

**PENDAYAGUNAAN LASER ZAT WARNA  
DALAM BIDANG  
SPEKTROSKOPI OPTOGALVANIK**

**SELESAI**

**PAMERAN**

**16 SEP 1997**

**Ketua Peneliti :**

**Suryani Dyah Astuti, S.Si.**

**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA**

Dibiayai Oleh : Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan

DIP Nomor : 292/XXIII/3/-/1996 Tanggal 30 Maret 1996

Kontrak Nomor : 048/P2 IPT/DPPM/LITMUD/V/1996

Ditbinlitabmas, Ditjen Dikti, Depdikbud

Nomor Urut : 09-29

KK-B  
KK  
530.072  
Ast  
P-1

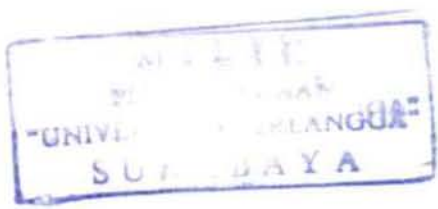
# PENDAYAGUNAAN LASER ZAT WARNA DALAM BIDANG SPEKTROSKOPI OPTOGALVANIK



3000126973141 - 2

**Ketua Peneliti :**

**Suryani Dyah Astuti, S.Si.**



## LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan  
DIP Nomor : 292/XXIII/3/--/1996 Tanggal 30 Maret 1996  
Kontrak Nomor : 048/P2 IPT/DPPM/LITMUD/V/1996  
Ditbinlitabmas, Ditjen Dikti, Depdikbud  
Nomor Urut : 09





# UNIVERSITAS AIRLANGGA LEMBAGA PENELITIAN

- 1. Pusat dan Pembangunan Regional
- 2. Pusat Obal Tradisional
- 3. Pusat Pengembangan Hukum
- 4. Pusat Lingkungan Hidup
- 5. Pusat dan Pengembangan Gial
- 6. Pusat/Studi Wanita
- 7. Pusat Olahraga
- 8. Pusat Kependudukan dan Pembangunan
- 9. Pusat Bioenergi
- 10. Pusat/Studi Kesehatan Reproduksi

Jl. Darmawangsa Dalam No. 2 Telp. (031) 5342322 Fax. (031) 5342322 Surabaya 60286

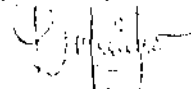
## IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

30X01-0973141

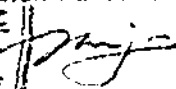
1. a. Judul Penelitian	: PENDAYAGUNAAN LASER ZAT WARNA DALAM BIDANG SPEKTROKOPI OPTOGALVANIK
b. Macam Penelitian	: ( ) Fundamental, (x) Terapan, ( ) Pengembangan
c. Katagori Penelitian	: (x) I ( ) II ( ) III
2. Kepala Proyek Penelitian	
a. Nama Lengkap Dengan Gelar	: SURYANI DYAH ASTUTI, S.Si
b. Jenis Kelamin	: PEREMPUAN
c. Pangkat/Golongan dan NIP	: PENATA MUDA/IIIA/132125717
d. Jabatan Sekarang	: ASISTEN AHLI MADYA
e. Fakultas / Jurusan	: MIPA / FISIKA
f. Univ./Inst./Akademi	: UNIVERSITAS AIRLANGGA
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti	: FISIKA EKSPERIMENTAL
3. Jumlah Tim Peneliti	: 2 orang
4. Lokasi Penelitian	: LAB. FISIKA EKSPERIMENTAL FMIPA UNAIR
5. Kerjasama dengan Instansi Lain	
a. Nama Instansi	: LAB. FISIKA ATOM DAN INTI FMIPA UGM
b. A l a m a t	: Sekip Unit III Bulaksumur YOGYAKARTA
6. Jangka Waktu Penelitian	: 7 (tujuh) bulan
7. Biaya Yang Diperlukan	: Rp 5.000.000,-
8. Seminar Hasil Penelitian	
a. Dilaksanakan Tanggal	: 22 Januari 1997
b. Hasil Penilaian	: ( ) Amat Baik (x) Baik ( ) Sedang ( ) Kurang

Surabaya, 24 Januari 1997

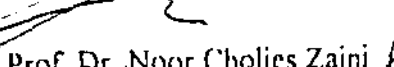
Kepala Proyek Penelitian

  
Suryani Dyah Astuti, S.Si  
NIP. 132125717

Mengetahui :  
Dekan Fakultas

  
Drs. Hartana M.Sc  
NIP. 130355371

Mengetahui :  
Ketua Lembaga Penelitian

  
Prof. Dr. Noor Cholies Zaini  
NIP. 130355372

  
Suryani Dyah Astuti

## PENDAYAGUNAAN LASER ZAT WARNA PULSA DALAM BIDANG SPEKTROKOPI OPTOGALVANIK

(Suryani Dyah Astuti, Trisnaningsih : 1996, 37 halaman)

### RINGKASAN

Salah satu aplikasi laser dalam bidang Fisika adalah teknik spektroskopi optogalvanik. Keuntungan spektroskopi optogalvanik adalah pendeteksian gejala optis tetapi tidak memakai peralatan deteksi optis, melainkan dengan lampu lucutan yang berlaku sebagai sasaran yang akan dideteksi sekaligus detektornya.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa dengan bahan aktif Rh B + DCM, serta menentukan panjang gelombang atom-atom Neon dalam lampu lucutan saat terjadi resonansi dengan laser zat warna dan menentukan transisi tingkat tenaganya. Penelitian ini menggunakan laser zat warna (Rh B + DCM) tertala, yang dipompa dengan laser Nd:YAG.

Untuk menentukan daerah cakupan zat warna, berkas laser diarahkan kedalam ruang vakum agar dihamburkan oleh partikel udara untuk dideteksi menggunakan detektor foton. Hasil dari spektrum Rh B + DCM ini mencakup daerah antara 609 ~ 642 nm dengan lebar garis laser zat warna  $\Delta\lambda \sim 0,05$  nm ( $\approx 40$  Ghz).

Sedang untuk mendeteksi transisi atom Neon dalam lampu lucutan dengan cara mengarahkan berkas laser ke dalam lampu lucutan. Transisi atom Neon yang dapat terdeteksi dengan teknik ini adalah panjang gelombang 609,6 nm ( $1S_4 - 2P_4$ ); 614,3 nm ( $1S_5 - 2P_6$ ); 616 nm ( $1S_3 - 2P_2$ ); 621,7 nm ( $1S_5 - 2P_7$ ); 626,65 nm ( $1S_3 - 2P_5$ ); 630,6 nm ( $1S_4 - 2P_7$ ); 633,4 nm ( $1S_5 - 2P_8$ ); 638,3 nm ( $1S_4 - 2P_7$ ); 640,2 nm ( $1S_5 - 2P_9$ ); and 618,2 nm ( $2P - 4D$ ). Jadi transisi pada aras eksitasi yang lebih tinggi akan mempunyai kebolehdjian yang lebih kecil ditempati elektron daripada aras tenaga eksitasi yang lebih rendah.

Untuk kelengkapan spektrum optogalvanik atom Neon, perlu penggantian bahan laser zat warna lain yang mencakup daerah panjang gelombang-panjang gelombang tersebut sehingga dapat ditera cakupan "lasing" dari laser zat warna.

( D.P. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Airlangga; 048/P2IPT/DPPM/LITMUD/V/1996  
Tanggal 6 Mei 1996)

## PERFORMING DYE LASER UNDER OPTOGALVANIC SPECTROSCOPY

(Suryani Dyah Astuti, Trisnaningsih : 1996, 37 pages)

### SUMMARY

One of laser application in physics is optogalvanic spectroscopy technique. The advantage in using of optogalvanic spectroscopy is to detect optic symptom with hollow cathode as a target will be detected and also as a detector, but without use optic detector equipment.

The purpose of this experiment is to determine range of dye laser wave length with active material RhB + DCM, and to determine wave length Neon atomic in hollow cathode when resonance with dye laser is occurred and to determine the transition of the force Neon atomic of level the experiment use dye laser (RhB + DCM), which is pumped with laser Nd : YAG

To determine the lasing range of dye laser, the laser beam is sent into vacuum chamber, in where the beam will be scattered by the air particles and then it can be detected by a photon detector. The result spectrum of the dye laser ( Rh B + DCM ) provides the range from 609 to 642 nm and it has a peak line width  $\Delta\lambda$  roughly  $\sim 0.05$  nm ( $\approx 40$  Ghz )

Whereas to detect some transition of Neon in a commercial hollow cathode discharge lamp by sending the laser beam into the lamp. The line transition of Neon which were investigated by this technique, are the lines of 609,6 nm ( $1S_4 - 2P_4$ ); 614,3 nm ( $1S_5 - 2P_6$ ); 616 nm ( $1S_3 - 2P_2$ ); 621,7 nm ( $1S_5 - 2P_7$ ); 626,65 nm ( $1S_3 - 2P_5$ ); 630,6 nm ( $1S_4 - 2P_7$ ); 633,4 nm ( $1S_5 - 2P_8$ ); 638,3 nm ( $1S_4 - 2P_7$ ); 640,2 nm ( $1S_5 - 2P_9$ ); and 618,2 nm ( $2P - 4D$ ). So the transition at higher exitation state will has more little probability be occupied by electron than lower exitation state.

In performing spectrum optogalvanic of Neon atomic need substitution of other dye laser which have range it waves length, so the span lasing of dye laser could be reached.

( Rest. Inst Faculty of Matematic And Natural Science  
Airlangga University: 048/P2IPT/DPKM/ITMUD/V/1996  
Date May 6, 1996)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang didanai oleh Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu pengetahuan Terapan/DP3M Depdikbud ini.

Dari seluruh kegiatan penelitian yang telah dilakukan penulis, meliputi penelusuran pustaka, persiapan penelitian, pengambilan data, pembahasan dan diskusi serta penulisan laporan hasil penelitian.

Sehubungan dengan terselesaikannya penelitian ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ketua Tim Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan/DP3M, atas kesempatan dan dana yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini.
2. Ketua Lembaga Penelitian Unair, selaku pengelola penelitian.
3. Dekan FMIPA Unair, yang telah memberi ijin dan membantu terlaksananya penelitian ini.
4. Kepala Laboratorium Fisika Atom dan Inti FMIPA UGM dan Kepala Laboratorium Fisika Eksperimental FMIPA Unair, atas ijin yang diberikan untuk pemakaian fasilitas peralatan selama penelitian.
5. Bapak Dr. Agung Bambang, S.U, yang telah memberikan bantuan teknis, pengarahan serta penjelasan selama pelaksanaan penelitian.
6. Semua pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini.

Semoga amal baik beliau diterima oleh Allah SWT. Amien.

