

TELAAH AKTIVITAS PIGMEN PRODIGIOSIN DARI BAKTERI ASAL TANAH RIZOSFER SEBAGAI AGEN ANTIOKSIDAN

CINDY MARGARETH HUTASOIT



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



@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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Telaah Aktivitas Pigmen Prodigiosin dari Bakteri Asal Tanah Rizosfer sebagai Agen Antioksidan” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juni 2024

Cindy Margareth Hutasoit
G3501211020



RINGKASAN

CINDY MARGARETH HUTASOIT. Telaah Aktivitas Pigmen Prodigiosin dari Bakteri Asal Tanah Rizosfer sebagai Agen Antioksidan. Dibimbing oleh ARIS TRI WAHYUDI, SIPRIYADI, dan SRI BUDIARTI.

Radikal bebas menjadi perhatian khusus bagi sebagian peneliti. Hal ini disebabkan fungsi ganda radikal di dalam tubuh, yang jika dalam kondisi normal akan berfungsi sebagai homeostasis dan jika kondisi berlebih dapat menyebabkan kerusakan biomolekul seperti DNA, lipid, dan protein serta menyebabkan beberapa penyakit degeneratif. Penyakit degeneratif yang berkaitan dengan cekaman oksidatif telah banyak dilaporkan dapat meningkatkan angka mortalitas khususnya di Indonesia. Jumlah radikal bebas didalam tubuh dapat diseimbangkan dengan memberi antioksidan. Sumber antioksidan yang saat ini diminati adalah antioksidan alami yang salah satunya berasal dari pigmen bakteri. Pigmen yang dihasilkan oleh bakteri sangat beragam baik dari warna maupun bioaktivitasnya, diantaranya adalah pigmen merah (prodigiosin) yang memiliki spektrum bioaktivitas yang luas. Salah satu bioaktivitas yang ditelaah pada pigmen merah adalah sebagai antioksidan. Pada penelitian sebelumnya telah berhasil diisolasi bakteri berwarna merah dari tanah rizosfer *Rafflesia*. Pada penelitian ini empat isolat koleksi dibuktikan mampu memproduksi pigmen merah sebagai senyawa metabolitnya, namun terkait bioaktivitas pigmen merah yang dihasilkan sebagai antioksidan belum pernah dievaluasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas pigmen berwarna merah dari bakteri asal tanah rizosfer sebagai agen antioksidan baik secara *in vitro* maupun di tingkat seluler.

Penelitian ini dimulai dengan meremajakan isolat penghasil pigmen dan mengekstraksi pigmen merah baik dari intraseluler maupun ekstraseluler masing-masing secara berurutan dengan pelarut metanol dan kloroform. Ekstrak kasar yang dihasilkan diskriminasi aktivitas antioksidannya menggunakan radikal 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Isolat dengan antioksidan terbaik, dilakukan optimasi pelarut ekstraksinya yang kemudian pelarut optimal akan digunakan untuk ekstraksi selanjutnya. Ekstrak yang memiliki antioksidan terbaik dengan pelarut ekstraksi optimal difraksinasi menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT). Penentuan fase gerak pada proses fraksinasi dilakukan melalui dua tahap yaitu pemilihan dua eluen tunggal terbaik dan penentuan rasio volume kombinasi dua eluen terbaik. Hasil kombinasi eluen terbaik digunakan untuk KLT bioautografi dan KLT preparatif. Analisis KLT bioautografi dilakukan untuk mendapatkan pita fraksi yang memiliki potensi antioksidan. Pita yang memiliki antioksidan selanjutnya akan diisolasi menggunakan KLT preparatif. Fraksi aktif selanjutnya ditentukan nilai IC_{50} antioksidannya menggunakan metode DPPH. Fraksi dengan antioksidan terbaik dan yang menunjukkan karakter pigmen prodigiosin pada pelat KLT dipilih untuk diuji lebih lanjut. Selanjutnya, evaluasi aktivitas antioksidan ekstrak dan fraksi terpilih pigmen merah dilakukan pada tingkat seluler menggunakan *S. pombe*. Evaluasi tersebut meliputi uji cekaman oksidatif dengan metode spot dan uji aktivitas mitokondria. Fraksi terpilih pigmen merah selanjutnya dikarakterisasi menggunakan uji *presumptive* prodigiosin dan dikuantifikasi jumlah prodigiosinnya. Karakterisasi lebih lanjut dilakukan secara structural menggunakan UV-Vis, FTIR dan 1H -NMR. Pendukung karakterisasi tersebut dilakukan juga

