

KARAKTERISTIK FISIS PEMANCARAN CAHAYA KUNANG - KUNANG TERBANG (Pteroptyx Tener)

Melfita Sari, Ratnawulan dan Gusnedi

Jurusan Fisika, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Kampus FMIPA UNP Air Tawar Barat Padang
email:Smelfita@ymail.com

ABSTRACT

In the city of Padang area Sungai Lareh discovered species of fireflies Pteroptyx tener. At the fireflies information about the physical characteristics of the light transmitting species is unknown. This information is essential for many applications especially in the field of bioluminesensi. Therefore carried out research with the aim of assessing the physical characteristics of the light transmitting fireflies, covering the wavelength of light emitted at maximum intensity, the decay constant, the value of the quantum yield, the number of photons emitted per second and the activation energy. This kind of research is ex post facto reveal the physical characteristics of transmitting light of fireflies and no treatment on the object under study. To obtain the data in this study using a measuring instrument that is light emission intensity: UV-VIS spectrophotometer. Fireflies used are taken from the Sungai Lareh koto Tangah Padang. The result is the value of the wavelength of maximum relative intensity is 540 nm. This value is at the wavelength of visible light with a greenish yellow color. These results are consistent with the observation that the color of light emitted by fireflies the yellow-green color. Konsatanta decay resulting from fireflies obtained at 0.0046 quanta per second, and the number of photons emitted per second by fireflies (Pteroptyx tener) is equal to 9.93209×10^{11} quanta/second. the value of these photons can be obtained quantum yield is 0.56819.

Keywords: Bioluminesensi, the fireflies, the wavelength at maximum intensity, quantum yield and activation energy.

PENDAHULUAN

Banyak organisme di alam yang mempunyai kemampuan memancarkan cahaya, seperti: bakteri, fungi, kunang-kunang dan ikan. Fenomena pancaran cahaya tersebut sebagai hasil dari reaksi kimia disebut kemiluminesensi. Ketika hal tersebut terjadi pada makhluk hidup maka itu yang dinamakan bioluminesensi (Liu & Fang, 2007)^[30]. Bioluminesensi adalah sebuah proses yang menarik pada makhluk hidup yang merubah energi kimia menjadi energi cahaya (Gohain dkk, 2009)^[2].

Organisme bioluminesensi mampu memancarkan cahaya sendiri karena disebabkan oleh enzim luciferase yang mengkatalis senyawa luciferin. Reaksi kimia pada bioluminesensi melibatkan tiga komponen utama, yakni luciferin (substrat), luciferase (enzim) dan molekul oksigen. Luciferin merupakan substrat yang melawan suhu panas dan menghasilkan cahaya dan luciferase merupakan sebuah enzim yang

mengkatalis dan oksigen sebagai bahan bakar (Gajendra-Kannan, 2002)^[12]. Dari reaksi tersebut luciferase mengalami eksitasi dan kembali ke keadaan dasar sambil memancarkan cahaya. Keadaan ini merupakan proses fisika yang terjadi dalam organisme yang melibatkan transport elektron dimana elektron pindah dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi dan kemudian kembali kekeadaan dasar yang disertai pancaran cahaya. Pancaran cahaya yang dihasilkan oleh organisme bioluminesensi ini merupakan energi dingin, karena hampir 90% energi yang dihasilkan dari reaksi luminisensi diubah menjadi energi cahaya (Maden, 2001).

Beberapa jenis organisme yang memiliki kemampuan bioluminesensi banyak terdapat pada serangga dan yang paling terkenal adalah pada kunang-kunang (Gajendra-Kannan, 2002)^[12]. Kunang-kunang merupakan serangga yang unik, karena kemampuannya untuk menghasilkan cahaya yang berwarna-warni tergantung habitatnya. Di Indonesia ditemukan dua jenis kunang-

kunang. Salah satu dari spesies tersebut termasuk *Genus Pteroptyx* sedangkan yang lainnya belum teridentifikasi (Rahayu dan Siong, 2003 dikutip dari Resti, 2007) [23].

Populasi kunang-kunang semakin hari semakin berkurang jumlahnya. Beberapa waktu yang lalu kunang-kunang sangat mudah ditemukan terutama di desa-desa tetapi sekarang sangat jarang dapat dilihat. Untuk beberapa tempat, menurut laporan dari penduduk desa telah terjadi penurunan populasi kunang-kunang yang sangat tajam, bahkan tidak pernah lagi terlihat keberadaanya. Kemungkinan kehadirannya sudah terancam karena pembukaan lahan dan hutan (Resti, 2007) [23].

