

Penyempitan Lebar Garis Spektral Keluaran Laser Zatwarna Pulsa Dengan Pasangan-Pasangan Prisma

*(Ennarrowing of The Spectral Linewidth of A Pulsed Dye Laser Output
Using Pairs of Prisms)*

Guntur Maruto, Kusminarto, Arief Hermanto dan Pekik Nurwantoro

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.

Intisari

Penelitian untuk penyempitan garis spektral luaran berkas laser zatwarna dipaparkan dalam paper ini. Untuk mengamati secara langsung garis spektralnya, berkas laser didispersikan oleh kisi pantul di dalam *wavelength-meter* dan dilihat dari mikroskop pada *wavelength-meter*. Lebar garis spektral dapat diketahui dengan pertolongan garis-garis skala di dalam *wavelength-meter*. Spektrum berkas laser yang terlihat dari mikroskop dipotret untuk dapat dan mudah diperlihatkan dalam bentuk foto. Upaya untuk mempersempit lebar garis spektral luaran berkas laser dilakukan dengan menempatkan pasangan prisma-prisma di dalam resonator optik unit laser. Dengan menempatkan 2 pasang prisma telah diperoleh penyempitan garis spektral dengan faktor sekitar 1/30. Hasil penyempitan garis spektral luaran berkas laser telah diuji dengan menggunakan berkas laser tersebut dalam Sistem Spektroskopi Laser-Berkas Atom untuk mengamati garis-garis D₁ dan D₂ pada atom natrium (Na). Dari uji spektroskopi ini efek penyempitan garis spektral berkas laser terlihat dengan jelas.

Kata kunci : penyempitan, lebar-garis laser, susunan prisma

Abstract

A research work for ennarrowing of the spectral line of a pulsed dye laser output is presented. To observe the spectral line of the laser beam directly, the laser beam (output of a self-constructed laser unit) was dispersed by a reflective grating inside a wavelength-meter, then viewed from a microscope at the wavelength-meter. The width of the spectral line of the laser beam was measured with the aid of scale-lines in the wavelength-meter. The spectrum of the laser beam was recorded by a camera from the microscope so could then be showed in the form of photographs. The effort to reduce the spectral line width of the output laser beam was done by carefully placing of prisms pair(s) in the optical resonator of the laser unit. Using an arrangement of 2 pairs (4 pieces) of prisms, a reduction with a factor of about 1/30 has been obtained. A further test of the line width reduction, the laser beam has been used in a Laser-Atomic Beam Spectroscopy System to observe the D-lines of the sodium atom. From this spectroscopy test, the effect of the spectral linewidth reduction of the laser beam is clearly appearing.

Keywords : ennarrowing, laser linewidth, prisms pairs.

1. Pendahuluan

Kriteria kualitas spektroskopi terutama terletak pada resolusinya. Spektroskopi yang baik haruslah mempunyai resolusi yang tinggi. Pada spektroskopi laser – berkas atom,

yang umumnya didasarkan pada proses serapan resonansi, resolusinya didominasi oleh lebar garis spektral laser yang digunakan.

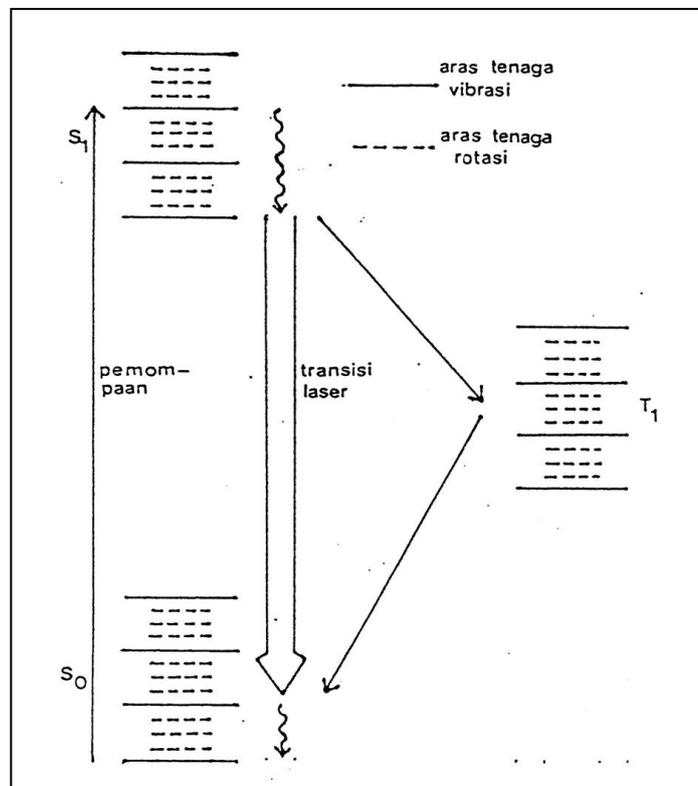
Laser zatwarna mempunyai keunggulan dalam spektroskopi karena secara umum mempunyai cakupan spektral (*spectral coverage*) yang cukup lebar (Schafer, 1973). Resonator laser zatwarna konfigurasi *littrow* dibentuk oleh satu cermin keluaran dan satu kisi pantul sebagai reflektor dan pemilih panjang gelombang keluaran (Shimoda, 1986). Pada umumnya, resonator tersebut menghasilkan keluaran dengan garis spektrum yang cukup lebar (monokromatisitasnya rendah). Hal tersebut kurang menguntungkan untuk keperluan spektroskopi, karena akan memberikan resolusi yang rendah/jelek.