Penulis mengharapkan, semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi kemajuan pendidikan dan penelitian, khususnya di Universitas Airlangga

Laporan penelitian ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, maka masukan yang bersifat positif sangat penulis harapkan demi sempurnanya laporan penelitian ini

Surabaya, 24 Januari 1997

Penulis

**DAFTAR ISI**

	halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN.....	iii
SUMMARY.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan .....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
II.1. Teori Dasar Spektroskopi Optogalvanik.....	3
II.2. Teori Dasar Laser.....	6
II.2.1. Pembesaran Intensitas Cahaya dalam Bahan Aktif.....	8
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	10
III.1. Tujuan Penelitian.....	10
III.2. Manfaat Penelitian.....	10



BAB IV. METODE PENELITIAN.....	11
IV.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
IV.2. Sistem Peralatan yang Digunakan.....	11
IV.3. Prosedur Penelitian.....	12
IV.4. Deskripsi Alat.....	14
IV.4.1. Laser Nd:YAG Pulsa.....	14
IV.4.2. Laser Zat Warna Pulsa ( <i>Dye Laser</i> ) .....	17
IV.4.3. Spektrum Neon.....	21
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
V.1. Hasil Penelitian.....	24
V.1.1. Jangkauan Panjang Gelombang Laser Zat Warna Pulsa.....	24
V.1.2. Panjang Gelombang Sinyal Optogalvanik Atom Neon.....	25
V.2. Pembahasan.....	25
BABVI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	30
VI.1. Kesimpulan.....	30
VI.2. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN 1.....	34
LAMPIRAN 2.....	37

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1. Karakteristik Laser Nd:YAG Pulsa.....	15
Tabel 4.2. Karakteristik Kisi Difraksi.....	21
Tabel 4.3. Aras Tenaga Eksitasi Ne I.....	22
Tabel 4.4. Kaidah Seleksi Transisi Neon.....	23

## DAFTAR GAMBAR

halaman

Gambar 2.1. Tiga Macam Proses yang Terjadi dalam Interaksi antara Foton dengan Atom 2-Aras Tenaga.....	6
Gambar 4.1. Diagram Skematik Eksperimen Optogalvanik Menggunakan Sumber Cahaya Laser Zat Warna Pulsa.....	12
Gambar 4.2. Spektrum Emisi Atom Neon Menggunakan Monokromator.....	13
Gambar 4.3. Aras-Aras Tenaga dan Transisi-Transisi yang Terjadi Dalam Nd:YAG.....	14
Gambar 4.4. Resonator Tergandeng Difraksi dengan Panjang $L$ .....	15
Gambar 4.5. Komponen Sistem Laser Nd:YAG Pulsa.....	16
Gambar 4.6. Skema Aras Tenaga dan Siklus Pemompaan Molekul Zat Warna.....	17
Gambar 4.7. Bagan Konfigurasi Laser Zat Warna dengan Kisi pada Arah Menyusur....	19
Gambar 4.8. Diagram Aras Tenaga Pertama dan Kedua dari Atom Neon.....	23
Gambar 5.1. Jangkauan Panjang Gelombang Laser Zat Warna Pulsa (Rh B + DCM)....	24
Gambar 5.2. Spektrum Optogalvanik Atom Neon.....	25
Gambar 5.3. Skematik Aras-Aras Tenaga Neon Transisi 2P-3D.....	26
Gambar 5.4. Skematik Aras-Aras Tenaga Neon .....	27

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Penelitian

Aplikasi laser dalam bidang fisika sebagai sumber cahaya salah satunya adalah dalam bidang spektroskopi. Sejak ditemukannya laser dan dipakai sebagai sumber cahaya maka semakin kuatlah peranannya dalam bidang spektroskopi atom atau molekul. Hal ini disebabkan beberapa kelebihan laser, misalnya : sebaran berkasnya sempit, sifat monokromatisnya tinggi, rapat tenaganya besar, dan intensitasnya tinggi dibandingkan dengan sumber cahaya biasa. Adanya kemajuan penelitian di bidang spektroskopi ini, telah membawa pemahaman pengetahuan manusia mengenai struktur mikroskopis materi yang semakin luas dan mendalam.

Perkembangan kehandalan dan kemalaran sumber cahaya laser untuk ditala (tunable) memberikan angin segar bagi spektroskopi atom dan molekul. Teknik-teknik baru, berdasarkan pada sifat-sifat khas laser telah dikenalkan untuk bidang spektroskopi optis. Teristimewa pada hasil pengukuran yang lebih presisi dari transisi spektral akan menjadi hal yang mungkin, sehingga informasi tentang data spektral dengan sensitifitas tinggi dari sejumlah kecil partikel sasaran akan dapat dengan mudah dikerjakan. Sejumlah metode spektroskopi atom (misalnya metode spektroskopi optogalvanik) telah dikembangkan untuk menyelidiki susunan atom atau dipakai untuk menganalisa material ataupun mempelajari lingkungan (Camus, 1990).

Hal yang menarik dari spektroskopi optogalvanik adalah pendeteksian gejala optis tetapi tidak memakai peralatan deteksi optis. Dalam hal ini lampu lucutan berlaku sebagai

sasaran yang akan dideteksi sekaligus sebagai detektor (Zink, 1990). Sehingga spektroskopi optogalvanik merupakan suatu pilihan yang penting dibandingkan dengan metode lain, misalnya serapan, yang dibatasi oleh cacah sasaran untuk diserap oleh radiasi yang mengenainya (Stewart, 1990).

Kegunaan dari hasil spektrum yang diperoleh dapat digunakan untuk mempelajari susunan atom dan mencari kemungkinan untuk aplikasi metode spektroskopi laser tersebut dalam bidang lain, misalnya dalam bidang pertanian untuk merunut zat tertentu hasil dari buah-buahan atau untuk analisis kimiawi.

Sebagai langkah awal dari penelitian ini akan dipakai sebagai sampel adalah atom Neon dalam lampu lucutan. Atom Neon tersebut akan menyerap radiasi laser apabila panjang gelombang transisi eksitasinya sama dengan panjang gelombang lasernya. Selanjutnya akan ditentukan nilai-nilai panjang gelombang pada saat terjadi serapan resonansi. Sumber cahaya yang dipakai adalah laser zat warna pulsa dengan bahan aktif laser Rhodamine campuran yang dipompa oleh laser Nd:YAG pulsa.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan atas uraian yang telah dijelaskan pada Latar Belakang Penelitian, maka dapatlah disusun beberapa permasalahan aplikasi laser sebagai berikut :

1. Seberapa lebar/jauh jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa dengan bahan aktif Rhodamine B dan DCM agar dapat digunakan untuk spektroskopi atom ?
2. Pada panjang gelombang berapa terjadi serapan berkas laser oleh atom-atom Neon yang berada dalam lampu lucutan ?

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Efek optogalvanik pertama kali diamati oleh Penning (1928) yang mencatat variasi impedansi dari lucutan Neon yang diradiasi oleh emisi lucutan Neon yang berdekatan. Kenty (1950) dan Meissner (1953) melakukan pengamatan serupa pada Hg dan He. Perkembangan efek optogalvanik berikutnya dilakukan oleh Green, Keller, Luther, et.al (1976) yang meradiasi lucutan gas dengan laser zat warna tertala dan mendapatkan hasil spektrum dengan kepekaan yang tinggi.

Laser yang dapat ditala paling umum digunakan adalah laser zat warna pulsa (*dye laser*). Laser ini mempunyai daerah yang dapat ditala relatif panjang dan kontinu serta mencakup seluruh daerah panjang gelombang tampak (Nestor, 1982). Penelitian tentang teknik spektroskopi atom dengan metode hamburan menggunakan laser zat warna pulsa Rhodamine 6G yang dipompa laser Nd:YAG pulsa untuk bahan cuplikan atom Sodium dalam ruang vakum telah dilakukan Maruto (1996), dan penelitian untuk bahan cuplikan atom Neon dalam lampu lucutan dilakukan oleh Yasin (1995).

#### II.1. Teori Dasar Spektroskopi Optogalvanik

Efek optogalvanik merupakan dasar dari spektroskopi optogalvanik. Efek optogalvanik terjadi akibat perubahan sifat kelistrikan lampu lucutan karena disinari oleh sumber cahaya yang mempunyai panjang gelombang sesuai dengan transisi dari atom atau molekul dari materi lampu lucutan yang akan menimbulkan gangguan dari aras tenaganya.

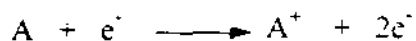
Cacah tumbukan per satuan waktu dari ionisasi antara aras tenaga yang berbeda akan tidak sama sehingga adanya gangguan pada keadaan mantap akan menimbulkan gangguan juga pada kesetimbangan ionisasi lampu lucutan. Akibatnya sifat kelistrikan dari lampu lucutan akan berubah.

Metode spektroskopi optogalvanik didasarkan pada gejala resonansi antara atom dalam tabung lucutan dengan sinar laser, yaitu laser yang mempunyai panjang gelombang/tenaga yang sesuai dengan transisi aras tenaga elektron dalam atom sehingga menyebabkan terjadinya serapan tenaga sinar laser oleh atom. Gejala resonansi ini diikuti oleh adanya perubahan arus/tegangan antara katoda dan anoda yang dideteksi secara non optis.

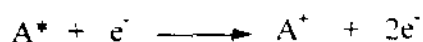
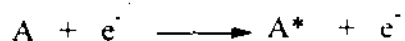
Penyinaran suatu lampu lucutan pada suatu panjang gelombang yang sesuai dengan transisi aras-aras tenaga atom dari materi lampu lucutan akan menyebabkan adanya gangguan pada kesetimbangan ionisasi lampu lucutan.

Kondisi ketidaksetimbangan dapat mengganggu keadaan populasi, melalui beberapa proses yang dominan dalam gas lucutan, antara lain :

1. Ionisasi langsung akibat tumbukan dengan elektron :



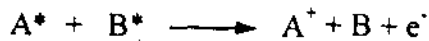
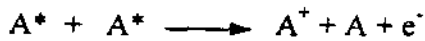
2. Ionisasi berganda akibat tumbukan dengan elektron :



3. Ionisasi Penning :



4. Ionisasi akibat tumbukan antar molekul :



$A^*$  dan  $B^*$  adalah atom-atom pada aras metastabil

Disamping proses-proses lain yang melibatkan perpindahan eksitasi ataupun deeksitasi non radiatif (misal : tumbukan dengan dinding lampu lucutan).