Penelitian Wan dkk (2010) [10] tentang populasi dari ekologi kunang-kunang *Pteroptyx* di Peninsular Malaysia menunjukkan bahwa diperlukan perlindungan pada beberapa spesis tanaman yang digunakan kunang-kunang, karena perbedaan tanaman dapat membedakan siklus hidup kunang-kunang. Hal tersebut merupakan suatu alasan yang menyebabkan populasi kunang-kunang turun naik pada waktu yang lama. Informasi fisis tentang kunang-kunang jenis *Pteroptyx* ini belum diketahui.

Bioluminisensi dari kunang-kunang banyak dimanfaatkan dalam teknologi, salah satunya dibidang elektronik seperti: OLED (*Organic Light-Emitting Device*) yang telah didesain dan digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar. Aplikasi lain sebagai biosensor seperti memonitor radiasi pada tubuh manusia (Li, 1999) [29]. Pada bidang medis, *luciferin* dan *luciferase* pada kunang-kunang digunakan untuk membedakan sel yang normal dengan sel yang terkena kanker. (Gajendra-Kannan, 2002) [12].

Penelitian mengenai pengukuran bioluminisensi kunang-kunang ini telah dimulai semenjak tahun 1964 oleh Seliger dan McElroy pada 20 spesis kunang-kunang, 16 spesies di Jamaika dan 4 spesies di Amerika. Dari penelitian tersebut diperoleh panjang gelombang pada intensitas, seperti pada kunang-kunang *Photuris pennsylvanica* yang menghasilkan panjang gelombang puncak sebesar 552,4 nm dan kunang-kunang *Photinus pyralis* 562,1 nm. Hal

tersebut menunjukkan perbedaan spesies kunang-kunang menghasilkan perbedaan pancaran warna bioluminisensi, mulai dari hijau sampai kuning terang.

Johain dkk (2009) telah menyelidiki spektrum emisi kunang-kunang *Luciola Praeusta* di India yang diuji secara *in vivo* memperlihatkan bahwa kunang-kunang spesies ini mempunyai panjang gelombang optimum pada 562 nm. Untuk kunang-kunang dari daerah Sumatera Barat telah ada beberapa penelitian yang dilakukan yaitu: Viza (2007) [28] menganalisis DNA genom kunang-kunang *Lamprophorus sp*, Rahma (2010) [22] melanjutkan penelitian dari Viza yang meneliti tentang Karakteristik Fisis Bioluminisensi Kunang-kunang Merayap (*Lamprophorus sp*) Daerah Surian Kabupaten Solok dan menemukan bahwa nilai *quantum yield* relatif dari kunang-kunang merayap yaitu 153,043 *Light Unit* dan foton yang dipancarkan yaitu $7,04 \times 10^{11}$ quanta/detik.

Di daerah Sungai Kecamatan Koto Tangah Kota Padang ditemukan kunang-kunang spesies kunang-kunang terbang (*Pteroptyx tener*). Informasi fisis tentang kunang-kunang spesies ini belum ada yang mengungkap. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik fisis pemancaran cahaya kunang-kunang ini. Meskipun sudah banyak penelitian tentang kunang-kunang secara internasional maupun nasional, tetapi karakteristik fisis pemancaran cahaya kunang-kunang daerah Sungai Lareh belum ada. Selain itu dari hasil penelitian yang dilaporkan dapat disimpulkan perbedaan tempat akan menghasilkan karakteristik fisis pemancaran cahaya kunang-kunang yang berbeda.

Fenomena bioluminisensi ini sangat menarik untuk diteliti, karena setiap organisme tersebut memancarkan cahaya dengan warna yang beraneka ragam, sehingga peneliti ingin mengetahui bagaimana pula karakteristik sifat fisis dari kunang-kunang terbang spesis. Peneliti berharap akan dilakukan suatu penelitian lanjutan yang dapat dimanfaatkan untuk kemajuan bioteknologi terutama dibidang bioluminisensi.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer Uv Vis T70 dan kunang-kunang

Sampel pada penelitian ini adalah kunang-kunang spesies *Pteroptyx tener* yang diambil di daerah Sungai Lareh Kecamatan Koto Tangah Padang. Penelitian ini dilakukan secara *invivo*.

