

## Kesan Pelarut Terhadap Pemalar Optik Larutan Organik Laser Dye

W. Mahmood Mat Yunus dan Zulkifly Man

*Jabatan Fizik*

*Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar*

*Universiti Malaysia*

*43400 UPM, Serdang, Selangor, Malaysia*

Diterima 24 Mac 1995

### ABSTRAK

Pemalar optik,  $n$  dan  $k$  larutan R6G dan Fluorescein dalam pelarut methanol dan ethanol (pada kepekatan  $5 \times 10^{-5}$  molar) sebagai fungsi kepada jarak gelombang dilaporkan. Pekali pupusan,  $k$  dan indeks biasan  $n$  masing-masing diukur pada sela jarak gelombang 200-700 nm dan 540-700 nm. Secara keseluruhannya, hasil kajian ini menunjukkan indeks biasan R6G dan Fluorescein dalam pelarut ethanol lebih besar daripada pelarut methanol.

### ABSTRACT

The optical constants  $n$  and  $k$  of R6G and Fluorescein in methanol and ethanol (at a particular concentration of  $5 \times 10^{-5}$  molar) as a function of wavelength are reported. The extinction coefficient  $k$  and the refractive index  $n$  were measured in the range of wavelength 200-700 nm and 540-700 nm respectively. The results showed that the refractive index  $n$  obtained for R6G and Fluorescein in ethanol was significantly higher than in methanol.

**Kata kunci:** larutan organik laser dye, indeks biasan, pekali pupusan

### PENGENALAN

Laser dye adalah salah satu laser yang berupaya menghasilkan sinar selanjur pada pelbagai jarak gelombang yang boleh dipilih dengan menggunakan sistem prisma atau parutan. Antara medium laser dye yang paling popular adalah larutan dye Rhodamine 6G (R6G) yang boleh menghasilkan alur laser dalam sela jarak gelombang 572-620 nm (Boquillon *et al.* 1987). Umumnya media laser dye dapat diuja untuk menghasilkan sinar laser dengan mengguna lampu kilat berkeamatan tinggi pada kepekatan medium sekitar  $10^{-4}$  molar dalam pelarut organik methanol atau ethanol (Bass *et al.* 1968; Sorokin *et al.* 1968; Ewanizky and Wright 1973; Evertt *et al.* 1986). Yee and Tan (1984) telah mengkaji kemampuan larutan dye R6G untuk menghasilkan sinar laser untuk kepekatan larutan dye berubah dari  $5 \times 10^{-5}$  -  $1 \times 10^{-3}$  molar. Merujuk kepada nilai kepekatan tersebut Mahmood (1989) telah mengukur nilai indeks biasan larutan R6G dalam pelarut methanol sebagai fungsi kepada kepekatan untuk sela kepekatan  $5 \times 10^{-6}$  -  $10^{-4}$  molar pada satu jarak gelombang HeNe laser

(632.8 nm) sahaja. Sifat optik larutan dye R6G dalam pelarut methanol pada sela jarak gelombang 400 - 600 nm telah pun dilaporkan oleh Leupacher and Penzkofer (1984) dan Lu and Penzkofer (1986) untuk kepekatan larutan  $> 10^{-2}$  molar. Oleh itu kertas ini bertujuan untuk melaporkan kesan pelarut ke atas pemalar optik (pekali pupusan,  $k$  dan indeks biasan,  $n$ ) larutan dye Rhodamine 6G dan Fluorescein dalam pelarut methanol dan ethanol pada nilai kepekatan optimal  $10^{-5}$  molar untuk satu sela jarak gelombang (lihat kaedah dan uji kaji).

