

## PENGUKURAN UMUR KEADAAN TEREKSITASI $3p^2P_{3/2}$ ATOM NATRIUM DENGAN METODE FLUORESENSI TERIMBAS LASER DAN TEKNIK PENUNDAAN GERBANG

Guntur Maruto

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Gadjah Mada

### Abstrak

Pengukuran umur (*lifetime*) keadaan tereksitasi  $3p^2P_{3/2}$  atom natrium (*Na*) dipaparkan pada makalah ini. Penelitian dilakukan dengan metode fluoresensi terimbas laser atau *Laser Induced Fluorescence (LIF)* dan teknik penundaan gerbang atau *time resolved*.

Berkas atom natrium terkolimasi diinteraksikan dengan berkas laser zatwarna pulsa secara saling tegak lurus. Radiasi fluoresensi dari titik interaksi dideteksi dengan *PMT (Photo Multiplier Tube)* dari arah yang tegak lurus dengan berkas atom dan berkas laser zatwarna. Luaran *PMT* berupa sinyal-sinyal tegangan listrik searah dimasukkan ke modul *boxcar* untuk diolah oleh unit *boxcar*. Luaran *boxcar* sebagai wakil intensitas radiasi fluoresensi direkam dengan alat perekam (*recorder* atau *plotter*). Rekaman luaran *boxcar* sebagai fungsi panjang gelombang berkas laser merupakan spektrum radiasi fluoresensi atom-atom natrium. Pada spektrum yang diperoleh terdapat 2 puncak fluoresensi resonansi, masing-masing pada panjang gelombang 589,06 nm dan 589,0 nm, yang berturut-turut bersesuaian dengan garis  $D_1$  (transisi dari keadaan tereksitasi  $3p^2P_{1/2}$ ) dan garis  $D_2$  (transisi dari keadaan tereksitasi  $3p^2P_{3/2}$ ).

Untuk melakukan pengukuran *lifetime* keadaan  $3p^2P_{3/2}$  panjang gelombang berkas laser ditetapkan pada garis  $D_2$ . Luaran *boxcar* direkam sebagai fungsi waktu tunda gerbang *boxcar*. (delay). Hasil rekaman ini adalah profil peluruhan (*pulse form*) radiasi fluoresensi dari keadaan  $3p^2P_{3/2}$ . Dari profil peluruhan ini, yang secara teori berupa fungsi eksponen dalam  $t$ . Dari profil peluruhan radiasi fluoresensi dihitung *lifetime* keadaan  $3p^2P_{3/2}$  dengan metode pencocokan kurva, diperoleh hasil numerik sebesar  $(16,2 \pm 0,1)$  ns. Jika dibandingkan dengan hasil-hasil komputasi maupun eksperimen dengan metode berbeda dari orang lain, hasil eksperimen ini masuk dalam kategori sangat baik.

**Kata kunci** : *Lifetime, Fluoresensi terimbas Laser, Resolved Time,  $3p^2P_{3/2}$  natrium.*

### I. PENDAHULUAN

Umur (*lifetime*) radiatif merupakan salah satu sifat intrinsik keadaan tereksitasi setiap sistem atomik. *Lifetime* keadaan tereksitasi berkaitan erat dengan fungsi gelombang keadaan yang bersangkutan maupun keadaan-keadaan aras bawah melalui kebolehjadian transisinya. Dengan demikian, pengukuran *lifetime* secara eksperimen dapat dipakai sebagai pembanding (untuk menguji) terhadap hasil perhitungan secara teori, terutama bagi keadaan-keadaan yang berinteraksi dengan keadaan yang lain (Aymar, 1981).

Dalam makalah ini disajikan hasil pengukuran *lifetime* keadaan tereksitasi  $3p^2P_{3/2}$  atom natrium (*Na*) yang hanya mengalami transisi deeksitasi ke keadaan dasar. Penelitian dilakukan di Lab. Spektroskopi Laser, Laboratorium Fisika Atom-Inti FMIPA-UGM, menggunakan metode fluoresensi terimbas laser (*Laser Induced Fluorescence, LIF*) dan teknik penundaan gerbang atau *time resolved*. Metode ini secara umum memang cocok untuk pengukuran pada keadaan-keadaan

tereksitasi aras tenaga rendah. Untuk aras-aras tenaga tinggi lebih baik digunakan metode ionisasi (Gallager, 1981).