Data diukur adalah pada spektrum cahaya kunang-kunang pada Intensitas relatif. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap konstanta peluruhan, *quantum yield* dan jumlah foton.

Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data dikumpulkan melalui pengukuran terhadap besaran fisika yang terdapat dalam sistem pengukuran nilai panjang gelombang pada intensitas relatif maksimum dan nilai intensitas relatif pada variasi waktu. Data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengukuran adalah panjang gelombang pada intensitas relatif maksimum dan nilai intensitas relatif maksimum pada variasi waktu.

Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Kunang-kunang terbang



Gambar 13. Sampel Kunang-kunang terbang
Pteroptyx tener (Dokumentasi pribadi, 2012)

Sampel kunang-kunang Pteroptyx tener diambil dari daerah yang lembab yaitu: dari daerah Sungai Lareh Kecamatan

Koto Tangah kota Padang Sumatera barat. Sampel kunang-kunang terbang yang telah diambil, kemudian dimasukan kedalam wadah atau botol setelah itu, botol atau wadah diberi lubang untuk pertukaran udara yang masuk dan keluar. Ketika cahaya kunang-kunang spesies ini difoto pada malam hari maka cahaya akan terlihat seperti yang terlihat pada Gambar 14



Gambar 14. Cahaya kunang-kunang terbang
Pteroptyx tener pada malam hari
 (Dokumentasi pribadi, 2012).

Teknik Pengolahan Data

Dari hasil pengukuran didapat data nilai intensitas relatif maksimum.

- a. Pengukuran Intensitas Relatif
Kemudian data ini diolah dengan menggunakan rumusan regresi berikut:

Dimana

Y : Variabel terikat

a : Nilai intercept (konstanta)

b : Koefisien regresi

X : Variabel bebas

- #### b. Konstanta peluruhan

Konstanta peleburan
Menentukan Waktu paro $I = I_0 e^{-kt}$
atau menurut persamaan (18) dapat
juga dinyatakan dalam bentuk
Dengan rumus

$$\log I = \log I_0 - \frac{k}{2303} t \quad \dots \dots \dots (2)$$

Dengan: I_o adalah intensitas awal cahaya I adalah intensitas akhir cahaya k adalah konstanta peluruhan t adalah waktu peluruhan

c. Menentukan Jumlah foton

$$N = cq = \int_0^{\infty} Idt \dots \dots \dots (3)$$

d. Menentukan *Quantum yield*

Dengan rumus

$$cq = I_0/k \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Perhitungan nilai quantum yield menggunakan konstanta peluruhan (k).

e. Menentukan Energi aktivasi

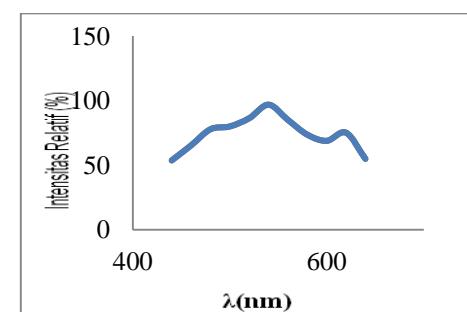
$$E_a = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \frac{1}{1,6 \frac{10^{-19} j}{eV}} \quad \dots \dots \dots (5)$$

HASIL PENELITIAN

Pengukuran Intensitas relatif

Data yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran panjang gelombang pada Intensitas relatif maksimum dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Pengukuran panjang gelombang dengan Intensitas relatif sampel kunang-kunang pada waktu 1 detik, diperoleh grafik seperti pada Gambar 16.

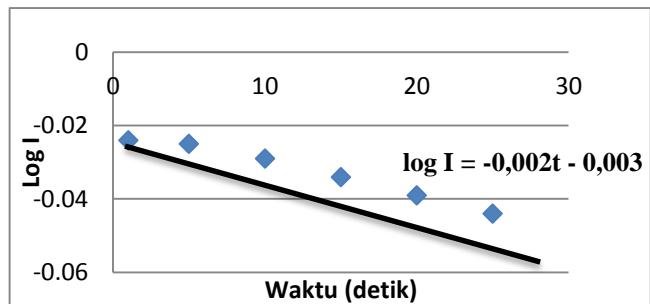


Gambar 1. Grafik hubungan panjang gelombang pemancaran cahaya kunang-kunang dengan Intensitas relatif (%) pada waktu 1 detik.

