

6546 PUA
IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

APLIKASI LASER ZAT WARNA PULSA DALAM BIDANG SPEKTROSKOPI ATOM

SELESAI PAMERAN

01 OCT 1997

Ketua Peneliti :

Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc.

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1996/1997

SK.Rektor Nomor : 6229/J03/PL/1996

Nomor : 63

FISIKA EKSPERIMEN

IR-PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

KKE
KK
530.072
Apl

APLIKASI LASER ZAT WARNA PULSA DALAM BIDANG SPEKTROKOPI ATOM

3000037973141-1

Ketua Peneliti :

Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc.

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1996/1997
SK.Rektor Nomor : 6229/J03/PL/1996
Nomor : 63

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDRAL PENDIDIKAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA

**APLIKASI LASER ZAT WARNA PULSA DALAM
BIDANG SPEKTROKOPI ATOM**

Peneliti :

Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc.

Drs. Djajadi, M.Eng.Sc.

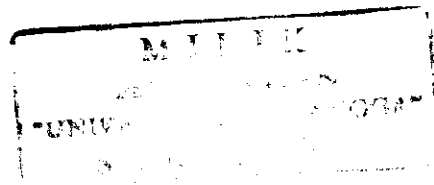
Drs. Pujiyanto, M.S.

Drs. Moh. Yasin

Ir. Welina Ratnayanti K.

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

3000037973141



Lembaga Penelitian Universitas Airlangga

Dibiayai : DIP OPF Universitas Airlangga
S.K.Rektor Nomor : 6229/J03/PL/1996
Tanggal : 1 Agustus 1996
Nomor Urut : 63



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
LEMBAGA PENELITIAN

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

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

IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Aplikasi Laser Zat Warna Pulsa Dalam Bidang Spektroskopi Atom
b. Macam Penelitian : () Fundamental, (V) Terapan, () Pengembangan
2. Kepala Proyek Penelitian
a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc.
b. Jenis Kelamin : W a n i t a
c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata/IIIc/130 701 437
d. Jabatan Sekarang : Staf Pengajar
e. Fakultas/Jurusan/Puslit : FMIPA/Fisika
f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Fisika Eksperimental
3. Jumlah Tim Peneliti : 5 (lima) orang
4. Lokasi Penelitian : 1. FMIPA UGM
2. FMIPA Unair
5. Kerjasama dengan Instansi Lain
a. Nama Instansi : -
b. A l a m a t : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 6 (enam) Bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 3.000.000,00.
8. Hasil Seminar Penelitian :
a. Dilaksanakan Tanggal : 25 Maret 1997
b. Hasil Penilaian : () Baik Sekali (V) Baik
() Sedang () Kurang

Surabaya, 25 Maret 1997



Mengetahui/ Mengesahkan
a.n. Rektor
Ketua Lembaga Penelitian,

Prof. Dr. Noor Cholies Zaini f
NIP. 130 355 372

RINGKASAN PENELITIAN

Judul Penelitian : Aplikasi Laser Zat Warna Pulsa Dalam Bidang Spektroskopi Atom

Ketua Peneliti : Trisnaningsih

Anggota : Djajadi
Pujiyanto
Moh. Yasin
Welina Ratnayanti K.

Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Sumber Biaya : DIP OPF Universitas Airlangga
S.K Rektor Nomor : 6229/J03/PL/1996
Tanggal: 1 Agustus 1996

Metode spektroskopi yang menggunakan laser sebagai sumber cahaya mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan sumber cahaya konvensional. Metode deteksi spektroskopi laser ada beberapa macam, di antaranya : fotoakustik, fototermal, fluoresensi terimbas laser (LIF), dan optogalvanik.

Spektroskopi fluoresensi terimbas laser pendeteksiannya didasarkan atas terjadinya deeksitasi dari aras eksitasi secara spontan yang memancarkan foton. Foton tersebut dideteksi oleh photomultiplier dan diperkuat oleh box-car yang selanjutnya direkam oleh y-t recorder.

Dengan ditemukannya laser zat warna pulsa tertala, spektroskopi LIF dapat digunakan untuk menganalisa struktur aras tenaga atom baik struktur halus maupun struktur hiper halus.

Permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Berapakah jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa dengan bahan aktif laser rhodamine 6G?
2. Berapakah panjang gelombang sinyal LIF atom sodium yang berkaitan dengan struktur halus nya ?.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah mencoba menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa tertala yang menggunakan bahan aktif laser rhodamine 6G, serta menentukan panjang gelombang struktur halus atom sodium yang sesuai dengan transisi eksitasinya.

Di dalam penelitian ini metode spektroskopi LIF digunakan untuk menentu kan struktur halus atom sodium. Dari hasil eksperimen diperoleh spektrum D_1 dan D_2 dengan panjang gelombang $(5896,11 \pm 0,05) \text{ \AA}$ dan $(5890,09 \pm 0,05) \text{ \AA}$.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah swt. atas berkat rahmat dan hidayahNya akhirnya penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan selesainya penelitian ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Airlangga, yang telah memberikan S.K. untuk melakukan penelitian ini.
2. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian ini.
3. Dekan F.MIPA Universitas Airlangga, yang telah memberikan petunjuk dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Kepala Lab. Fisika Eksperimen FMIPA Unair, yang telah memberikan persetujuan pelaksanaan penelitian ini.
5. Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unair, yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk menyelesaikan pelaksanaan penelitian ini.
6. Kepala Lab. Fisika Atom dan Inti FMIPA UGM, yang telah memberikan fasilitas peralatan penelitian ini.
7. Rekan-rekan sejawat yang turut membantu pada pelaksanaan penelitian ini.

Akhirnya bila ada ke khilafan dalam penelitian kami ini, maka kami mohon maaf dan mohon saran.

Surabaya, Februari 1997

Tim Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
RINGKASAN PENELITIAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
BAB II. LANDASAN TEORI	4
2.1. Laser Sebagai Sumber Cahaya	4
2.1.1. Prinsip Dasar Laser	4
2.1.2. Koherensi	4
2.1.3. Resonator dan Struktur Ragam	5
2.1.4. Laser 4-Aras	6
2.1.5. Fenomena Optika Non Linier	10
2.1.6. Laser Zat Warna Pulsa	10
2.2. Struktur Atom	14
2.2.1. Sistem Satu Elektron	14
2.2.2. Atom-atom Alkali	15
2.2.3. Efek Medan Magnit	16
2.2.3.1. Gerak Presisi	16
2.2.3.2. Interaksi Spin-Orbit	17
2.2.4. Sistem Beberapa Elektron	19

	i.
2.2.5. Pengaruh Medan Luar	20
2.2.5.1. Medan Magnit	20
2.2.5.2. Medan Listrik	23
2.3. Radiasi Resonansi	24
2.3.1. Spektra yang Dihasilkan oleh Transisi Dipol	26
2.4. Spektrum Atom Sodium	28
BAB III. METODE PENELITIAN	30
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2. Sistem Peralatan Yang Digunakan	30
3.3. Prosedur Penelitian	31
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Hasil Penelitian	35
4.1.1. Jangkauan Panjang Gelombang Laser Zat Warna Pulsa	35
4.1.2. Panjang Gelombang Spektrum Atom Sodium	36
4.2. Pembahasan	37
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN - 1	42
LAMPIRAN - 2	45

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Karakteristik Laser Nd-YAG Pulsa	8
Tabel 2.2. Karakteristik Kisi Difraksi	13

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Resonator laser	5
Gambar 2.2. Diagram aras tenaga laser Nd-YAG	7
Gambar 2.3. Resonator tergendeng difraksi	8
Gambar 2.4. Blok diagram laser pemompa	9
Gambar 2.5. Struktur molekul dan aras tenaga zat warna	11
Gambar 2.6. Bagan laser dengan susunan kisi pada arah menyusur	12
Gambar 2.7. Diagram aras tenaga atom sodium	16
Gambar 2.8. Presisi vektor momentum sudut dan kaitannya dengan momen magnetik dalam medan magnet	16
Gambar 2.9. Medan magnet yang berkaitan dengan gerak- orbital	18
Gambar 2.10. Model vektor efek Zeeman	21
Gambar 2.11. Model vektor efek Paschen-Back	22
Gambar 2.12. Efek Stark untuk $J = 5/2$	23
Gambar 2.13. Ionisasi medan atom	24
Gambar 2.14. Interaksi radiasi elektromagnetik dengan atom	24
Gambar 2.15. Kebolehjadian transisi bagi serapan-emisi terstimulasi	25
Gambar 2.16. Terminologi proses radlatif	26
Gambar 2.17. Fenomena fosforesensi	27
Gambar 2.18. Spektrum atom sodium	28
Gambar 3.1. Set-up eksperimen menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna	32

	Hal.
Gambar 3.2. Set-up eksperimen spektroskopi fluoresensi	
terimbas laser (LIF)	33
Gambar 4.1. Daerah panjang gelombang laser zat warna	36
Gambar 4.2. Spektrum D1 dan D2 atom sodium	37
Gambar L.1.1 Pola bayangan yang tertangkap oleh	
mikroskop	42
Gambar L.1.2 Parameter pengukuran wavelength meter	43
Gambar L.2. Spektrum atom sodium dengan kondisi gate-	
(gerbang) yang berbeda dengan gambar 4.2	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Spektroskopi biasanya diartikan sebagai suatu pemetaan (*charting*) secara eksperimen dari suatu struktur aras tenaga suatu sistem fisis. Untuk tujuan ini, kita mempelajari proses - proses transisi spontan dan transisi terimbas antara keadaan - keadaan tenaga yang dipelajari, disamping proses serapan yang terjadi. Dalam hal ini, spektroskopi dapat di artikan sebagai analisis tipe radiasi elektromagnetik atau pancaran partikel yang bervariasi.

Penelitian di bidang spektroskopi bersifat dasar atau aplikasi. Pada penelitian yang bersifat mendasar akan ditentukan aras - aras tenaga, kebolehdjian transisi, umur di aras eksitasi, dan sebagainya. Sedangkan besaran fisis yang diukur adalah intensitas, tenaga, panjang gelombang, atau frekuensi.

