

SISTEM PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DENGAN METODE EFEK KERR

Anwar Budianto, Sigit Hariyanto, Subarkah, Budi Santoso,

P3TM, Batan, Kotak Pos 1008, Yogyakarta 55010

Karyono

FMIPA-UGM, Yogyakarta

ABSTRAK

SISTEM PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DENGAN METODE EFEK KERR. Telah dibuat sel Kerr yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan tetapan Kerr, koefisien elektro-optik kuadratis, dan tegangan setengah gelombang sel Kerr. Dari hasil analisis data diperoleh tetapan Kerr K pada panjang gelombang $\lambda = 632,8$ nm masing-masing untuk nitrobenzen dan karbon tetraklorida adalah $(3,7 \pm 0,8) \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{V}^2$ dan $(7,4 \pm 0,3) \cdot 10^{-16} \text{ m}^2/\text{V}^2$. Koefisien elektro-optik kuadratis s_{44} masing-masing untuk nitrobenzen dan tetraklorida adalah $-(6,2 \pm 1,3) \cdot 10^{-19} \text{ m}^2/\text{V}^2$ dan $-(15,2 \pm 0,6) \cdot 10^{-23} \text{ m}^2/\text{V}^2$. Tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$ sel Kerr dengan panjang dan jarak elektroda secara berturut-turut 15 cm dan 0,5 cm pada panjang gelombang $\lambda = 632,8$ nm masing-masing untuk nitrobenzen dan karbon tetraklorida adalah $(5,9 \pm 0,9) \text{ kV}$ dan $(335 \pm 9) \text{ kV}$. Bertolak dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sel Kerr dengan isian nitrobenzen memadai untuk pengukuran orde tegangan puluhan kV, dan untuk pengukuran orde tegangan ratusan kV dapat digunakan karbon tetraklorida.

ABSTRACT

HIGH VOLTAGE MEASURING SISTEM USING KERR EFFECT. A Kerr cell has been made to determine Kerr constant, quadratic electro-optics coefficient, and half wave voltage of the cell. The experimental results of Kerr constant K at $\lambda = 632.8$ nm for nitrobenzene and carbon tetrachloride were $(3,7 \pm 0,8) \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{V}^2$ and $(7,4 \pm 0,3) \cdot 10^{-16} \text{ m}^2/\text{V}^2$, respectively. The quadratic electro-optics coefficient s_{44} of nitrobenzene and carbon tetrachloride were $-(6,2 \pm 1,3) \cdot 10^{-19} \text{ m}^2/\text{V}^2$ and $-(15,2 \pm 0,6) \cdot 10^{-23} \text{ m}^2/\text{V}^2$. The half wave voltage $V_{\lambda/2}$ of Kerr cell with 15 cm in length and 0.5 cm in the distance of the two electrodes were $(5,9 \pm 0,9) \text{ kV}$ and $(335 \pm 9) \text{ kV}$ respectively. Based on the results it could be concluded that Kerr cell filled with nitrobenzene could be applied as high voltage measurement in the tens of kilovolt, while carbon tetrachloride is required to measure voltage of more than hundreds of kilovolt.

PENDAHULUAN

Perkembangan dari optika linear ke optika non-linear banyak memberikan kontribusi dalam beberapa aplikasi teknologi. Efek elektro-optik kuadratis merupakan salah satu gejala optika non-linear yang dapat dimanfaatkan sebagai piranti pengukuran tegangan tinggi, modulator cahaya dan sistem penyimpanan memori [1]. Mengingat begitu pentingnya peranan efek Kerr tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang intensif tentang besaran fisis yang terkait khususnya aplikasi sebagai piranti ukur tegangan tinggi. Melalui penelitian ini telah dibuat sel Kerr yang dapat digunakan untuk menentukan tetapan Kerr, koefisien elektro-optik kuadratis dari nitrobenzene dan karbon tetraklorida (CCl_4), dan tegangan setengah gelombang dari sel Kerr yang berguna untuk pengukuran tegangan tinggi.

Penelitian dilakukan dengan cara melewatkan sinar laser He-Ne melalui polarisator dan analisator silang, dengan arah polarisator membentuk sudut 45° terhadap arah medan listrik. Sel Kerr yang diisi

dengan nitrobenzene diletakkan di antara polarisator dan analisator. Sebelum dipasang tegangan, analisator diputar sedemikian rupa hingga intensitas sinar transmisi yang masuk detektor sama dengan nol. Sebagai penampil warta keluaran digunakan osiloskop. Percobaan dilakukan dengan mengubah tegangan sehingga diperoleh variasi intensitas sinar transmisi pada berbagai tegangan.