## II. LATAR BELAKANG TEORI

Di bawah persyaratan-persyaratan kuantum tertentu (*selection rules*), atom dalam keadaan tereksitasi dapat mengalami transisi deeksitasi radiatif secara spontan. Jika pada saat  $t$  terdapat  $N_i(t)$  atom dalam keadaan tereksitasi  $\langle i \rangle$  dengan aras tenaga  $E_i$ , maka laju perubahan  $N_i(t)$  akibat adanya transisi radiatif spontan ke keadaan  $\langle f \rangle$  dengan aras tenaga  $E_f < E_i$  adalah

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = -A_{if}N_i(t), \quad (1)$$

di mana  $A_{if}$  adalah koefisien transisi spontan Einstein. Persamaan (1) memberikan intensitas emisi spontan fungsi waktu sebagai (Cowan, 1981).

$$I(t) = I(0)e^{-(t/\tau_i)}, \quad (2)$$

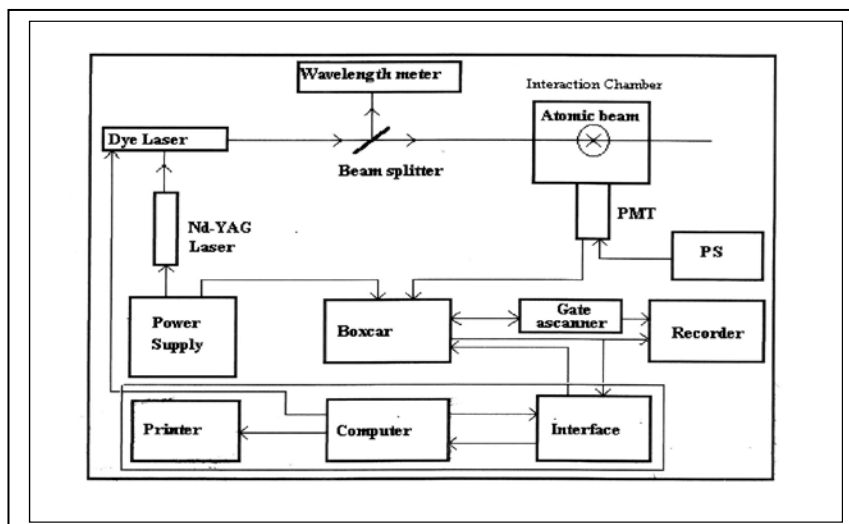
dimana  $I(0) = hc\sigma_{if}g_iA_{if}N_i(0)$ , dengan  $h =$  tetapan Planck,  $c =$  kelajuan cahaya dan  $g_i =$  tingkat degenerasi keadaan  $\langle i \rangle$ , dengan penjumlahan  $f$  meliputi semua keadaan yang mungkin.

Dengan menggunakan laser tertala (tunable), kita dapat mengeksitasi atom-atom secara selektif dan efektif sehingga diperoleh sistim atom-atom yang sebagian besar dalam keadaan tereksitasi  $\langle i \rangle$ . Selanjutnya, dari sistim atom-atom tersebut diamati profil peluruhan emisi spontannya (fluoresensi terimbas). Dari profil peluruhan radiasi fluoresensi tersebut dapat dihitung dapat dihitung *lifetime* keadaan  $\langle i \rangle$  dengan metode pencocokan kurva terhadap fungsi persamaan (2).

