

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI cDNA GEN LUCIFERASE PENGKODE
BIOLUMINESSENSI PADA JAMUR *Neonothopanus* sp.**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar
Sarjana Sains*



Oleh:
DEVI ULFA NINGSIH
16032063/2016

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

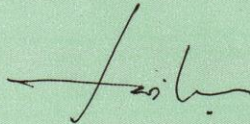
PERSETUJUAN SKRIPSI

ISOLASI DAN KARAKTERISASI cDNA GEN LUCIFERASE PENGKODE BIOLUMINESSENSI PADA JAMUR *Neonothopanus* sp.

Nama : Devi Ulfa Ningsih,
NIM/TM : 16032063/2016
Program Studi : Biologi
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

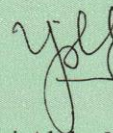
Padang, 4 Februari 2020

Mengetahui:
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed.
NIP. 19750815 200604 2 001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dr. Yuni Ahda, M.Si.
NIP. 19690629 199403 2 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Devi Ulfa Ningsih
NIM/TM : 16032063/ 2016
Program Studi : Biologi
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ISOLASI DAN KARAKTERISASI cDNA GEN LUCIFERASE PENGKODE BIOLUMINESSENSI PADA JAMUR *Neonothopanus* sp.

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

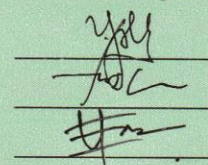
Padang, 6 Februari 2020

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Yuni Ahda, M.Si.
2. Anggota : Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed.
3. Anggota : Afifatul Achyar, M.Si.



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

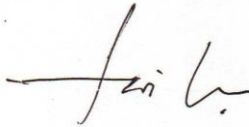
Nama : Devi Ulfa Ningsih
NIM/TM : 16032063/2016
Program Studi : Biologi
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul “Isolasi dan Karakterisasi cDNA Gen Luciferase Pengkode Bioluminesensi pada Jamur *Neonothopanus* sp.” adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 4 Februari 2020

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed.
NIP. 19750815 200604 2 001

Saya yang menyatakan,



Devi Ulfa Ningsih
NIM. 16032063

Isolasi dan Karakterisasi cDNA Gen Luciferase Pengkode Bioluminesensi pada Jamur *Neonothopanus* sp.

Devi Ulfa Ningsih

ABSTRAK

Bioluminesensi merupakan kemampuan organisme memproduksi dan memancarkan cahaya dari tubuhnya melalui reaksi kimia di dalam tubuhnya. Reaksi kimia ini adalah reaksi antara substrat dan enzim. Enzim yang berperan dalam reaksi ini adalah luciferase. Pembentukan luciferase sebagai enzim dikode oleh gen luciferase. Gen luciferase sudah banyak diisolasi dari organisme yang mampu memancarkan cahaya, salah satunya adalah jamur. Dalam penelitian ini jamur yang dijadikan objek penelitian adalah genus *Neonothopanus*. Jamur ini memiliki karakter tubuh buah yang besar dan cahaya dipancarkan dari seluruh bagian tubuh sehingga menghasilkan cahaya terang. Jamur *Neonothopanus* cukup banyak ditemukan di daerah Sumatera Barat, namun belum banyak dieksplorasi sehingga informasi mengenai jamur ini masih kurang termasuk karakteristik gen luciferasanya. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan karakterisasi gen luciferase jamur *Neonothopanus* sp. yang ditemukan di Pesisir Selatan Sumatera Barat.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian dilaksanakan dari bulan Mei - Desember 2019 di Laboratorium Bioteknologi FMIPA UNP dan Laboratorium Biomedik FK UNAND. Karakterisasi gen dimulai dengan amplifikasi terbalik (RT-PCR) RNA total hasil isolasi dan dilanjutkan dengan sekuensing dan *alignment* dengan sekuen terpublikasi pada NCBI menggunakan program Geneious Prime.

Amplifikasi terbalik menggunakan sepasang primer (LuzF dan LuzR) menghasilkan ampikon cDNA sepanjang 830 pb. Hasil sekuensing dan *alignment* dengan jamur *N. nambi* dan *N. gardneri* yang dipublikasi menunjukkan tingkat similaritas sebesar 93% dan 37% secara berturut-turut. Hasil *alignment* sekaligus menunjukkan *Neonothopanus* sp. berkerabat dekat dengan *N. nambi*. Konstruksi pohon filogenetik memperkuat hasil kekerabatan gen *Luz Neonothopanus* sp. dengan *N. nambi* serta kekerabatannya dengan jamur bercahaya lain.