TEORI

Pada medium isotrop, pada keadaan normal memiliki orientasi molekul bersifat acak. Oleh pengaruh medan listrik luar E, molekul-molekulnya akan mengatur diri sehingga berubah menjadi seperti kristal eka sumbu dengan sumbu optis sejajar arah medan listrik luar. Jika $n_{//}$ dan n_{\perp} masing-masing adalah indeks bias arah sejajar dan arah tegak lurus medan listrik luar, maka berlaku relasi menurut Kerr [2]:

$$n_{//} - n_{\perp} = \lambda K E^2 \quad (1)$$

dengan λ menyatakan panjang gelombang, E adalah kuat medan luar, dan K adalah tetapan Kerr.

YARIV dan YEH [2] menyatakan bahwa tetapan Kerr dan koefisien elektro-optik kuadratis s_{44} untuk medium isotrop memenuhi relasi

$$s_{44} = -\frac{K\lambda}{n^3} \quad (2)$$

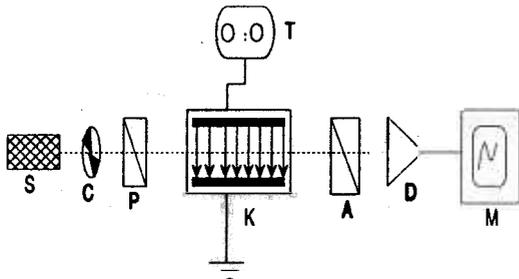
dengan l dan n masing-masing menyatakan panjang gelombang dan indeks bias medium.

Untuk mempelajari efek Kerr suatu medium diperlukan piranti yang disebut sel Kerr yang terdiri atas dua keping elektroda yang berisi medium Kerr diantaranya. Jika terdapat sinar terpolarisir datang pada sel, arah tegak lurus medan listrik E, maka pada saat keluar dari sel memiliki beda fase δ antara dua komponen sinar adalah :

$$\delta = 2\pi K E^2 L \quad (3)$$

dengan L menyatakan panjang elektroda dalam sel.

Gambar 1 menunjukkan bagan instrumentasi voltmeter elektrooptik untuk sistem tegangan tinggi, yang terdiri atas : sumber cahaya S, copper C, polarisator P, sel Kerr K, analisator A, detektor D, dan meter cahaya M, serta tegangan tinggi T.



Gambar 1. Bagan instrumentasi voltmeter tegangan tinggi.

Cahaya laser He-Ne dipolarisasi oleh polarisator P dilewatkan sel Kerr kemudian di tapis oleh analisator silang. Detektor sinar transmisi mengukur intensitas laser transmisi. Saat sebelum dipasang, intensitas sinar transmisi sama dengan nol. Dengan cara mengubah tegangan akan diperoleh intensitas sinar transmisi pada berbagai nilai tegangan dalam bentuk relasi kuadrat intensitas sinar transmisi dengan tegangan.

Jika sebelum masuk dan sesudah keluar sel berkas sinar dilewatkan polarisator dan analisator dengan arah polarisasi silang membentuk sudut 45° terhadap arah medan E maka intensitas cahaya yang diteruskan oleh analisator adalah [3] :

$$I = I_0 \sin^2 (\pi K E^2 L) \quad (4)$$

dengan I_0 menyatakan intensitas sinar yang keluar dari polarisator. Pada umumnya karena adanya serapan dan pantulan, maka nilai maksimum I tidak sama dengan I_0 , yakni I_m , sehingga

$$\frac{I}{I_m} = \sin^2 (\pi K E^2 L) \quad (5)$$

Nilai ini akan maksimum jika $K E^2 L = \frac{1}{2}$

$\frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots$. Jika nilai medan E yang memberikan I maksimum pertama ditulis sebagai E_m dengan $E_m = \left(\frac{1}{2KL}\right)^{1/2}$, maka persamaan (5) menjadi

$$\frac{I}{I_m} = \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{E}{E_m} \right)^2 \right) \quad (6)$$

Grafik persamaan (6) dapat dilihat pada Gambar 2 yang tampak bahwa jarak antara maksimum-maksimum grafik semakin rapat untuk (E/E_m) semakin tinggi. Nilai maksimum grafik dicapai untuk nilai $(E/E_m) = \sqrt{1}, \sqrt{3}, \sqrt{5}, \dots$, dan nilai minimum dicapai pada nilai $\frac{E}{E_m} = 0, \sqrt{2}, \sqrt{4}, \dots$.