Gejala ini akan mengubah sifat kelistrikan (impedansi) dari lampu lucutan dan akan diikuti adanya perubahan aras/tegangan dari tabung lucutan itu yang dapat dirumuskan sebagai (Shuker et.al, 1982) :

$$\Delta V(t) = -\beta \sum_i a_i \Delta n_i(t) \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

$\beta$  = faktor perubahan pelipatan elektron terhadap perubahan tegangan [ $\equiv (\frac{\partial K}{\partial V}) n_i - 1$ ]

$a_i$  = faktor kecepatan perubahan pelipatan elektron terhadap perubahan populasi aras tenaga atom [ $\equiv (\frac{\partial K}{\partial n}) n_i \cdot V$ ]

$\Delta n_i$  = perubahan penyimpangan populasi dari nilainya sebelum pulsa laser ( $\equiv n_a - n_b$ )

$K$  = faktor pelipatan elektron

Sifat sinyal optogalvanik  $\Delta V$  menggunakan laser pulsa dapat digambarkan dengan persamaan dinamis. dengan pengandaian bahwa pulsa laser lebih singkat dari seluruh proses dalam plasma (Ben-Amar et.al, 1983).



$$\Delta V(t) = -\beta Q_{ab} (n_b - n_a) [a_a \cdot \exp(-t/T_a) - a_b \cdot \exp(-t/T_b)] \quad (2.2)$$

Dengan :

$$Q = \int_{\text{pulsa}} \sigma_{ab} I(t) dt, \quad (n_b > n_a \text{ dan } a_2 > a_1)$$

$I(t)$  = intensitas berkas laser

$\sigma_{ab}$  =ampang lintang optis pada aras ke a dan b

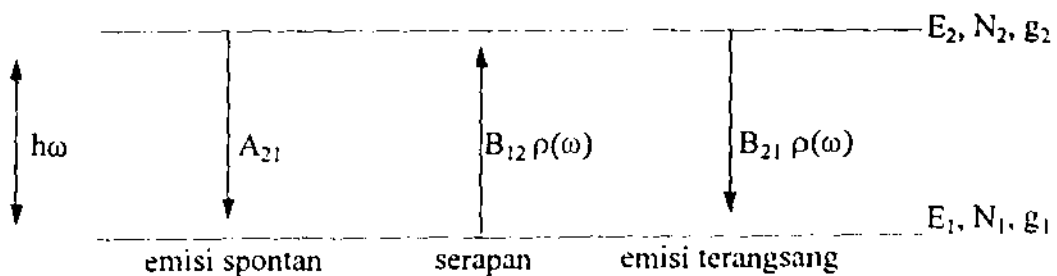
$a_a, a_b$  = faktor kecepatan perubahan elektron terhadap perubahan populasi aras tenaga atom ke a dan b

$T$  = waktu relaksasi

Gambaran perubahan tegangan ini tergantung pada struktur aras-aras tenaga dan mekanisme variasi dari sistem atom yang terlibat.

## II.2. Teori Dasar Laser

Ada tiga bagian pokok yang menyusun laser yaitu bahan aktif (medium) laser sebagai penghasil/sinar keluaran, sistem pemompa (penghasil inversi populasi sebagai syarat perlu agar "lasing" dapat terjadi) dan rongga (resonator) optis untuk menampung proses "lasing". Ditinjau suatu medium (bahan aktif) terdiri dari atom-atom yang mempunyai dua aras tenaga  $E_1$  dan  $E_2$  seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Tiga macam proses yang terjadi dalam interaksi antara foton dengan atom 2- aras tenaga.

Bahan aktif tersebut berada dalam suatu rongga (cavity). Frekuensi transisi antara dua aras tenaga adalah  $\omega$  dan rapat tenaga foton yang masuk bahan aktif dengan frekuensi  $\omega$  adalah  $\rho(\omega)$ . Ada tiga macam proses interaksi yang terjadi antara foton dengan atom, yaitu serapan dengan kebolehjadian  $B_{12}\rho(\omega)$ , emisi spontan dengan kebolehjadian  $A_{21}$  dan emisi terangsang dengan kebolehjadian  $B_{21}\rho(\omega)$ .  $A_{21}$ ,  $B_{12}$ , dan  $B_{21}$ , berturut-turut menyatakan koefisien Einstein yang memberikan nilai kadar laju kebolehjadian emisi spontan, serapan, dan emisi terangsang.

Di dalam proses emisi terangsang, sebuah atom pada aras  $E_2$  berinteraksi dengan sebuah foton kemudian kembali ke aras  $E_1$  sambil memancarkan foton. Gelombang yang menggambarkan keadaan foton terpancar pada proses emisi terangsang mempunyai fase dan arah sama dengan fase dan arah gelombang yang menggambarkan keadaan foton yang datang. Bila  $N_1$  dan  $N_2$  berturut-turut adalah populasi aras  $E_1$  dan  $E_2$  dengan jumlah total atom  $N$  (dengan  $N = N_1 + N_2$ ), sedangkan  $g_1$  dan  $g_2$  berturut-turut adalah derajat degenerasi aras-aras tersebut maka persamaan laju populasi  $N_1$  dan  $N_2$  adalah :

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{dN_2}{dt} = -B_{12} \rho(\omega) N_1 + A_{21} N_2 + B_{21} \rho(\omega) N_2 \quad (2.3)$$

Bila sistem dalam keadaan setimbang termal dan dibandingkan dengan  $\rho(\omega)$  yang dihasilkan oleh penjabaran Plank untuk rapat tenaga radiasi gelombang elektromagnetik dari suatu rongga, maka dapat dihasilkan hubungan-hubungan antar koefisien-koefisien Einstein (Loudon, 1983), yaitu :

$$g_1 B_{12} = g_2 B_{21} \quad (2.4)$$

$$A_{21} = \frac{h \omega^3}{\pi^2 C^3} B_{21} \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) menunjukkan bahwa amat sulit untuk membuat laser pada frekuensi tinggi, karena pada transisi laser yang terjadi, proses emisi spontan lebih dominan. Bila persamaan (2.3) dengan  $\rho(\omega) = 0$  (sumber cahaya dimatikan) menghasilkan persamaan yang berbentuk (Loudon, 1983) :

$$\frac{dN_2}{dt} = -A_{21} N_2 \quad (2.6)$$

Yang menunjukkan bahwa  $A_{21}$  merupakan besaran fisis yang berbanding terbalik dengan umur (*life time*) aras  $E_2$ .

### II.2.1. Pembesaran Intensitas Cahaya dalam Bahan Aktif

Untuk  $g_1 = g_2 = 1$  dengan memakai persamaan (2.4), persamaan (2.3) dapat ditulis dalam bentuk :

$$N_2 A_{21} = (N_1 - N_2) B_{21} \rho(\omega) \quad (2.7)$$

$N_2 A_{21}$  menunjukkan pengurangan intensitas cahaya akibat adanya proses emisi spontan (lihat persamaan (2.6)). yang berarti ruas kanan persamaan (2.7) dapat dipakai sebagai faktor pengurangan intensitas cahaya sewaktu melewati bahan aktif.

Tenaga setiap foton adalah  $h\omega$  dan  $F(\omega)$  adalah kebolehdjadian transisi atom yang terjadi pada frekuensi sudut  $\omega$ . Apabila volume rongga dengan bahan aktif di dalamnya adalah  $V$ , maka pengurangan rapat tenaga foton yang melewati bahan aktif pada frekuensi  $\omega$  adalah :

$$\{(N_1 - N_2) B_{21} \rho(\omega) F(\omega) \frac{\hbar\omega}{V}\}$$

Persamaan keseimbangan rapat tenaga foton dalam bahan aktif tersebut berbentuk (Loudon, 1983) :

$$\frac{\partial \rho(\omega)}{\partial t} = - (N_1 - N_2) B_{21} \rho(\omega) F(\omega) \frac{\hbar\omega}{V} \quad (2.8)$$

Hubungan antara intensitas cahaya ( $I$ ) dengan rapat tenaga foton ( $\rho$ ) adalah  $c \cdot \rho = I$  dan jika arah perambatan cahaya adalah sumbu  $z$  maka didapatkan hubungan  $\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial I}{\partial z}$  , dengan

$$\frac{\partial I}{\partial z} = - (N_1 - N_2) F(\omega) \frac{B_{21} \hbar\omega}{V \cdot c} I \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) menyatakan ketergantungan  $I$  terhadap jarak axial ( $z$ ). Bila  $N_2 > N_1$  maka terjadi pembesaran intensitas cahaya sewaktu melewati bahan aktif. Keadaan  $N_2 > N_1$  disebut inversi populasi dan keadaan ini dapat dicapai dengan teknik yang disebut pemompaan optis.

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **III.1. Tujuan Penelitian**

Dari perumusan masalah tersebut di atas dapatlah dirumuskan tujuan penelitian tentang aplikasi laser dalam bidang spektroskopi optogalvanik, yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa yang memakai bahan aktif laser Rhodamine B dan DCM.
2. Menentukan panjang gelombang yang dihasilkan oleh atom-atom Neon dalam lampu lucutan saat terjadi serapan resonansi dengan laser zat warna dan kemudian dapat diperoleh informasi transisi tingkat tenaga yang berkaitan dengan panjang gelombang resonansi tersebut.

#### **III.2. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan sejumlah manfaat pada ilmu pengetahuan. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menaikkan kinerja laser zat warna pulsa sehingga dapat digunakan dalam aplikasi laser.
2. Mengembangkan spektroskopi laser dengan laser zat warna Rhodamine B dan DCM.

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### IV.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 7 (tujuh) bulan, mulai tanggal 6 Mei 1996 sampai dengan 31 Desember 1996. Kegiatan penelitian bertempat di laboratorium Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Laboratorium Fisika Eksperimental Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Fisika Universitas Airlangga Surabaya.

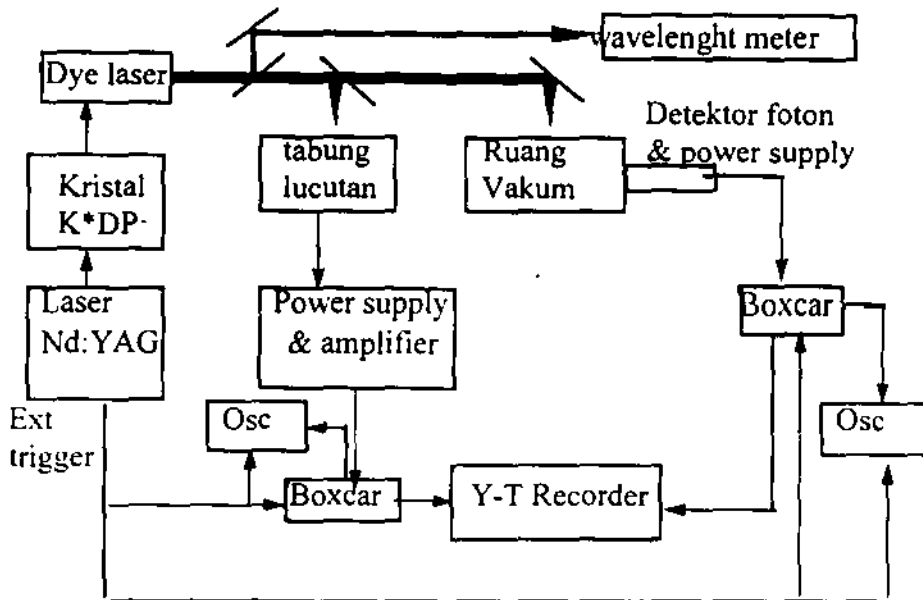
#### IV.2. Sistem Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian spektroskopi optogalvanik ini meliputi :

1. Sistem laser pemompa Nd:YAG pulsa (tipe Quanta-Ray DCR-II).
  2. Sistem laser zat warna pulsa (*dye laser*) yang memakai bahan aktif campuran Rhodamine B dan DCM (buatan Spectro-Physics).
  3. Alat pengukur panjang gelombang (*wavelength-meter*) buatan Departemen of Physics Vrije Universiteit 1081 HV Amsterdam.
  4. Sistem tabung lucutan gas Neon (max. 5 mA, Jabin Yvon).
  5. Osiloskop (Kenwood 20 Mhz, tipe CS-1021).
  6. Box-car (tipe SR-250).
  7. Y-T Recorder (tipe Servogor, Leybold Ddactic GMBH 57579, max 250 volt).
- Detektor Vacuum chamber dan Detektor Foton.

