



**SPEKTROSKOPI OPTOGALVANIK EKSITASI DUA FOTON
PADA ATOM NEON MENGGUNAKAN LASER ZATWARNA
Rh-B PULSA (570 – 603 nm)**

I. B. A. Paramarta^a, Karyono^b dan A. B. Setio Utomo^b

^aJurusan Fisika, FMIPA, Universitas Udayana, Denpasar

^bJurusan Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

ABSTRAK

Telah diteliti spektroskopi eksitasi dua foton dengan metode optogalvanik pada atom neon menggunakan lampu lucutan katoda berongga Na/Ne komersial dan laser zatwarna Rh-B pulsa tertala. Laser zatwarna ini mempunyai rentang panjang gelombang antara 570 nm - 603 nm dan lebar garis sekitar 0,6 nm.

Variasi arus lucutan pada lampu dan intensitas laser pengeksitasi yang cukup tinggi mampu mengidentifikasi 6 transisi dua foton atom neon dalam lampu katoda.

Kata kunci: eksitasi dua foton , metode optogalvanik, atom neon

**TWO PHOTON EXCITATION OPTOGALVANIC SPECTROSCOPY
IN NEON ATOM USING A TUNABLE Rh-B DYE LASER (570 – 603 nm)**

ABSTRACT

Two photon excitation spectroscopy in a neon gas using optogalvanic method in a Na/Ne commercial hollow cathode discharge lamp and a Rh-B pulsed dye laser has been studied. The laser wavelength covers from 570 nm to 603 nm and the linewidth is around 0,06 nm.

Variation of a lamp discharge current and a high laser excitation intensity is capable for identifying 6 transitions of a two photon transitions of neon atom.

Keywords: two photons excitation, optogalvanic method, neon atom

I. PENDAHULUAN

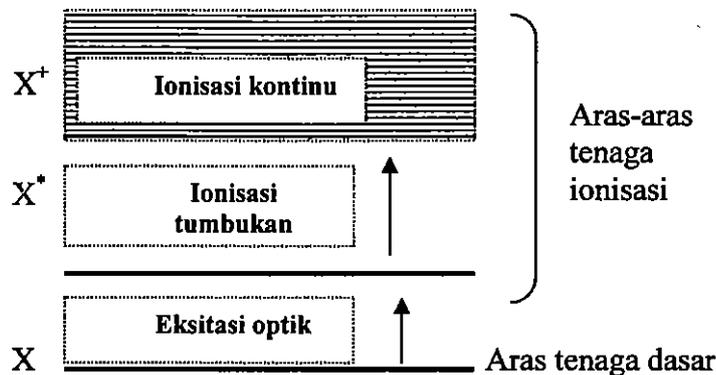
Spektroskopi optogalvanik didasarkan pada efek optogalvanik, yaitu perubahan tegangan pada lampu lucutan karena perubahan laju ionisasi efektif yang diinduksi oleh berkas laser yang ditala secara resonan pada suatu transisi atom dari medium lampu lucutan.¹ Dalam hal ini lampu lucutan digunakan sebagai tempat sampel yang akan dideteksi sekaligus sebagai detektor.²

Spektrum atom neon telah banyak dipelajari dengan teknik optogalvanik. Spektrum LOG (laser optogalvanik) atom neon pada rentang panjang gelombang (634 – 708) nm telah dibahas oleh banyak peneliti. Widiatmono³ telah mengamati 19 garis transisi satu foton pada rentang panjang gelombang 579,80 nm – 605,50 nm. Metode spektroskopi optogalvanik eksitasi satu foton pada atom neon menggunakan laser zat warna Rh-B pulsa (570 – 603) nm telah dilakukan dan diperoleh beberapa garis transisi atom neon pada rentang panjang gelombang tersebut.⁴ Narayanan *dkk*⁵ mengamati 45 garis transisi satu dan dua foton pada rentang panjang gelombang (610 – 730) nm. Bickel dan Ines memperoleh sejumlah besar garis transisi satu dan dua foton pada spektrum LOG neon pada daerah 720 – 760 nm dan 577 – 630 nm.⁵ Pada rentang panjang gelombang 400 - 760 nm spektrum satu foton yang biasa, transisi dua dan tiga foton juga telah diamati.⁵

Pada makalah ini disajikan beberapa hasil dari eksperimen optogalvanik atom neon yang diamati pada rentang panjang gelombang 570 nm - 603 nm, beserta garis-garis transisi dua foton atom neon.