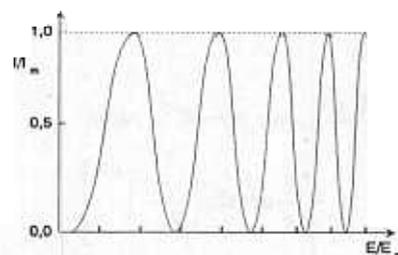
Jika medan listrik yang dipasang merupakan fungsi waktu $E = E_0 + E_1 \sin \omega t$, maka diperoleh :

$$\frac{I}{I_m} = \sin^2 (\delta_0 + \delta_1 \sin \omega t - \delta_2 \cos 2\omega t) \quad (7)$$

dengan $\delta_0 = 2\pi K L (E_0^2 + E_1^2)$, $\delta_1 = 4\pi K L E_0 E_1$, dan $\delta_2 = \pi K L E_1^2$.

Jika $E_0 = 0$, maka persamaan (6) menjadi persamaan (8) disajikan pada Gambar 2.

$$\frac{I}{I_m} = \sin^2 \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{E}{E_m} \sin \omega t \right)^2 \right] \quad (8)$$



Gambar 2. Grafik hubungan antara I/I_m terhadap E/E_m

Sebagai modulator, sel Kerr dapat

menghasilkan amplitudo sinyal yang keluarannya bervariasi terhadap besar tegangan terpasang. Didefinisikan tegangan setengah gelombang ($V_{\lambda/2}$) sebagai tegangan yang dikenakan pada sel Kerr dengan ketebalan d dan panjang L sedemikian hingga memberikan beda fase $\delta = \pi$.

$$V_{\lambda/2} = \frac{d}{\sqrt{2KL}} \quad (9)$$

Penentuan Tetapan Kerr

Diandaikan tidak ada efek tepi, maka medan listrik antara kedua elektroda adalah :

$$E = \frac{V}{d} \quad (10)$$

dengan d menyatakan jarak antara kedua elektrode pada sel Kerr. Efek tepi dapat diperkecil dengan cara melewati sinar tepat di tengah-tengah sel. Berdasarkan persamaan (8) maka persamaan (5) menjadi

$$\frac{I}{I_m} = \sin^2 \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{EKLV^2}{d^2} \right)^2 \right] \quad (11)$$

dan diperoleh persamaan sebagai berikut

jika pada daerah naik :

$$\frac{2KL}{d^2} V^2 \left[m + \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{I}{I_m} \right)^{1/2} \right] \quad (12)$$

jika pada daerah turun

$$\frac{2KL}{d^2} V^2 \left[(m+1) - \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{I}{I_m} \right)^{1/2} \right] \quad (13)$$

dengan m menyatakan jumlah puncak dan lembah yang dilalui grafik untuk mencapai nilai pengukuran I .

Untuk menentukan tetapan Kerr K digunakan hubungan linear $y = ax$, dengan substitusi pada daerah naik

$$a = \frac{2KL}{d^2}, \text{ dan } x = V^2, \text{ serta} \quad (14)$$

$$y = \left[m - \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{I}{I_m} \right)^{1/2} \right]$$

sedangkan untuk I pada daerah turun berlaku

$$y = (m+1) - \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{I}{I_m} \right)^{1/2} \quad (14a)$$

Dari metode regresi linier antara y dan x , maka nilai a dapat ditentukan sebagai fungsi tetapan Kerr K .

Pengukuran Tegangan Tinggi

Dari Gambar 2 tampak bahwa nilai $\frac{\Delta(I/I_m)}{\Delta(E/E_m)}$ naik untuk tegangan semakin tinggi, dengan penyebut merupakan perubahan medan listrik yang mengakibatkan perubahan intensitas sinar transmisi $\Delta(I/I_m)$. Karena $\Delta(I/I_m)$ dapat dilihat sebagai perubahan keluaran sistem yang diakibatkan oleh perubahan masukan sistem $\Delta(E/E_m)$, maka nilai $\frac{\Delta(I/I_m)}{\Delta(E/E_m)}$ bisa dipakai sebagai kepekaan sistem.