Pengukuran Intensitas relatif pada variasi waktu

Pengukuran Intensitas relatif pada variasi waktu ditunjukkan oleh grafik seperti pada gambar 2 dengan

menggunakan rumus regresi agar didapat grafiknya linear.



Gambar 2. Grafik hubungan Intensitas terhadap Log I terhadap waktu peluruhan t dengan panjang gelombang 540.

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa dari peluruhan waktu terlihat intensitas relatif menurun. Dari gambar 2 diperoleh persamaan garis lurus pada grafik yaitu:

$$\text{Log I} = -0,002t - 0,003$$

Persamaan (2) dianalogikan dengan persamaan (3) diperoleh:

$$-0,002 t = - kt/2,303$$

Dan $\text{Io} = 0,9932$ quanta/detik

Sehingga diperoleh $k = 0,0046/\text{detik}$

Dari k tersebut dapat diketahui konstanta peluruhan cahaya yaitu $0,0046/\text{detik}$ dari nilai konstanta peluruhan cahaya dan intensitas cahaya tersebut, dapat diketahui nilai *quantum yield* menggunakan persamaan (4) dan diperoleh nilai *cq* yaitu $215,913 \text{ light unit}$. Karena nilai *cq* dalam eksperimen tidak diketahui maka diasumsikan konstan. Selanjutnya *cq* dinyatakan dalam bentuk *quantum yield* relatif. *Quantum yield* dalam sebuah reaksi pada pemancaran cahaya kunang-kunang didefinisikan sebagai jumlah quanta yang dipancarkan permolekul reaksi. *Quantum yield* yang dihasilkan adalah $43,18 \times 10^{14} \text{ quanta /s.mg}$. Karena 1 mg molekul terdiri dari $7,6 \times 10^{15} \text{ molekul}$ maka diperoleh *quantum yield* dari pemancaran cahaya kunang-kunang adalah $0,568$. Jumlah foton (*N*) yang dipancarkan dapat dihitung, oleh

karena itu foton yang dipancarkan setiap satuan detik diperoleh :

$$N = 215,913 \times 4,6 \times 10^9 = 9,89 \times 10^{11} \text{ quanta/detik}$$

Dan dengan menggunakan persamaan 5 dapat diperoleh nilai energi aktivasi adalah 2,302 eV.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisa data yang dilakukan telah diperoleh grafik panjang gelombang pada Intensitas relatif cahaya maksimum yang dipancarkan oleh kunang-kunang terbang dan jumlah foton yang dipancarkan oleh kunang-kunang terbang.

Pada saat foton masuk bertumbukan langsung dengan atom-atom material dan menyerahkan energinya pada elektron atom maka terjadi peristiwa Absorbansi. Foton mengalami perlambatan dan akhirnya berhenti, sehingga pancaran sinar yang keluar dari material berkurang dibanding saat masuk ke material. Asorbansi dari energi cahaya dapat menyebabkan elektron tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi apabila energi yang diabsorbsi tersebut lebih besar dari tingkat energi elektron tersebut. Absorbansi merupakan logaritma kebalikan dari transmitansi (intensitas relatif).

Secara fisika, pancaran cahaya pada kunang-kunang terbang disebabkan kerena adanya molekul pada keadaan dasar mengalami eksitasi kemudian molekul tersebut kembali lagi kekeadaan dasar, energi yang dimiliki molekul pada saat eksitasi digunakan untuk mengeluarkan cahaya pada keadaan dasar. maka ia akan memancarkan cahaya pada panjang gelombang emisi 540. Pada panjang gelombang tersebut diperoleh konstanta peluruhan senilai 0,0046/detik dan menghasilkan nilai quantum yield (q) adalah 0.56 dan jumlah foton yang dihasilkan adalah $9,93209 \times 10^{11}$ quanta/detik. Dari nilai panjang gelombang tersebut juga dapat diperoleh Energi aktivasi (E_a) sebesar 2.302 eV. Atau secara fisika, pancaran cahaya pada kunang-kunang terbang disebabkan kerena adanya molekul pada keadaan dasar mengalami

eksitasi kemudian molekul tersebut kembali lagi kekeadaan dasar, energi yang dimiliki molekul pada saat eksitasi digunakan untuk mengeluarkan cahaya pada keadaan dasar.