Bidang - bidang baru spektroskopi laser yang bersifat terapan antara lain : aplikasi di bidang medis, diagnose proses - proses pembakaran (nyala api), laser imbas kimia, dan pemisahan isotop. Pemilihan metode spektroskopi di dasarkan pada daerah tenaga dari suatu fenomena yang akan diteliti.

Sistem spektroskopi yang menggunakan laser sebagai sumber cahaya mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan sumber cahaya konvensional

nal, misalnya : sifat monokromatisnya yang tinggi, intensitasnya tinggi, dan sebaran berkasnya sempit (Svelto, 1991).

Beberapa metode spektroskopi atom telah berkembang dengan pesat sejak ditemukannya laser untuk menyelidiki fenomena atom yang berkaitan dengan struktur atomnya, misalnya penentuan tetapan struktur hiper-halus sampel tanah jarang (^{57}La) dengan metode fluoresensi terimbas laser (*Laser Induced Fluorescence / LIF*) (Karyono, 1994) dan aplikasi spektroskopi laser untuk mendeteksi gas - lacakan (*trace gas*) yaitu gas etilen pada konsentrasi yang sangat rendah (ber orde ppb) dengan metode fotoakustik (Zahara et.al, 1993). Keunggulan metode LIF adalah kita dapat menentukan struktur - halus (*fine - structure*) bahkan juga struktur hiper - halus (*hiperfine - structure*) suatu atom/molekul.

Di dalam penelitian ini akan dilakukan analisis struktur halus atom sodium dengan spektroskopi fluoresensi terimbas laser. Pada metode ini laser ditembakkan ke sampel atom / molekul sehingga berada pada keadaan tereksitasi dan terjadi emisi secara spontan dengan memancarkan foton. Foton tersebut akan dideteksi dengan menggunakan detektor photomultiplier (PMT).

Sumber cahaya yang digunakan adalah laser zat warna pulsa dengan bahan aktif laser rhodamine 6G yang dipompa oleh laser Nd -YAG pulsa. Setelah sinyal LIF dideteksi melalui PMT, kemudian diperkuat oleh Box-car Integrator dan direkam ke Y-T recorder.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan mengacu latar belakang penelitian, maka permasalahan penelitian yang dilakukan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapakah jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa dengan bahan aktif laser rhodamine 6G ?.
2. Berapakah panjang gelombang sinyal LIF atom sodium yang berkaitan dengan struktur halus nya ?.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai dua tujuan utama, yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa tertala yang menggunakan bahan aktif rhodamine 6G.
2. Menentukan panjang gelombang struktur halus atom sodium yang sesuai dengan transisi eksitasinya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Laser Sebagai Sumber Cahaya

2.1.1. Prinsip Dasar Laser

Bila ada sistem atom dengan dua aras tenaga E_1 dan E_2 dikenai suatu foton yang tenaganya $\Delta E = E_2 - E_1$ akan terjadi dua proses yaitu serapan dan emisi stimulasi. Pada kesetimbangan termodinamika, aras yang lebih rendah jumlah populasinya lebih banyak, maka foton akan diserap. Untuk membuat emisi stimulasi, populasi di aras yang lebih tinggi harus lebih banyak dari pada aras yang lebih rendah. Hal ini disebut sebagai pembalikan populasi ("inversi populasi") yang merupakan prasyarat terjadinya penguatan oleh emisi stimulasi. Inversi populasi dapat dicapai melalui pemompaan secara optis.

2.1.2. Koherensi

Laser sebagai sumber cahaya dicirikan oleh koherensinya yang sangat tinggi dibandingkan dengan sumber cahaya konvensional. Ada dua jenis koherensi, yaitu koherensi waktu dan ruang. Derajat koherensi diukur dari kebolehjadian prakiraan fase dan amplitudo bagi cahaya pada kedudukan dan waktu tertentu. Gelombang cahaya mempunyai koherensi ruang bila beda fase antara titik pengamatan yang berbeda adalah tetap .

Panjang koherensi (l_c) dinyatakan sebagai berikut (Svanberg, 1990):

$$l_c = \tau / c = c / \Delta \nu = \lambda^2 / \Delta \lambda \quad (2.1)$$

dengan : $\Delta \nu$ adalah lebar pita frekuensi,

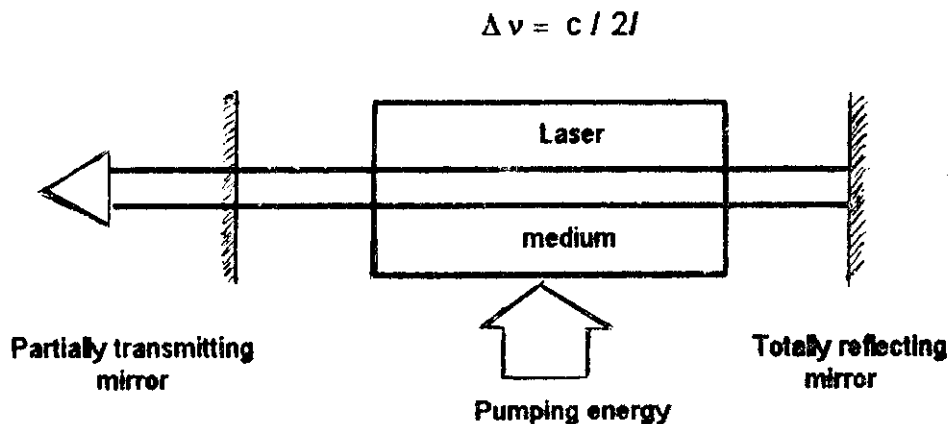
λ adalah panjang gelombang laser,

c adalah kecepatan cahaya, dan

τ adalah waktu koherensi.

2.1.3. Resonator dan Struktur Ragam

Sistem laser sebagai pembangkit cahaya (osilator), bila ada suatu umpan balik (*feedback*). Hal ini dapat dicapai bila medium laser ditempatkan dalam resonator yang terdiri dari dua cermin (cermin total dan sebagian) seperti ditunjukkan oleh gambar 2.1.



Gambar 2.1. Resonator laser

Pembesaran intensitas cahaya terjadi karena adanya pantulan bolak - balik (*back and forth*) melalui medium laser.

Jenis resonator ada bermacam - macam antara lain :

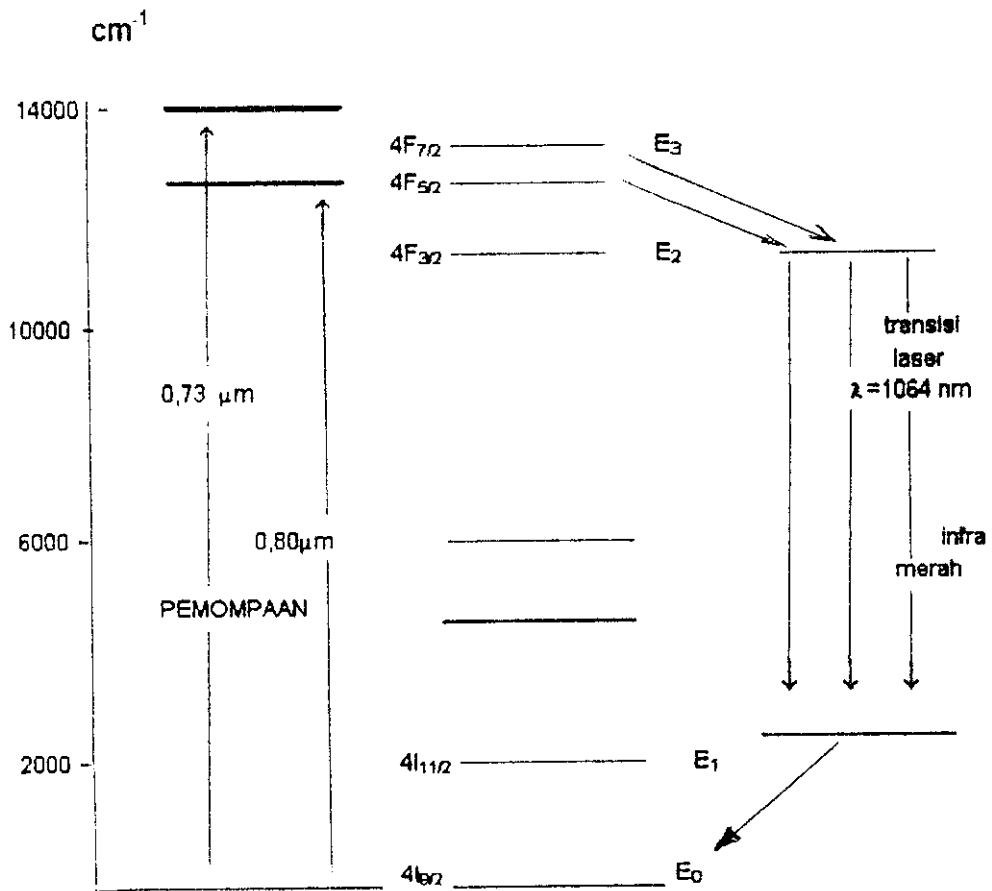
plane - paralel, large - radius, confocal, spherical, concave - convex, hemispherical, dan unstable. Pada rongga gelombang mikro ada beberapa jenis osilasi elektromagnetik transversal atau yang disebut sebagai ragam (mode). Ragam ini diindikasikan oleh TEM_{pq} (p, q adalah bilangan bulat). Berkas laser pada ragam TEM₀₀ mempunyai tampang lintang simetri dan distribusi intensitasnya berbentuk Gaussian.

2.1.4. Laser 4-Aras

Pada sistem laser 4-aras, aras akhir yang digunakan bukan merupakan keadaan dasar, hal ini ditunjukkan oleh gambar 2.2. Laser 4-aras yang banyak digunakan adalah laser Nd -YAG. Laser Nd -YAG termasuk laser zat padat dengan bahan aktif terdiri dari Yttrium Alumunium Garnet (YAG = Y₃ Al₅ O₁₂) yang dikotori oleh ion Neodymium (Nd³⁺).

