

- 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.

**FUNCTIONAL RECOMBINANT DNA POLYMERASE FROM
HYPERTHERMOPHILIC CRENARCHAEON
Sulfurisphaera javensis strain KD-1^T**

EUFRASIA ELAINE ROSALIE



**MICROBIOLOGY GRADUATE PROGRAM
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCE
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2025**



@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.

STATEMENT REGARDING THESIS, INFORMATION SOURCES, AND COPYRIGHT TRANSFER

I hereby declare that the thesis entitled "Functional Recombinant DNA Polymerase from Hyperthermophilic Crenarchaeon *Sulfurisphaera javensis* strain KD-1^T" is my work under the direction of my supervisors and has not been submitted in any form to any university. Sources of information originating from or quoted from published or unpublished works from other authors have been mentioned in the text and listed in the References at the end of this thesis.

I hereby assign the copyright of my written work to the IPB University.

Bogor, July 2025

Eufrasia Elaine Rosalie
G3501231020

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

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.

RINGKASAN

EUFRASIA ELAINE ROSALIE. DNA Polimerase Rekombinan Fungsional dari Crenarchaeota Hipertemofilik *Sulfurisphaera javensis* strain KD-1^T. Dibimbing oleh ANTONIUS SUWANTO, NASWANDI NUR, dan IVAN PERMANA PUTRA.

DNA polimerase merupakan enzim penting yang terlibat pada replikasi dan perbaikan DNA. Enzim ini banyak digunakan untuk mengamplifikasi DNA secara *in vitro* menggunakan *polymerase chain reaction* (PCR). Sebagian besar DNA polimerase komersial diisolasi dari mikroorganisme termofilik pada kawah panas dan ventilasi hidrotermal di seluruh dunia. DNA polimerase seperti Taq, Pfu, KOD, dan Vent polimerase diisolasi dari bakteri dan Euryarchaeota. Taq polimerase berasal dari famili A DNA polimerase dan tidak memiliki aktivitas eksonuklease 3'-5'. DNA polimerase lainnya berasal dari famili B yang memiliki aktivitas eksonuklease 3'-5' sebagai mekanisme *proofreading*-nya. DNA polimerase famili B, tersebar di berbagai spesies arkaea, dan disebut juga sebagai enzim dengan fidelitas tinggi. Namun, meskipun juga merupakan arkaea, filum Crenarchaeota lebih jarang dipelajari dibandingkan dengan Euryarchaeota. Crenarchaeota juga memiliki DNA polimerase famili B sebagai enzim replikasi utamanya, yang berbeda dengan Euryarchaeota yang menggunakan famili D sebagai enzim replikasi utamanya.

DNA polimerase famili B memiliki aktivitas polimerase dan fidelitas yang sangat baik sehingga cocok digunakan sebagai kandidat untuk aplikasi PCR. Salah satu hipertemofilik arkaea dari filum Crenarchaeota yang bernama *Sulfurisphaera javensis*, diisolasi dari Kawah Domas, Jawa Barat, Indonesia, sangat cocok digunakan sebagai kandidat penghasil DNA polimerase baru. Namun, fungsi dan sifat dari DNA polimerase spesies ini belum diketahui secara pasti. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kloning dan ekspresi heterolog DNA polimerase *S. javensis* pada *Escherichia coli*. Pada penelitian ini, gen yang mengodekan DNA polimerase II dari *S. javensis* diklon pada vektor ekspresi pET28a dan ditransformasikan pada dua strain *E. coli* yaitu BL21(DE3) dan BL21(DE3)pLysS. Percobaan ekspresi dioptimalkan menggunakan variasi konsentrasi *isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside* (IPTG) dan variasi suhu dan waktu paska-induksi. Hasil protein rekombinan terbaik diperoleh dari BL21(DE3)pLysS yang diinduksi dengan 0,5 mM IPTG pada suhu 30 °C selama 16 jam. Enzim rekombinan menunjukkan pita berukuran ~92 kDa pada pengujian *sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis*. Pita protein tetap ada setelah ekstrak enzim kasar dipanaskan sampai suhu 98 °C selama 5 menit, menunjukkan termostabilitas DNA polimerase II rekombinan.