Kata kunci: Bioluminesensi, Luciferase, *Neonothopanus*.

Isolation and Characterization of cDNA Luciferase Gene Encoding Bioluminescence in *Neonothopanus* sp.

Devi Ulfa Ningsih

ABSTRACT

Bioluminescence is the ability of organisms to produce and emit light from their bodies through the chemical reactions in their bodies. This chemical reaction is a reaction between the substrate and the enzyme. The enzyme that codes this reaction is luciferase. The formation of luciferase as an enzyme is coded by the luciferase gene. Luciferase gene has been widely isolated from organisms that are able to emit light, one of which is a fungus. In this study, the fungus that was used as the object of this research was the genus of *Neonothopanus*. This fungus has the character of a large fruit body and emit light from all parts of the body so it can produce the bright light. *Neonothopanus* fungus is quite common in West Sumatera, but the information about this fungus has not been explored including the characteristics of the luciferase gene. The purpose of this research was to characterize the *Neonothopanus* sp. fungal luciferase gene which was found in Pesisir Selatan, West Sumatera.

This research was the descriptive. The research was conducted from May - December 2019 in the Biotechnology Laboratory of Mathematics and Sciences Faculty of Padang State University and the Biomedical Laboratory of Medical Faculty of Andalas University. The gene characterization begins with reverse amplification (RT-PCR) of isolated Total-RNA and continues with sequencing and alignment with sequences published on NCBI using the Geneious Prime program.

Reverse amplification using a pair of primers (LuzF and LuzR) produces 830 bp of cDNA amplicon. The results of sequencing and alignment with the published *N. nambi* and *N. gardneri* fungi showed the similarity rates of 93% and 37% respectively. The alignment result also shows that *Neonothopanus* sp. closely related to *N. nambi*. Phylogenetic tree construction reinforces the kinship results of the *Luz Neonothopanus* sp. with *N. nambi* and its kinship with other glowing mushrooms.

Keywords: Bioluminescence, Luciferase, *Neonothopanus*.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Isolasi dan Karakterisasi cDNA Gen Luciferase Pengkode Bioluminesensi Pada Jamur *Neonothopanus sp.***”. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Ibu Dr. Yuni Ahda, M. Si. selaku Dosen Pembimbing skripsi dan Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan waktu, pikiran dan tenaga dalam memberikan ide, melaksanakan penelitian dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kritikan dan saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibu Afifatul Achyar, S. Si., M. Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritikan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si., selaku ketua tim penelitian “Luminesensi” yang telah mengikutkan peneliti dalam proyek penelitian ini.
5. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si., M.Biomed. selaku Ketua Jurusan Biologi yang telah membantu kelancaran administrasi penelitian.
6. Bapak/Ibu dosen staf jurusan Biologi FMIPA UNP yang telah membantu untuk kelancaran penulisan skripsi ini.