Dari persamaan (11) jika tegangan puncak sumber tegangan lebih besar dari pada tegangan $V_{\lambda/2}$, maka grafik I/I_m sebagai fungsi waktu akan melalui beberapa puncak dan lembah untuk mencapai nilai tegangan puncak.

Besar nisbah E/E_m dapat ditentukan dari gambar osiloskop. Karena pada puncak-puncak tegangan berlaku persamaan (6), maka jika nilai I/I_m menuju lembah, maka nilai E/E_m mengikuti persamaan

$$\frac{E}{E_m} = \left[(m+1) - \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{I}{I_m} \right)^{1/2} \right]^{1/2} \quad (15)$$

sedangkan jika I/I_m menuju puncak maka

$$\frac{E}{E_m} = \left[m - \frac{2}{\pi} \arcsin \left(\frac{I}{I_m} \right)^{1/2} \right]^{1/2}$$

dengan I menyatakan intensitas sinar transmisi sistem yang berkaitan dengan tegangan ukur V . Besar tegangan menuju puncak dapat dicari dari nisbah E/E_m dengan relasi berikut

$$V = \left(\frac{E}{E_m} \right) E_m d$$

$$V = \left(\frac{E}{E_m} \right) V_{\lambda/2} \quad (17)$$

Karena $V_{\lambda/2}$ tetap untuk suatu sel, bergantung pada medium dan ukuran sel maka pengukuran

hanya berhubungan dengan nilai nisbi intensitas sinar transmisi.

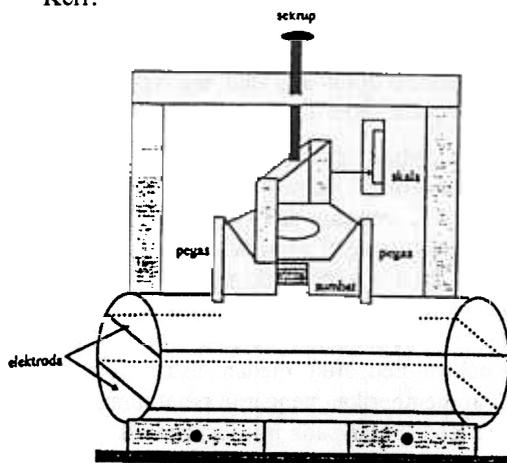
CARA PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan kimia yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah larutan nitrobenzen konsentrasi 99%. Bahan ini sangat beracun baik sentuhannya terhadap kulit maupun uapnya jika terhisap pernafasan, selain itu mudah terbakar, higroskopis, dan merupakan pelarut organik kuat. Selain itu, pada penelitian ini digunakan juga bahan CCl_4 sebagai medium Kerr untuk tegangan yang lebih tinggi.

Alat-alat Penelitian

a. **Sel Kerr.** Sel Kerr dibuat dari tabung gelas pired diameter 5 cm dan panjang 15 cm ditunjukkan pada gambar 3. Elektroda terbuat dari batang aluminium panjang 15 cm dengan salah satu sisi memanjang berbentuk silinder, sehingga memungkinkan menempel tepat dinding bagian dalam tabung sel Kerr. Jarak antara permukaan kedua elektroda dapat divariasikan dengan jangkauan (5-28) cm. Sebagai jendela untuk keluar dan masuk sinar digunakan kaca datar isotrop sehingga tidak mengganggu pengamatan efek Kerr.



Gambar 3. Sel Kerr sebagai alat utama penelitian

b. **Sumber laser He-Ne.** Laser yang digunakan adalah *Metrologic Neon Laser*, yakni laser Helium-Neon daya 2 mW dan memiliki panjang gelombang $\lambda = 632,8$ nm.

c. **Coper cahaya.** Coper digunakan untuk memotong cahaya yang masuk ke dalam sel Kerr sehingga sinyal cahaya yang ditangkap detektor dalam bentuk osilasi. Coper ini diharapkan untuk mengurangi derau sinyal yang masuk ke dalam detektor, karena hanya sinyal tercoper saja yang akan dideteksi oleh detektor. Sedangkan sinyal yang masuk tanpa chopper akan mudah dieliminasi.

