmen. Oleh karena itu, fraksi 1 dari *P. oryzihabitans* SAB E-3 dipilih untuk dilanjutkan pada uji tingkat sel. Konsentrasi terendah dari ekstrak kasar pigmen (50 µg/mL) dan fraksi aktif 1 (18,75 µg/mL) mampu meningkatkan toleransi khamir *S. pombe* ARC039 terhadap cekaman oksidatif dan menginduksi aktivitas mitokondria. Profil metabolit berdasarkan analisis LC-MS/MS menunjukkan bahwa fraksi aktif 1 mengandung senyawa piceatannol, resveratrol, isorhapontigenin, isoliquiritigenin, liquiritin, dan 2-Omethylisohemigossylic acid lacton, yang diduga berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, ekstrak kasar pigmen kuning dan fraksi aktif yang dihasilkan *P. oryzihabitans* SAB E-3 dan *M. aloeverae* SAB E-6 berpotensi menjadi sumber antioksidan alami.

Kata kunci: antioksidan, ekstrak pigmen kuning, KLT, LC-MS/MS, *S. pombe*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

DELFIANI ANGGIAS PUTRI. Potency of Bacterial Yellow Pigment Extract as a Source of Natural Antioxidants. Supervised by ARIS TRI WAHYUDI and RIKA INDRI ASTUTI

The diversity of microbes can produce a variety of unique secondary metabolite compounds and demonstrate their role in industry and pharmacology. The use of secondary metabolites, such as bacterial pigments, is currently the focus of research because bacterial pigments have many advantages in both production and activity. Pigment-producing bacteria can be found in various habitats, ranging from marine to rhizosphere soil. Pigments synthesized by bacteria in specific habitats are a form of bacterial cell adaptation mechanism for survival in their habitat. Bacteria can produce various pigments, such as melanin, prodigiosin, pyocyanin, violacein, carotenoids, and others. Bacterial pigments have been widely reported to exhibit biological activities, including antioxidant, antimicrobial, anticancer, and sun protection. Previous studies have isolated yellow pigment-producing bacteria from rhizosphere soil and sponge-associated bacteria. Pigments from some of these bacteria are thought to have the potential as antioxidants. Therefore, this study aimed to determine the *in vitro* antioxidant activity of bacterial yellow pigment extracts and continued on the yeast *Schizosaccharomyces pombe* ARC039 used as a model organism.

This study was initiated by rejuvenating and extracting yellow pigments from 14 bacterial isolates using a methanol solvent. The antioxidant activity of the obtained extracts was then determined using the DPPH radical. The two isolates with the highest antioxidant activity were identified based on the 16S rRNA gene. They were then selected for further analysis of their antioxidant activity based on different extraction solvents and radicals. The extract from the solvent with the best antioxidant activity was chosen for fractionation by thin-layer chromatography (TLC), followed by antioxidant bioautography. The active fraction obtained from the antioxidant bioautography test was isolated using the preparative TLC method. The antioxidant activity of the active fraction was determined against DPPH and ABTS radicals. The selected crude pigment extracts and active fractions were tested at the cellular level using the *S. pombe* ARC039 model organism to determine the yeast tolerance response to oxidative stress (H₂O₂) and its mitochondrial activity. In addition, the metabolites contained in the selected active fractions were analyzed using liquid chromatography-mass spectrophotometry (LC-MS/MS).