7. Seluruh staf Laboratorium Biomedik FK UNAND yang telah membantu kegiatan penelitian.
8. Kakak Kurnia Sari, A.Md., sebagai tenaga PLP laboratorium Bioteknologi jurusan Biologi FMIPA UNP yang telah membantu kegiatan penelitian.
9. Kepada kedua orang tua tercinta, Ibunda Muntirah dan Ayahanda Salamun yang tidak pernah putus doanya untuk penulis.
10. Dona, Nada, Ratih, Lauren, Mutia, Reza, Ulfi, Laras, dan Sonya terimakasih sudah kebersamai penulis selama berjuang meraih gelar S.Si.
11. Personil Keluarga di luar rumah Rikanti, Hana, Atul, Soso, Rio, Andi, Bayu, dan Didin serta Sulawers *Team* Ariana, Nawang, Rara dan Vera yang selalu memberikan semangat.
12. Keluarga besar Biologi Sains 2016 yang selalu memberikan dukungan serta doanya.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan bernilai ibadah dan mendapatkan pahala dari Allah SWT. Penulis berharap skrikpsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Bioluminesensi.....	7
B. Jamur <i>Neonothopanus</i> sp. sebagai Organisme Bioluminesensi.....	8
C. Enzim Luciferase sebagai Pengkatalis Reaksi Luminesen	12
D. Identifikasi Molekuler Gen Luciferase	13
E. Analisis Filogenetik Gen Luciferase.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	20
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
C. Alat dan Bahan.....	20
D. Prosedur Penelitian	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	27
B. Pembahasan.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Daftar nama jamur bioluminesensi yang digunakan dalam konstruksi pohon filogenetik.	26
2. Hasil isolasi RNA total jamur <i>Neonothopanus</i> sp. yang diukur menggunakan Nanodrop	28
3. Hasil Analisis cDNA Gen Luciferase Jamur <i>Neonothopanus</i> sp. Menggunakan Program BLAST-N di Situs NCBI.	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi bioluminesensi pada jamur dengan proses sintesis luciferin dan katalis luciferase dalam menghasilkan cahaya (Kotlobaya <i>et al.</i> , 2018).	8
2. Tubuh buah jamur <i>Neonothopanus</i> . (a) tidak bercahaya di kondisi terang (b) bercahaya di kondisi gelap. (1) <i>N. nambi</i> . (2) <i>N. gardneri</i> (Stevani <i>et al.</i> , 2013; Chew <i>et al.</i> , 2015).	10
3. Spektrum bioluminesensi dari miselium <i>N. nambi</i> secara in vivo (Bondar, <i>et al.</i> , 2011).	11
4. Percobaan Dubois mengenai reaksi luciferin-luciferase sebagai substrat-enzim yang dapat menghasilkan emisi cahaya melalui reaksi enzimatik (Zimmer, 2015).	13
5. Morfologi jamur <i>Neonothopanus</i> sp. yang dikoleksi dari Pesisir Selatan, Sumatera Barat, (a) tampak atas, (b) tampak bawah.....	27
6. Studi bioinformatik penempelan primer LuzF dan LuzR pada sekuen referensi cDNA luciferase <i>Neonothopanus nambi</i> pada situs NCBI no. akses LC435379.1 menggunakan program Geneious Prime version 2019.2 created by Biomatters www.geneious.com	29
7. Hasil elektroforesis produk amplifikasi cDNA gen luciferase (<i>luz</i>). (a) ladder 100 pb; (b) Jamur <i>Neonothopanus</i> sp.	30
8. Hasil contig sekuen gen luciferase jamur <i>Neonothopanus</i> sp. dari <i>forward</i> dan <i>reverse</i> menggunakan program Geneious Prime version 2019.2 created by Biomatters www.geneious.com	31
9. Hasil <i>alignment</i> sekuen cDNA gen luciferase dari jamur sampel (D-Luz) dengan sekuen gen luciferase jamur <i>N. nambi</i> dan <i>N. gardneri</i> , (1) sekuen cDNA gen luciferase (D-Luz), (2) sekuen gen luciferase <i>N. nambi</i> , (3) sekuen gen luciferase <i>N. gardneri</i>	32
10. Pohon filogenetik cDNA gen luciferase jamur <i>Neonothopanus</i> sp. dengan jamur bercahaya lainnya yang dikonstruksi menggunakan metode <i>Neighbour Joining</i> dalam program Geneious Prime version 2019.2 created by Biomatters www.geneious.com	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir kerja penelitian.....	48
2. Hasil sekuensing fragmen gen luciferase D-Luz dari <i>forward</i> (a) dan <i>reverse</i> (b)	49
3. Hasil BLAST-N fragmen gen luciferase D-Luz dengan jamur <i>N. nambi</i> dan <i>N. gardneri</i>	50
4. Hasil BLAST-N homologi fragmen gen luciferase D-Luz dengan jamur <i>N. nambi</i>	50
5. Hasil BLAST-N homologi fragmen gen luciferase D-Luz dengan jamur <i>N. gardneri</i>	51

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banyak organisme hidup yang memiliki kemampuan memancarkan cahaya, fenomena ini disebut bioluminesensi (Wilson, 2013). Bioluminesensi adalah proses biologis dimana organisme hidup dapat memproduksi dan memancarkan cahaya yang dihasilkan dari reaksi kimia di dalam tubuhnya (Shimomura, 2006). Mekanisme dibalik fenomena ini merupakan reaksi yang bergantung pada oksigen dengan melibatkan substrat berupa luciferin dan dikatalis oleh enzim yaitu luciferase. Selanjutnya perkembangan sifat kimia dari bioluminesensi mulai dipelajari pada abad ke-20 (Shimomura, 2006).