DNA polimerase II rekombinan dipurifikasi menggunakan purifikasi *His-tag* dengan kolom HisTrapTM menggunakan kromatografi afinitas logam terikat dan digunakan sebagai enzim utama pada PCR kualitatif untuk menguji kemampuannya mengamplifikasi DNA pada beragam suhu ekstensi dan denaturasi. DNA polimerase II memiliki suhu optimal untuk ekstensi pada rentang 70.5 sampai 72°C dan suhu denaturasi 90 sampai 95°C. Enzim ini memiliki kemampuan amplifikasi yang cukup rendah dibandingkan dengan Taq polimerase komersial. Hasil ini menunjukkan bahwa DNA polimerase II mungkin bukan merupakan enzim replikasi utama pada *S. javensis*, tetapi berperan pada perbaikan DNA atau sebagai

polimerase cadangan. Penemuan pada penelitian ini menambah koleksi DNA polimerase termostabil fungsional dari Crenarchaeota.

Kata kunci: arkaea, kloning, *Escherichia coli*, *His-tag*, *polymerase chain reaction*

@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

SUMMARY

EUFRASIA ELAINE ROSALIE. Functional Recombinant DNA Polymerase from Hyperthermophilic Crenarchaeon *Sulfurisphaera javensis* strain KD-1^T. Supervised by ANTONIUS SUWANTO, NASWANDI NUR, and IVAN PERMANA PUTRA.

DNA polymerases are essential enzymes involved in DNA replication and repair. The application of this enzyme is widely used for *in vitro* DNA amplification using polymerase chain reaction (PCR). Most commercial DNA polymerases were isolated from thermophilic microorganisms in hot springs and hydrothermal vents worldwide. These DNA polymerases, including Taq, Pfu, KOD, and Vent polymerases, were isolated from bacteria and Euryarchaeota. The former is a member of family A DNA polymerase that lacks the 3'-5' exonuclease, and the latter is from family B DNA polymerase, which is well-known to exhibit 3'-5' exonuclease as its proofreading mechanism. The latter, known as high-fidelity DNA polymerase, is found in most archaeal lineages. However, despite also being an archaeon, Crenarchaeota is much less studied than the popular Euryarchaeota. Crenarchaeota also possess family B DNA polymerase for their primary replicative enzyme, which differs from Euryarchaeota, which use family D as their primary replicative enzyme.

Family B DNA polymerases exhibit great polymerase activity and fidelity, making them a substantial candidate for PCR applications. A species belonging to the Crenarchaeota phylum named *Sulfurisphaera javensis*, a hyperthermophilic archaeon isolated in Domas Crater, West Java, Indonesia, is a great candidate for searching novel DNA polymerase. However, the roles and properties of DNA polymerase from this species remain poorly understood. The primary objective of this research was to clone and heterologously express a novel DNA polymerase from the hyperthermophilic archaeon, *S. javensis*, in *Escherichia coli*. In this study, the gene encoding *S. javensis* DNA polymerase II was cloned into the pET28a vector and expressed in two strains of *E. coli*: BL21(DE3) and BL21(DE3)pLysS. Expression trials were optimized across various temperatures, isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside (IPTG) concentrations, and post-induction durations. The best yield of soluble recombinant protein was obtained in BL21(DE3)pLysS induced with 0.5 mM IPTG at 30 °C for 16 hours. The expressed enzyme showed a ~92 kDa band in sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis analysis. It remained shown in the gel after crude protein was heated to 98 °C for 5 minutes, confirming its thermostability.