Sifat optik medium laser dye dapat dijelaskan dengan pemalar dielektrik sebagai fungsi kepada jarak gelombang dan dapat ditulis dalam sebutan indeks biasan,  $n$  dan pekali pupusan  $k$  sebagai,

$$\langle \epsilon \rangle = n^2 - k^2 - 2ink \quad (1)$$

katakan  $\langle \epsilon \rangle = \epsilon_1 - i\epsilon_2$

bererti  $\epsilon_1 + n^2 - K^2$  dan  $\epsilon_2 = 2nk$  (2)

Pekali pupusan,  $k$  dapat ditentukan dari sifat transmisi optik dengan menggunakan kaitan berikut,

$$I = I_0 \text{ ex}[-\alpha d] \quad (3)$$

$I$  dan  $I_0$  adalah keamatan sinar cahaya selepas dan sebelum melalui medium berketebalan,  $d$ .  $\alpha$  ialah pekali penyerapan medium dan dapat dikaitkan dengan pekali pupusan,  $k$  sebagai,  $\alpha = (4\pi k)/\lambda$ .

### KAEDAH DAN UJI KAJI

Pekali pupusan,  $k$  ditentukan dari kaitan (3) di atas melalui pengukuran transmisi optik yang dilakukan dengan menggunakan alat fotospektrometer dua alur (Shimadzu uv-160A) untuk sela jarak gelombang dari 200 hingga 700 nm. Pengukuran indeks biasan dalam kajian ini dilakukan menggunakan kaedah pesongan minimum satu prisma berongga seperti yang dilaporkan oleh penyelidik sebelum ini (Grange *et al.* 1976; Jenkins 1982; Mahmood and Azizan 1988; Mahmood 1989). Indeks biasan,  $n$  ditentukan dengan kaitan Hukum Snell seperti berikut,

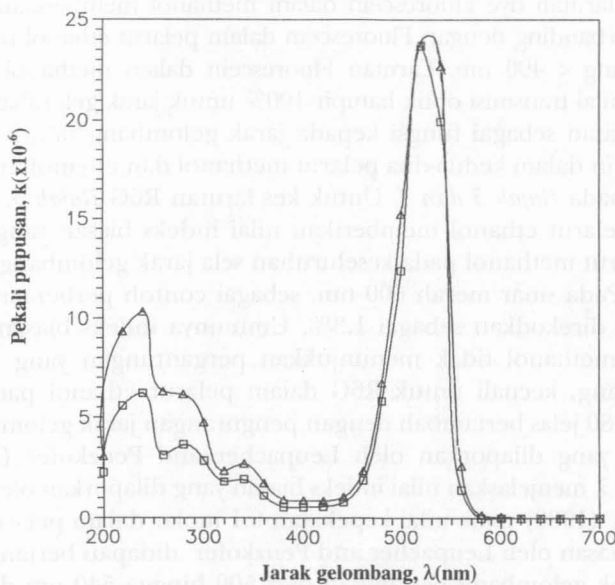
$$n = \frac{\sin[(A + D)/2]}{\sin(A/2)} \quad (4)$$

$D$  dan  $A$  adalah masing-masing mewakili nilai sudut pesongan minimum dan sudut puncak prisma berongga yang berkaitan. Kerana kaedah ini memerlukan

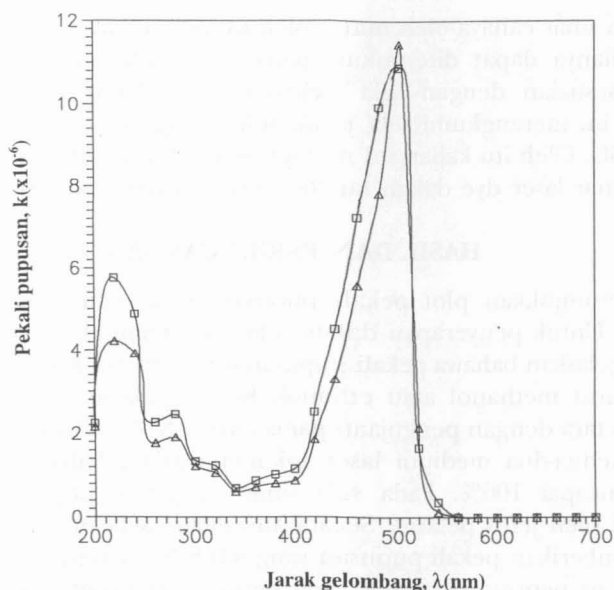
pengamatan sinar cahaya oleh mata, oleh itu pengukuran indeks biasan dalam kajian ini hanya dapat ditentukan pada sela jarak gelombang 540-700 nm sahaja, bersesuaian dengan sela keluaran sinar laser dye R6G. Sela jarak gelombang ini merangkumi sela jarak gelombang kebanyakan sinar keluaran laser dye R6G. Oleh itu kajian ini mampu untuk memberi maklumat mengenai rambatan sinar laser dye dalam larutan medium laser yang berkaitan.