Reaksi bioluminesensi berbeda dengan fluoresensi dan fosforesensi. Reaksi bioluminesensi tidak memerlukan penyerapan awal sinar matahari atau radiasi elektromagnetik lainnya oleh molekul atau pigmen untuk memancarkan cahaya. Sistem bioluminesensi menghasilkan cahaya melalui oksigenasi substrat, dengan substrat luciferin dan enzim luciferase (Kahlke and Umbers, 2016). Enzim luciferase adalah enzim yang bertanggung jawab dalam mengkatalis substrat luciferin sehingga bisa menghasilkan cahaya tampak dalam proses reaksi kimia bioluminesensi (Dewi dkk., 2018).

Organisme yang memiliki kemampuan bioluminesensi sangatlah beragam dan keberadaannya tersebar luas di alam, diantaranya bakteri, dinoflagellata, jamur, serangga, ikan, dan berbagai invertebrata laut (Wilson and Hastings, 1998; Scott *et al.*, 2011). Bioluminesensi pada jamur merupakan suatu hal yang unik untuk dipelajari. Hasil penelitian Kotlobaya *et al.* (2018) menerangkan bahwa

ekspresi gen luciferase jamur tidak bersifat toksik bagi organisme eukariotik dan jamur memiliki sistem bioluminesensi yang sederhana jika dibandingkan dengan organisme multiseluler bioluminesensi lainnya. Pada jamur, sistem bioluminesensi adalah sistem yang dikendalikan oleh gen *luz*. Selain luciferase (*luz*), terdapat dua gen sintesis luciferin yaitu *herps* dan *h3h* yang saling bekerja sama untuk memasok luciferin yang dibutuhkan. Selain komponen genetik tersebut, reaksi ini juga membutuhkan molekul oksigen dan NAD(P)H sebagai ko-faktor (Kirkpatrick *et al.*, 2019). Ketika semua komponen sistem terpenuhi, maka akan menghasilkan pendaran cahaya warna hijau kekuningan sampai hijau pada kisaran panjang gelombang 520-530 nm (Desjardin *et al.*, 2008).

Bioluminesensi pada jamur telah dihipotesiskan berfungsi menarik invertebrata dalam membantu penyebaran spora (Desjardin *et al.*, 2008), sebagai daya tarik predator fungivora, pencegahan terhadap fungivora fototropik negatif, dan sebagai sinyal peringatan untuk fungivora nokturnal. Aplikasi ini sangat berguna untuk bidang kajian biologi hewan dan lingkungan yang mempelajari serangga karena jamur dapat digunakan sebagai iming-iming untuk menarik datangnya serangga (Sivinski, 1998).

Penelitian pada jamur bioluminesensi terus dilakukan pada skala dunia termasuk Amerika Utara, Jepang dan Eropa. Banyak hasil penelitian menyatakan bahwa jamur bioluminesensi tidak hanya menarik dari segi karakteristik luminesennya saja tetapi juga pada aplikasi biomedisnya (Van, 2006). Bioluminesensi dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan dan perkembangan sel tumor dan kanker melalui penyisipan gen luciferase (Dikmen, *et al.*, 2005). Selain aplikasi biomedis, bioluminesensi juga dapat dimanfaatkan

sebagai biosensor dalam kajian biofisika (Weitz *et al.*, 2002; Horswell *et al.*, 2006). Peneliti lain juga menerangkan bahwa bioluminesensi melalui luciferase telah diaplikasikan sebagai gen reporter pada plasmid rekombinan dengan tujuan transgenik (Ow *et al.*, 1986). Menurut Leeuwen *et al.* (2000) gen reporter luciferase yang disisipkan akan menunjukkan aktivitas pendaran ketika luciferin difusikan pada tanaman yaitu reaksi antara substrat dan enzim. Selain pada aplikasi yang telah disebutkan, yang tidak kalah menariknya, luciferase juga sudah diekspresikan pada berbagai macam organisme diantaranya sel Mamalia (Dewet *et al.*, 1987), Zebrafish (Mayerhofer *et al.*, 1995), *Drosophila* (Brandes *et al.*, 1996), sel punca (Nakabayashi *et al.*, 2013), dan akar *Arabidopsis* (Xuan *et al.*, 2018).