The recombinant DNA polymerase II was purified using a His-tag purification in a HisTrapTM column via immobilized metal affinity chromatography and subjected to qualitative PCR to assess its ability to amplify DNA at various extension and denaturation temperatures. DNA polymerase II exhibited optimum amplification performance at 70.5 to 72 °C and denaturation at 90 to 95 °C. While the enzyme performed moderately in PCR reactions, its efficiency was lower than that of commercial Taq polymerase. The results suggest that DNA polymerase II might not be the primary replicative enzyme in *S. javensis*, but may play a role in DNA repair or as a backup polymerase. The findings contribute to the collection of functional thermostable DNA polymerase originating from Crenarchaeota.

Keywords: archaea, cloning, *Escherichia coli*, His-tag, polymerase chain reaction

@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.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Copyright held by IPB, 2025
All rights reserved.

No part of this thesis may be quoted, reproduced, or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without proper acknowledgement of the source. Quotation is permitted solely for the purposes of education, research, academic writing, report preparation, criticism, or review, provided that such use does not infringe upon the interests of IPB.

Reproduction or public dissemination of any part or the entirety of this thesis in any format without prior written permission from IPB is strictly prohibited.

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.

- 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.

**FUNCTIONAL RECOMBINANT DNA POLYMERASE FROM
HYPERTHERMOPHILIC CRENARCHAEON
Sulfurisphaera javensis strain KD-1^T**

EUFRASIA ELAINE ROSALIE

Tesis
As partial fulfillment of the degree of Master of Science
Microbiology Graduate Program

**MICROBIOLOGY GRADUATE PROGRAM
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2025**



@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.

Examiner for thesis defense:
1 Yogiara, S.Si., M.Si., Ph.D.

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.

Thesis Title : Functional Recombinant DNA Polymerase from
Hyperthermophilic Crenarchaeon *Sulfurisphaera javensis* strain
KD-1^T

Name : Eufrasia Elaine Rosalie
NIM : G3501231020

Approved by

1st Supervisor:
Prof. Dr. Ir. Antonius Suwanto, M.Sc.



2nd Supervisor:
Dr. Naswandi Nur, M.Si.



3rd Supervisor:
Dr. Ivan Permana Putra, S.Si., M.Si.

Acknowledged by

Head of Microbiology Study Program
Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S.
NIP 19620327 198703 2 001



Dean of Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 19780723 200701 1 001



Thesis defense date:
21 July 2025

Approval Date:



@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.

PREFACE

Praise and thanks are raised to the almighty God for His blessing that has guided me throughout the making of this thesis proposal. The thesis titled "Functional Recombinant DNA Polymerase from Hyperthermophilic Crenarchaeon *Sulphurisphaera javensis* strain KD-1^T" is a part of the fulfillment for achieving the master's degree in Microbiology in the Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences at IPB University. This research was conducted from July 2024 to March 2025 in the Microbiology and Biochemistry Laboratory, IPB University, the Biotechnology Research Indonesian-The Netherlands (BIORIN) Laboratory, IPB University, and the Genomic Laboratory, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong.

This research could not have been completed without the guidance, support, and encouragement of many individuals. I would like to express my sincere gratitude to all those who have contributed to completing this thesis. First and foremost, I am deeply grateful to Prof. Dr. Ir. Antonius Suwanto, M.Sc., my first academic advisor, for his invaluable guidance, insightful suggestions, and continuous encouragement throughout this research and the thesis preparation. I also sincerely thank Dr. Naswandi Nur, M.Si., for enabling me to conduct this research at BRIN and for generously devoting his time to provide thoughtful advice and mentorship. I am thankful to Dr. Ivan Permana Putra, S.Si., M.Si., for his constructive input, critical perspectives, and guidance that have improved the quality of this work. I also appreciate Professor Norio Kurosawa, who supports this research and always gives us valuable resources and insights. Special thanks go to Prof. Dr. Endang Warsiki, S.TP., M.Si., who moderated my research seminar and provided valuable input. I also appreciate Prof. Dr. Dra. Anja Meryandini, M.S., Head of the Microbiology Study Program, for her leadership, guidance, and continuous support during my academic journey. I am also profoundly thankful to Yogiara, S.Si., M.Si., Ph.D., for his role as an examiner during my thesis defense and for his constructive feedback that refined this work. Lastly, I would like to thank my parents, sister, friends, and lab mates for their constant support, patience, and encouragement during my academic journey.