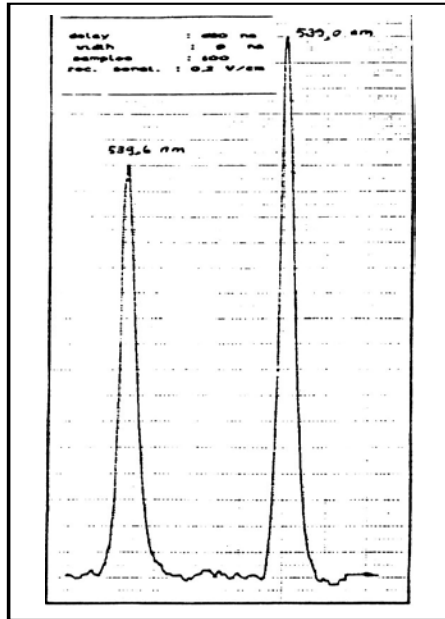
## III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN DAN HASILNYA

Peralatan untuk eksperimen terdiri atas 3 bagian pokok, yakni unit laser zatwarna pulsa tertala, alat penghasil berkas atom dan sistim deteksi (pengambil data). Diagram kotak susunan peralatan eksperimen ditunjukkan oleh Gb.1. Dalam eksperimen juga menggunakan peralatan tambahan, yakni *wavelength meter* yang berguna untuk memonitor dan mengukur panjang gelombang berkas laser. Berkas laser luaran unit laser zatwarna (*dye laser*) dipecah menjadi 2 bagian menggunakan pemecah berkas (*beam splitter*). Salah satu bagian berkas laser zatwarna digunakan untuk eksperimen dan bagian yang lain dimasukkan ke *wavelength meter*.

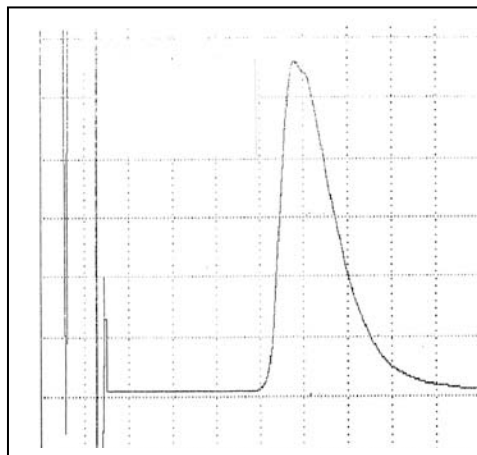
Tahap pertama eksperimen adalah mengamati (merekam) spektrum fluoresensi atom-atom sampel. Alat penghasil berkas atom dioperasikan, dan berkas atom yang dihasilkannya diinteraksikan dengan berkas laser zatwarna. Radiasi fluoresensi dari titik interaksi dideteksi dengan *PMT*, dan pulsa-pulsa luaran *PMT* dimasukkan ke unit/modul *boxcar*. Luanan *boxcar* direkam serempak dengan pemayaran panjang gelombang berkas laser, sehingga diperoleh spektrum radiasi fluoresensi atom-atom sampel seperti ditunjukkan oleh Gb.2.



Gambar 1. Diagram kotak (skema) susunan alat-alat eksperimen.



Gambar 2. Spektrum fluoresensi atom-atom natrium

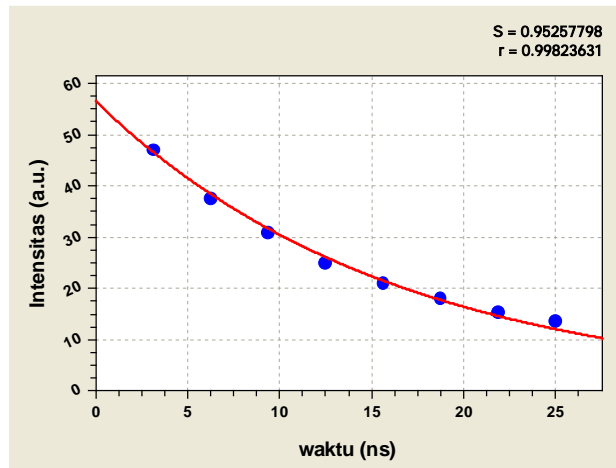


Gambar 3. Profil peluruhan radiasi fluoresensi pada 589,0 nm.

Tahap kedua eksperimen adalah mengamati profil peluruhan radiasi fluoresensi atau bentuk sinyal fluoresensi. Panjang gelombang laser ditetapkan pada puncak fluoresensi terimbas, yakni pada panjang gelombang 589,0 nm (garis  $D_2$ ). Kemudian gerbang *boxcar* dimayar dalam jangkauan yang mencakup seluruh pulsa/sinyal fluoresensi, disertai perekaman luaran *boxcar*. Pada tahap eksperimen ini diperoleh profil peluruhan radiasi fluoresensi terimbas seperti ditunjukkan oleh Gb.3.