Analysis of the antioxidant activity of 14 isolates of yellow pigment-producing bacteria showed that isolates SAB E-3 and SAB E-6 had the best antioxidant activity in reducing DPPH radicals. Based on 16S rRNA gene identification, SAB E-3 was similar to *Pseudomonas oryzihabitans* IAM 1568 (99.37%), and SAB E-6 was similar to *Micrococcus aloeverae* AE-6 (98.18%). Both isolates were extracted using several organic solvents to determine the effect of the extraction solvent on antioxidant activity. The crude pigment extracts of both isolates extracted with methanol contained the highest phenolic and flavonoid compounds, which may contribute to their antioxidant activity. In addition, based on UV-Vis analysis, the two crude pigment extracts produced by each bacterium were suspected to be carotenoids. Crude extracts of pigments from *P. oryzihabitans*

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SAB E-3 and *M. aloeverae* SAB E-6 extracted with methanol had the best antioxidant activity in reducing DPPH radicals with IC₅₀ values of 190.73 µg/mL and 248.14 µg/mL, respectively, while antioxidant activity against ABTS radicals had IC₅₀ values of 187.71 µg/mL and 983.79 µg/mL, respectively. Therefore, these two extracts were selected for fractionation followed by bioautography tests. The results of the bioautography analysis showed that the extracts of *P. oryzihabitans* SAB E-3 and *M. aloeverae* SAB E-6 contained five and three active fractions, respectively. Fraction 1 of *P. oryzihabitans* SAB E-3 had a stronger antioxidant activity against DPPH radicals (75.71 µg/mL) than the crude extract and other fractions. However, the activity against ABTS radicals was lower (226.59 µg/mL) than that of the crude pigment extract. Therefore, fraction 1 of *P. oryzihabitans* SAB E-3 was selected for the cellular-level assay. The lowest concentrations of crude pigment extract (50 µg/mL) and active fraction 1 (18.75 µg/mL) were able to increase the tolerance of *S. pombe* ARC039 to oxidative stress and induce mitochondrial activity. Metabolite profiling based on LC-MS/MS analysis showed that active fraction 1 contained the compounds piceatannol, resveratrol, isorhapontigenin, isoliquiritigenin, liquiritin, and 2-Omethylisohemigossylic acid lactone, which are thought to contribute to the antioxidant activity. Therefore, the crude yellow pigment extract and active fraction produced by *P. oryzihabitans* SAB E-3 and *M. aloeverae* SAB E-6 have the potential to be sources of natural antioxidants.

Keywords: antioxidant, LC-MS/MS, *S. pombe*, TLC, yellow pigment extract





Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

POTENSI EKSTRAK PIGMEN KUNING BAKTERI SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN ALAMI

DELFIANI ANGGIAS PUTRI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Mikrobiologi

**PROGRAM STUDI MIKROBIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Potensi Ekstrak Pigmen Kuning Bakteri sebagai Sumber
Antioksidan Alami
Nama : Delfiani Anggias Putri
NIM : G3501211018

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Rika Indri Astuti S.Si., M.Si

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S.
NIP 196203271987032001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 197807232007011001

Tanggal Ujian:
27 Juni 2024

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari sampai bulan November 2023, dengan judul “Potensi Ekstrak Pigmen Kuning Bakteri sebagai Sumber Antioksidan Alami”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si. dan Dr. Rika Indri Astusi, S.Si., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen seminar Prof. Dr. Ir. Rd. Roro Dyah Perwitasari, M.Sc., penguji luar komisi pembimbing Dr. Wulan Tri Wahyuni, S.Si., M. Si., dan Ketua program studi Mikrobiologi Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh staf Laboratorium Mikrobiologi Departemen Biologi FMIPA IPB, Laboratorium Terpadu Departemen Biologi FMIPA IPB, dan Pusat Studi Biofarmaka Tropika (Trop BRC) Institut Pertanian Bogor yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, dan seluruh keluarga, serta seluruh dosen, laboran, sahabat, dan teman seperjuangan terutama di program studi Mikrobiologi 2021 yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Delfiani Anggias Putri