### IV.3. Prosedur Penelitian.

Menyusun pasangan (set-up) peralatan penelitian seperti pada gambar 4.1. berikut



Gambar 4.1. Diagram skematik eksperimen optogalvanik menggunakan sumber cahaya laser zat warna pulsa.

Komponen utama peralatan penelitian ini, meliputi :

1. Laser zat warna pulsa (Rhodamine B dan DCM) sebagai sumber cahaya yang dapat ditala (*tunable*) dengan laser pemompa Nd:YAG pulsa.
2. Lampu lucutan gas Neon sebagai sasaran.

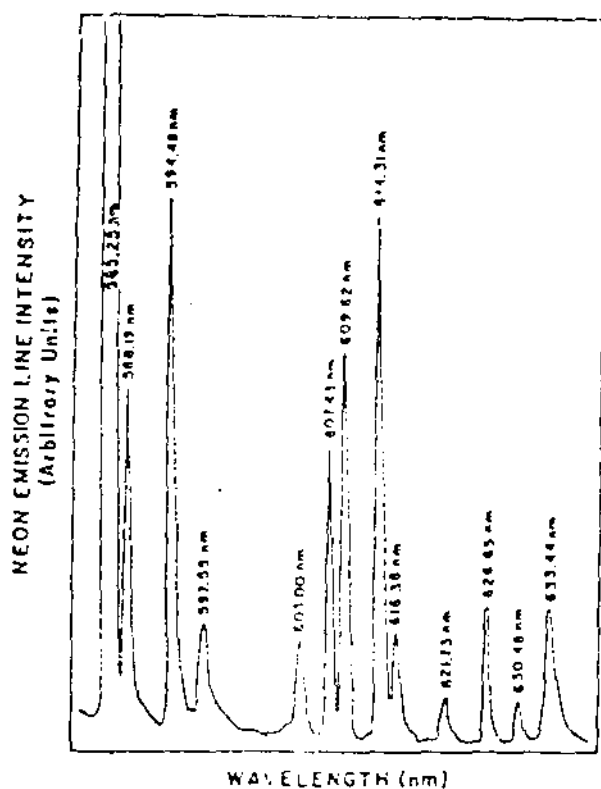
Sistem deteksi/analisa data, antara lain : Box-car, Osiloskop Kenwood, Y-T Recorder, wavelenght meter untuk mengukur panjang gelombang, ruang vakum (*vacuum chamber*), dan detektor foton.

Jika suatu sumber tegangan DC (0-300 Volt/0-100mA), dengan pengatur arus dipasang antara anoda-katoda lampu lucutan berisi bufer gas (Neon), maka gas Neon akan tereksitasi dan arus akan mengalir dalam lampu lucutan. Arus ini disebabkan oleh adanya

elektron ataupun ion. Tumbukan pada kecepatan tinggi antara ion dengan atom pada katoda akan menyebabkan sebagian atom katoda lepas dari materi katoda.

Bila sinar dari laser zat warna diarahkan ke lampu lucutan dan dengan cara menala panjang gelombangnya maka jika sinar laser beresonansi pada suatu transisi aras tenaga pada atom lampu lucutan, efek optogalvanik akan teramati. Sinyal ini setelah diperkuat lewat pre-amplifier lalu dilewatkan ke box-car, akan diperoleh keluaran spektrum optogalvanik pada scope atau pada recorder Y-T.

Interpretasi dari spektrum optogalvanik dengan pembandingan struktur garis atom emisi (gambar 4.2) akan memberikan informasi tentang struktur aras-aras tenaga atom



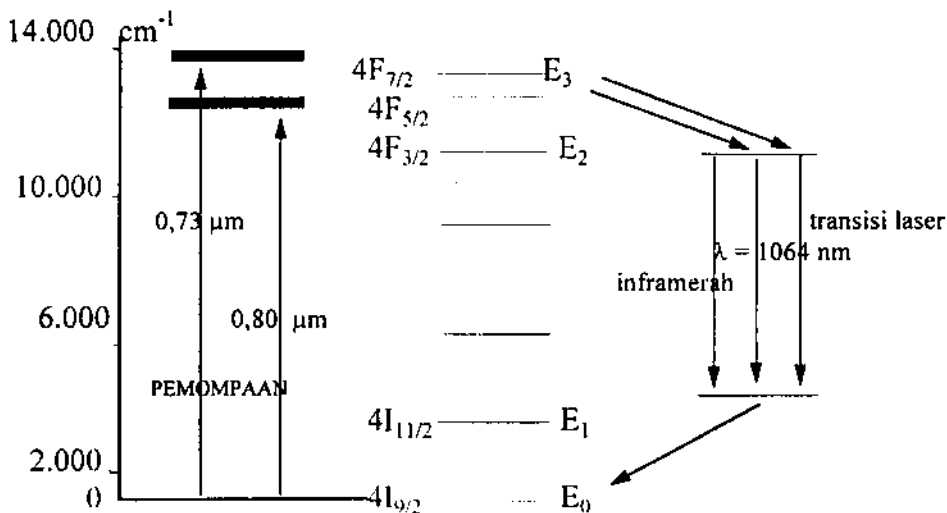
Gambar 4.2. Spektrum emisi atom Neon menggunakan monokromator (Arnett, 1981)



## IV.4. Deskripsi Alat

### IV.4.1. Laser Nd:YAG Pulsa

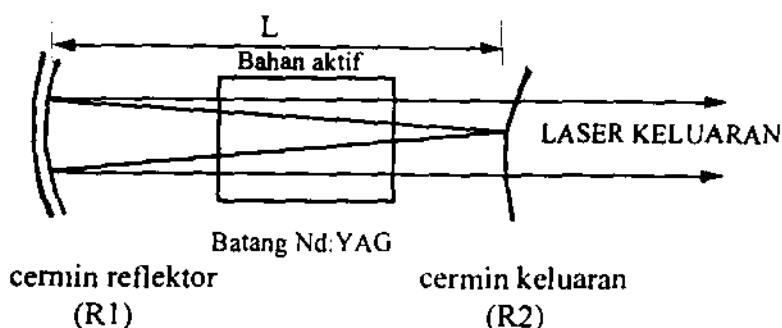
Laser Nd:YAG merupakan laser zat padat dengan bahan aktifnya terdiri dari Yttrium Aluminium Garnet ( $\text{YAG} = \text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ), yang dikotori oleh ion Neodymium ( $\text{Nd}^{3+}$ ). Bagan aras-aras tenaga dan transisi-transisi yang menyertai pada laser tipe ini ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Aras-aras tenaga dan transisi-transisi yang terjadi dalam Nd:YAG

Aras laser terendah pada  $E_1 \cong 2111 \text{ cm}^{-1}$  dari aras dasar. Pada suhu kamar populasi di aras  $E_2$  menurun hanya dengan faktor  $e^{-E_2/kT} \cong e^{-10}$  terhadap aras dasar, sehingga dapat diabaikan. Laser yang mempunyai ciri seperti ini disebut laser empat aras (Yariv, 1989).

Bahan aktif Nd:YAG mempunyai gain yang cukup tinggi yaitu  $G \cong 5 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$  (Setio Utomo, 1990), artinya frekuensi-frekuensi resonansi yang menjadi frekuensi-frekuensi laser yang dicakup oleh kurva gain bahan aktif cukup banyak. Susunan dasar resonatornya berbentuk resonator difraksi (*Diffraction Coupled Resonator*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Resonator tergantung difraksi dengan panjang  $L$ .

Cermin keluaran adalah cermin cembung ( $R_2 < 0$ ). Dari syarat stabilitas resonator optis :

$$0 \leq g_1 \cdot g_2 \leq 1 \quad (4.1)$$

$$\text{dengan, } g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} ; g_2 = 1 - \frac{L}{R_2} \quad (4.2)$$

resonator tergantung difraksi ini tergolong resonator optis stabil. Spesifikasi laser Nd:YAG yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Karakteristik laser Nd:YAG pulsa (tipe : Spectra-physics Quanta-Ray DCR-11) (Spectra Physics, 1986)

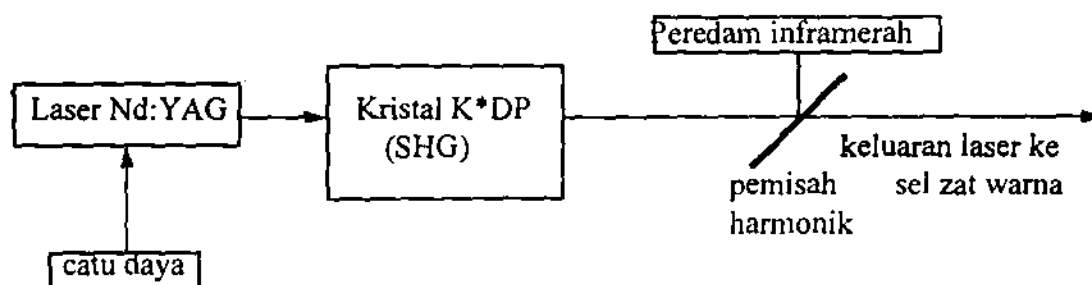
Watak	Spesifikasi	
$\lambda_L$ (panjang gelombang laser)	1064 nm	532 nm
Lebar pulsa (ns)	8 - 9	6 - 7
Tenaga pulsa (mJ)	275	135
Stabilitas tenaga pulsa	$\pm 4\%$	$\pm 7\%$
Repetisi (pengulangan) pulsa	jangkauan 1 - 14 Hz optimum pada 10 Hz	
Lebar garis	$< 1,0 \text{ cm}^{-1}$ pada 1064 nm	
Divergensi berkas	$< 0,5 \text{ mrad}$	
Stabilitas titik berkas	$< 0,5 \text{ mrad}$	

Di dalam pemakaian sebagai laser pemompa untuk laser zat warna pulsa, keluaran laser Nd:YAG pulsa ini dilewatkan pada suatu kristal non linier KDP (*Potassium*

*Dihydrogen Phosphate*,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) yang dapat melipatduakan frekuensi masukan ( $\lambda = 1064$  nm) sehingga keluaran laser setelah melewati kristal ini akan mempunyai panjang gelombang 532 nm (hijau). Kristal non linier seperti ini disebut kristal SHG (*Second Harmonic Generator*).