Perbandingan hasil-hasil eksperimen tentang karakteristik fisis seperti : panjang gelombang (λ_{emisi}), konstanta peluruhan (k), quantum yield (q), jumlah foton (N) dan Energi Aktivasi dari pemancaran cahaya pada kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* dengan kunang-kunang lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan karakteristik fisis pemancaran cahaya pada kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* dengan kunang-kunang lainnya.

Kunang-kunang	λ_{emisi} (nm)	K	Q	N (quanta/detik)	E_a (eV)
Kunang-kunang <i>Pteroptyx tener</i> (Melfita. 2013)	540	0,00 46	0,56	$9,93209 \times 10^{11}$	2,30 2
Kunang-kunang (Li Yu, 1999)	560	-	0,88	-	2,21 9
Kunang-kunang <i>Photinus pyralis</i> (Norman dan Theodore. 1999)	562	-	0,88	-	2,21 1
Kunang-kunang (Lubov. 2009)	-	-	0,9	-	-
Kunang-kunang Merayap (Rahma. 2010)	540	0,00 23	0,3	$7,04 \times 10^{11}$	2,30 2

Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa karakteristik fisis pemancaran cahaya pada kunang-kunang memiliki perbedaan dengan karakteristik fisis pemancaran cahaya pada kunang-kunang lainnya. Perbedan tersebut terletak pada panjang gelombang emisi, *quantum yield*, jumlah foton dan energi aktivasi yang dihasilkan walaupun struktur

enzim dan substratnya sama. Perbedaan ini disebabkan karena karakteristik dari tempat dan kunang-kunang tersebut ditemukan. Pada habitat kunang-kunang tersebut memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda, seperti temperatur, pH, tanah, makanan dan lain-lain. Oleh karena itu tidak mengherankan banyak kunang-kunang dilaporkan para ilmuwan memiliki karakteristik fisis yang berbeda dari panjang gelombang cahaya yang dihasilkan memiliki panjang gelombang antara 510 sampai 670 nanometer dengan warna pucat kekuningan sampai hijau kemerah.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Intensitas maksimum dari kunang-kunang terbang pada panjang gelombang 540 nm. Hal ini berarti kunang-kunang terbang memancarkan cahaya dengan panjang gelombang 540 nm. Panjang gelombang 540 nm tergolong pada panjang gelombang cahaya tampak yang dipancarkan oleh kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* dengan warna kuning kehijauan. Panjang gelombang yang diperoleh sesuai dengan teori yaitu panjang gelombang pada spesies *firefly* berkisar antara 440 nm hingga 640 nm.
2. Konstanta peluruhan dari pemancaran cahaya kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* adalah 0,0046.
3. Nilai *quantum yield* dari pemancaran cahaya kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* adalah 0,568.
4. Foton yang dipancarkan oleh kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* yaitu $9,93209 \times 10^{11}$ quanta/detik.
5. Energi aktivasi yang dihasilkan pada pancaran cahaya kunang-kunang terbang *Pteroptyx tener* adalah 2,302 eV.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih disampaikan kepada Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si, dan Bapak Drs. Gusnedi, M.Si atas ilmu dan bimbingannya dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1]Bay, Annick dan Jean Pol Vigneron. 2009. *Light extraction from the bioluminisensi organs of fireflies*. Proc. of SPIE, 7401, 1-12.
- [2]Barua, A Gohain, Hazarika S, Saikia NM dan Baruah G D. *Bioluminescence Emission of a Firefly Luciola praeusta Kiesewetter 1874 (Coleoptera: Lampyridae: Luciolinae)*. Departemen of physic, Gauhati University, Dibrugarh University. India. Juni.2009.
- [3]Beiser, Arthur. 1995. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga.
- [4]Biron, Kaan. *Firefly, Dead Fish and a glowing Bunny: a Primer on Bioluminescence*. University of British Columbia, Vol.1,Fall 2003.
- [5]Bruce-White, Charlotte and Shardlow, Math. *Review of impact of artificial Light on Invertebrates*. The Invertebrate Conservation Trust: Britain, 2011
- [6]Chiu, Norman H.L. and Christopoulos, Theodore K. *Two-Site Expression Immunoassay Using a Firefly Luciferase-coding DNA Label*. The American Association for Clinical Chemistry. vol. 45 no. 11. 1999.
- [7]Coder, Kim. *Foxfire: Bioluminescence in the Forest*. University of Georgia School of Forest Resources, 1999. Web. October 2009.
- [8]Dreisig, H., 1975. Environmental control of the daily onset of luminescent activity in glowworms and fireflies