Aras tenaga pada E₁ \cong 2111 cm⁻¹ dari aras dasarnya. Pada suhu kamar populasi di aras E₂ menurun dengan faktor $e^{-E_2/kT} \cong e^{-10}$ terhadap aras dasar, sehingga dapat diabaikan.

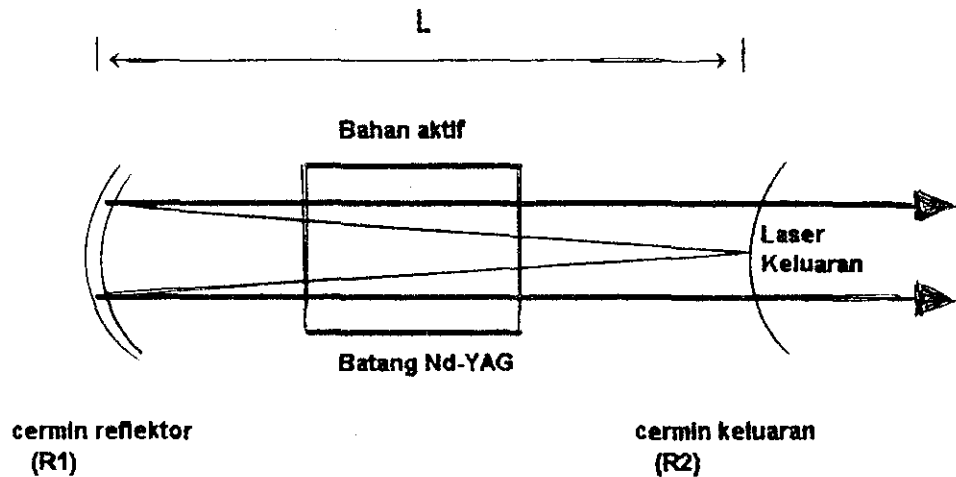
Laser yang mempunyai ciri seperti ini disebut laser 4-aras (Yartv, 1989).



Gambar 2.2. Diagram aras tenaga laser Nd-YAG

Bahan aktif laser Nd -YAG mempunyai gain (G) yang cukup tinggi yaitu berkisar $G \cong 5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-1}$ (Utomo, 1990), artinya frekuensi - frekuensi resonansi yang menjadi frekuensi - frekuensi laser yang dicakup oleh kurva gain bahan aktif cukup banyak.

Susunan resonator lasernya berbentuk terdangeng difraksi (Diffraction Coupled Resonator) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.3.



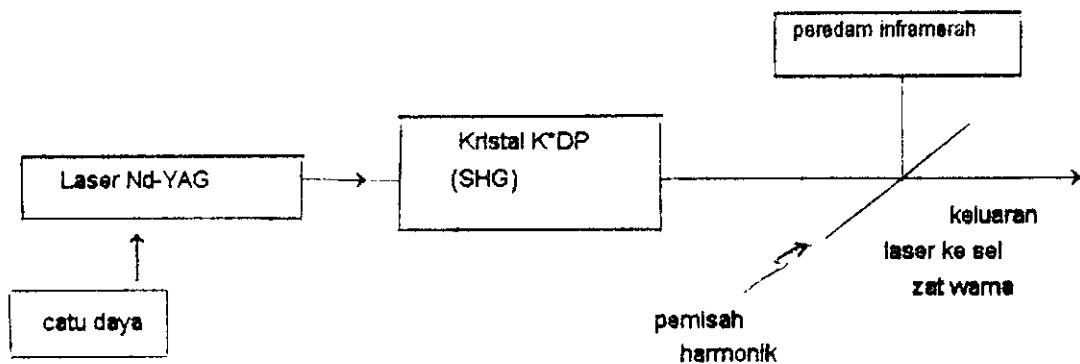
Gambar 2.3. Resonator terdangeng difraksi

Resonator jenis ini termasuk resonator yang stabil. Spesifikasi laser Nd -YAG pulsa yang dipakai di dalam penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 2.1.

Tabel 2.1. Karakteristik laser Nd-YAG pulsa
(tipe; Spectra-physics Quanta-ray DCR-11)

Watak	Spesifikasi	
λ_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 cm ⁻¹ pada 1064 nm	
Divergensi berkas	< 0,5 mrad	
Stabilitas titik berkas	< 0,5 mrad	

Sebagai laser pemompa laser zat warna, keluaran laser Nd -YAG pulsa ini dilewatkan pada suatu kristal non linier KDP (potassium dihydrogen phosphate, KH_2PO_4) yang dapat menggandakan frekuensi laser Nd -YAG atau panjang gelombangnya menjadi setengahnya, yaitu dari 1064 nm menjadi 532 nm (hijau). Kristal non linier seperti ini disebut sebagai kristal second harmonic (SHG). Blok diagram laser Nd -YAG yang digunakan untuk memompa laser zat warna pulsa ditunjukkan oleh gambar 2.4.



Gambar 2.4. Blok diagram laser pemompa (Nd -YAG)

Pemisah harmonik digunakan untuk memisahkan panjang gelombang 1064 nm dan 532 nm yang merupakan keluaran kristal SHG. Pemisah harmonik dipasang pada posisi 45^o terhadap arah sinar yang datang dari kristal SHG, sehingga panjang gelombang 532 nm akan diteruskan.

Pemisah harmonik tersebut mempunyai koefisien transmisi 90% untuk panjang gelombang (λ) 532 nm dan koefisien refleksi 99,7% untuk $\lambda = 1064$ nm. Kemudian keluaran dengan $\lambda = 1064$ nm dilewatkan ke peredam inframerah.

2.1.5. Fenomena Optika Non-linier

Jika medan listrik diterapkan pada bahan optis, maka akan terjadi polarisasi (P) bagai medan optis, yaitu :

$$P = \chi^{(1)} \varepsilon + \chi^{(2)} \varepsilon + \chi^{(3)} \varepsilon + \chi^{(4)} \varepsilon + \dots \quad (2.2)$$

dengan $\chi^{(1)}$ adalah tetapan polarisabilitas. Untuk $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$, maka suku kedua dari persamaan (2.2) menjadi :

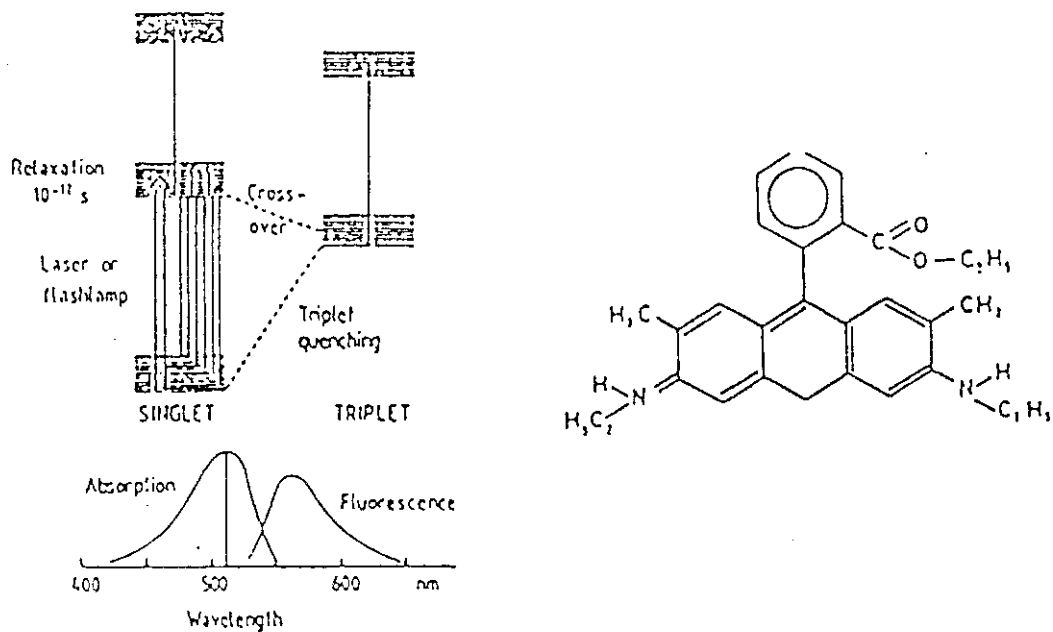
$$P = \frac{1}{2} \chi^{(2)} \varepsilon^2 (1 - \cos 2 \omega t) \quad (2.3)$$

Bentuk persamaan (2.3) menghasilkan bentuk pengganda frekuensi. Hal ini adalah prinsip kerja kristal non-linier (SHG). Bila bahan kristal membuat frekuensi cahaya menjadi tiga kalinya disebut sebagai kristal third-harmonic (THG).

2.1.6. Laser Zat Warna Pulsa

Zat warna adalah senyawa organik yang berfungsi sebagai bahan aktif laser yang dilarutkan dalam suatu pelarut. Zat warna yang paling umum digunakan adalah rhodamine 6G yang dilarutkan dalam etanol atau etilen glikol. Struktur molekul zat warna dan aras tenaga lasernya ditunjukkan oleh gambar 2.5.