Untuk tipe Quanta-Ray DCR-11, digunakan kristal non linier  $\text{KD}^*\text{P}$  (*Potassium Dideuterium Phosphate*,  $\text{KD}_2\text{PO}_4$ ) yaitu kristal KDP yang unsur hidrogennya diganti dengan Deuterium. Dengan adanya substitusi seperti ini akan diperoleh sifat-sifat elektro-optis yang semakin baik (Wilson, 1983).

Keluaran laser dari kristal KDP selanjutnya diteruskan ke pemisah harmonik (Melles Griot) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5.

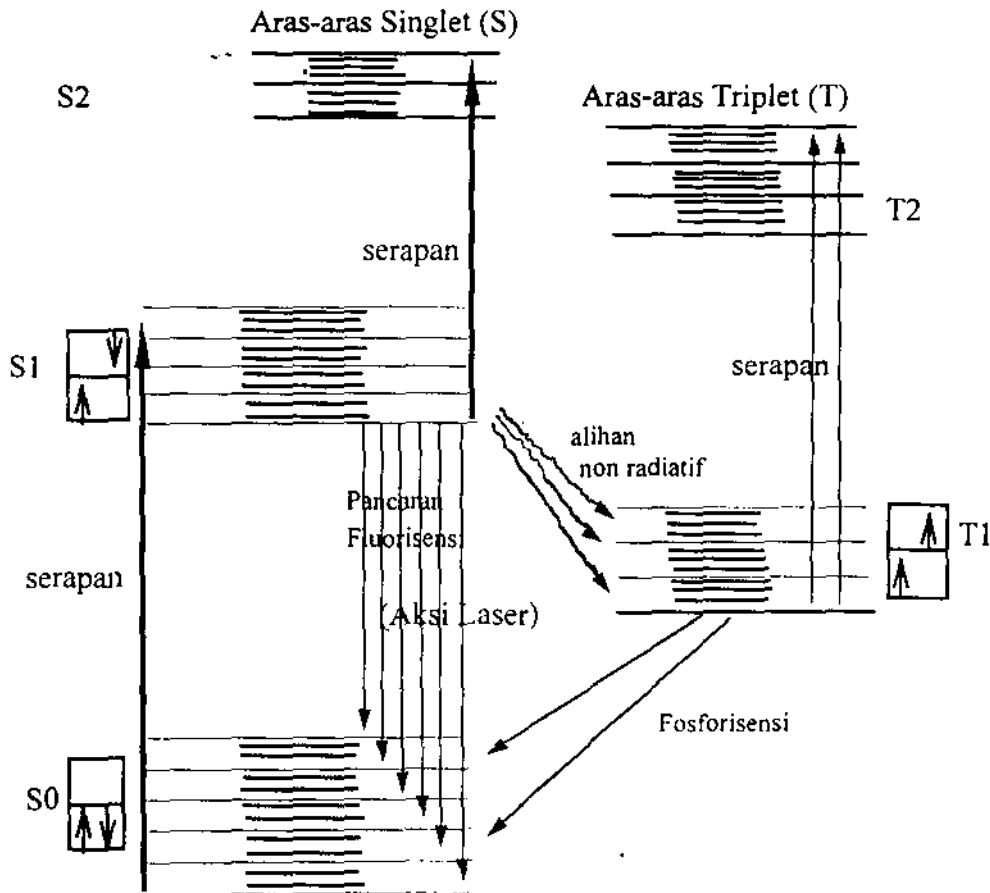


Gambar 4.5. Komponen sistem laser Nd:YAG pulsa.

Pemisah harmonik berguna untuk memisahkan panjang gelombang  $\lambda = 1064$  nm dan  $\lambda = 532$  nm yang merupakan keluaran dari kristal SHG. Pemisah harmonik dipasang pada posisi  $45^\circ$  terhadap arah sinar datang dari SHG, sehingga  $\lambda = 1064$  nm akan dipantulkan dan  $\lambda = 532$  nm akan diteruskan. Hal ini disebabkan oleh pemisah harmonik mempunyai koefisien transmisi 90% untuk  $\lambda = 532$  nm dan koefisien refleksi 99,7% untuk  $\lambda = 1064$  nm. Kemudian pantulan dari pemisah harmonik ( $\lambda = 1064$  nm) akan diredam oleh peredam infra merah sehingga berkas cahaya yang masuk tidak akan keluar lagi.

#### IV.4.2. Laser Zat Warna Pulsa (*Dye Laser*)

Zat warna adalah senyawa organik yang berfungsi sebagai bahan aktif laser yang dilarutkan di dalam suatu pelarut. Diagram aras-aras tenaga molekul zat warna terdiri atas aras-aras singlet (S) dan aras-aras triplet (T) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Skema aras tenaga dan siklus pemompaan molekul zat warna.

Aras tenaga molekul zat warna (yaitu aras-aras tenaga elektronik) terdiri atas aras-aras vibrasi (sekitar  $1400\text{ cm}^{-1}$  sampai dengan  $1700\text{ cm}^{-1}$ ) dan masing-masing aras vibrasi ini dipecah lagi menjadi aras-aras rotasi (sekitar  $150\text{ cm}^{-1}$ ) sehingga variasi

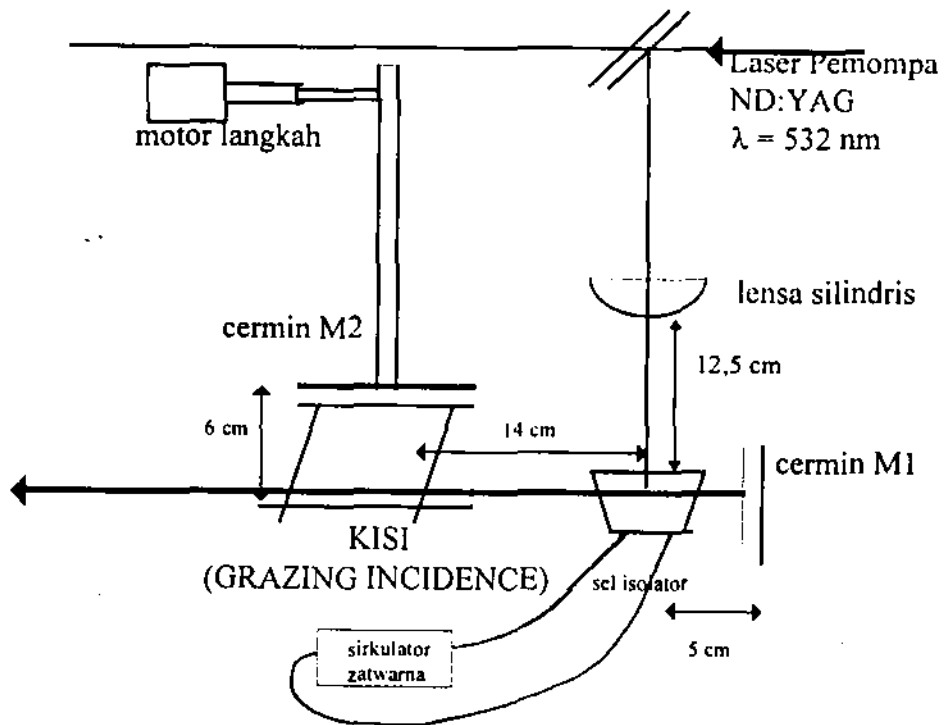
kebolehjadian laser yang dihasilkan transisinya menjadi sangat banyak yang menyebabkan laser yang dihasilkan mempunyai rentang spektral yang sangat besar.

Aksi laser (fluoresensi, dengan umur radiatif beberapa ns) terjadi antara aras terendah dari aras rovibronik  $S_1$  (umur kira-kira 100 ns) dengan aras-aras rovibronik  $S_0$ . Keadaan ini terjadi setelah molekul zat warna menyerap tenaga dari sumber/pemompa (laser Nd:YAG), serta dibolehkan oleh kondisi spin molekul aras singlet (S) yang sama-sama mempunyai spin anti -paralel ( $\Delta S = 0$ ).

Proses peluruhan non radiatif yang terjadi pada aras rovibronik  $S_1$  berlangsung sangat cepat dengan umur  $\pi \cong 10^{-12}$  S (Laud, 1985). Walaupun transisi dari aras rovibronik  $S_1$  ke aras rovibronik  $T_1$  tidak memenuhi kaidah seleksi (karena spin aras triplet adalah paralel), namun terdapat juga kebolehjadian kecil transisi yang terjadi karena adanya tumbukan dengan molekul-molekul pelarut. Peristiwa ini dinamakan *intersystem crossing*. Mengingat waktu peluruhan non-radiatif intersystem crossing jauh lebih kecil dibandingkan umur aras rovibronik  $T_1$  ( $\tau \cong 10^{-7}$  sampai dengan  $10^{-3}$  s), maka pada aras  $T_1$  akan terjadi akumulasi molekul yang dapat mengakibatkan terjadinya transisi yang sangat kuat dari aras  $T_1$  ke aras  $T_2$  (karena dibolehkan oleh kondisi spinnya). Transisi dari  $T_1$  ke  $T_2$  terjadi apabila panjang gelombang serapannya berimpit dengan panjang gelombang pancaran laser  $S_1$  ke  $S_2$ . Akibat terjadi akumulasi di aras  $T_1$  hanya menambah besar kerugian perolehan laser dari molekul zat warna.

Karena transisi laser terjadi pada aras-aras terendah rovibronik  $S_1$  dan aras-aras rovibronik  $S_0$ , maka laser molekul-molekul zat warna merupakan laser sistem 4-aras. Rentang spektral laser yang dihasilkan molekul zat warna tergantung zat warna yang

dipakai. Konfigurasi sistem laser zat warna pulsa yang digunakan di dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Bagan konfigurasi laser zat warna dengan kisi pada arah menyusur.

Komponen-komponen penyusun laser zat warna pulsa dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Sel zat warna (kuvet)*, yaitu tempat zat warna yang terpasang pada penyangga dan dapat dikendalikan oleh 2 buah sekrup sehingga posisinya dapat diatur sejajar permukaan depan sel dengan sumbu lensa silindris. Hal ini berkaitan dengan kondisi pemfokusan laser pemompa yang homogen di daerah sel zat warna. Di samping itu sel zat warna dapat dirotasikan di sekitar sumbu yang tegak lurus permukaan sel, posisi sel dapat diatur untuk menghindari kemungkinan terjadinya interferensi cahaya dari pantulan dinding-dinding selnya.