II. TEORI DASAR

Efek optogalvanik adalah suatu mekanisme perubahan impedansi pada tabung lucutan katoda berongga yang disebabkan adanya radiasi cahaya berpanjang gelombang sesuai dengan transisi atom. Salah satu sebab terjadinya perubahan impedansi lucutan tersebut adalah adanya perubahan kecepatan ionisasi tumbukan atom-atom/molekul teradiasi dalam lucutan. Selain itu atom-atom yang mempunyai aras tenaga metastabil memegang peranan penting dalam menghasilkan ion sekunder, hal ini dikarenakan proses ini akan



Gambar 1. Skema aras tenaga atom (Paramarta, dkk., 2002)

mempengaruhi konsentrasi atom - atom metastabil yang mampu mengubah karakteristik lucutan.⁴

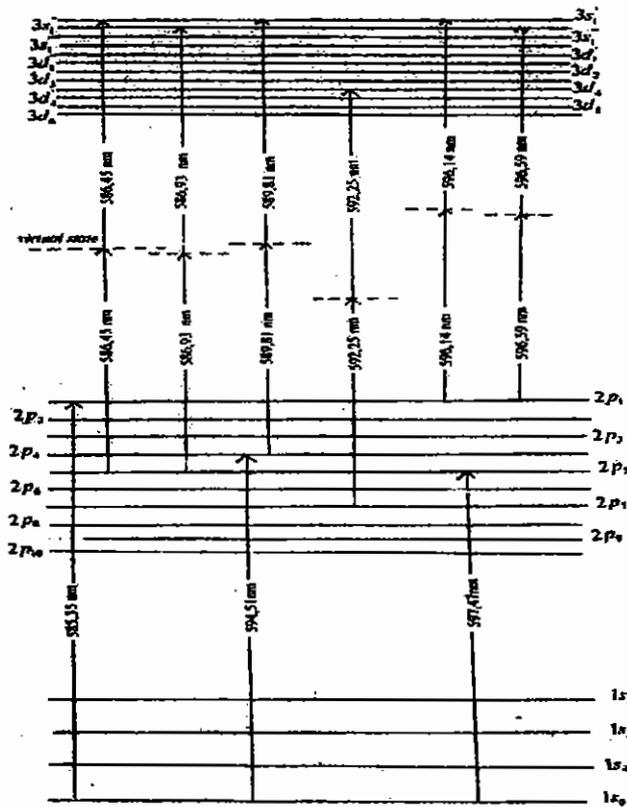
Apabila terjadi serapan secara resonan maka akan terjadi eksitasi optis (*photo-excitation*) dan akan mengubah distribusi populasi, yang kemudian diikuti dengan proses ionisasi tumbukan (*collisional ionization*) sehingga merubah faktor penggandaan M seperti yang disketsakan pada Gambar 1.

Faktor penggandaan M , didefinisikan sebagai cacah elektron sekunder yang dilepaskan katoda akibat elektron primer. Faktor penggandaan M merupakan fungsi tegangan lucutan (V) dan populasi aras tenaga (n_i) pada berbagai aras tenaga ke- i .¹

Penggunaan laser pulsa, sinyal optogalvanik dapat digambarkan dari persamaan dinamis dengan asumsi bahwa pulsa laser lebih singkat daripada seluruh proses dalam plasma.¹

Struktur Atom neon (Ne)

Atom neon mempunyai 10 elektron dengan konfigurasi aras dasar adalah $1s^2 2s^2 2p^6$ ($1S_0$). Pada keadaan eksitasi pertama, satu elektron dari $2p^6$ tereksitasi ke aras $3s$ sehingga konfigurasi aras tereksitasi pertama menjadi $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$. Dengan menggunakan kopleng jl aras eksitasi $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$ memberikan empat aras eksitasi yaitu $3s(3/2)_2$; $3s(3/2)_1$; $3s'(1/2)_1$; $3s'(1/2)_0$, dalam notasi paschen ditulis dengan berturut-turut sebagai $1s_5$, $1s_4$, $1s_3$ dan $1s_2$ yang dapat ditandai dengan $1s_n$ ($n = 2-5$) (Reddy dan Venkateswarlu, 1991) (Gambar 2).