Mempersempit lebar garis spektrum keluaran laser zatwarna merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan resolusi spektroskopi yang menggunakan laser tersebut. Dalam makalah ini disajikan upaya penyempitan lebar garis keluaran laser zatwarna pulsa dengan menggunakan susunan prisma yang telah dilakukan.

2. Dasar Teori

Keluaran laser zatwarna dihasilkan oleh transisi molekul-molekul zatwarna dari aras tenaga dasar vibrasi pada aras tenaga teralun (*excited*) elektronik ke aras-aras tenaga tereksitas vibrasi pada aras tenaga dasar elektronik, seperti ditunjukkan oleh Gb. 1 (Schafer, 1973). Spektrum keluaran laser zatwarna ditentukan oleh kisi pantulnya, baik posisi panjang gelombangnya maupun lebar garisnya. Lebar garis spektrum laser tersebut memenuhi kriteria Rayleigh sebagai (Young, 1986)

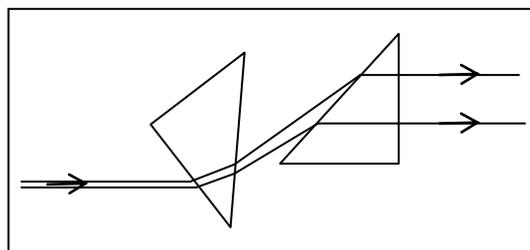
$$\Delta\lambda = \frac{1}{mN}\lambda$$



Gambar 1. Aras-aras tenaga dan transisi pada molekul kompleks zatwarna.

dengan m adalah orde pantulan dan N adalah cacah alur (*groove*) yang memantulkan. Dari persamaan di atas mudah dimengerti bahwa salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperkecil $\Delta\lambda$ adalah dengan memperbesar N , yang berarti memperlebar berkas sinar dalam resonator yang mengena kisi pantul.

Prisma mempunyai sifat membelokkan berkas sinar/cahaya dan sekaligus menguraikan atau merentangkan spektrum panjang gelombang (sifat dispersif). Sifat prisma inilah yang dimanfaatkan untuk memperlebar berkas cahaya (poli kromatis) di dalam resonator unit laser. Pelebaran berkas cahaya oleh 1 pasang prisma ditunjukkan oleh Gb.2. Dengan melebarnya berkas cahaya yang mengena kisi pantul berarti memperbesar nilai N pada kriteria Rayleigh dan akan menghasilkan penyempitan garis spektral berkas laser luaran.



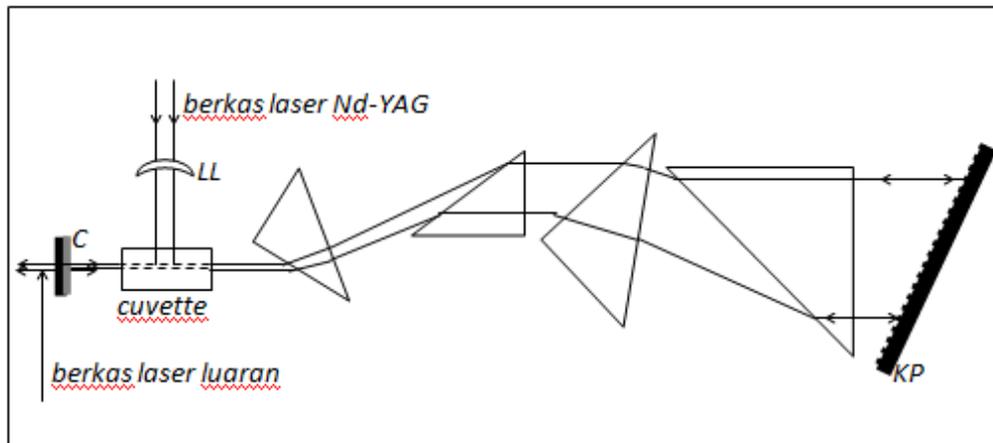
Gambar 2. Pelebaran berkas cahaya oleh sepasang prisma