I am aware that this thesis is far from perfect. I am more than pleased to receive feedback and supportive advice from the readers. I hope this thesis will contribute something to the readers.

Bogor, July 2025

Eufrasia Elaine Rosalie



@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.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF FIGURES	xvii
LIST OF APPENDICES	xvii
I INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Problem Statement	2
1.3 Research Objectives	3
1.4 Research Implication	3
1.5 Novelty	3
1.6 Hypothesis	3
II LITERATURE REVIEW	4
2.1 Archaea	4
2.2 Thermoacidophile Archaea	5
2.3 Archaea DNA Polymerase	6
2.4 Heterologous Expression of Archaeal Enzymes in <i>Escherichia coli</i>	7
III METHODS	9
3.1 Time and Location of Research	9
3.2 Research Workflow	9
3.3 Instruments and Materials	9
3.3.1 Instruments	9
3.3.2 Bacterial Strain and Plasmid	9
3.4 Research Procedures	10
3.4.1 Bioinformatics Analysis and Primer Design	10
3.4.2 Cloning of <i>S. javensis</i> DNA polymerase II via homologous recombination	10
3.4.3 Transformation of pET28a-DNA polymerase II to <i>Escherichia coli</i> BL21(DE3)	11
3.4.4 Expression of pET28a-DNA polymerase II	11
3.4.5 Optimization of pET28a-DNA polymerase II overexpression	12
3.4.6 DNA polymerase simple heat stability assay	12
3.4.7 Purification and size determination of recombinant DNA polymerase II	12
3.4.8 DNA polymerase activity assay using polymerase chain reaction (PCR)	12
IV RESULTS AND DISCUSSION	14
4.1 Bioinformatics Analysis	14
4.2 Cloning of DNA Polymerase II using Homologous Recombination	17
4.3 Expression Optimization of pET28a-DNA Polymerase II	19
4.4 Recombinant DNA Polymerase Simple Heat Stability Assay	20
4.5 Polymerase Chain Reaction (PCR) Assay for DNA Polymerase Activity	21
V CONCLUSION	24
5.1 Conclusion	24
5.2 Recommendation	24
REFERENCES	25

APPENDIX

AUTHOR BIOGRAPHY

@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 :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- 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.

LIST OF FIGURES

1	Overall research workflow.	9
2	Phylogenetic tree of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II and those of closely related Crenarchaeota species.	15
3	Model structure of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II.	16
4	Homologous recombination of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II into pET28a.	18
5	<i>Escherichia coli</i> BL21(DE3)-pET28a-DNA polymerase (DNAP) II transformants on Lysogeny agar.	19
6	Optimization of <i>Escherichia coli</i> BL21(DE3) and <i>E. coli</i> BL21(DE3)pLysS-pET28a-DNAP II.	19
7	Optimization of <i>Escherichia coli</i> BL21(DE3)pLysS-pET28a-DNA polymerase II on different post-induction incubation times.	20
8	Simple heat stability assay of crude recombinant DNA polymerase II.	21
9	SDS-PAGE analysis of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II.	21
10	Qualitative assessment of recombinant <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II using different extension temperatures.	22
11	Qualitative assessment of recombinant <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II using different denaturation temperatures.	23

LIST OF APPENDICES

12	Strain, plasmid, and primers used in this study.	33
13	DNA polymerase and exonuclease motifs of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II (purple box) and closely related Crenarchaeota species.	34
14	Expression vector map of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II in pET28a.	35
15	Chromatograms of <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II His-tag purification using ÄKTA Prime Plus.	36
16	Relative intensity of DNA bands on 1% agarose electrophoresis of gradient extension temperature of recombinant <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II compared to positive control, commercial Taq polymerase.	37
17	Relative intensity of DNA bands on 1% agarose electrophoresis of gradient denaturation temperature of recombinant <i>Sulfurisphaera javensis</i> DNA polymerase II compared to positive control, commercial Taq polymerase.	38

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.