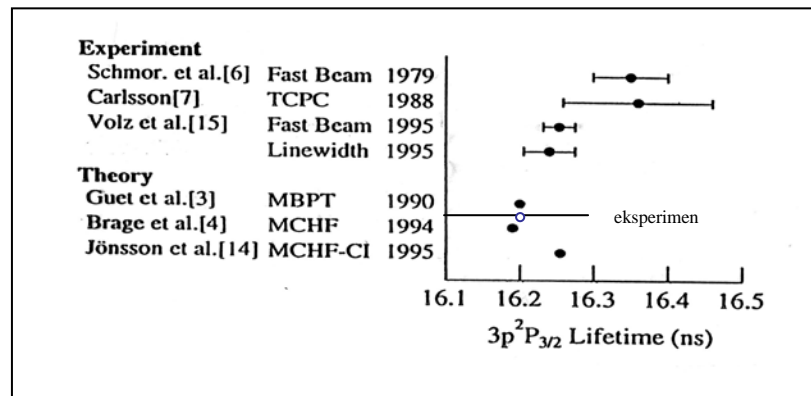
#### IV. PEMBAHASAN, KESIMPULAN DAN PENUTUP

Kedua puncak pada spektrum fluoresensi, masing-masing pada panjang gelombang laser terukur (589,0) nm dan (589,6) nm, berturut-turut bersesuaian dengan garis  $D_1$  dan  $D_2$ . Dari hasil eksperimen tahap kedua berupa profil peluruhan radiasi fluoresensi, dihitung *lifetime* keadaan tereksitasi  $3p^2P_{3/2}$ . Pencarian nilai *lifetime* keadaan tersebut dengan metode pencocokan kurva terhadap fungsi eksponensial persamaan (2). Dari data gambar terlebih dahulu dinyatakan dalam data numerik secara manual. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, data numerik hanya diambil pada bagian ekor spektrum peluruhan radiasi fluoresensi. Hasil pencocokan kurva ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Kurva pencocokan peluruhan radiasi fluoresensi.

Dari eksperimen ini diperoleh nilai numerik *lifetime* keadaan  $3p^2P_{3/2}$  ( $16,2 \pm 0,1$ ) ns. Hasil yang diperoleh ini ternyata sangat sesuai dengan nilai-nilai yang telah dipublikasi oleh orang lain, baik dengan kalkulasi teoritis maupun eksperimen dengan metode yang berbeda. Perbandingan hasil eksperimen ini dengan yang lain ditunjukkan oleh Gb.5 (Oates, 1996).



Gambar 5. Beberapa hasil numeric *lifetime* keadaan  $3p^2P_{3/2}$  atom natrium

Dari hasil eksperimen dan pembahasan tersebut di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Sistem spektroskopi *LIF* yang disusun mempunyai unjuk kerja yang cukup baik.
2. Spektrum dan profil peluruhan radiasi fluoresensi hasil eksperimen serta nilai numerik *lifetime* yang diperoleh sesuai dengan penjelasan teori, komputasi numerik maupun hasil eksperimen dengan metode yang berbeda yang telah dilaporkan orang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA/ACUAN

1. Aymar, M. et al, 1981, Lifetime of Rydberg Levels in Perturbed  $6snd^{1,3}D_2$  Series of Barium I, *J. Physics B: At. Mol. Phys.* (4489-4496), Great Britain.
2. Cowan, R.D., 1981, *THE THEORY OF ATOMIC STRUCTURE AND SPECTRA*, University of California Press, Ltd, USA
3. Gallager, T.F. et al, 1981, *PHYSICAL REVIEW A* Vol 23 (2969-2977), The American Physical Society, USA.
4. Oates, C.W. et al, 1996, High Precision Linewidth Measurement of Laser-Cooled Atoms: Resolution of the Na Lifetime Discrepancy, *Phys. Rev. Letter* Vol. 76, Num.16 (2866-1102) USA.