### HASIL DAN PERBINCANGAN.

*Rajah 1* menunjukkan plot pekali pupusan,  $k$  sebagai fungsi kepada jarak gelombang. Untuk penyerapan dalam sela sinar nampak 400-600 nm hasil uji kaji ini menjelaskan bahawa pekali pupusan optik larutan R6G tidak bergantung kepada pelarut methanol atau ethanol. Kedua pelarut memberikan puncak yang sama setara dengan pengujian paras tenaga  $S_0 - S_1$ . Untuk jarak gelombang  $>600$  nm, kedua-dua medium laser ini menjelaskan bahawa transmisi optik hampir mencapai 100%. Pada sela sinar uv pekali pupusan larutan R6G dipengaruhi oleh jenis pelarut. Secara am, dalam sela ini R6G dalam pelarut ethanol memberikan pekali pupusan yang lebih besar dari R6G dalam pelarut methanol. Ciri penyerapan optik yang berlawanan dapat diperhatikan untuk larutan Fluorescein dalam pelarut methanol dan ethanol. Keadaan ini ditunjukkan pada *Rajah 1 dan 2*. Dapat diperhatikan bahawa untuk jarak gelombang  $>490$  nm, nilai  $k$  tidak dipengaruhi oleh bahan pelarut. Umumnya



*Rajah 1.* Pekali pupusan,  $k$  sebagai fungsi kepada jarak gelombang.  
 $\Delta$  Rhodamine 6G dalam ethanol  
 $\square$  Rhodamine 6G dalam methanol

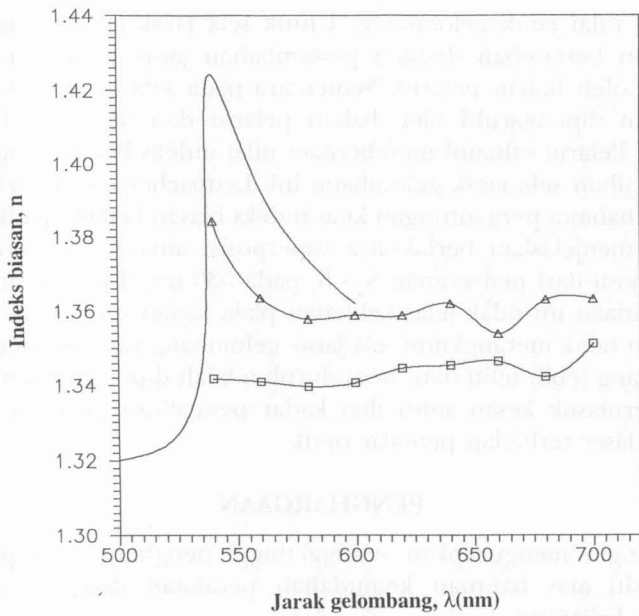


Rajah 2: Pekali pupusan,  $k$  sebagai fungsi kepada jarak gelombang,  $\lambda$   
 $\Delta$  Fluorescein dalam ethanol  
 $\square$  Fluorescein dalam methanol