3. Metode Eksperimen

Dengan dasar seperti yang diuraikan pada BAB II, diteliti pengaruh peletakan pasangan-pasangan prisma di dalam resonator optik terhadap lebar garis spektral berkas laser luaran secara bertahap. Pertama-tama diamati lebar garis spektral pada saat tidak diletakkan prisma di dalam resonator. Kemudian berturut-turut diamati garis spektral berkas laser luaran pada saat diletakkan 1 pasang dan 2 pasang prisma di dalam resonator. Gambar 3 menunjukkan unit laser dengan 2 pasang prisma, LL = lensa silindris, KP = kisi pantul dan C = cermin.

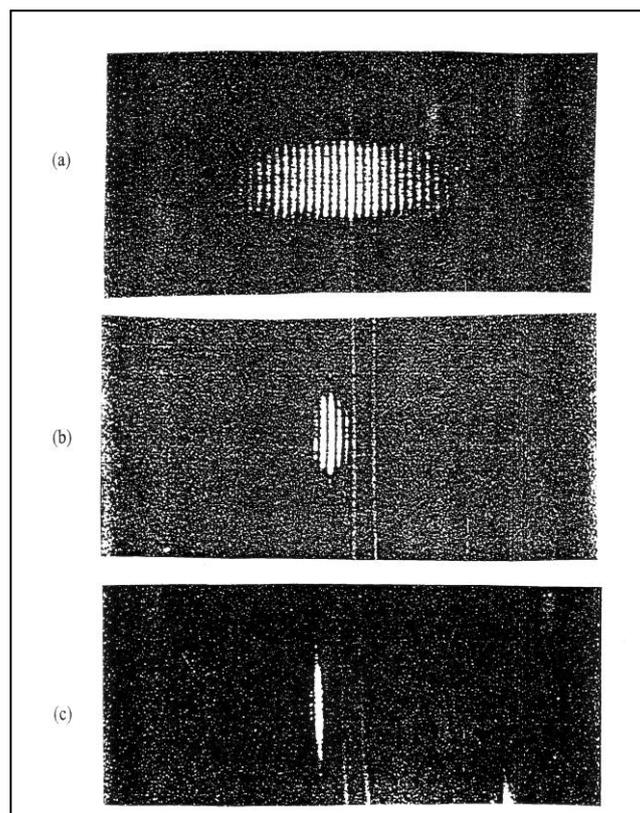
Berkas laser luaran unit laser dimasukkan ke *wavelength-meter* dengan serat optik. Berkas laser tersebut didispersikan oleh kisi pantul di dalam *wavelength-meter*, yang spektrumnya dapat dilihat melalui mikroskop. Spektrum berkas laser zatwarna yang tampak pada mikroskop kemudian dipotret sehingga dapat diperlihatkan dengan mudah.

Pengujian lebih lanjut terhadap hasil penyempitan lebar garis spektrum berkas laser, telah diaplikasikan dalam pengamatan spektrum fluoresensi atom-atom natrium (Na) yang mencakup garis-garis D_1 dan D_2 dengan metode spektroskopi *LIF* (*Laser Induced Fluorescence*).



Gambar 3. Susunan laser zatwarna dengan 2 pasang prisma.