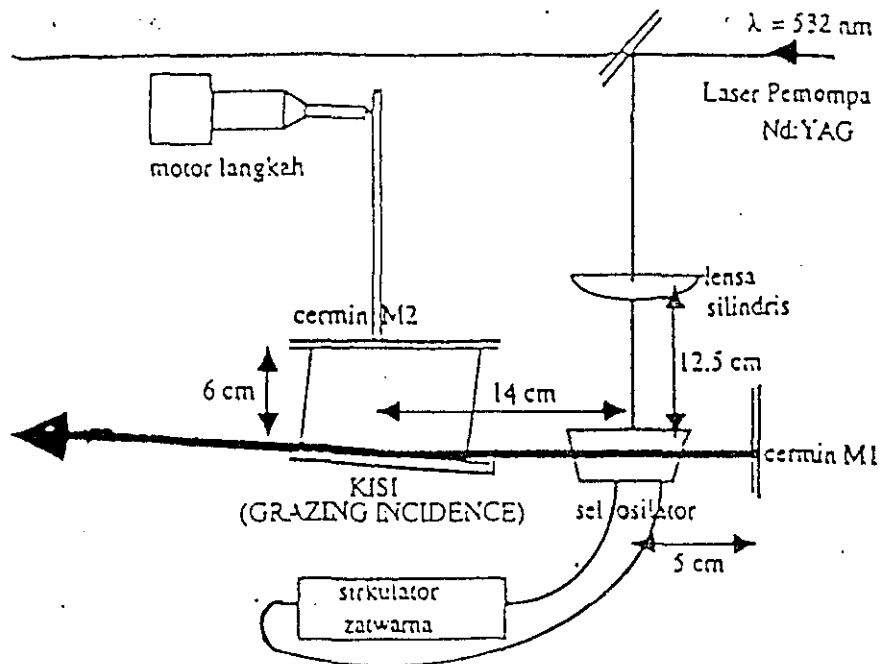
Transisi aksi laser terjadi antara dua keadaan singlet elektronik terendah. Aras tenaga molekul zat warna (yaitu aras-aras tenaga elektronik) terdiri dari aras-aras vibrasi ($1400 - 1700 \text{ cm}^{-1}$) dan masing-masing aras vibrasi dipecah lagi menjadi aras-aras rotasi (yaitu sekitar 150 cm^{-1}) sehingga variasi kebolehjadian laser yang dihasilkan menjadi sangat banyak. Hal inilah yang menyebabkan aksi laser yang dihasilkan mempunyai rentangan panjang gelombang yang lebar (tertala). Konfigurasi laser zat warna yang dipakai di dalam penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.5. Struktur molekul dan aras tenaga zat warna

Komponen - komponen penyusun laser zat warna pulsa terdiri atas bagian pokok sebagai berikut :

- a. **Sel zat warna (kuvet)**, yaitu tempat zat warna yang dipasang pada penyanggah yang posisinya dapat diatur sejajar permukaan depan sel dengan sumbu lensa silindris.
 - b. **Lensa silindris**, yaitu komponen optis yang mengubah berkas cahaya dari bentuk silinder menjadi garis tipis memanjang sehingga sehingga daerah pemompaan dapat menjangkau seluruh bagian zat warna di dalam sel.
 - c. **Cermin M_1 dan M_2** , yaitu reflektor total yang akan membentuk resonator laser zat warna, cermin M_1 dan M_2 berbentuk cermin datar.
- Cermin M_2 dapat diatur dengan stepper-motor, sehingga besar sudut difraksi oleh kisi akan berubah, yang menyebabkan panjang gelombang keluarannya juga berubah (tertala).



Gambar 2.6. Bagan laser zat warna dengan susunan kisi pada arah menyusur

d. **Kisi pantul**, yaitu komponen optis yang berperan dalam menentukan lebar spektral keluaran laser zat warna. Lebar garis laser zat warna dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta \lambda = 2\sqrt{2}\lambda / (\pi Nk) \quad (2.4)$$

dengan N adalah cacah alur yang terkena oleh berkas cahaya. Dari persamaan (2.4) dapat dilihat bahwa N bernilai cukup tinggi sehingga akan diperoleh lebar garis ($\Delta \lambda$) yang sempit. Spesifikasi kisi yang digunakan ditunjukkan oleh tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik kisi difraksi

Watak	Spesifikasi
Dimensi (ukuran kisi)	50 mm x 25 mm
Konstanta kisi	2400 garis/mm
Jangkauan panjang gelombang	450 nm s/d 700 nm
Jangkauan sudut difraksi	- 100 sampai 100 (terhadap normal kisi)

e. **Sirkulator zat warna**, komponen ini digunakan untuk membuat zat warna selalu dalam keadaan mengalir, sehingga mencegah terjadinya dekomposisi molekul zat warna pada saat dikenai laser pemompa.

2.2. Struktur Atom

Di dalam pembahasan mengenai struktur atom, akan dijelaskan tentang struktur aras tenaga sistem atom.

2.2.1. Sistem Satu-Elektron

Pada atom hidrogen dan sistem atom yang mirip dengan atom hidrogen, elektron tunggal bergerak mengelilingi inti yang bermuatan ze pada jarak r dalam medan sentral, tenaga potensialnya adalah :

$$V(r) = \frac{-ze^2}{4\pi \epsilon_0 r} \quad (2.5)$$

Sistem Hamiltoniannya adalah :

$$H_0 = \frac{1}{2m} p^2 + V(r) \quad (2.6)$$

p adalah operator momentum, m adalah massa elektron, dan Swa-nilai tenaganya diperoleh dengan memecahkan persamaan Schrödinger.

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(r) \right] \psi = E \psi \quad (2.7)$$

Δ adalah operator Laplace dan $\hbar = h/2\pi$. Swa - nilai (*Eigen value*) hanya bertanggung jawab pada bilangan kuantum utama. Tenaganya dinyatakan oleh :

$$E_n = -hcRy \frac{Z^2}{n^2}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (2.8)$$

dengan $Ry = \frac{me^4}{4\pi (4\pi t_0)^2 ch^3}$

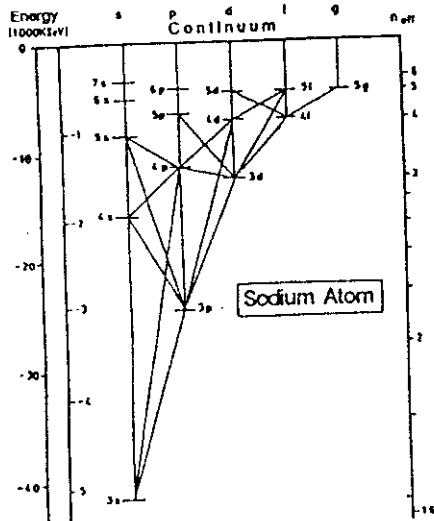
2.2.2. Atom - Atom Alkali

Pada atom-atom alkali terdapat elektron tunggal di luar kabut elektron dalam simetri bola (inti). Medan yang bekerja pada elektron bukan coulomb, tetapi medan sentral. Tenaga sistem dapat ditulis sebagai berikut,

$$E = \frac{-hcRy}{n_{\text{eff}}^2} \quad (2.9)$$

dengan $n_{\text{eff}} = n - d$ disebut bilangan kuantum efektif dan d adalah cacat kuantum. Elektron - elektron s dapat masuk ke dalam inti dan mengalami pertambahan gaya yang menyebabkan ikatannya lebih kuat. Sifat tersebut dicirikan dalam cacat kuantum, misalnya untuk elektron - elektron s sama dengan dua .

Untuk orbit l yang tinggi, cacat kuantum sama dengan nol. Efek ini untuk kasus atom sodium ditunjukkan oleh gambar 2.7.

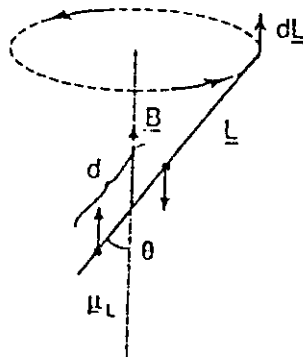


Gambar 2.7. Diagram aras tenaga atom Sodium

2.2.3. Efek Medan Magnet

2.2.3.1. Gerak Presisi

Vektor momentum sudut L , berkaitan dengan momen magnetik μ_L akan berpresisi dalam medan magnet ditunjukkan oleh gambar 2.8.



Gambar 2.8. Presisi vektor momentum sudut dan kaitannya dengan momen magnetik dalam medan magnet.

Untuk menjelaskan fenomena tersebut, dibayangkan kutub magnet q yang dianalogi kan dengan kasus listrik. Momen mekanik M dinyatakan dengan :

$$|\vec{M}| = q B \frac{d}{2} \sin \theta + q B \frac{d}{2} \sin \theta = q B d \sin \theta \quad (2.10)$$

$$\text{atau, } \vec{M} = \mu_L \times \vec{B} \text{ dengan } |\mu_L| = q d \quad (2.11)$$

$$\text{dan, } \mu_L = - q \mu_B \cdot \vec{L} \quad (2.12)$$

dengan μ_B adalah magneton Bohr dan q adalah tetapan kesebandingan.

Hukum gerak menghasilkan :

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} = - q \mu_B \vec{L} \times \vec{B} \quad (2.13)$$

$$\text{atau } d\vec{L} = - (q \mu_B \vec{L} \times \vec{B}) dt \quad (2.14)$$

yang menunjukkan bahwa \vec{L} bergerak tegak lurus terhadap \vec{L} dan \vec{B} , yaitu presisi \vec{L} dengan frekuensi sudut $\omega = q \mu_B$.

2.2.3.2. Interaksi Spin - Orbit

Elektron mempunyai momentum sudut spin s dan momen magnetik

μ_s , yaitu:

$$\mu_s = - g_s \mu_B S \quad (2.15)$$

Elektron bergerak dalam medan listrik inti yang dikenai medan magnet B_z yang sebanding dengan momentum sudut elektron l (ditunjukkan oleh gambar 2.9).

Tenaga orientasi elektron E_{s0} dalam medan adalah :

$$E_{s0} = \mu_s \cdot B_z = \xi \cdot l \cdot s \quad (2.16)$$

dengan ξ adalah tetapan kesebandingan, kopling l dan s berpresisi disekitar resultannya j dengan frekuensi yang sebanding dengan kuat medan.

Nilai j adalah :

$$j = l + s \quad (2.17)$$

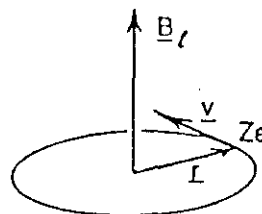
dengan $s = \frac{1}{2}$, $l = 0, 1, 2, \dots$, dan $j = l \pm \frac{1}{2}$.