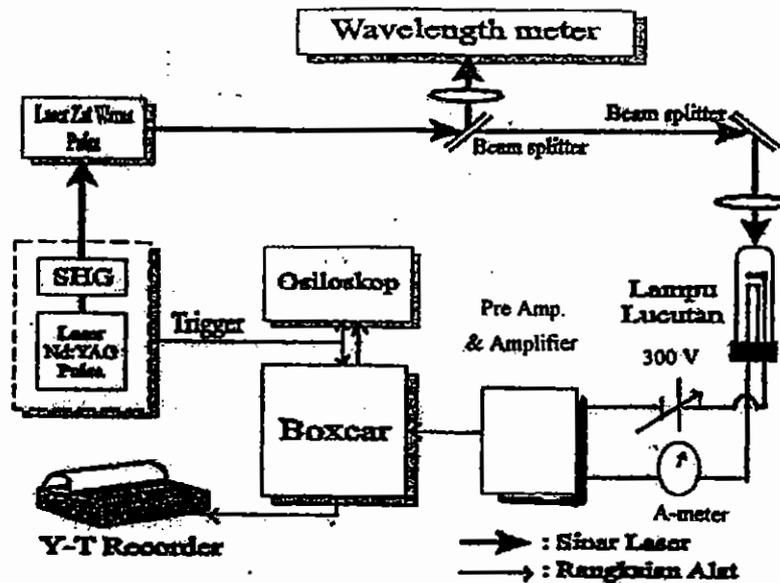


Gambar 3. Diagram skematis proses eksitasi satu dan dua foton (jarak aras tenaga berskala bebas)

Hal ini sesuai dengan teori yang dikembangkan oleh Lambropoulus, yang menyebutkan bahwa kebolehtadlan transisi akibat serapan dua foton bergantung pada suatu fungsi korelasi tertentu. Untuk cahaya laser fungsi korelasi diberikan oleh jumlah foton rata-rata.⁷

III. EKSPERIMEN

Spektrum optogalvanik atom neon diamati dengan menggunakan lampu lucutan katoda berongga Na/Ne komersial. Rangkaian alat eksperimen ditunjukkan oleh Gambar 4. Laser Nd:YAG yang digunakan untuk memompa laser zat warna adalah tipe Quanta Ray[®] DCR-11. Keluaran laser Nd:YAG pulsa ini dalam penggunaannya sebagai pemompa laser zat warna dilewatkan terlebih dulu pada suatu kristal KD*P sebagai suatu SHG (*second harmonic generation*). Kristal ini



Gambar 4. Rangkaian alat-alat eksperimen untuk spektroskopi optogalvanik.

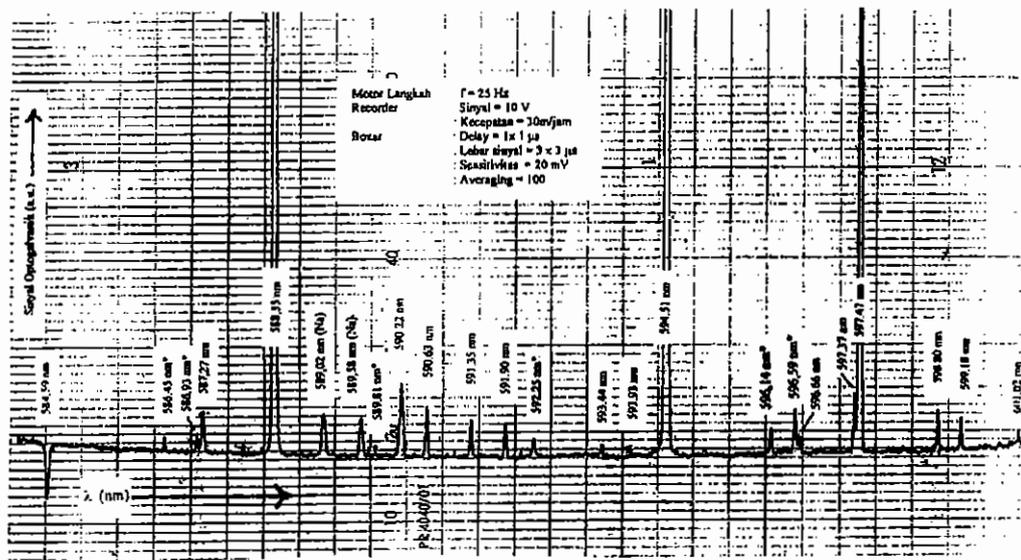
berfungsi sebagai pelipatdua frekuensi masukan ($\lambda = 1064 \text{ nm}$), sehingga keluaran laser dari kristal ini akan mempunyai panjang gelombang 532 nm (berwarna hijau).