- (Coleoptera: Lampyridae). *Oecologia* 18: 85-99
- [9]E. H. White, F. McCapra and G. F. Field. J. Amer. Chem. Soc. 83, 2402 (1961); 85,337(1963).
- [10]Faridah, Wan Akmal, Wan Jusoh,Rasidah, Nor Hashim dan Zaiton, Zelina Ibrahim: *Distribution and Abundance of Pteroptyx Fireflies in Rembau-Lingga Estuary, Peninsular Malaysia.* Faculty of Environmental Studies, Universiti Putra Malaysia 43400 UPM, Malaysia, 2010.
- [11]Frank Fan and Keith V. Wood.2007. *Bioluminescent Assays for High-Throughput Screening: ASSAY and Drug Development Technologies*, Volume 5, Number 1, 2007.
- [12]Gajendra, Babu, dan Kannan, M. 2002. *Lightning Bugs.* India: Tamil Nadu Agricultural University Coimbatore.
- [13]Giancoli, Dauglas C. 2001. *Fisika.* Jakarta:Erlangga. Hasting. 1998. *Bioluminiscence In Cell Physiology.* 2end Edition, Academic Press, New York, 984-1000
- [14]Krane, Kenneth S. 1992. *Fisika Modern.* Jakarta:Universitas Indonesia Press.
- [15]Lloyd, J.E., 1969. Flashes, behavior and additional species of Nearctic Photinus fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Coleopterists Bulletin* 23: 29-40
- [16]Lloyd, J.E., 1966. Signals and mating behavior in several fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Coleopterists Bulletin* 20: 84-90.
- [17]Lubov, Brovko. 2007. Bioluminescence for food and environmental microbiological safety.U.S.A. : SPIE.
- [18]McElroy dan Hasting. 1954. *Biochemistry of Firefly Luminescence.* 161-198.
- [19]Miller, Joanna. 2009. *Everything is Illuminated.* Georgia:Naturalist Outreach.
- [20]Nallakumar, Kumari. 2002. The firefly of peninsular Malaysia. ASEAN Review of Biodiversity and Environmental Conservation (ARBEC). Malaysia
- [21]Pinto, Luís da Silva dan Esteves ,Joaquim C.G. da Silva*. *Computational Studies of the Luciferase Light-Emitting Product:Oxyluciferin.* American Chemical Society Publication. March 07. 2011
- [22]Rahma, Maidiyanti. 2010. Kajian Karakteristik Fisis Bioluminisensi dari Kunang-kunang Merayap (*Lamprophorus* sp) daerah Surian kabupaten Solok. Padang: Skripsi Universitas Negeri Padang.
- [23]Resti, Rahayu. 2007. *Mengenal kunang-kunang Melalui Habitat dan ciri-ciri Morfologi.* Padang: Artikel Ilmiah Universitas andalas.
- [24]Ratnawulan. 2008. *Fisika Bioluminisensi Studi Kasus pada Bakterium Photobacterium Phosphateum.* Padang: Universits Negeri Padang Pres.
- [25]Sayung, Koh. 2005. *Pemerhatian Awal Ekologi dan Taburan Kerlap-kerlip (Cleoptera: Lampyridae) di Kinabatangan.* Malaysia: Skripsi Universitas Malaysia Sabah.
- [26]Seliger dan McElroy. *The Colors of Firefly Bioluminescence: Enzyme Configuration and Species Specificity.* Mccollum-Pratt Institute dan Johns Hopkins University. Vol. 52. 25 Mei 1964.

- [27] Sudarmo, Unggul. 2006. Kimia untuk SMA Kelas XII. Jakarta: Erlangga.
- [28] Viza, Rivo Yulse. 2007. *Isolasi DNA Genom dan Amplifikasi Gen Penghasil Cahaya Lamprophorus sp.* Padang: Skripsi Universitas Negeri Padang.
- [29] Yu, Li. *From firefly to Organic Light-Emitting Devices*. School of Electrical and Electronic Engineering Nayang Technological University. Vol.76 January 1999.
- [30] YaJun, LIU & WeiHai, FANG. *Ab initio investigation on the structures and spectra of the firefly luciferin*. College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing 100875, China. 2007.