Dari teorema cosinus $j^2 = (l + s)^2 = l^2 + s^2 + 2l \cdot s$, kita dapatkan ;

$$E_{s0} = \xi [j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)] / 2 \quad (2.18)$$

persamaan (2.18) disebut dengan pemecahan struktur - halus (*fine-structure splitting*) antara dua aras j yang mungkin, diberikan oleh :

$$\Delta E_{s0} = \xi (l + \frac{1}{2}) \quad (2.19)$$



Gambar 2.9. Medan magnet yang berkaitan dengan gerak orbital

2.2.4. Sistem Beberapa Elektron

Struktur umum sistem beberapa elektron dengan i elektron perhitungannya lebih rumit. Pendekatan Hamiltonian yang digunakan adalah (Svanberg, 1992).

$$H = \sum_i \left[\frac{1}{2m} p_i^2 - \frac{Ze^2}{4\pi \epsilon_0 r_i} \right] + \sum_{i < j} \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r_{ij}} + \sum_l \xi_l(r_l) l \cdot s_l \quad (2.20)$$

dengan r_{ij} adalah jarak antara elektron i dan j . Sebagai pendekatan dari persamaan (2.20), kita asumsikan bahwa setiap elektron bergerak bebas satu sama lain di dalam medan rata-rata yang dihasilkan oleh inti dan elektron - elektron lain (model partikel bebas). Pendekatan medannya adalah medan sentral (hanya bergantung pada r).

Konfigurasi kopling antara momentum sudut individu adalah :

$$L = \sum_i l_i, \quad S = \sum_i s_i \quad (2.21)$$

Untuk konfigurasi L dan S tertentu, diperoleh pemecahan secara elektrostatik.

Bentuk tersebut ditandai dengan $2s+1$ X. Besaran $2s+1$ berkaitan dengan $x = S P D F G H$. Jenis kopling ini disebut kopling LS. Untuk bilangan kuantum J terdapat relasi :

$$J = L + S, L + S - 1, \dots, |L - S| \quad (2.22)$$

tenaga orientasinya adalah :

$$E_{so} = A(L,S) [J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)]/2 \quad (2.23)$$

persamaan (2.23) analogi dengan kasus satu elektron. Untuk selang ΔE_{so} , mempunyai aturan selang-lande, yaitu :

$$\Delta E_{so}(J, J-1) = AJ \quad (2.24)$$

Jika interaksi spin-orbit mendominasi seluruh interaksi elektrostatik non sentral, kopling antara momentum sudut spin dan orbital,

$$\mathbf{j} = \mathbf{l} + \mathbf{s} \quad (2.25)$$

untuk kasus pada persamaan (2.25) disebut kopling jj .

2.2.5. Pengaruh Medan Luar

Oleh karena atom mempunyai momen magnetik dan muatan elektron mengelilingi inti, maka atom mempunyai sifat magnetik dan dipengaruhi oleh medan magnetik luar.

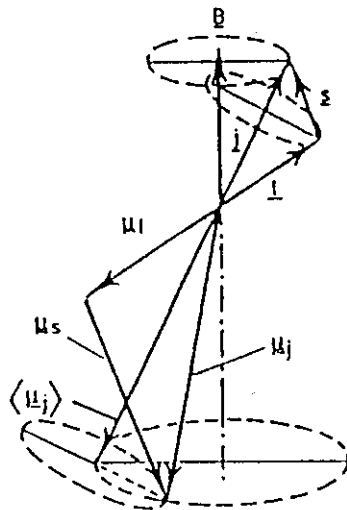
2.2.5.1. Medan Magnit

Suatu atom dengan satu elektron di luar kulit tertutup, atom tersebut diberikan medan magnetik homogen B yang lemah, maka momen magnetik gerak spin dan orbital adalah :

$$\mu_s = -g_s \cdot \mu_B \cdot S \quad (2.26)$$

dan $\mu_B = -g_l \cdot \mu_B \cdot l$ (2.27)

interaksi spin-orbit menyebabkan presisi s dan l disekitar l , resultan momen magnetik μ_l berpresisi di sekitar l dengan rata-rata waktu $\langle \mu_l \rangle$ yang berlawanan arah dengan l . Model vektor tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.10.



Gambar 2.10. Model vektor efek Zeeman

Nilai μ_l rata - rata waktu adalah :

$$\langle \mu_l \rangle = -\mu_B \frac{3l^2 - l^2 + s^2}{2l} l = -\mu_B \cdot g_l \cdot l \quad (2.28)$$

dengan

$$g_l = 1 + \frac{l(l+1) - l(l+1) + s(s+1)}{2l(l+1)}$$

Tenaga orientasi E_m dalam medan luar dinyatakan sebagai berikut :

$$E_m = -\langle \mu_y \rangle \cdot B = \mu_B \cdot g_l \cdot m_l \quad (2.29)$$

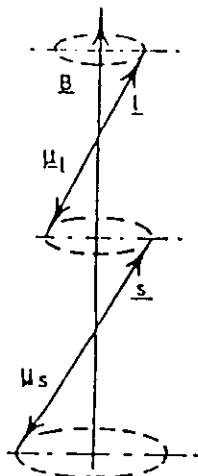
Dari persamaan (2.29) terlihat adanya kuantisasi ruang m_l . ($m_l = l, l-1, \dots, -l$). Pemecahan sub - aras ini disebut efek Zeeman. Jika medannya kuat maka kopling antara l dan s akan pecah dan berpresisi secara bebas di sekitar medan dengan pemisahan kuantisasi ruang seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.11. Efek ini disebut Paschen-Back. Untuk keadaan ini tenaga orientasinya adalah :

$$E_m = \mu_B \cdot B(m_l + g_s \cdot m_s) + \xi m_l \cdot m_s \quad (2.30)$$

dengan ξ adalah tetapan interaksi struktur-halus. Untuk sistem beberapa elektron, tenaga orientasi diberikan oleh :

$$E_m = g_l \mu_B m_l B \quad (2.31)$$

Untuk kasus sistem beberapa elektron hanya valid untuk kopling LS murni.



Gambar 2.11.
Model vektor Paschen Back

2.2.5.2. Medan Listrik

Di dalam medan listrik \mathcal{E} atom - atom menjadi terpolarisasi.

Momen dipol listrik d sebanding dengan medan yang menginduksi, yaitu :

$$d = \alpha \mathcal{E} \tag{2.32}$$

Tenaga orientasi dipol tereduksi dinyatakan oleh :

$$E_o = - d \cdot \mathcal{E}$$

Efek ini disebut efek Stark (ditunjukkan oleh gambar 2.12). Dari persamaan (2.32) tenaga orientasi berbanding lurus dengan kuadrat kuat medan listriknya.

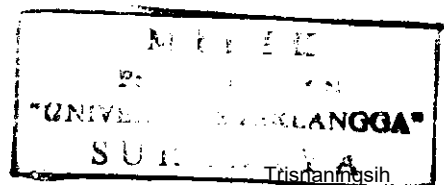
Untuk aras struktur - halus dengan bilangan kuantum J , tenaganya adalah :

$$E_s = \frac{1}{4} \left\{ \alpha_0 + \alpha_2 \frac{3mJ^2 - J(J+1)}{J(2J-1)} \right\} \mathcal{E}^2 \tag{2.33}$$

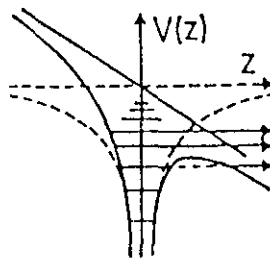
α_0 dan α_2 masing - masing adalah skalar dan tetapan tensor polarisabilitas.



Gambar 2.12. Efek-Stark untuk $J = 5/2$



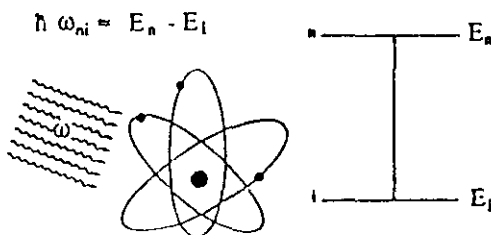
Atom - atom dengan bilangan kuantum n tinggi (atom - atom Rydberg) sangat peka terhadap medan listrik karena α_0 dan α_2 bernilai besar. Jika kuat medannya cukup tinggi, maka elektron dapat terionisasi (disebut ionisasi medan/Field Ionization). Fenomena ionisasi medan digambarkan oleh gambar 2.13 yang menunjukkan kemungkinan terobosan elektron melalui potensial barrier dan konversi dari keadaan terikat menjadi tidak terikat.



Gambar 2.13. Ionisasi Medan Atom

2.3. Radlasi Resonansi

Sistem atom/molekul dengan aras tenaga E_n diberikan gangguan yang bergantung - waktu H' , yaitu osilasi medan listrik cahaya monokromatis yang datang (gambar 2.14).



Gambar 2.14. Interaksi radiasi elektromagnetik dengan atom

Persamaan Schrodinger bergantung - waktu :

$$i\hbar \frac{\partial \psi(t)}{\partial t} = (H_0 + H') \psi(t) \quad (2.34)$$

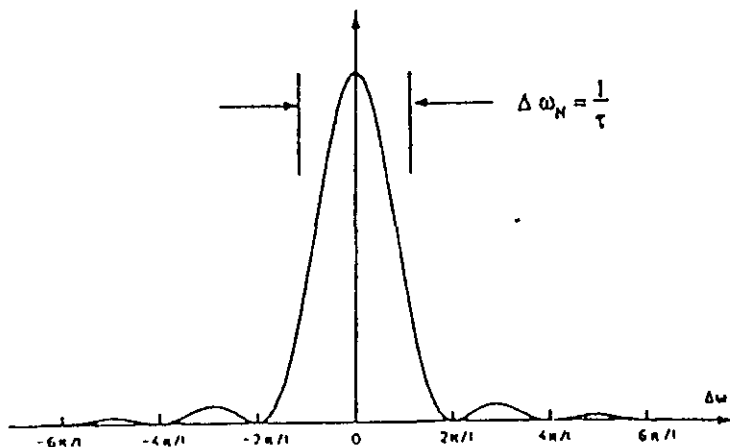
H_0 - fungsi tak bergantung - waktu H_0 (yang menggambarkan sistem tak ada gangguan) dan H' - nilai E_n diasumsikan diketahui, yaitu :

$$H_0 \psi_n^0 = E_n^0 \psi_n^0 \quad (2.35)$$

H' - fungsi tersebut dianggap ortonormal. Kebolehjadian transisi dari $i \rightarrow n$ yang bergantung - waktu adalah :

$$|C_n(t)|^2 \propto \left\{ \frac{\sin(\Delta \omega t/2)}{(\Delta \omega t/2)} \right\}^2 t^2 \quad (2.36)$$