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

IPB University

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.

karakterisasi secara molekuler yaitu analisis gen *pigC* yaitu gen terkait biosintesis prodigiosin.

Empat isolat (RR11, RR16, RR20 dan RR24) penghasil pigmen merah berhasil diidentifikasi berdasarkan gen 16S rRNA menjadi dua spesies yaitu RR11 dan RR16 sebagai *Serratia nematodiphila* sedangkan RR20 dan RR24 sebagai *Serratia marcescens*. Hasil delapan ekstrak kasar dari empat isolat didapatkan satu isolat yaitu *S. nematodiphila* RR16 sebagai penghasil antioksidan terbaik dengan IC_{50} pigmen merah ekstraseluler sebesar 111.18 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Berdasarkan data optimasi pelarut ekstraksi, pigmen merah ekstraseluler dapat optimal diekstraksi menggunakan pelarut kloroform. Ekstrak kloroform *S. nematodiphila* RR16 difraksinasi dengan menggunakan fase gerak etil asetat:diklorometan 0,5: 8,5 (v/v) dan didapatkan 19 fraksi dengan enam fraksi aktif sebagai kandidat antioksidan berdasarkan analisis KLT bioautografinya. Enam fraksi aktif diisolasi dan didapatkan fraksi empat (F4, Rf 0.29) dengan aktivitas antioksidan terbiak (IC_{50} 140.31 $\mu\text{g}/\text{mL}$) serta memiliki penampakan pigmen prodigiosin pada pelat KLT. Ekstrak dan Fraksi dengan aktivitas antioksidan terbaik yang diuji pada tingkat seluler menggunakan *S. pombe* menunjukkan kemampuan dalam mempertahankan viabilitas sel pada cekaman oksidatif. Ekstrak dan fraksi pigmen merah mampu mempertahankan viabilitas pada konsentrasi terbaik 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (ekstrak kasar) dan 140 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (fraksi). Selain itu, ekstrak dan fraksi pigmen merah juga mampu menginduksi aktivitas mitokondria. Hal ini menginformasikan bahwa toleransi cekaman oksidatif yang diinduksi oleh ekstrak dan fraksi pigmen merah *S. nematodiphila* RR16 melalui *mitochondrial adaptive ROS signaling*. Ekstrak dan fraksi pigmen merah menunjukkan karakter prodigiosin yang ditunjukkan dari hasil positif uji *presumptive* prodigiosin dan karakter spektrum pada UV-Vis yang berada pada rentang prodigiosin yaitu 539 nm (ekstrak kasar) dan 537 nm (fraksi). Secara struktural yang dianalisis menggunakan FTIR dan $^1\text{H-NMR}$ juga menunjukkan bahwa fraksi pigmen merah memiliki karakter prodigiosin. Analisis secara molekuler menunjukkan bahwa *S. nematodiphila* RR16 memiliki gen *pigC* parsial yang berhasil diamplifikasi dan dianalisis sebagai *prodigiosin-synthesizing transferase*.

Kata kunci: aktivitas mitokondria, DPPH, *Schizosaccharomyces pombe*, *Serratia nematodiphila*, viabilitas sel.



SUMMARY

CINDY MARGARETH HUTASOIT. The Study of Prodigiosin Pigments Activity from Rhizospheric Soil Bacteria as Antioxidant Agents. Supervised by ARIS TRI WAHYUDI, SIPRIYADI, dan SRI BUDIARTI.