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pigmen yang dihasilkan oleh bakteri	4
2.2 Radikal Bebas dan Antioksidan	5
2.3 Khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> sebagai Organisme Model	8
III METODE	9
3.1 Kerangka Penelitian	9
3.2 Waktu dan Tempat	10
3.3 Alat dan Bahan	10
3.4 Prosedur Penelitian	11
3.4.1 Peremajaan Isolat Bakteri Penghasil Pigmen Kuning	11
3.4.2 Ekstraksi Pigmen Kuning	11
3.4.3 Pengukuran Aktivitas Antioksidan secara <i>In Vitro</i>	11
3.4.4 Identifikasi Isolat Terpilih berdasarkan Gen 16S rRNA	12
3.4.5 Perhitungan Kandungan Total Fenolik dan Kandungan Total Flavonoid	12
3.4.6 Analisis UV-Vis	13
3.4.7 Analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Bioautografi KLT	13
3.4.8 Uji Respon Cekaman Oksidatif <i>S. pombe</i>	13
3.4.9 Aktivitas Mitokondria <i>S. pombe</i>	14
3.4.10 Analisis <i>Liquid Chromatography-Mass Spectrometry</i> (LC-MS/MS) pada fraksi aktif terpilih	14
3.5 Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil	15
4.1.1 Morfologi Isolat Bakteri Penghasil Pigmen Kuning	15
4.1.2 Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Kasar Pigmen Kuning	16
4.1.3 Identifikasi Isolat Terpilih Penghasil Pigmen Kuning	16
4.1.4 Ekstraksi Pigmen Menggunakan Berbagai Pelarut Organik	19
4.1.5 Kandungan Total Fenolik dan Flavonoid, Aktivitas Antioksidan Isolat Terpilih	19
4.1.6 Analisis UV-Vis	21
4.1.7 Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Uji Bioautografi	21
4.1.8 Aktivitas Antioksidan Fraksi Aktif	24
4.1.9 Uji Respon Cekaman Oksidatif pada Khamir <i>S. pombe</i> ARC039	25



4.1.10 Pengaruh Ekstrak Kasar Pigmen dan Fraksi Aktif terhadap Aktivitas Mitokondria <i>S. pombe</i> ARC039	26
4.1.11 Analisis LC-MS/MS pada Fraksi Aktif Terpilih	28
4.2 Pembahasan	29
SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	46
RIWAYAT HIDUP	56

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Beberapa warna pigmen yang diproduksi oleh bakteri dari habitat yang berbeda	5
2	Aktivitas antioksidan dari pigmen bakteri	7
3	Kode isolat dan sumber isolasi isolat bakteri penghasil pigmen kuning	10
4	Aktivitas antioksidan ekstrak kasar pigmen kuning	16
5	Analisis homologi gen 16S rRNA bakteri terpilih penghasil pigmen kuning	17
6	Total kandungan fenolik (TPC), total kandungan flavonoid (TFC) dan aktivitas antioksidan ekstrak pigmen kuning	20
7	Koefisien korelasi TPC dan TFC dengan aktivitas antioksidan ekstrak kasar pigmen kuning <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6	21
8	Aktivitas antioksidan fraksi aktif ekstrak <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6	25
9	Senyawa antioksidan yang pada fraksi aktif 1 <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3	28