Kebolehjadian transisi tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.15., yang merupakan fungsi untuk nilai t yang diberikan :



Gambar 2.15. Kebolehjadian transisi bagi serapan emisi terstimulasi

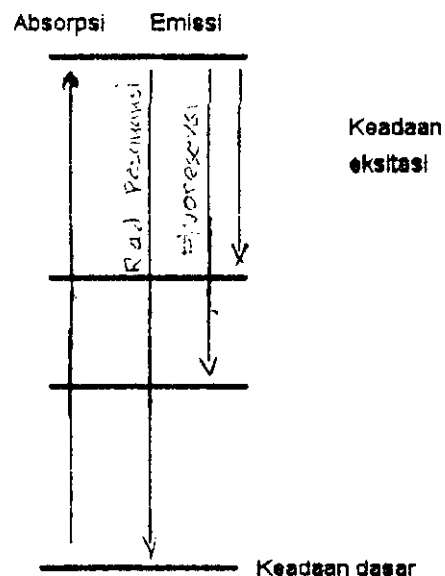
Fungsi tersebut mempunyai nilai maksimum untuk $\Delta\omega = 0$ yang berarti tenaga foton medan radiasi sama dengan beda tenaga antara keadaan awal dan akhir, yaitu :

$$\hbar\omega = \hbar\omega_{ni} = E_n - E_i \quad (2.37)$$

Keadaan ini disebut "resonansi". Bila suatu keadaan dimana gangguan menyebabkan sistem memancarkan foton disebut stimulasi.

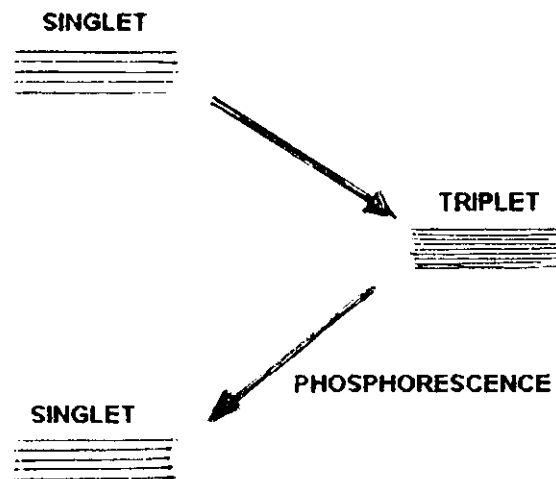
2.3.1. Spektra yang dihasilkan oleh Transisi Dipol

Spektrum yang dihasilkan oleh transisi antara keadaan tenaga yang berbeda menurut aturan seleksi tertentu. Aturan seleksi yang dibolehkan pada dasarnya mencerminkan kekekalan momentum sudut bagi sistem atom/molekul hasil dari serapan atau emisi ditunjukkan oleh gambar 2.16.



Gambar 2.16. Terminologi proses radiatif

Pada serapan, digunakan panjang gelombang kontinu dan terjadinya serapan pada panjang gelombang tertentu. Spektra emisi mungkin dihasilkan oleh lucutan dalam sumber cahaya dimana terjadi pengisian populasi pada aras eksitasi, misalnya karena adanya tumbukan elektron. Jika atom/molekul diradiasi oleh cahaya dengan panjang gelombang yang sama dengan beda tenaga antara transisi dari aras - aras dasar, maka akan terjadi serapan resonansi dan diikuti oleh radiasi resonansi pada peluruhan kembali ke aras asalnya. Jika peluruhan terjadi pada aras di atas keadaan dasar, maka cahaya yang dipancarkan disebut cahaya fluoresensi.



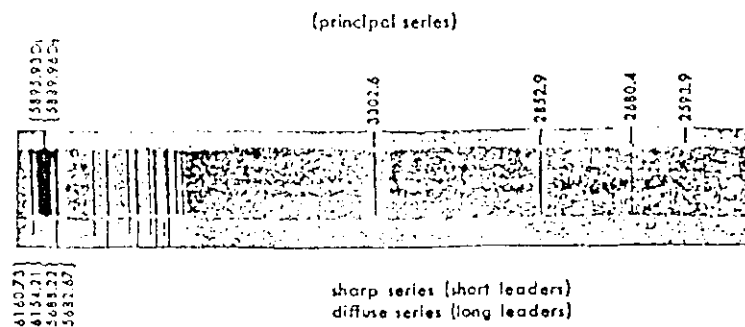
Gambar 2.17. Fenomena Fosforesensi.

Jenis khusus emisi, yaitu fosforesensi dapat diperoleh dari molekul tertentu yang dieksitasi dari keadaan dasar ke keadaan yang lebih tinggi dan molekul

tersebut bertransisi ke keadaan yang lebih rendah dari suatu multisiplitas, misalnya melalui tumbukan, molekul dapat terakumulasi pada aras tersebut karena transisi ke keadaan dasar terlarang. Terjadinya fosforesensi ini ditunjukkan oleh gambar 2.17.

2.4. Spektrum Atom Sodium

Atom sodium termasuk atom-atom alkali. Atom sodium pada keadaan normal mempunyai 10 elektron pada sub-kulit teras tertutup dan satu elektron terluar pada keadaan 3S. Pada sub-kulit teras tertutup momentum sudutnya sama dengan nol sehingga spektrumnya hanya melibatkan transisi elektron valensinya saja. Spektrum atom sodium ditunjukkan oleh gambar 2.18.



Gambar 2.18. Spektrum atom sodium

Spektrum pada deretan utama adalah transisi dari keadaan P ke keadaan S. Elektron valensi atom sodium mempunyai bilangan kuantum utama $n = 3$ dan keadaan tersebut ditulis 3S.

Untuk $L = 0$, nilai $J = 1/2$. Pada keadaan P, nilai $L = 1$ sehingga nilai momentum sudut total J sama dengan $1/2$ dan $3/2$ dan disebut keadaan doublet (karena ada dua nilai) dan dinyatakan dengan $^2P_{1/2}$ dan $^2P_{3/2}$. Untuk keadaan D, $L = 2$ sehingga J adalah $3/2$ dan $5/2$ yang dapat dinyatakan dengan $^2D_{3/2}$ dan $^2D_{5/2}$. Untuk keadaan F, $L = 3$ sehingga J adalah $5/2$ dan $7/2$ sehingga keadaan tersebut dinyatakan dengan $^2F_{5/2}$ dan $^2F_{7/2}$.

Beberapa garis spektral terdiri dari keadaan doublet yang disebut dengan struktur - halus (fine-structure). Struktur - halus tersebut disebabkan gerak presisi elektron terhadap inti dan inti dianggap diam. Bila inti dianggap bergerak presisi terhadap elektron, maka timbul struktur - hiperhalus (hiperfine-structure). Garis kuning atom sodium (garis D) terdiri dari dua garis yang berdekatan dengan panjang gelombang $5889,96 \text{ \AA}$ dan $5895,93 \text{ \AA}$ (Semat, 1962)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama sekitar 4 bulan dari bulan September 1996 sampai bulan Desember 1996 di laboratorium Atom dan Inti Fak.MIPA UGM dan laboratorium Optik Fakultas MIPA Unair.

3.2. Sistem Peralatan Yang Digunakan

Peralatan pokok yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laser Nd -YAG pulsa (tipe Quanta-Ray DCR-11).

Laser ini digunakan untuk memompa laser zat warna pulsa dengan panjang gelombang keluarannya 532 nm setelah lewat kristal SHG.

2. Laser Zat Warna Pulsa.

Bahan aktif laser ini adalah rhodamine 6G yang dilarutkan dalam metanol. Laser ini dapat ditala sesuai dengan jangkauan bahan aktif lasernya dan berkas keluarannya dikenakan pada sampel berkas atom sodium di dalam APBA (tempat sampel).

3. Alat Penghasil Berkas Atom (APBA)

Yang merupakan alat untuk menghasilkan berkas atom dengan cara

memanaskan sampel dalam filamen sampai terjadi uap (berkas atom).

Komponen APBA terdiri dari : kamar tungku, kamar reaksi/ interaksi, program vakum, catu daya dan sumber tegangan tinggi.

4. Wavelength - meter (buatan universiteit 1081 HV Amsterdam).

Alat ini digunakan untuk mengukur panjang gelombang keluaran laser zat warna pulsa yang ditala dan panjang gelombang sinyal LIF. Prinsip kerja alat ini dapat dilihat pada lampiran1.

5. Osiloskop (Kenwood 20 Mhz, tipe CS-1021).

Alat ini digunakan untuk mengetahui terjadinya sinyal fluoresensi.

6. Photomultiplier (PMT).

Alat ini digunakan untuk memperkuat cahaya yang terhambur dalam Vacuum-chamber pada penentuan jangkauan panjang gelombang laser zat warna dan memperkuat sinyal LIF.

7. Box-car (tipe EG&G, ORTEC tipe 4001 A)

Alat ini digunakan sebagai penguat sinyal dari PMT. Box-car digunakan bila berkas yang dipakai adalah jenis laser pulsa.