Free radicals are of particular interest to some researchers. This is due to the dual function of radicals in the body, which in normal conditions will function as homeostasis and in excess conditions can cause damage to biomolecules such as DNA, lipids and proteins and cause various degenerative diseases. Degenerative diseases related to oxidative stress have been widely reported to increase mortality rates, especially in Indonesia. The body's free radicals can be balanced by providing antioxidants. Antioxidant sources currently in demand are natural antioxidants, one of which is derived from bacterial pigments. The pigments produced by bacteria are very diverse in color and bioactivity, including red pigment (prodigiosin), which has a broad spectrum of bioactivity. One of the bioactivities examined in red pigments is as an antioxidant. A previous study successfully isolated red-colored bacteria from *Rafflesia* rhizosphere soil. In this study, four isolates of the collection were proven to be able to produce red pigments as metabolite compounds. However, the bioactivity of red pigments produced as antioxidants has never been evaluated. Therefore, this study aims to determine the activity of red pigments from rhizosphere soil bacteria as antioxidant agents both *in vitro* and at the cellular level.

This study began by rejuvenating pigment-producing isolates and extracting red pigments from both intracellular and extracellular with methanol and chloroform solvents. The resulting crude extracts were screened for antioxidant activity using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical. Isolates with the best antioxidants were optimized for their extraction solvents, and then the optimal solvent will be used for further extraction. Extracts with the best antioxidants activity and optimal extraction solvent were fractionated using thin-layer chromatography (TLC). Determination of the mobile phase in the fractionation process is done through two stages: the selection of the two best single eluents and the determination of the volume ratio of the combination of the two best eluents. The best eluent combination results were used for bioautographic and preparative TLC. Bioautographic TLC analysis was conducted to obtain fraction bands that have antioxidant potential. Antioxidant bands were then isolated using preparative TLC. The active fraction was then determined as the antioxidant IC₅₀ value using the DPPH method. Fractions with the best antioxidant activity and those showing prodigiosin pigment characteristics on the TLC plates were selected for further testing. In addition, the antioxidant activity of extracts and selected fractions of the red pigment was evaluated at the cellular level using *S. pombe*. The evaluation included a spot oxidative cekaman assay and a mitochondrial activity assay. The selected red pigment fraction was further characterized using the presumptive prodigiosin assay and the amount of prodigiosin was quantified. Further characterization was conducted structurally using UV-Vis, FTIR and ¹H-NMR. Supporting this characterization, molecular characterization was also carried out, namely *pigC* gene analysis, which is a gene related to prodigiosin biosynthesis.

Four isolates (RR11, RR16, RR20 and RR24) producing red pigment were successfully identified based on the 16S rRNA gene into two species, namely RR11

and RR16 as *Serratia nematodiphila* while RR20 and RR24 as *Serratia marcescens*. The results of eight crude extracts from four isolates obtained one isolate, *S. nematodiphila* RR16, as the best antioxidant producer with an IC₅₀ extracellular red pigment of 111.18 µg/mL. Extraction solvent optimization data shows that extracellular red pigment can be optimally extracted using chloroform solvent. The chloroform extract of *S. nematodiphila* RR16 was fractionated using ethyl acetate: dichloromethane 0.5: 8.5 (v/v) mobile phase and obtained 19 fractions with six active fractions as antioxidant candidates based on KLT bioautography analysis. Six active fractions were isolated and obtained fraction four (F4, R_f 0.29) with the best antioxidant activity (IC₅₀ 140.31 µg/mL) and had the appearance of prodigiosin pigment on the KLT plate. Extracts and fractions with the best antioxidant activity tested at the cellular level using *S. pombe* showed the ability to maintain cell viability under oxidative cekaman. Red pigment extracts and fractions maintained viability at the best concentration of 100 µg/mL (crude extract) and 140 µg/mL (fraction).