2. *Lensa silindris*, yaitu komponen optis untuk mengubah berkas cahaya dari bentuk silindris menjadi garis tipis memanjang sehingga daerah pemompaan dapat menjangkau seluruh bagian zat warna di dalam sel.
3. *Cermin  $M_1$  dan  $M_2$* , yaitu reflektor total yang akan membentuk resonator laser zat warna. Cermin  $M_1$  dipasang berhadapan dengan bagian samping sel zat warna, sedang cermin  $M_2$  dipasang berhadapan dengan kisi. Kedua cermin berbentuk datar dengan jari-jari kelengkungan  $R_1 = \infty$  dan  $R_2 = \infty$  sehingga membentuk resonator stabil. Cermin  $M_2$  dapat diputar di sekitar sumbu vertikal bagian tengah cermin. Putaran cermin ini diperoleh dari motor langkah yang akan menggeser tangkai yang berhubungan dengan penyangga cermin  $M_2$ . Putaran inilah yang mengakibatkan besar sudut difraksi oleh kisi akan berubah.
4. *Kisi pantul difraksi*, yaitu komponen optis yang sangat berperan dalam menentukan lebar spektral keluaran laser zat warna. Kisi dipasang sedemikian rupa sehingga penyangga vertikal dapat diatur oleh tiga sekrup sehingga dapat diperoleh hasil yang optimal. Hal ini berkaitan dengan pencapaian daya resolusi yang optimum dari kisi yang bersangkutan seperti ditunjukkan oleh persamaan 4.3.

$$\Delta\lambda = \frac{2\sqrt{2} \lambda}{\pi Nk} \quad (4.3)$$

dengan  $N$  adalah cacah alur yang terkena berkas cahaya. Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa pada konfigurasi sinar datang menyerempet dengan  $N$  dan  $K$  bernilai cukup tinggi akan diperoleh lebar garis keluaran ( $\Delta\lambda$ ) yang kecil. Watak dan spesifikasi kisi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 4.2.

Tabel 4.2. Karakteristik kisi difraksi

Watak	Spesifikasi
Dimensi (ukuran kisi)	540 mm X 25 mm
Konstanta kisi	2400 garis/mm
Jangkauan panjang gelombang	450 nm sampai dengan 700 nm
Jangkauan sudut difraksi	-10° sampai 10° (terhadap normal kisi)

5. *Sirkulator zat warna*, komponen ini berguna untuk membuat zat warna selalu dalam keadaan mengalir. Hal ini untuk menghindari terjadinya dekomposisi molekul zat warna sewaktu dikenai berkas laser pemompa. Dengan membuat laju aliran zat warna dalam kuvet cukup tinggi, maka diharapkan sedikit kemungkinan molekul-molekul zat warna melakukan transisi antar aras-aras triplet.

#### IV.4.3. Spektrum Neon

Aras dasar semua gas adalah pada keadaan  $^1S_0$ . Pada keadaan eksitasi pertama gas Neon, satu elektron  $2P^6$  tereksitasi ke dalam  $3S$  dan konfigurasi ini adalah  $1S^2 2S^2 2P^5 3S$  yang memberikan 4 aras tenaga. Oleh notasi Paschen ditandai oleh keadaan  $1S_2, 1S_3, 1S_4,$  dan  $1S_5$ . Kopling (L.S) hampir sah untuk keadaan eksitasi pertama yang berkaitan dengan keadaan  $^1P_1, ^3P_0, ^3P_1,$  dan  $^3P_2$  dari kopling (L.S). Kelompok kedua keadaan  $^2P_1, \dots, ^2P_{10}$ . Bagi keadaan-keadaan ini lebih tepat ditandai dengan kopling  $j1$  dan bilangan kuantum  $J$ .

Konfigurasi elektron atom Neon  $1S^2 2S^2 2P^5$  adalah konfigurasi Ne II (Neon yang tereksitasi) dan dua keadaan terendahnya adalah  $2P_{3/2^0}$  dan  $2P_{1/2^0}$  dan konfigurasi Ne I adalah  $1S^2 2S^2 2P^5 3P$  yang merupakan penambahan elektron P ke Neon yang terionisasi. Penambahan elektron P ini mempunyai nilai  $j=3/2$  dan  $1/2$  yang ditambahkan pada keadaan  $2P_{3/2^0}$  dan  $2P_{1/2^0}$  yang akan memberikan 4 kelompok aras tenaga, yaitu (Paschen, 1920):



- $(2P_{3/2^0}) P_{3/2}$  dengan  $J = 3, 2, 1, 0$
- $(2P_{3/2^0}) P_{1/2}$  dengan  $J = 2, 1$
- $(2P_{1/2^0}) P_{3/2}$  dengan  $J = 2, 1$
- $(2P_{1/2^0}) P_{1/2}$  dengan  $J = 1, 0$

Keadaan-keadaan tenaga dapat dikelompokkan dalam pasangan-pasangan yang ditunjukkan dalam tabel 4.3 yang menyajikan keadaan tenaga di dalam notasi Paschen. Penandaan konfigurasi elektron, tenaga dalam  $\text{cm}^{-1}$ , tenaga dalam eV, J, dan ekuivalensi bentuk kopling (L.S) bagi aras 1S.

Tabel 4.3. Aras tenaga eksitasi NeI (Paschen, 1920)

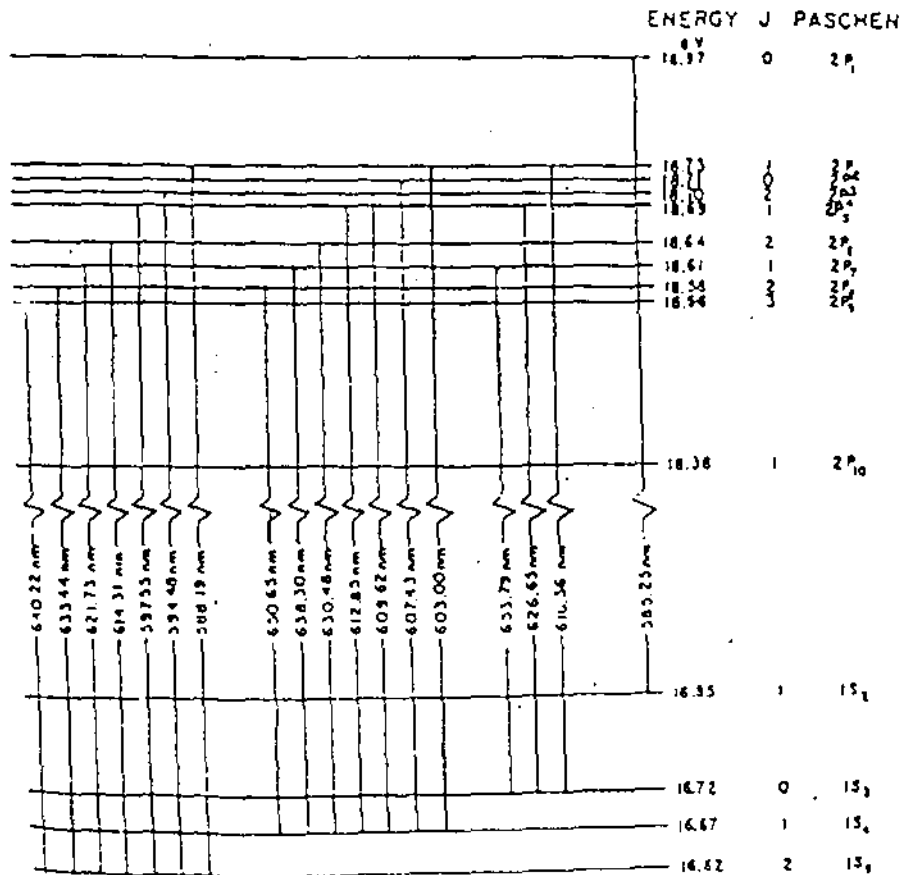
Paschen notation	Electron configuration	Designation	Energy <sup>1</sup> ( $\text{cm}^{-1}$ )	Energy (eV)	J	Ap-prox. (L.S) notation
	$2p^4$	$2p^4\ ^1S_0$	0	0	0	$^1S_0$
$1s_3$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3s$	$3s\ (^1P^o)$	134043.790	16.52	2	$^1P^o$
$1s_4$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3s$	$3s\ (^3P^o)$	134481.237	16.67	1	$^3P^o$
$1s_5$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3s$	$3s\ (^3P^o)$	134820.591	16.72	0	$^3P^o$
$1s_6$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3s$	$3s\ (^1P^o)$	135390.670	16.85	1	$^1P^o$
$2p_{10}$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^1P)$	143359.746	17.85	1	
$2p_7$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^1P)$	149639.000	18.64	3	
$2p_3$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^3P)$	149826.181	18.68	2	
$2p_2$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^3P)$	150121.531	18.69	1	
$2p_6$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^3P)$	150317.321	18.69	2	
$2p_5$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^1P)$	150774.072	18.69	1	
$2p_4$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^3P)$	150860.468	18.70	2	
$2p_1$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^3P)$	150919.931	18.71	0	
$2p_8$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^1P)$	151040.413	18.72	1	
$2p_9$	$2p^4(2p_{1/2}^2)3p$	$3p\ (^1P)$	152972.697	18.97	0	

Oleh karena aras-aras tenaga Neon paling baik digambarkan oleh kopling (j.l), maka aturan seleksi kopling (L.S) yang biasa digunakan tidak dipakai. Aturan seleksinya adalah  $\Delta J = 0$  atau  $\pm 1$  dengan  $J = 0 \rightarrow J = 0$  terlarang. Pemakaian aturan seleksi bagi aras-aras

tenaga ditunjukkan oleh tabel 4.4 dan diagram aras tenaga untuk aras-aras 1S --- 2P ditunjukkan oleh gambar 4.8.

Tabel 4.4. Kaidah seleksi transisi Neon (Paschen, 1920)

Paschen transition	$J' - J''$	Wavelength (nm)
$1s_3-2p_3$	$(0 \rightarrow 1)$	516.36
$1s_3-2p_5$	$(0 \rightarrow 1)$	626.65
$1s_4-2p_3$	$(1 \rightarrow 1)$	603.00
$1s_4-2p_5$	$(1 \rightarrow 0)$	607.43
$1s_4-2p_4$	$(1 \rightarrow 2)$	609.62
$1s_4-2p_3$	$(1 \rightarrow 1)$	612.33
$1s_4-2p_4$	$(1 \rightarrow 2)$	630.43
$1s_5-2p_2$	$(2 \rightarrow 1)$	538.14
$1s_5-2p_4$	$(2 \rightarrow 2)$	544.38
$1s_5-2p_3$	$(2 \rightarrow 1)$	547.55
$1s_5-2p_6$	$(2 \rightarrow 2)$	614.31
$1s_5-2p_7$	$(2 \rightarrow 1)$	621.73
$1s_5-2p_8$	$(2 \rightarrow 2)$	633.44



Gambar 4.8. Diagram aras tenaga pertama dan kedua dari atom Neon (Paschen, 1920)

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### V.1. Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa yang memakai bahan aktif Rhodamine B dan DCM, serta panjang gelombang sinyal optogalvanik. Berikut diperlihatkan hasil-hasil dari penelitian ini.