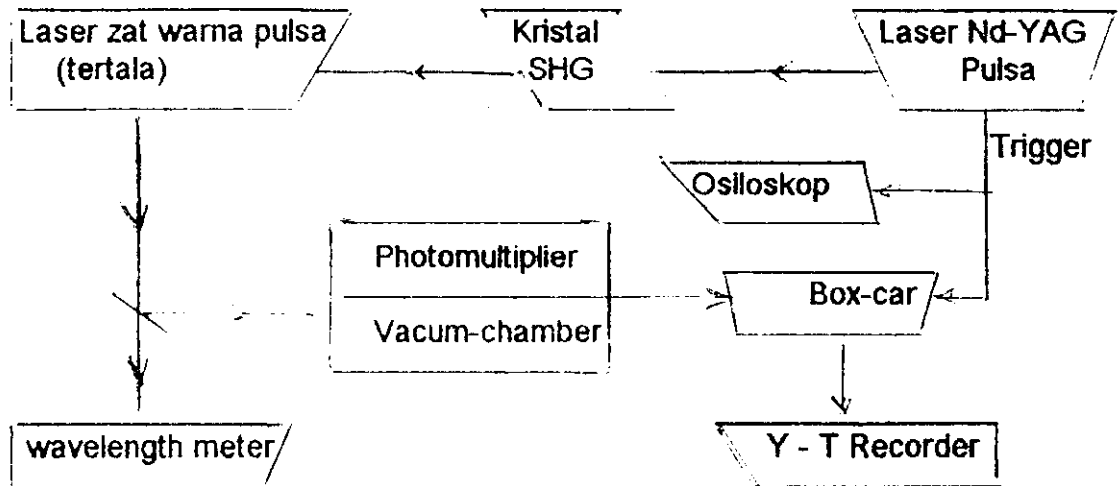
8. Y - T Recorder (buatan Leybold, tegangan maksimum 250 V).

Alat ini digunakan untuk merekam sinyal LIF setelah diperkuat oleh Box-car.

3.3. Prosedur Penelitian

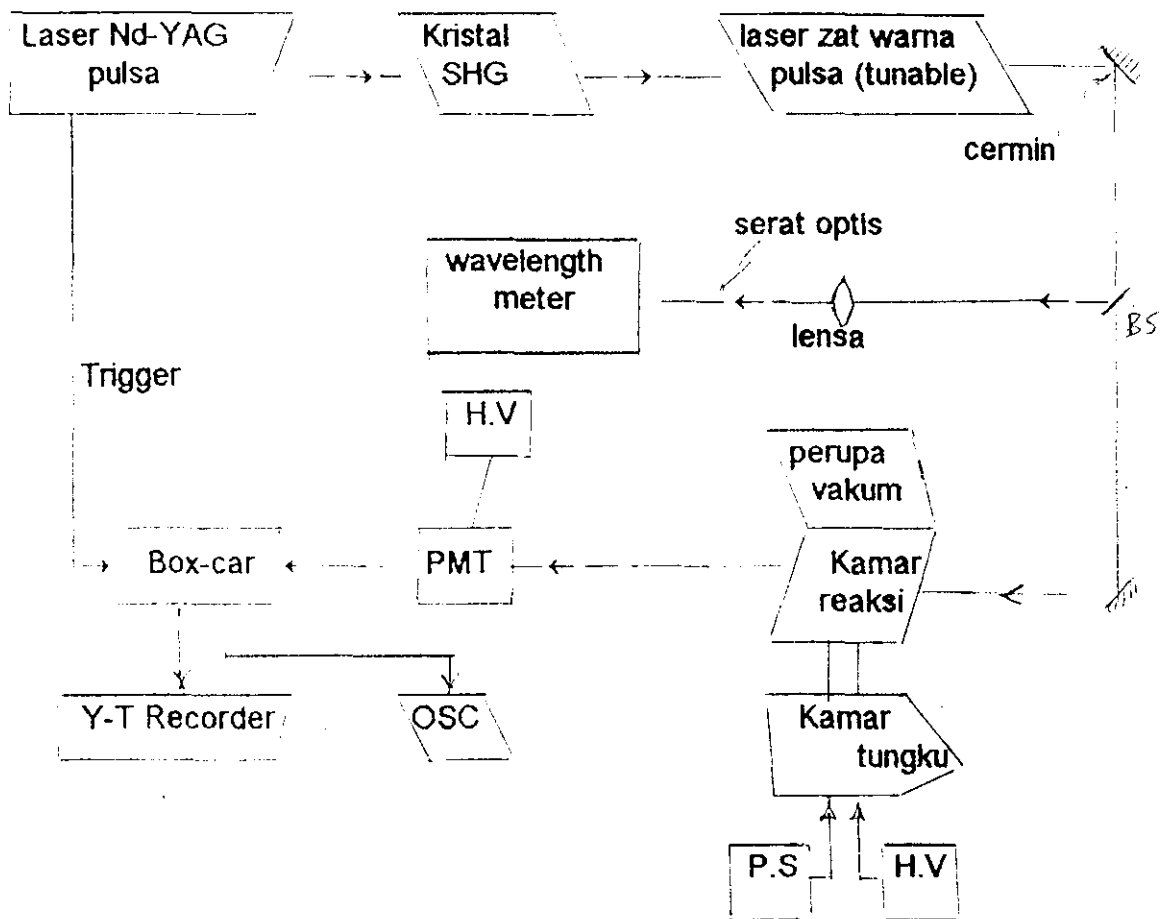
Di dalam penelitian ini akan dilakukan eksperimen untuk menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa (gambar 3.1) dan

eksperimen spektroskopi berkas atom (LIF) seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.2.



Gambar 3.1. Pasangan (set-up) eksperimen untuk menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa.

Pada gambar 3.1. ditunjukkan set-up eksperimen untuk menentukan jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa yang ditala. Keluaran ini dilewatkan vacuum-chamber sehingga berkasnya terhambur dan dideteksi oleh photomultiplier. Selanjutnya akan diperkuat oleh Box-car dan direkam dengan Y-T recorder. Nilai panjang gelombangnya dilihat pada wavelength meter. Penalaan dilakukan mulai dari panjang gelombang terkecil sampai pada panjang gelombang maksimumnya.



Gambar 3.2. Set-up eksperimen spektroskopi berkas atom
(fluoresensi terimbas laser)

Set-up eksperimen spektroskopi LIF ditunjukkan oleh gambar 3.2. Untuk mengoptimalkan keluaran laser zat warna (memperkecil stray-light) dilakukan pelurusan berkas laser zat warna melewati titik interaksi di dalam kamar reaksi. Berkas ini diluruskan arahnya melewati titik reaksi dengan menggunakan pipa pelurusan berjendela.

Untuk memperoleh berkas atom yang berkasnya tegak lurus dengan laser zat warna, letak sampel dalam oven diatur sedemikian rupa sehingga lubang wadah sampel segaris dengan kedua celah APBA. Pelurusan ini dapat dilakukan dengan laser He-Ne yang ditembakkan dari kamar reaksi menuju daerah tungku.

Setelah tahap pengukuran jangkauan panjang gelombang dan pengoptimalan berkas laser zat warna dilakukan, kemudian dilakukan penalaan terhadap laser zat warna sampai terjadi serapan resonansi oleh atom sodium dengan jalan mengatur waktu tunda (*delay-time*), lebar gerbang (*width-gate*), sensitivitas, dan perataan (*averaging*) pada Box-car. Setelah berkas laser zat warna dilewatkan Box-car, dihubungkan dengan Y-T recorder dan pembacaan panjang gelombangnya dibaca melalui *wavelength - meter*. Untuk mengatur penggerbangan box-car dapat dilihat pada layar osiloskop sehingga diperoleh sinyal yang optimal.

BAB IV

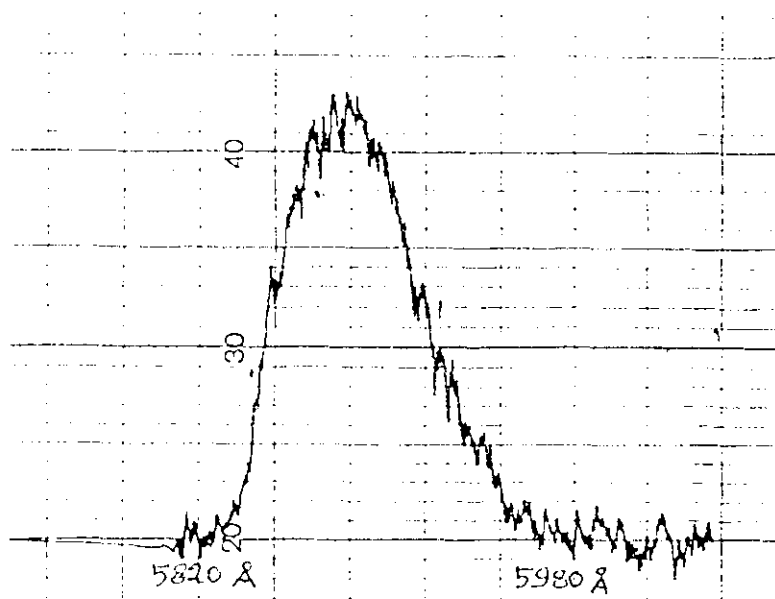
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah jangkauan panjang gelombang laser zat warna pulsa dengan bahan aktif laser rhodamine 6G dan panjang gelombang spektrum struktur - halus atom sodium saat terjadi serapan resonansi.

4.1.1. Jangkauan Panjang Gelombang Laser Zat Warna Pulsa

Dari penalaan yang telah dilakukan pada laser zat warna pulsa yang memakai bahan aktif laser rhodamine 6G, panjang gelombangnya berkisar dari $(5820 \pm 0,05) \text{ \AA}$ sampai dengan $(5980 \pm 0,05) \text{ \AA}$ dan panjang gelombang pada intensitas maksimum $(5900 \pm 0,05) \text{ \AA}$. Ketelitian pengukuran $0,05 \text{ \AA}$. Hasil eksperimen tersebut ditunjukkan pada gambar 4.1.

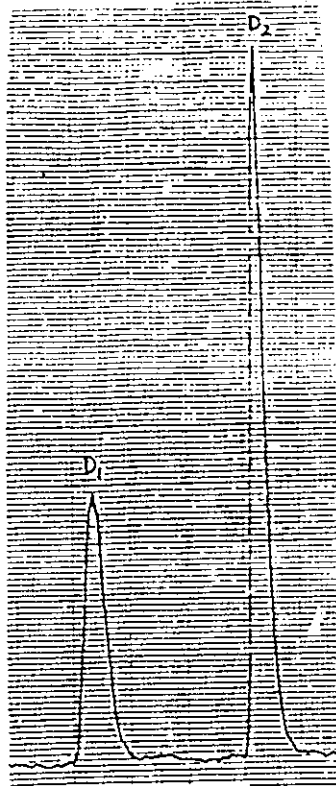


Gambar 4.1. Daerah panjang gelombang laser zat warna.