d. **Polarisator dan analisator.** Polarisator dipakai untuk mempolarisir laser yang masuk sel Kerr, sedangkan analisator adalah alat untuk menganalisis laser yang terpolarisasi.

e. **Sumber tegangan tinggi.** Sumber tegangan tinggi DC digunakan buatan Hipotronics model 15C yang memiliki keluaran tegangan (0 - 25) kV dengan arus maksimum 10 mA. Perubahan tegangan tinggi diatur dengan menggunakan variak.

f. **Detektor cahaya dan meter daya.** Detektor yang digunakan untuk mengukur besar intensitas sinar transmisi laser He-Ne adalah Power Meter buatan Spectra Physics model 404 dengan batas ukur maksimum 5 W.

g. **Osiloskop.** Osiloskop dipakai sebagai penampil warta keluaran detektor dalam bentuk gambar sinyal. Osiloskop yang digunakan adalah Merek Trio 15 MHz model CS-1560 A II. Efek Kerr dapat diamati secara visual dengan cara menghubungkan detektor dan osiloskop.

Prosedur penelitian

Susunan peralatan diberikan pada gambar 1. Langkah-langkah penelitian adalah :

- Sel diletakkan di antara polarisator dan analisator silang.
- Pada saat tegangan belum dipasang, intensitas transmisi diatur sama dengan nol.
- Percobaan dilakukan dengan cara memvariasikan tegangan sehingga diperoleh intensitas sinar transmisi pada berbagai tegangan.

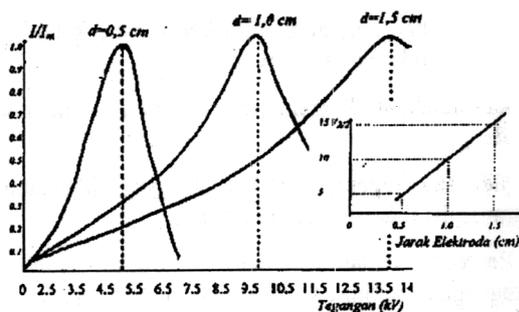
a. **Penentuan tetapan Kerr K, koefisien elektro-optik kuadratis s_{44} , dan tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$.** Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara tegangan tinggi V dengan intensitas sinar transmisi I/I_m laser HeNe. Untuk menentukan tetapan Kerr K digunakan hubungan linear $y = a x$ dengan substitusi y, a, dan x seperti pada persamaan (14). Tetapan a mengandung tetapan Kerr K. Dari persamaan (2) tentang hubungan antara tetapan Kerr K dan koefisien elektro-optik kuadratis, maka nilai s_{44} dapat ditentukan. Besar tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$ sel Kerr dapat dilihat secara langsung dari grafik hubungan antara tegangan tinggi V terhadap intensitas sinar transmisi I. Tegangan $V_{\lambda/2}$ terjadi pada saat transmisi maksimum orde pertama. Dengan menggunakan persamaan (9) yang memuat hubungan antara $V_{\lambda/2}$ sel Kerr, jarak antara dua elektroda d, dan panjang elektroda L, maka $V_{\lambda/2}$ sel Kerr dapat ditentukan.

b. **Pengukuran tegangan tinggi.** Untuk mengukur

tegangan tinggi digunakan hubungan rumus persamaan (17) dengan prinsip bahwa nilai tegangan yang diukur sebanding dengan nilai nisbi intensitas transmisi. Daya ukur maksimum ditentukan oleh besar tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$ sel Kerr.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Percobaan pertama dan kedua masing-masing menggunakan nitrobenzen dan karbon tetraklorida (CCl_4) sebagai medium Kerr dengan variasi jarak elektroda. Data masing-masing percobaan kemudian diolah dalam bentuk hubungan antara intensitas sinar transmisi relatif I/I_m terhadap tegangan elektroda V . Dengan menggunakan analisis regresi linear, diperoleh persamaan garis lurus untuk data masing-masing percobaan. Selanjutnya, berdasarkan konstanta-konstanta regresi tersebut dapat dideduksi nilai tetapan Kerr, koefisien elektro-optik kuadratis, dan sekaligus tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$ sel Kerr.