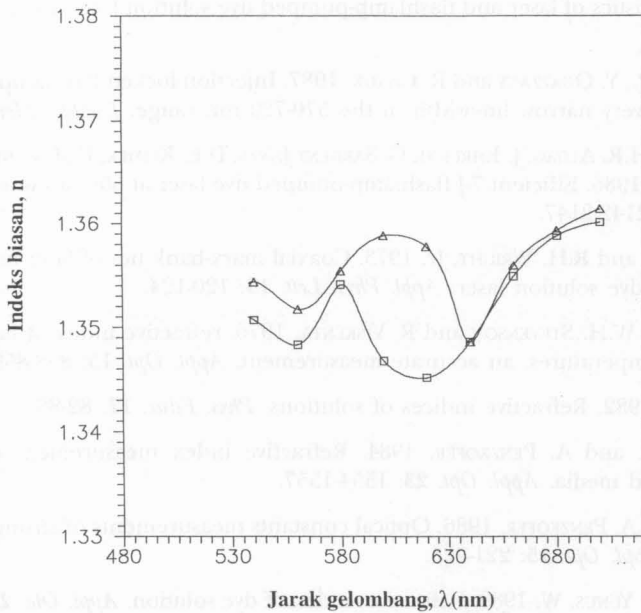
nilai  $k$  untuk larutan dye Fluorescein dalam methanol memberikan nilai  $k$  yang lebih besar berbanding dengan Fluorescein dalam pelarut ethanol untuk sela sela jarak gelombang  $< 490$  nm. Larutan Fluorescein dalam methanol dan ethanol memberikan nilai transmisi optik hampir 100% untuk jarak gelombang  $> 570$  nm.

Indeks biasan sebagai fungsi kepada jarak gelombang untuk larutan R6G dan Fluorescein dalam kedua-dua pelarut methanol dan ethanol masing-masing ditunjukkan pada *Rajah 3* dan *4*. Untuk kes larutan R6G *Rajah 3*, jelas bahawa R6G dalam pelarut ethanol memberikan nilai indeks biasan yang lebih besar daripada pelarut methanol pada keseluruhan sela jarak gelombang yang diukur 450-700 nm. Pada sinar merah 600 nm, sebagai contoh perbezaan kedua nilai indeks biasan direkodkan sebagai 1.3%. Umumnya indeks biasan R6G dalam ethanol dan methanol tidak menunjukkan pergantungan yang kuat kepada jarak gelombang, kecuali untuk R6G dalam pelarut ethanol pada sela jarak gelombang  $< 580$  jelas bertambah dengan pengurangan jarak gelombang, serupa dengan hasil yang dilaporkan oleh Leupacher and Penzkofer (1989). Garis selanjur *Rajah 3*, menjelaskan nilai indeks biasan yang dilaporkan oleh Leupacher and Penzkofer (1989) pada nilai kepekatan 0.1 molar dalam pelarut methanol. Nilai indeks biasan oleh Leupacher and Penzkofer didapati bertambah dengan cepat bila jarak gelombang bertambah dari 500 hingga 540 nm dan mengecil dengan cepat bila jarak gelombang bertambah dari 540 hingga 600 nm. Kadar pengecilan indeks biasan pada sela jarak gelombang ini adalah serupa dengan nilai indeks biasan R6G dalam pelarut ethanol yang kami ukur. *Rajah 4* menunjukkan indeks biasan Fluorescein dalam methanol dan ethanol bergantung

Kesan Pelarut Terhadap Pemalar Optik Larutan Organik Laser Dye



Rajah 3. Indeks biasan,  $n$  sebagai fungsi kepada jarak gelombang,  $\Delta$  Rhodamine 6G dalam ethanol  
 $\square$  Rhodamine 6G dalam methanol