In addition, red pigment extracts and fractions were also able to induce mitochondrial activity. This informs that oxidative cekaman tolerance is induced by extracts and fractions of *S. nematodiphila* RR16 red pigment through mitochondrial adaptive ROS signaling. The extracts and fractions of red pigment showed prodigiosin characteristics as indicated by the positive results of the presumptive prodigiosin test and the UV-Vis spectrum characteristics that were in the prodigiosin range, namely 539 nm (crude extract) and 537 nm (fraction). The structural analysis by FTIR and ¹H-NMR also showed that the red pigment fraction had prodigiosin characteristics. Molecular analysis showed that *S. nematodiphila* RR16 has a partial *pigC* gene, which was successfully amplified and analyzed as a prodigiosin-synthesizing transferase.

Keywords: cell viability, DPPH, mitochondrial activity, *Schizosaccharomyces pombe*, *Serratia nematodiphila*



@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 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.

TELAAH AKTIVITAS PIGMEN PRODIGIOSIN DARI BAKTERI ASAL TANAH RIZOSFER SEBAGAI AGEN ANTIOKSIDAN

CINDY MARGARETH HUTASOIT

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

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.

Judul Tesis : Telaah Aktivitas Pigmen Prodigiosin dari Bakteri Asal Tanah
Rizosfer sebagai Agen Antioksidan
Nama : Cindy Margareth Hutasoit
NIM : G3501211020

Disetujui oleh

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



Pembimbing 2:
Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si.

Pembimbing 3:
Prof. Dr.dr. Sri Budiarti

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:
26 Juni 2024

Tanggal Lulus:

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 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.

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih pada penelitian yang dilaksanakan bulan Maret 2023 sampai April 2024 ini ialah Mikrobiologi Kesehatan yang berjudul “Telaah Aktivitas Pigmen Prodigiosin dari Bakteri Asal Tanah Rizosfer sebagai Agen Antioksidan”. Penelitian ini didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi - Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui Penelitian Tesis Magister (Nomor Hibah: 102/E5/PG.02.00PL/2023 tanggal 19 Juni 2023) yang diberikan melalui pembimbing pertama, Bapak Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing Prof. Dr. Aris Tri Wahyudi, M.Si., Dr. Sipriyadi, S.Si., M.Si., dan Prof. Dr.dr. Sri Budiarti yang telah membimbing, memberikan saran dan motivasi selama melaksanakan penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing Dr. Popi Asri Kurniatin, S.Si., Apt., M.Si., dan Kaprodi Mikrobiologi Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S. Disamping itu, penulis menyampaikan penghargaan kepada seluruh staf dan anggota laboratorium penelitian mikrobiologi atas bantuannya melakukan penelitian tesis ini. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ayah, ibu, adik-adik, dan seluruh keluarga, serta seluruh dosen, sahabat, teman seperjuangan di program studi Mikrobiologi 2021 dan ibu pendeta yang selalu mendukung, mendoakan serta memberikan kasih sayang kepada penulis.

Besar harapan penulis karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2024