DAFTAR GAMBAR

1	Pembentukan dan degradasi <i>Reactive Oxygen Species</i> (ROS)	6
2	Diagram alir tahap penelitian	9
3	Morfologi bakteri CAL10 (A), CAL36 (B), CAS57 (C), D6.16 (D), SAB E-3 (E), SAB E-6 (F), SAB E-21 (G), dan SAB E-24 (H) pada media SWC setelah 5 hari inkubasi; BFF62 (I) pada media LA setelah 3 hari inkubasi; NTB23 (J), NTB27 (K), NTB75 (L), HV.31.P3 (M), dan SCA.8.P2 (N) pada media ISP4 setelah 10 hari inkubasi. Semua isolat diinkubasi pada suhu ruang	15
4	Pewarnaan Gram negatif SAB E-3 (A), Gram positif SAB E-6 (B), dan uji hemolisis pada bakteri SAB E-3 dan SAB E-6, <i>Escherichia coli</i> DH5 α sebagai kontrol negatif dan <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25293 (Sa) sebagai kontrol positif dengan zona hemolitik	17
5	Pohon filogenetik <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 (A) dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6 (B), serta spesies terkait berdasarkan sekuen gen 16S rRNA dibuat dengan menggunakan model <i>neighbor-joining</i> (<i>bootstrap</i> 1000x)	18
6	Pigmen kuning (A) <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 dan (B) <i>M. aloeverae</i> SAB E-6 yang diekstraksi menggunakan lima pelarut berbeda. (1) metanol, (2) aseton, (3) kloroform, (4) etil asetat, dan (5) n-heksana	19
7	Spektrum ekstrak pigmen kuning <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 (A) dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6 (B). Serapan maksimum ditunjukkan oleh panah berwarna hitam	21
8	Profil kromatografi lapis tipis ekstrak pigmen kuning <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 (A dan B) dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6 (C dan D) pada pelat KLT silika gel G ₆₀ F ₂₅₄ analitik. UV 254 nm (A dan C), UV 366 nm (B dan D). Fase gerak: metanol (1), etanol (2), 1-butanol (3), n-propanol (4),	

	aseton (5), klorofom (6), diklorometan (7), etil asetat (8), dan n-heksana (9)	22
9	Profil kromatografi lapis tipis ekstrak pigmen <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 (A dan B) dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6 (C dan D). UV 254 nm (A dan C), UV 366 nm (B dan D). Fase gerak klorofom:etil asetat (v/v) dengan perbandingan 1 : 9 (1), 2 : 8 (2), 3 : 7 (3), 4 : 6 (4), 5 : 5 (5), 6 : 4 (6), 7 : 3 (7), 8 : 2 (8), dan 9 : 1 (9)	23
10	Profil kromatografi lapis tipis ekstrak pigmen <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 (A) dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6 (B) menggunakan fase gerak klorofom dan etil asetat 9:1 (v/v) yang diamati pada sinar UV 366 nm (1 dan 4) dan cahaya tampak (3). KLT bioautografi yang menghasilkan fraksi aktif aktivitas antioksidan dengan pita berwarna kuning (2)	24
11	Viabilitas sel <i>S. pombe</i> ARC039 dalam respon cekaman oksidatif dengan menggunakan beberapa (A) konsentrasi ekstrak kasar pigmen <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 (50, 100, 200, dan 400 µg/mL), (B) fraksi aktif terpilih (18,75, 37,5, 75, dan 150 µg/mL), dan (C) asam askorbat (Aa) 5 µg/mL, 0,3% <i>Calorie Restriction</i> (CR) (kontrol positif), dan DMSO (K-: kontrol negatif)	26
12	Aktivitas mitokondria <i>S. pombe</i> ARC039 pada perlakuan (A) kontrol negatif (DMSO), (B) kontrol positif 0,3% <i>Calorie Restriction</i> (CR), (C) asam askorbat 5 µg/mL, (D) ekstrak kasar pigmen (50 µg/mL), dan (E) fraksi aktif terpilih (18,75 µg/mL). DIC: <i>Differential Interference Contrast</i> . WU: <i>Ultraviolet Fluorescence</i>	27
13	Kromatogram LC-MS/MS fraksi aktif 1 <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi media	47
2	Ekstraksi pigmen dengan menggunakan pelarut metanol dan aseton	48
3	Visualisasi hasil amplifikasi gen 16S rRNA (± 1300 bp) pada kedua isolat bakteri terpilih	49
4	Sekuen gen 16S rRNA pada <i>P. oryzihabitans</i> SAB E-3 dan <i>M. aloeverae</i> SAB E-6	50
5	Kurva standar kandungan total fenolik dan kandungan total flavonoid	52
6	Contoh perhitungan aktivitas antioksidan	53
7	Hasil uji ANOVA aktivitas antioksidan	54