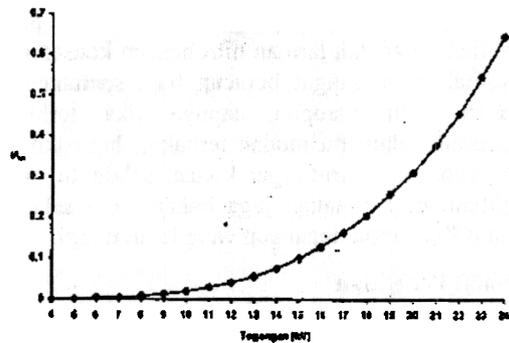


Gambar 4. Hubungan antara intensitas sinar transmisi relatif I/I_m terhadap tegangan elektroda V pada berbagai jarak elektroda d untuk medium Kerr nitrobenzene.

Gambar 4 menunjukkan data percobaan pertama menggunakan medium Kerr nitrobenzen pada variasi jarak elektroda masing-masing 0,5 cm, 1 cm, dan 1,5 cm. Semakin besar jarak elektroda akan semakin besar tegangan $V_{\lambda/2}$, yang dinyatakan secara linear dan sesuai dengan persamaan (9). Tegangan ini menyatakan batas ukur maksimum bilamana sistem ini digunakan untuk pengukuran tegangan tinggi. Untuk medium Kerr nitrobenzen adalah sangat cocok digunakan pengukuran dalam jangkauan puluhan kilovolt.

Pada gambar 5 ditunjukkan data percobaan kedua menggunakan medium Kerr karbon tetraklorida (CCl_4) pada jarak elektroda 0,5 cm. Variasi jarak elektroda tidak dapat dilakukan karena keterbatasan sumber tegangan tinggi yang tersedia

hanya 25 kV, hal ini mengingat nilai tetapan Kerr CCl_4 lebih kecil dari pada nilai nitrobenzen. Untuk medium Kerr CCl_4 adalah sangat cocok digunakan pengukuran dalam jangkauan ratusan kilovolt.



Gambar 5. Hubungan antara intensitas sinar transmisi relatif I/I_m terhadap tegangan elektroda V untuk medium Kerr karbon tetraklorida (CCl_4) pada jarak elektroda 0,5 cm

Dengan menggunakan persamaan (14), (2) dan (9) untuk masing-masing intensitas transmisi relatif pada daerah naik dan daerah turun, kemudian diubah menjadi bentuk regresi linear dengan pencocokan kuadrat terkecil, maka diperoleh persamaan garis lurus. Berdasarkan atas perhitungan regresi linear, diperoleh nilai tetapan Kerr K , koefisien elektro-optik s_{44} , dan tegangan $V_{\lambda/2}$ sel Kerr seperti pada Tabel 1.

Dari tabel 1 bahwa tetapan Kerr K nitrobenzene terletak dalam jangkauan yang sama, ini berarti nilai K konstan dan sesuai dengan telaah teori [2]. Munculnya ralat K disebabkan ralat pengukuran jarak elektroda d , panjang elektroda L , dan ralat regresi linear. Nilai K untuk nitrobenzene lebih besar dibandingkan dengan nilai CCl_4 , ini berarti bahwa pengaruh medan listrik luar yang sama akan memberikan pengaruh pemutaran bidang polarisasi lebih besar pada nitrobenzene dan indeks bias nitrobenzene lebih besar dari indeks bias CCl_4 .

Nilai koefisien elektro-optik kuadratis nitrobenzene masing terletak dalam jangkauan yang sama dan sesuai dengan telaah pustaka [2] yakni sebesar $-6,2 \times 10^{-19} \text{ m}^2/\text{V}^2$. Sedangkan nilai s_{44} untuk CCl_4 sesuai dengan telaah pustaka yakni $-15,2 \times 10^{-19} \text{ m}^2/\text{V}^2$.

Tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$ ditentukan oleh ukuran sel Kerr dan jenis medium Kerr. Sel Kerr sebagai piranti ukur tegangan tinggi memiliki batas ukur yang ditentukan oleh panjang elektroda L , jarak antara elektroda d , dan jenis medium Kerr. Ini berarti bahwa pemilihan tiga parameter tersebut sangat menentukan batas ukur tegangan tinggi.