Cindy Margareth Hutasoit

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, 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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Kebaruan	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pigmen Merah (Prodigosin)	4
2.2 Radikal Bebas dan Antioksidan	6
2.3 Khamir <i>Schizosaccharomyces pombe</i> sebagai Organisme Model	8
METODE	9
3.1 Kerangka Penelitian	9
3.2 Waktu dan Tempat	10
3.3 Alat dan Bahan	10
3.4 Prosedur Penelitian	10
3.4.1 Peremajaan Isolat Bakteri dan Khamir Model	10
3.4.2 Uji Hemolitik Bakteri Penghasil Pigmen Merah	10
3.4.3 Identifikasi Bakteri Penghasil Pigmen Merah	10
3.4.4 Ekstraksi Pigmen Merah	11
3.4.5 Skrining Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kasar Pigmen Merah	11
3.4.6 Optimasi Pelarut dan Produksi Pigmen Merah	11
3.4.7 Fraksinasi Pigmen Merah, Analisis KLT Bioautografi dan KLT Preparatif	12
3.4.8 Uji Toleransi Cekaman Oksidatif Menggunakan Metode Spot	12
3.4.9 Uji Aktivitas Mitokondria pada <i>S. pombe</i>	13
3.4.10 Skrining, Kuantifikasi dan Karakterisasi UV-Vis Spectroscopy Ekstrak Kasar Pigmen Merah	13
3.4.11 Karakterisasi Struktural Fraksi Pigmen Merah	13
3.4.12 Deteksi, Prediksi Domain dan Modeling Struktur Tiga Dimensi PigC	14
3.5 Analisis data	14
HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil	15
4.1.1 Karakterisasi Bakteri Penghasil Pigmen Merah	15
4.1.2 Identifikasi Bakteri Penghasil Pigmen Merah	15
4.1.3 Skrining Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kasar Pigmen Merah	17
4.1.4 Optimasi Jenis Pelarut Terhadap Ekstraksi Pigmen Merah	17
4.1.5 Fraksinasi dan Analisis KLT Bioautografi Pigmen Merah	18
4.1.6 Potensi Antioksidan Fraksi Pigmen Merah	19
4.1.7 Uji Toleransi Cekaman Oksidatif pada <i>S. pombe</i>	20

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.

4.1.8	Pengaruh Pigmen Merah terhadap Aktivitas Mitokondria pada <i>S. pombe</i>	21
4.1.9	Skrining, Kuantifikasi dan Karakterisasi UV-Vis Ekstrak dan Fraksi Pigmen Merah	21
4.1.10	Karakterisasi Struktural Fraksi Pigmen Merah	22
4.1.11	Deteksi Gen, Prediksi Domain, dan Struktur Tiga Dimensi PigC	24
4.2	Pembahasan	26
V	SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1	Simpulan	31
5.2	Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN	40
	RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Aktivitas antioksidan pigmen prodigiosin asal bakteri	5
2	Hasil identifikasi berdasarkan gen 16S rRNA	16
3	Uji potensi aktivitas ekstrak kasar pigmen merah dalam meredam radikal DPPH	17
4	Potensi aktivitas antioksidan fraksi aktif pigmen merah <i>S. nematodiphila</i> RR16	19

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur prodigiosin	5
2	Jalur biosintesis prodigiosin	6
3	Pengamatan sel <i>S. pombe</i> .	8
4	Diagram alir tahap penelitian	9
5	Karakter bakteri penghasil pigmen merah	15
6	Kontruksi pohon filogenetik isolat penghasil pigmen merah	16
7	Efek pelarut terhadap ekstraksi pigmen merah	18
8	Optimasi fase gerak untuk fraksinasi pigmen merah	18
9	Fraksinasi ekstrak RR16K menggunakan KLT19	
10	Uji respon cekaman oksidatif pigmen merah <i>S. nematodiphila</i> RR16 menggunakan <i>S. pombe</i>	20
11	Uji aktivitas mitokondria	21
12	Hasil uji <i>presumptive</i> prodigiosin	22
13	Profil absorbansi ekstrak dan fraksi pigmen merah <i>S. nematodiphila</i> RR16	22
14	Profil FTIR dari fraksi prodigiosin <i>S. nematodiphila</i> RR16	23
15	Analisis ¹ H-NMR dari fraksi pigmen merah <i>S. nematodiphila</i> RR16	23
16	Deteksi dan analisis Gen <i>pigC</i>	24
17	Deduksi asam amino <i>PigC</i> <i>S. nematodiphila</i> RR16	25
18	Prediksi domain protein parsial <i>PigC</i> <i>S. nematodiphila</i> RR16	25
19	Analisis Protein <i>PigC</i> <i>S. nematodiphila</i> RR16	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Komposisi media	41
2	Sekuen gen 16S rRNA	42
3	Perhitungan aktivitas antioksidan (IC ₅₀)	45