##### V.1.1. Jangkauan Panjang Gelombang Laser Zat Warna Pulsa

Hasil penalaan daerah cakupan panjang gelombang "lasing" dari laser zat warna pulsa (Rh B dan DCM) seperti terlihat pada gambar 5.1 berkisar antara 609 - 642 nm dengan lebar garis laser  $\Delta\lambda \sim 0,05 \text{ nm}$  ( $\approx 40 \text{ GHz}$ ).

Hasil seperti ini diperoleh dengan pembacaan pada alat wavelenght meter dengan cara membagi berkas laser menjadi dua menggunakan "beam splitter", sebagian ke arah wavelenght meter dan sebagian lagi ke arah ruang vakum.

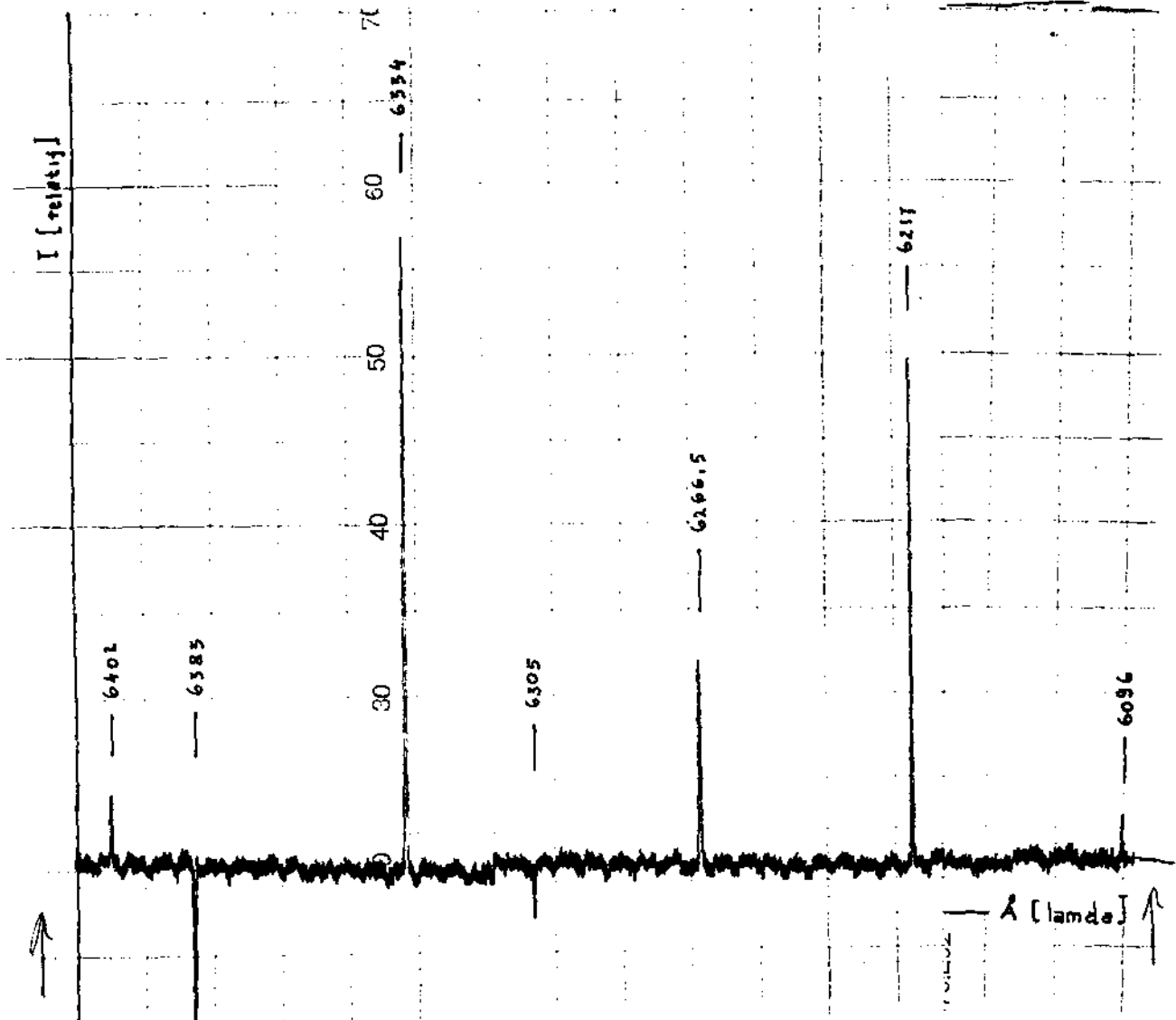


Gambar 5.1. Jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa (Rh B + DCM)

### V.1.2. Panjang Gelombang Sinyal Optogalvanik Atom Neon

Untuk memperoleh sinyal optogalvanik, berkas laser ke arah ruang vakum dibelokkan ke arah gas Neon dalam lampu lucutan yang dapat diatur tegangan dan arusnya.

Hasil spektrum optogalvanik atom Neon dalam lampu lucutan diperlihatkan pada gambar



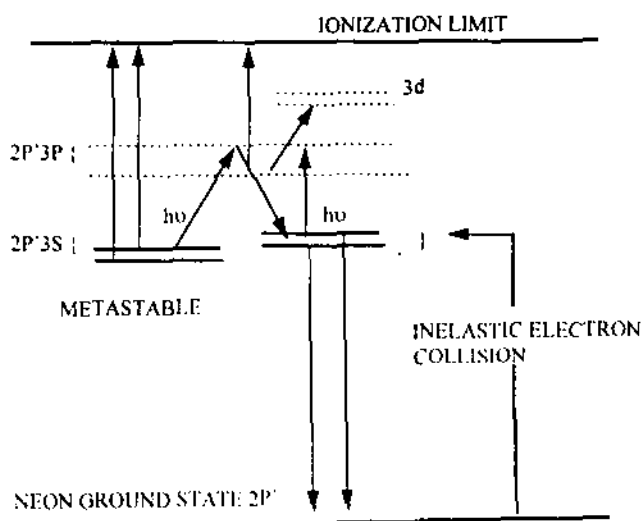
Gambar 5.2 . Spektrum optogalvanik atom Neon.

### V.2. Pembahasan

Konfigurasi aras tenaga dasar Neon  $1S^2 2S^2 2P^6$  diwujudkan dalam notasi kopling LS sebagai  $^1S_0$ . Sedangkan aras tenaga tereksitasinya tidak mengikuti model kopling LS

(interaksi spin orbit lebih lemah dibanding interaksi elektrostatik) maupun kopling  $jj$  (interaksi elektrostatik lebih lemah dibanding interaksi spin orbit) tetapi mengikuti model kopling "intermediate:  $jl$ ". Interaksi ini terjadi jika interaksi elektrostatiknya lemah dibanding interaksi spin orbit ion akan tetapi cukup kuat dibanding kopling spin orbit elektron luar. Dalam hal ini momentum sudut total ( $j$ ) dari ion dan momen orbital ( $l$ ) dari elektron-elektron luar terkopel bersama dan resultannya akan membentuk kopling dengan spin elektron menjadi  $J$  (Racah, 1942).

Kopling intermediate ini mengakibatkan aras tenaga akan terkelompokkan. Dalam notasi Racah, kopling  $jl$  atom Neon untuk keadaan tereksitasi pertama dari  $2P^6$  ke  $3S$  berkonfigurasi  $1S^2 2S^2 2P^5 3S$  mempunyai empat aras tenaga  $3S[3/2]2$ ,  $3S[3/2]1$ ,  $3S'[1/2]1$ ,  $3S'[1/2]0$ . Angka dalam kurung menunjukkan salah satu dari nilai jumlahan vektor ionik  $j$  dan  $l$  dari elektron tereksitasi. Spin elektron tereksitasi terkopel dengan nilai  $j$  ini membentuk total  $J$ , yang ditunjukkan oleh angka di belakang kurung. Dalam notasi Paschen keadaan eksitasi pertama ini dinyatakan sebagai  $1S_2$ ,  $1S_3$ ,  $1S_4$ , dan  $1S_5$ , yang mendekati nilai notasi kopling LS sebagai  $^1P_1$ ,  $^3P_0$ ,  $^3P_1$ , dan  $^3P_2$  (gambar 5.3).



Gambar 5.3. Skematik aras-aras tenaga Neon transisi 2P-4D (Nestor, 1982)



Oleh karena daerah cakupan dari laser zat warna pulsa terbatas (609 - 642 nm), maka yang teramati hanya beberapa puncak-puncak resonansi eksitasi akibat transisi elektron dalam atom Neon. Transisi yang diperoleh sesuai dengan daerah cakupan laser zat warna pulsa (Rh B dan DCM) yaitu pada panjang gelombang-panjang gelombang (transisi) 609,6 nm ( $1S_4 - 2P_4$ ); 614,3 nm ( $1S_5 - 2P_6$ ); 616,4 nm ( $1S_3 - 2P_2$ ); 621,7 nm ( $1S_5 - 2P_7$ ); 626,65 nm ( $1S_3 - 2P_5$ ); 630,5 nm ( $1S_4 - 2P_6$ ); 633,4 nm ( $1S_5 - 2P_8$ ); 638,3 nm ( $1S_4 - 2P_7$ ) dan 640,2 nm ( $1S_5 - 2P_9$ ). Terlihat dari hasil spektrum optogalvanik adanya puncak positif dan negatif. Puncak positif terjadi akibat pengurangan populasi elektron pada aras metastabil, karena bereksitasi ke aras yang lebih tinggi kemudian meluruh ke aras dasar, akan mengurangi arus ionisasi dan menyebabkan tegangan naik untuk memudahkan proses ionisasi. Puncak negatif terjadi penambahan populasi elektron pada aras non metastabil akibat proses eksitasi dan ionisasi sehingga memudahkan terjadinya ionisasi, arus ionisasi naik dan tegangan turun. Puncak-puncak resonansi tersebut di atas akibat dari transisi aras-aras tenaga  $2P^5 3S - 2P^5 3P$  ( $1S - 2P$  dalam notasi Paschen) yaitu aras tenaga eksitasi pertama ke aras tenaga eksitasi kedua, kecuali pada panjang gelombang 618,2 nm terjadi akibat dari transisi aras tenaga kedua ke aras tenaga eksitasi ketiga yaitu aras tenaga  $2P^5 3P - 2P^5 3d$  ( $2P-3D$ ) (Gambar 5.3). Puncak resonansi pada 618,2 nm terlihat secara relatif sangat kecil dibandingkan dengan yang lain, hal ini menunjukkan bahwa transisi-transisi pada aras-aras tenaga eksitasi yang jauh lebih tinggi akan mempunyai kebolehjadian lebih kecil ditempati elektron daripada aras-aras tenaga eksitasi yang lebih rendah.

Dari hasil spektrum optogalvanik yang diperoleh, lebar garis (*linewidth*) spektrum optogalvanik  $\Delta\lambda_0 \sim 0,07 \text{ nm}$  ( $\approx 60 \text{ GHz}$ ) dan lebar garis (*linewidth*) laser zat warna pulsa  $\Delta\lambda_L \sim 0,05 \text{ nm}$  ( $\approx 40 \text{ GHz}$ ).