Sebagai bahan aktif laser zat warna digunakan Rhodamin-B (Rh-B). Sedangkan untuk mengolah sinyal optogalvanik digunakan *boxcar* model SR 250 (Stanford Research System). *Boxcar* dipicu (secara eksternal) oleh pulsa pemicu dari laser Nd:YAG untuk membangkitkan gerbang (*gate*) dengan repetisi 10 Hz . Sinyal keluaran *boxcar* direkam pada alat perekam *Y-T recorder*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rekaman spektrum optogalvanik pada variasi arus lucutan dengan intensitas laser pengeksitasi tetap dan variasi intensitas laser pengeksitasi pada arus lucutan tetap untuk spektrum optogalvanik satu foton telah diperoleh.⁴

Hal yang cukup menarik terjadi pada intensitas laser cukup tinggi, yaitu dapat diperolehnya eksitasi dua foton atom neon. Spektrum optogalvanik dua foton yang teramati pada penelitian ini disajikan pada sinyal optogalvanik yang panjang gelombangnya ditandai dengan tanda bintang.



Gambar 5. Spektrum optogalvanik atom Ne pada arus lucutan 7,50 mA dan intensitas laser pengekstiasi maksimum.

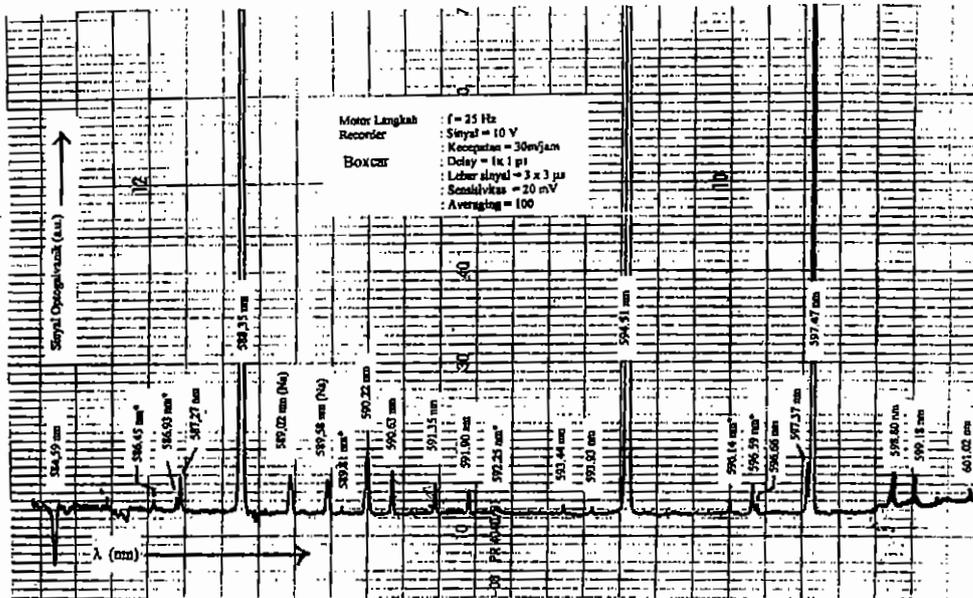
Pada Gambar 5, terlihat puncak-puncak resonansi atom neon (tanda bintang) dua foton yang terjadi pada arus lucutan 7,50 mA dengan intensitas laser pengekstiasi maksimum. Jika intensitas diturunkan setengahnya masih terlihat juga puncak-puncak resonansi tersebut (Gambar 6), akan tetapi jika intensitasnya diturunkan 25% akan hilang (Paramarta *dkk*, 2002). Hal ini berkaitan dengan cacah foton yang mampu menjadikan terjadinya eksitasi dua foton. Demikian juga halnya, jika intensitas maksimum dan 50% maksimum pada arus lucutan 5,5 mA, sinyal resonansi masih teridentifikasi (Gambar 7 dan Gambar 8).

Identifikasi dari sinyal resonansi optogalvanik dua foton atom neon menggunakan laser zat warna Rh-B pulsa diberikan pada Tabel 1.