Distribusi bioluminesensi pada jamur tidaklah seragam. Pada beberapa spesies, cahaya terdapat pada miselium dan seluruh badan buahnya, sedangkan pada spesies lain hanya bagian tertentu yang mampu memancarkan cahaya. Badan buah pada jamur dapat bercahaya pada bagian stipe (batang), pileus (topi) atau lamellae (insang) (Waldenmaier *et al.*, 2012). Namun demikian, kebanyakan jamur bercahaya hanya mampu memancarkan cahaya dalam pancaran yang redup secara terus menerus. Uniknyanya terdapat spesies jamur yang sangat menarik yang berasal dari negara bagian Tocantins, Maranh Sao dan Piauí di Brasil yang mampu memancarkan cahaya yang kuat dari miselium dan tubuh buahnya yaitu *Neonothopanus gardneri*. Jamur ini memiliki tubuh buah yang cukup besar dengan diameter 5 cm. Kemampuan pemancaran cahaya yang terang secara terus menerus pada miselium dan tubuh buah yang besar ini merupakan karakter unik yang dimiliki oleh jamur *N. gardneri* (Capelari *et al.*, 2011). Spesies lain dari

Neonothopanus, yaitu *Neonothopanus nambi*, juga mampu memancarkan cahaya terang berwarna hijau kekuningan (Chew *et al.*, 2015). Jamur ini ditemukan dengan tingkat persebaran yang paling luas (Desjardin *et al.*, 2008). Kedua jamur ini memiliki karakter khas dengan bentuk tubuh buah yang besar jika dibandingkan dengan jamur bercahaya yang lain seperti *Mycena* (0,5-2 cm) (Chew *et al.*, 2013).

Menurut data GenBank pada NCBI, terdapat tiga jamur dengan genus *Neonothopanus*. Namun hanya dua spesies yang memiliki kemampuan pemancaran cahaya yaitu *N. gardneri* dan *N. nambi*. Karakter panjang gen *luz* yang dimiliki setiap spesies adalah berbeda. *N. gardneri* memiliki panjang 792 pb sementara *N. nambi* 801 pb (Kotlobaya *et al.*, 2018). Data GenBank menunjukkan jamur brcahaya lainnya memiliki panjang gen *luz* yang bervariasi rentang 700 - 800 pb. Menurut Haddock *et al.* (2010) karakter gen luciferase dari setiap organisme akan berbeda dan semakin dekat kekerabatannya dengan sesama taksonnya. Untuk itu perlu adanya analisis untuk melihat bagaimana kekerabatannya dengan spesies lain. Untuk mengetahui kekerabatan gen *luz* pada setiap spesies, perlu dilakukan analisis filogenetik.

Analisis filogenetik berguna sebagai model untuk mempresentasikan hubungan nenek moyang organisme, sekuen molekul, atau keduanya. Salah satu tujuan dari penyusunan filogenetik adalah untuk mengkonstruksi dengan tepat hubungan sekuen antar molekul (Dharmayanti, 2011). Dengan pohon filogenetik, persamaan sekuen akan mengelompokkan satu sekuen dengan sekuen sesamanya. Semakin dekat kekerabatannya semakin mudah menentukan kelompok organismenya.

Dalam penelitian ini, kami berhasil mengkoleksi jamur bercahaya dari kabupaten Pesisir Selatan. Hasil analisis morfologi menunjukkan jamur ini termasuk ke dalam genus *Neonothopanus*. Namun untuk mengetahui karakteristik gen luciferase yang dimilikinya, dilakukan analisis secara molekuler. Informasi yang didapat dari penelitian ini merupakan data awal dalam upaya memanfaatkan gen luciferase dari jamur dalam berbagai aplikasi.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa panjang produk amplifikasi gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp.?
2. Bagaimana urutan nukleotida gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp.?
3. Bagaimana kekerabatan gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp. dengan gen luciferase jamur lain yang sudah diketahui?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui panjang produk amplifikasi gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp..
2. Mengetahui urutan nukleotida gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp..
3. Mengetahui kekerabatan gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp. dengan gen luciferase jamur lain yang sudah diketahui.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai karakterisasi gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp.

2. Memberikan informasi mengenai kekerabatan gen luciferase pengkode bioluminesensi pada jamur *Neonothopanus* sp. dengan gen luciferase jamur lain yang sudah diketahui.
3. Sumbangan bagi ilmu pengetahuan terutama di bidang biologi molekuler dan rekayasa genetik.