Daerah cakupan panjang gelombang laser zat warna pulsa untuk bahan aktif Rhodamine (6G + B) sebesar 586 - 599 nm. Jadi untuk laser zat warna pulsa dengan bahan aktif Rhodamine B dan DCM mempunyai jangkauan gelombang yang lebih besar.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### VI.1. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil penelitian laser optogalvanik di atas, dapatlah disimpulkan bahwa spektrum laser zat warna pulsa (*dye laser*) Rhodamine B dan DCM mempunyai daerah cakupan panjang gelombang sekitar 609 - 642 nm dengan lebar garis laser zat warna pulsa  $\Delta\lambda \sim 0,05 \text{ nm}$  ( $\approx 40 \text{ Ghz}$ ).

Spektrum optogalvanik atom Neon memperlihatkan puncak-puncak resonansi ( $\Delta\lambda \sim 0.07 \text{ nm} \approx 60 \text{ Ghz}$ ) akibat adanya transisi-transisi elektron dalam atom Neon (1S - 2P dalam notasi Paschen), yaitu pada panjang gelombang-panjang gelombang 609,6 nm (1S<sub>4</sub> - 2P<sub>4</sub>); 614,3 nm (1S<sub>5</sub> - 2P<sub>6</sub>); 616,4 nm (1S<sub>3</sub> - 2P<sub>2</sub>); 621,7 nm (1S<sub>5</sub> - 2P<sub>7</sub>); 626,65 nm (1S<sub>3</sub> - 2P<sub>5</sub>); 630,5 nm (1S<sub>4</sub> - 2P<sub>6</sub>); 633,4 nm (1S<sub>5</sub> - 2P<sub>8</sub>); 638,3 nm (1S<sub>4</sub> - 2P<sub>7</sub>) dan 640,2 nm (1S<sub>5</sub> - 2P<sub>9</sub>). Kecuali pada panjang gelombang 618.2 nm terjadi akibat dari transisi aras tenaga eksitasi kedua ke aras tenaga eksitasi ketiga yaitu aras tenaga 2P<sup>5</sup> 3P - 2P<sup>5</sup> 3d (2P - 4D) yang terlihat secara relatif sangat kecil dibandingkan dengan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa transisi-transisi pada aras-aras tenaga eksitasi yang lebih tinggi akan mempunyai kebolehjadian yang lebih kecil tertempati elektron dari pada aras-aras tenaga eksitasi yang lebih rendah.

## VI.2. Saran

Untuk kelengkapan spektrum optogalvanik dari atom Neon pada daerah cakupan panjang gelombang lain (tabel 4.3 dan 4.4), diperlukan penggantian bahan zat warna jenis lain yang dapat mencakup daerah panjang gelombang-panjang gelombang tersebut atau dimungkinkan juga menggunakan bahan zat warna yang sama tetapi dengan mengganti bahan sasaran selain atom Neon. Dengan demikian sebagai aplikasi teknik laser optogalvanik ini adalah dapat digunakannya spektrum optogalvanik untuk menera daerah cakupan "lasing" dari laser zat warna pulsa. Hal ini akan menghasilkan nilai-nilai yang lebih presisi daerah cakupan panjang gelombang lasing dari laser zat warna pulsa, mengingat penentuan nilai-nilai daerah cakupan lasing laser zat warna pulsa dengan wavelenght meter tidak begitu jelas pada daerah-daerah perbatasan antara lasing dan tidak lasing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnet K., et al, 1981, "*Modern Spectroscopy With a Spectrometer by The Optogalvanic Effect*", Am. J. Phys. 49(8), Aug.
- Ben-Amar, et al, 1983, "*Applied Effect*", 54.
- Camus P.,(editor), 1976, "*de Physique*", Paris c7
- Green R., et al, 1976, "*Appl. Phys. Lett.*", 29, 727
- Kenty C., 1950, "Phys. Rev.", 80,95
- Loudon R., 1983, "*The Quantum Theory of Light*", Oxford , Clarendon Press
- Maruto G.1996, Prosiding HFIY, Yogyakarta
- Meissner K. W., et al, 1953, "*Phys. Rev.*", 92, 896
- Nestor J. R., 1982,. "*Phys. Appl. Opc.*", 21.
- Paschen F., 1920, "*Ann s. (Leipzig)*", 63, 201
- Penning F. M., 1928, "*Physica (Eindhoven)*", 8, 137
- Racah G., 1942, "*Phys. Rev.*", 61.
- Reddy B. R..and P. Venkateswatu, 1991, "*Opt. Commun*", 85.
- Setio Utomo A. B., 1990, "*Pengembangan Dan Unjuk kerja Suatu Laser Zat Warna* ",  
Tesis S2 Fakultas Pasca Sarjana UGM
- Shuker R., et al, 1982, "*Opt. Commun.*", 42.
- Smyth K. C. and Schenck P.K, 1978, "*Chemistry Physics Letters*", 55, 466.
- Stewart R. S. and Lawler J. E.,(Ed.), 1990, "*Optogalvanic*", 10P series 113.
- Wilson and Hawkes, 1983, "*Optoelectronics*", Prentice Hall International Inc., London
- Yariv A., 1975. "*Quantum Electronics*", New York, John Wiley and Son

Yasin M., 1995, "*Aplikasi Laser Dalam Bidang Spektroskopi Optogalvanik*", Laporan Magang Penelitian Bidang Fisika, Yogyakarta

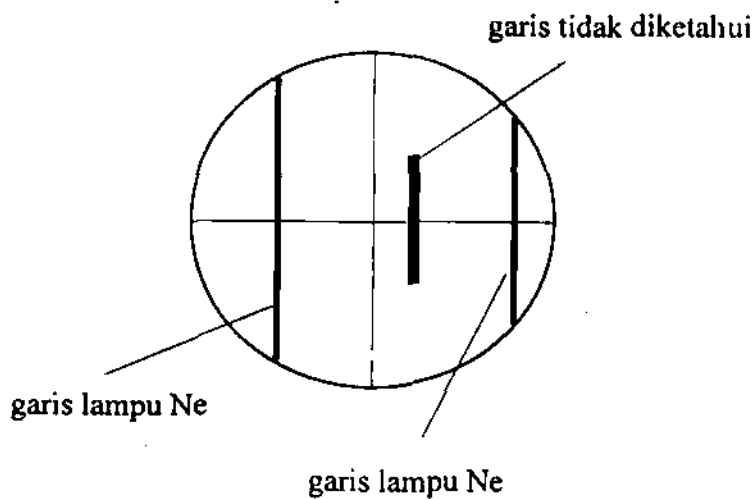
Zink L., 1990, "*In Appl. Laser Spectroscopy*", Series Physics, 241, Plenum Press

Manual :

Spectra Physics, 1986, "*Instruction Manual*"

**Lampiran 1 :****Cara pengukuran panjang gelombang dengan wavelength meter**

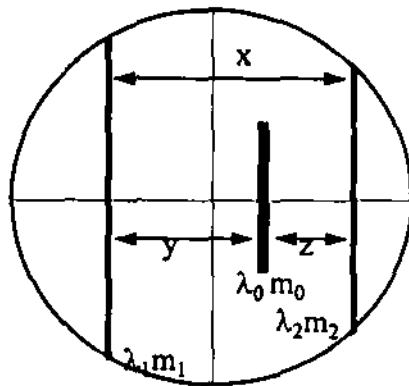
1. Pada suatu kedudukan kisi yang tertentu, diamati sinar yang belum diketahui panjang gelombangnya melalui mikroskop yang sudah dilengkapi dengan skala pembacaan. Pola yang tampak terlihat, ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar L.I.1. : Pola bayangan yang tertangkap oleh mikroskop

Bila sinar yang diamati belum masuk dalam bidang pengamatan, maka kedudukan kisi diputar dengan amat hati-hati dan sangat lambat.

2. Apabila pola bayangan pada gambar L.I.1, sudah diperoleh, maka pembacaan skala posisi panjang gelombang yang tak diketahui sudah dapat dilakukan. Posisi panjang gelombang yang tak diketahui dinyatakan dalam parameter  $y$  dan  $z$ , sedangkan  $x$  menyatakan jarak antara dua garis spektral lampu Neon (Ne).



Gambar L.I.2. Parameter pengukuran wavelenght meter.

Berikutnya menentukan orde dan panjang gelombang garis spektral lampu Ne yang mengapit garis  $\lambda$  yang tak diketahui. Untuk membantu penentuan harga ini, maka dapat digunakan posisi garis laser He-Ne, yang dalam penelitian ini peneraannya diambil pada sudut  $61,32^\circ$ ;  $\lambda = 6328,17\text{\AA}$ ; orde  $m = 35$ . Dengan menggunakan patokan diatas, maka orde garis dan nilai panjang gelombangnya masing-masing  $(m_1, \lambda_1)$  dan  $(m_2, \lambda_2)$  sudah dapat ditentukan. Cara yang lain untuk memperkirakan letak  $\lambda$  yang tidak diketahui di antara dua garis lampu Ne, adalah dengan melihat warna spektral lampu Ne.

3. Jika  $m_1, \lambda_1$  dan  $m_2, \lambda_2$  telah diketahui, maka nilai orde dan panjang gelombang  $(m_0, \lambda_0)$  dari garis yang tidak diketahui sudah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\lambda_0 m_0 = \lambda_1 m_1 + y/x (\lambda_2 m_2 - \lambda_1 m_1) \quad (\text{L.I.1})$$

atau,

$$\lambda_0 m_0 = \lambda_2 m_2 + z/x (\lambda_2 m_2 - \lambda_1 m_1) \quad (\text{L.I.2})$$

4. Penentuan panjang gelombang  $\lambda_0$ , terlebih dahulu dilakukan dengan cara memperkirakan secara kasar, yaitu dengan memberikan nilai  $m_0$  pada nilai  $\lambda_0 m_0$  yang sudah dihitung nilai

$\lambda_0$  nya. Bila perkiraan nilai  $m_0$  yang dimasukkan pada hitungan  $\lambda_0 m_0$  menghasilkan  $\lambda_0$  yang jauh dari perkiraan ; maka hitungannya dicoba lagi untuk harga  $m_0$  yang lain. Demikian seterusnya, sampai diperoleh harga  $m_0$  yang bersesuaian.

**Lampiran 2 :****PERSONALIA PENELITIAN****1. Ketua Peneliti :**

- a. Nama Lengkap dan Gelar : Suryani Dyah Astuti, S.Si
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. Golongan Pangkat/NIP : IIIa/Penata Muda/132125717
- d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli Madya
- e. Jabatan Struktural : --
- f. Fakultas/Jurusan : MIPA/Fisika
- g. Bidang Keahlian : --
- h. Waktu untuk Penelitian : 18 jam/minggu

2. Anggota Peneliti : Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc

3. Tenaga Laboran/Teknisi : --

4. Pekerja Lab./Pencacah : --

5. Tenaga Administrasi : Asmari