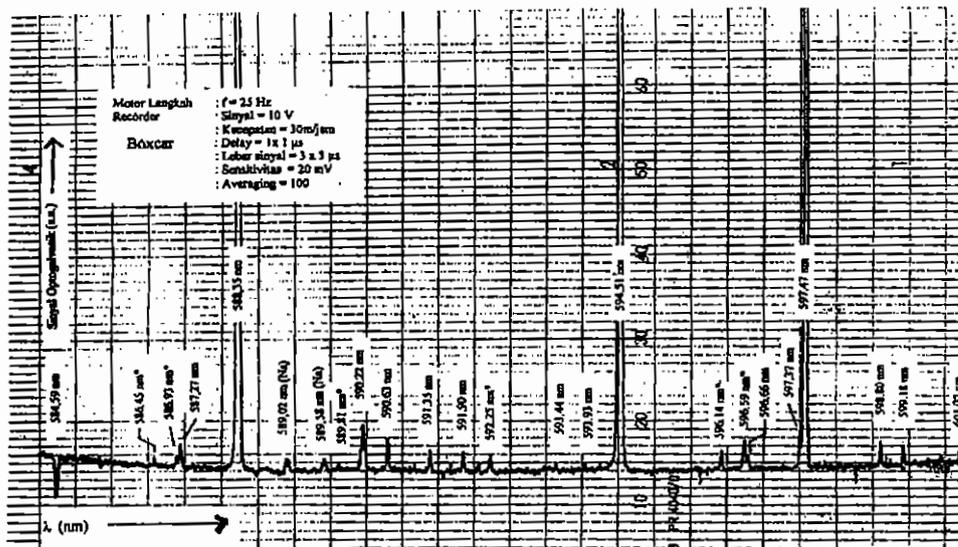
Spektrum optogalvanik dua foton di atas diperoleh dengan mengamati sinyal optogalvanik sebagai fungsi intensitas laser pengekstiasi. Semua transisi dua foton di atas muncul pada spektrum optogalvanik dengan intensitas laser pengekstiasi maksimum atau 50% dan tidak muncul pada intensitas laser pengekstiasi 25%.⁴

Pada intensitas laser pengekstiasi yang cukup tinggi, cacah foton yang dipancarkan juga banyak. Hal ini akan berakibat ketika elektron menyerap sebuah

foton dan melakukan transisi ke aras tenaga virtual maka sebelum elektron ini kembali ke keadaan awalnya, maka elektron akan menyerap sebuah foton lagi. Dalam hal ini akan dicapai keadaan transisi yang berjarak $2h\nu$ dari keadaan awalnya.



Gambar 6. Spektrum optogalvanik atom Ne pada arus lucutan 7,50 mA dan intensitas laser pengeksitasi 50% maksimum.

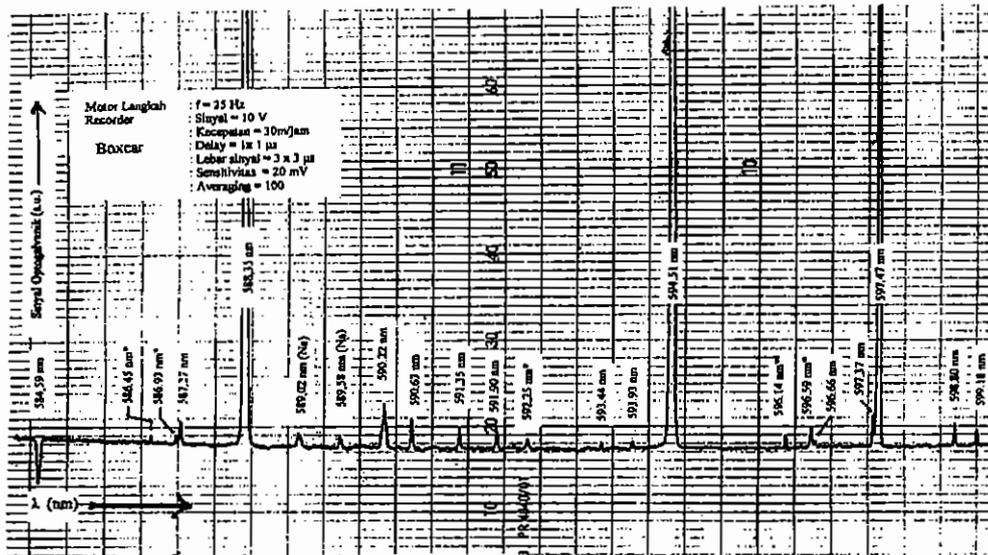


Gambar 7. Spektrum optogalvanik atom Ne pada arus lucutan 5,50 mA dan intensitas laser pengeksitasi maksimum.