Rajah 4. Indeks biasan,  $n$  sebagai fungsi kepada jarak gelombang,  $\Delta$  Fluorescein dalam ethanol  
 $\square$  Fluorescein dalam methanol

kuat kepada nilai jarak gelombang. Untuk sela jarak gelombang  $> 640$  nm, indeks biasan bertambah dengan pertambahan jarak gelombang dan tidak dipengaruhi oleh bahan pelarut. Sementara pada sela jarak gelombang  $< 640$  indeks biasan dipengaruhi oleh bahan pelarut dan berfungsi kepada jarak gelombang. Pelarut ethanol memberikan nilai indeks biasan yang lebih besar pada keseluruhan sela jarak gelombang ini. Leupacher dan Penzkofer (1984) menyatakan bahawa pergantungan kuat indeks biasan kepada jarak gelombang untuk R6G menjelaskan berlakunya superposisi antara dua bentuk serakan Lorentzian hasil dari penyerapan  $S_0 - S_1$  pada 530 nm dan getaran  $S_0 - S_1$  pada 495 nm. Keadaan ini tidak jelas kelihatan pada kajian ini kerana pengukuran indeks biasan tidak merangkumi sela jarak gelombang yang berkaitan. Oleh itu satu kajian yang lebih teliti dan menyeluruh adalah diperlukan untuk medium laser dye, termasuk kesan suhu dan kadar pengaliran medium laser dalam rongga tiub laser terhadap pemalar optik.

### PENGHARGAAN

Pengarang ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Jabatan dan Universiti atas bantuan kemudahan peralatan dan kewangan dalam menjalankan kajian ini.

### RUJUKAN

- BASS, M., T.F. DEUTSCH and M.J. WEBER. 1968. Frequency and time dependence gain characteristics of laser and flashlamp-pumped dye solution laser. *Appl. Phys. Lett.* **13**: 120-124.
- BOQUILLON, J.P., Y. OUZZANY and R. CHAUX. 1987. Injection-locked flashlamp-pumped dye lasers of very narrow linewidth in the 570-720 nm range. *J. Appl. Phys.* **62**: 23-30.
- EVERTT, P.N., H.R. ALDAG, J. EHRLICH, G. SARGENT JANES, D.E. KLIMEK, F.M. LANDERS and D.P. PACHECO. 1986. Efficient 7-J flashlamp-pumped dye laser at 500 nm wavelength *Appl. Opt.* **25**: 2142-2147.
- EWANIZKY, T.F. and R.H. WRIGHT, Jr. 1973. Coaxial marx-bank tics of laser and flashlamp-pumped dye solution laser. *Appl. Phys. Lett.* **13**: 120-124.
- GRANGE, B.W., W.H. STEVENSON and R. VISKENTA. 1976. refractive index of liquid solution at low temperatures: an accurate measurement. *Appl. Opt.* **15**: 858-859.
- JENKINS D.D. 1982. Refractive indices of solutions. *Phys. Educ.* **17**: 82-83.
- LEUPACHER, W. and A. PENZKOFER. 1984. Refractive index measurement of absorbing condensed media. *Appl. Opt.* **23**: 1554-1557.
- LU YUTIAN and A. PENZKOFER. 1986. Optical constants measurements of strongly absorbing media. *Appl. Opt.* **15**: 221-225.
- MAHMOOD MAT YUNUS, W. 1989. Refractive index of dye solution. *Appl. Opt.* **28**: 4268-4269.
- MAHMOOD MAT YUNUS, W. and AZIZAN ABDUL RAHMAN. 1988. Refractive index of solution at high concentration. *Appl. Opt.* **27**: 3341-3343.

Kesan Pelarut Terhadap Pemalar Optik Larutan Organik Laser Dye

SOROKIN, P.P., J.R. LANKAND, V.L. MORUZZI and E.C HAMMOND. 1968. Flashmap-pumped organic-dye lasers. *J. Chem. Phys.* **48**: 4726-4741.

YEE, E.H. and B.C. TAN. 1984. Some output characteristics of a coaxial flashlamp-pump dye laser. *J. Fiz. Mal.* **5**: 85-92.