4. Hasil Eksperimen Dan Pembahasan

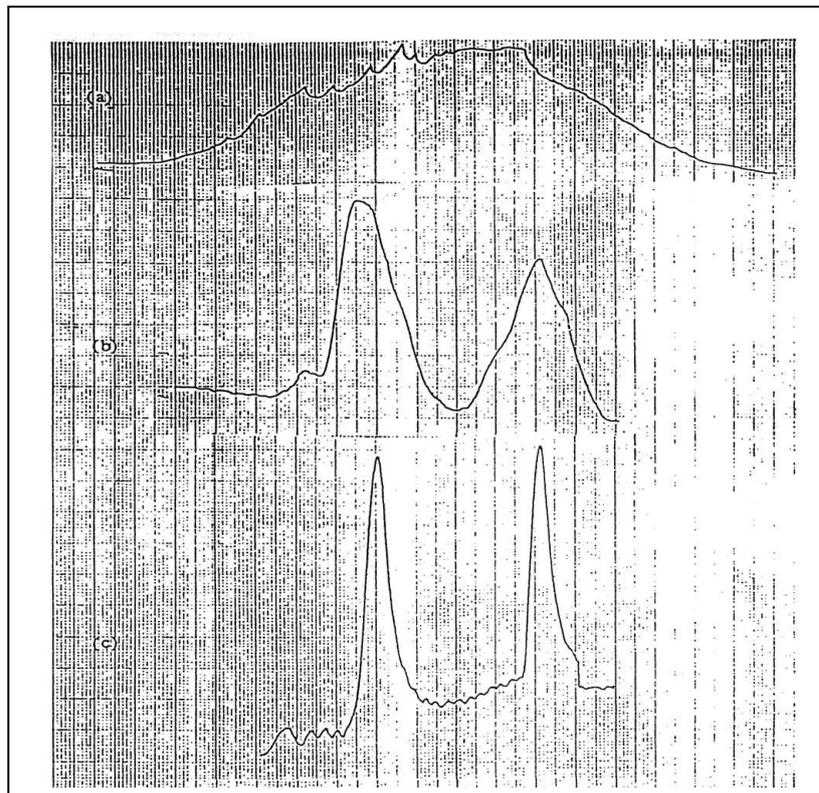


Gambar 4. Spektrum laser zatwarna (rhodamine 6G): (a) tanpa prisma (b) dengan 1 pasang prisma(c) dengan 2 pasang prisma.

Data-data eksperimen berupa foto-foto, seperti ditunjukkan oleh Gb.4. Garis-garis yang nampak pada spektrum tersebut merupakan pola interferensi oleh kisi pantul dalam pengukur panjang gelombang, dengan jarak antara dua garis yang berdekatan

disebut “*free spectral range*”(FSR). FSR terukur sebesar 0,028 nm. Dari Gb.4 dihitung dengan kasar, garis spektrum tanpa pemasangan prisma mencakup 34 FSR (sesuai lebar garis 0,952 nm) dan garis spektrum dengan memasang 4 prisma, yang hanya nampak 1 garis jelas, bisa dikatakan mencakup 1 FSR (sesuai lebar garis 0,028 nm). Dari sini dapat ditaksirkan bahwa lebar garis keluaran laser zatwarna dapat dipersempit dengan faktor sekitar 1/30.

Gambar 5 (a) adalah spektrum fluoresensi dengan laser tanpa pemasangan prisma, sedangkan gambar 5 (b) dan 5 (c) berturut-turut adalah spektrum fluoresensi menggunakan laser dengan pemasangan 1 pasang dan 2 pasang prisma. Hasil tersebut secara kualitatif memperlihatkan dengan jelas akan adanya perbaikan resolusi spektrometer akibat penyempitan lebar garis spektrum laser yang digunakan. Apabila jarak antara garis-garis D_1 dan D_2 atom Na sebesar 0,6 nm (umumnya literatur) dipakai sebagai standar (kalibrator), maka didapat bahwa lebar garis fluoresensi, yang didominasi oleh lebar garis spektrum laser, sebesar ~0,075 nm. Harga ini setara dengan 2 kali lebar garis berkas laser, yang memberikan lebar garis laser 0,037 nm, sedikit lebih besar daripada yang diamati melalui pengukur panjang gelombang. Hasil demikian diperkirakan sebagai akibat dari adanya perbedaan kepekaan antara kedua cara.



Gambar 5. Spektrum fluoresensi atom-atom Na dengan metode LIF. (a) menggunakan laser tanpa prisma. (b) menggunakan laser dengan 1 pasang prisma. (c) menggunakan laser dengan 2 pasang prisma.

5. Kesimpulan

Dari uraian dan hasil-hasil eksperimen yang disajikan pada BAB I s.d. BAB IV, dapat disimpulkan anatara lain

1. Pemasangan susunan prisma di dalam resonator laser zatwarna cukup efektif untuk mempersempit lebar garis spektrum berkas laser luaran. Semakin banyak peletakan pasangan prisma diperoleh kemonokromatian berkas laser luaran yang lebih tinggi
2. Dari spektrum fluoresensi yang diperoleh terlihat bahwa intensitas spektral berkas laser tidak terpengaruh oleh penyempitan garis spektral (monokromatisitas) berkas laser.

Selanjutnya, berdasar paparan penelitian di atas, disarankan untuk meningkatkan monokromatisitas berkas laser luaran sebagai berikut.

- a. Menambah pasangan prisma dan menggunakan kisi pantul yang lebih besar akan mempertinggi monokromatisitas berkas laser luaran unit laser.
- b. Peningkatan monokromatisitas berkas laser juga dapat dilakukan dengan menggunakan kisi pantul yang memiliki rapat alur (*groove*) yang lebih besar sebagai salah satu komponen resonator optik.

Daftar Pustaka

- Schafer, F.P., 1973, *Dye Laser*, New York: Springer – Verlag.
Shimoda, K., 1986, *Introduction to Laser Physics*, New York: Springer – Verlag.
Young, M., 1986, *Optics and Lasers*, New York: Springer – Verlag.