Pada intensitas laser pengeksitasi yang lebih rendah peristiwa ini tidak terjadi. Hal ini dikarenakan cacah foton yang dipancarkan relatif sedikit sehingga elektron hanya dapat melakukan transisi ke keadaan tereksitasi yang mempunyai selisih tenaga $E_f - E_i = h\nu$.

Di lain pihak, jika elektron menyerap satu foton tetapi tidak mencapai suatu keadaan akhir, maka elektron akan kembali ke keadaan awalnya tanpa sempat menyerap foton lagi karena jumlah foton yang relatif sedikit.^{7,8}

Sinyal-sinyal optogalvanik dua foton yang teramati mempunyai intensitas yang sangat kecil jika dibandingkan dengan sinyal-sinyal optogalvanik satu foton. Hal ini disebabkan karena kebolehjadian transisi dua foton memang relatif sangat kecil jika dibandingkan dengan kebolehjadian transisi satu foton.^{7,8}



Gambar 8. Spektrum optogalvanik atom Ne pada arus lucutan 5,50 mA dan intensitas laser pengeksitasi maksimum.

Tabel 1. Transisi dua foton atom Ne yang teramati

No.	λ_{terukur} (nm)	λ_{ref} (nm)	Transisi	Polaritas sinyal
1.	586,45	586,46	$3p(3/2) - 4d(3/2)^0$	+
2.	586,93	587,21	$3p(3/2) - 4d(3/2)^0$	+
3.	589,81	589,83	$3p(1/2) - 4d(3/2)^0$	+
4.	592,25	592,27	$3p(3/2) - 4d(7/2)^0$	+
5.	596,14	596,16	$3p(1/2) - 4d(7/2)^0$	+
6.	596,59	596,61	$3p(1/2) - 4d(5/2)^0$	+

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Spektrum optogalvanik atom neon telah diperoleh pada rentang panjang gelombang 570 nm – 603 nm menggunakan laser zatwarna Rh-B. Pada rentang panjang gelombang tersebut teramati 6 puncak serapan dua foton atom neon dan transisi akibat eksitasi dua foton ini hanya dapat teramati pada intensitas laser pengekstiasi yang cukup tinggi.

Agar mendapatkan lebih banyak lagi garis transisi serapan dua foton, eksperimen ini dapat dikembangkan lagi dengan pengamatan pada rentang panjang gelombang yang lebih lebar. (misalnya pada daerah 450 – 750 nm dengan memvariasi bahan aktif laser zatwarnanya, yang berkaitan dengan rentang panjang gelombang yang diinginkan). Juga ketersediaan watt-meter untuk laser pulsa akan memberikan informasi yang jelas dari intensitas laser pengekstiasi yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ben-Amar, Erez, G. dan Shuker, R., 1983, *Pulsed Resonant Optogalvanic Effect in Neon Discharges*, Physics Dept., Ben-Gurion University, Israel.
- [2] Stewart, R. S. dan Lawler, J. E., 1990, *Optogalvanic Spectroscopy*, Great Britain by Galliard Ltd., Great Yarmouth, Norfolk.
- [3] Widiatmono, R., 1997, *Studi Spektroskopi Optogalvanik pada Lampu Lucutan Katoda Berongga Komersial (Na/Ne) Menggunakan Laser Zatwarna Pulsa Rh-6G*, Skripsi S1, Program Studi Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [4] Paramarta, I.B.A, Karyono, dan A B Setio Utomo, 2002, *Studi Spektroskopi Optogalvanik Eksitasi Satu Foton Atom Neon Menggunakan Laser Zat Warna Rh-B Pulsa (570 – 603 nm) pada Variasi Arus Lucutan dan Intensitas Laser*, (terbit di Berkala MIPA-UGM).
- [5] Narayanan, K., Ullas, G. dan Rai, S. B., 1983, *One and Two Photon Optogalvanic Spectrum of Ne: 610-730 nm*, Chem. Phys. Lett. pp. 55-60.
- [6] Reddy dan Venkateswarlu, 1991, *Optogalvanic Effect in Neon Hollow Cathode Discharge*, Optics Comm. vol 85, no 5,6, p 491-499.
- [7] Lambropoulos P., 1966, *Coherence and Two Photon Absorption*, Phys. Rev. Vol.144 No. 4, pp. 1081-1086.
- [8] Walls D.F. dan Milburn G.J., 1994, *Quantum Optics*, Springer Verlag, Berlin.