4.1.2. Panjang Gelombang Spektrum Atom Sodium

Dari hasil pengukuran, saat terjadi serapan resonansi diperoleh nilai panjang gelombang transisi fluoresensi atom sodium yaitu pada $(5896,11 \pm 0,05) \text{ \AA}$ dan $(5890 \pm 0,05) \text{ \AA}$. Panjang gelombang tersebut bersesuaian dengan puncak - puncak spektrum fluoresensi garis D_1 dan D_2 struktur - halus atom sodium pada aras $3p$.

Hasil eksperimen tersebut ditunjukkan oleh gambar 4.2.



Gambar 4.2. Spektrum D_1 dan D_2 atom sodium (Na)

Box-car = Waktu tunda : 150 ns

Lebar gerbang : 10 ns

Sensitivitas sinyal : 0,2 V

Perata - rataan sinyal (averaging) : 100 sampel

Tekanan udara oven : 10^{-4} mbar

Tekanan udara kamar reaksi : 10^{-4} mbar

4.2. Pembahasan

Struktur - halus yang diperoleh dari atom sodium mempunyai panjang gelombang puncak alihan (transisi) fluoresensi I terjadi pada $(5896,11 \pm 0,05) \text{ \AA}$ dan puncak alihan fluoresensi II terjadi pada $(5890,09 \pm 0,05) \text{ \AA}$.

Dua puncak panjang gelombang tersebut sangat berdekatan.

Bila digunakan sistem spektroskopi yang resolusinya rendah maka spektrum yang terekam hanya satu puncak. Dengan menggunakan spektroskopi LIF yang resolusinya tinggi, maka dua spektrum tersebut akan muncul. Ketelitian metode LIF (menurut Utomo, 1990), persimpangan satu skalanya sebesar 0,1 A. Dengan ketelitian tersebut spektroskopi dapat dipakai untuk menentukan struktur - halus atom sodium. Hal ini tidak mungkin dilakukan oleh spektroskopi LIF konvensional lain misalnya dengan sistem spektroskopi optik.

Dari hasil eksperimen tersebut menunjukkan bahwa spektroskopi LIF cukup handal untuk spektroskopi atom. Bila ketelitiannya diperkecil sampai pada orde puluhan Mhz, sistem LIF dapat digunakan untuk menentukan struktur - hiperhalus suatu atom.

Struktur-halus atom sodium dari teori (hal. 28) mempunyai panjang gelombang puncak alihan (transisi) terjadi pada $5895,93 \text{ \AA}$ (D_1), dan $5889,96 \text{ \AA}$ (D_2).

Sedangkan dari eksperimen diperoleh untuk :

$$\text{spektrum } D_1 = 5896,11 \text{ \AA} , \text{ dan } D_2 = 5890,09 \text{ \AA}$$

Jadi kita dapatkan selisih antara eksperimen dan teori :

$$D_1 = (5896,11 - 5895,93) \text{ \AA} = 0,18 \text{ \AA}$$

$$D_2 = (5890,09 - 5889,96) \text{ \AA} = 0,13 \text{ \AA}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Keluaran laser zat warna yang digunakan berkisar dari $(5820 \pm 0,05) \text{ \AA}$ sampai dengan $(5990 \pm 0,05) \text{ \AA}$.
2. Spektrum struktur - halus atom sodium yang terukur, pada panjang gelombang $(5896,11 \pm 0,05) \text{ \AA}$ dan $(5890,09 \pm 0,05) \text{ \AA}$.
3. Spektroskopi LIF cukup handal untuk menentukan struktur aras tenaga atom.

5.2. Saran

Untuk lebih meningkatkan pendayagunaan spektroskopi laser, penulis menyarankan agar lebar garis laser zat warna diperkecil sampai mencapai orde puluhan Mhz sehingga dapat digunakan untuk mengukur struktur - hiperhalus suatu atom.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous, 1986., *Instruction Manual*, Spectra Physics.

Karyono, 1994., *Penentuan Tetapan Struktur Halus 57La Dengan Metode Fluoresensi Terimbas Laser*, Jurnal Jurusan Fisika, FMIPA UGM, No.16/th V, Edisi Juni.

Svanberg S., 1990., *Atomic and Molecular Spectroscopy*, Springer - Verlag, New York.

Svelto O., 1991., *Principles of Lasers*, Plenum Press, New York.

Utomo Y.R., 1990, *Pengembangan dan Unjuk Kerja Suatu Laser Zat Warna*, Tesis S2 Fak. Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.

Yariv A., 1975, *Quantum Electronics*, John Wiley and Sons, New York.

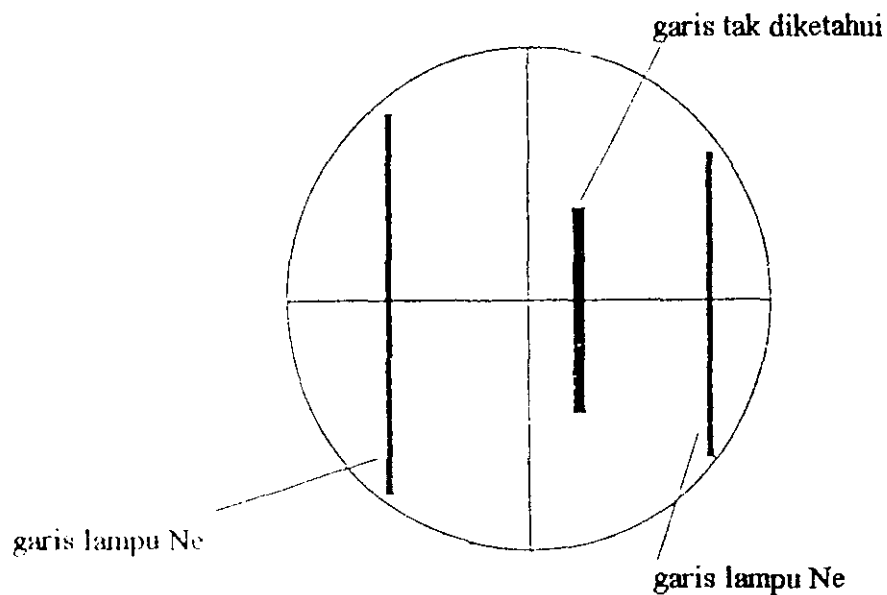
Zahara et.al., 1993., *Penentuan Konsentrasi Gas Etilen Dengan Metode Fotoakustik Kepekaan Tinggi*, Jurnal Matematika and Sains. Vol.1 suplemen, edisi September.

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.

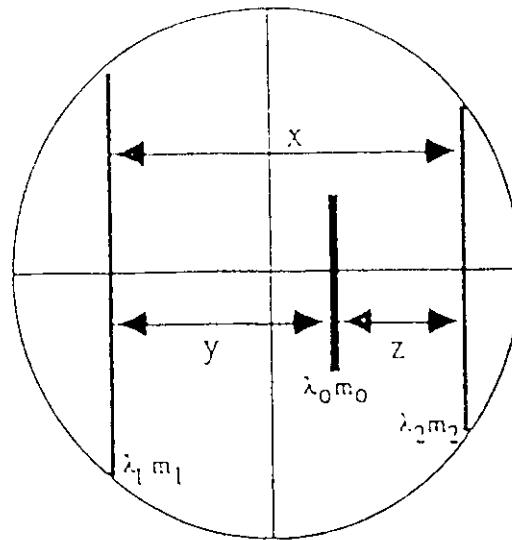
Pola yang tampak terlihat terlihat, ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar L-1.1. 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-1.1. sudah diperoleh, maka pem bacaan skala posisi panjang gelombang yang tak diketahui sudah dapat dilaku kan. Posisi panjang gelombang yang tak diketahui dinyatakan dalam parameter y dan z , sedangkan x menyatakan jarak antara dua garis spektral lampu neon (Ne). Lihat keterangan gambar berikut ini :



Gambar L-1.2. Parameter pengukuran wavelength meter.

Kemudian berikut ini, ditentukan orde dan panjang gelombang garis spektral lampu Ne yang mengapit garis λ yang tak diketahui. Untuk membantu penentuan harga ini, maka dapat digunakan posisi garis laser He-Ne, yang dalam eksperimen ini peneraannya diambil pada sudut $61,320^\circ$; $\lambda = 6328,17 \text{ \AA}$; orde $m = 35$. Dengan menggunakan patokan diatas, maka orde garis dan nilai panjang gelombangnya (m_1, λ_1) dan (m_2, λ_2) sudah dapat ditentukan. Cara yang lain untuk memperkirakan letak λ yang tak diketahui diantara dua garis lampu Ne, adalah dengan melihat warna spektral lampu Ne.

3. Jika m_1, λ_1 dan m_2, λ_2 telah diketahui, maka nilai orde dan panjang gelombang (m_0, λ_0) dari garis yang tak diketahui sudah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\lambda_0 m_0 = \lambda_1 m_1 + y/x (\lambda_2 m_2 - \lambda_1 m_1) \quad (\text{L.1.1})$$

dan

$$\lambda_0 m_0 = \lambda_2 m_2 - z/x (\lambda_2 m_2 - \lambda_1 m_1) \quad (\text{L.1.2})$$

4. Penentuan panjang gelombang λ_0 , terlebih dahulu dilakukan dengan cara memperkirakan secara kasar, yaitu dengan memberikan nilai m_0 pada nilai λ_0 yang sudah dihitung nilai λ_0 nya. Bila perkiraan nilai m_0 yang dimasukkan pada hitungan $\lambda_0 m_0$ menghasilkan λ_0 yang jauh dari perkiraan; maka hitungannya dicoba lagi untuk harga m_0 yang lain. Demikian seterusnya, sampai diperoleh harga m_0 yang beresesuaian.

LAMPIRAN 2.



Gambar L.2. Spektrum atom sodium dengan kondisi gate yang berbeda dengan gambar 4.2.

- Box-car : waktu tunda : 160 ns
lebar gerbang : 14 ns
sensitivitas sinyal : 0,2 volt
averaging : 100 sampel
Tekanan udara oven : 10^{-4} mbar
Tekanan udara kamar reaksi : 10^{-4} mbar