Tabel Hasil perhitungan regresi linear $y = a_0 + a_1 x$ dengan $a_1 = (2KL/d^2)$ dan $x = V^2$ untuk menentukan s_{44} (pers(2)) dan $V_{\lambda/2}$ (pers(9))

Persamaan Regresi	Jarak d (cm)	Tetapan Kerr K (m/V^2)	Koeff. s_{44} (m^2/V^2)	Tegangan $V_{\lambda/2}$ (kV)
$y = 0,89 + 4,49.10^{-9} x$ nitrobenzene	0,5	$(3,7 \pm 0,8) \times 10^{-12}$	$-(6,3 \pm 1,2) \times 10^{-19}$	$(4,7 \pm 0,7)$
$y = 0,693 + 1,053.10^{-9} x$ nitrobenzene	1	$(3,6 \pm 0,4) \times 10^{-12}$	$-(5,9 \pm 0,3) \times 10^{-19}$	$(9,8 \pm 0,7)$
$y = 1,197 + 4,65.10^{-9} x$ nitrobenzene	1,5	$(3,5 \pm 0,3) \times 10^{-12}$	$-(5,9 \pm 0,2) \times 10^{-19}$	$(14,7 \pm 0,0)$
$y = 0,999 + 8,916.10^{-9} x$ karbon tetraklorida	0,5	$(7,4 \pm 0,3) \times 10^{-16}$	$-(15,2 \pm 0,6) \times 10^{-23}$	(335 ± 9)

KESIMPULAN

Melalui penelitian ini telah dibuat sel Kerr yang dapat digunakan untuk menentukan besaran-besaran *tetapan Kerr* K, koefisien elektro-optik kuadratis s_{44} , dan *tegangan setengah gelombang dari sel Kerr* $V_{\lambda/2}$ sebagai piranti pengukuran tegangan tinggi. Dari analisis data diperoleh tetapan Kerr K nitrobenzene dan karbon tetraklorida pada panjang gelombang laser $\lambda = 632,8$ nm masing-masing adalah $(3,7 \pm 0,8).10^{-12} m/V^2$ dan $(7,4 \pm 0,3).10^{-16} m/V^2$. Koefisien elektrooptik kuadratis s_{44} nitrobenzene dan karbon tetraklorida masing-masing adalah $-(6,3 \pm 1,3).10^{-19} m^2/V^2$ dan $-(15,2 \pm 0,6).10^{-23} m^2/V^2$. Tegangan setengah gelombang $V_{\lambda/2}$ sel Kerr dengan panjang dan jarak elektroda 15 cm dan 0,5 cm adalah $(5,9 \pm 0,9)$ kV dan (335 ± 9) kV. Sel Kerr dengan isian nitrobenzene memadai untuk pengukuran tegangan orde puluhan kV, sedangkan untuk pengukuran orde tegangan ratusan kV digunakan isian CCl_4 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Proyek Penelitian dan Pengembangan BATAN No. I. 6320 C.05 tahun 1997/1998. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Slamet Riyadi, Sumaji, dan Yusman Wiyatmo atas bantuan yang diberikan selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. GUENTHER R.D., *Modern Optic*, John Willey and Sons, New York (1990).
2. YARIV, A. and YEH, P., *Optical Wave in Crystals, Propagation and Control of Laser Radiation*, John Willey and Sons, New York

(1983).

3. ROSSI, B. *Optics*, Addison Wesley Publishing Co., USA (1957).

TANYA JAWAB

Trimardji Atmono

- * Apa yang membedakan Kerr dengan efek magnetostatik efek elektrostatik Kerr, apakah bilangan Kerr untuk kedua efek sama dan apa alasannya.
- * Jenis analisator apa yang digunakan Glan Thomson atau Wallaston, mana yang lebih baik dan apa alasannya.
- * Pada aplikasi efek Kerr untuk mengukur tegangan tinggi apa saja titik kelemahan sebagai sumber kesalahan/ ketidakpastian pada hasil akhir pengukuran tegangan tinggi.

Anwar Budianto

- * *Efek elektrostatik oleh pengaruh medan listrik luar (E) sedangkan efek magnetooptik oleh pengaruh medan magnet luar (H). Bilangan Kerr tentu saja memiliki dimensi/satuan yang berbeda, tetapi keduanya sama-sama efek non linier kuadratis terhadap indek bias.*
- * *Analisator jenis Glan Thomson, bukan Wallaston.*
- * *Ketidakpastian dari pengukuran berasal dari efek tepi medan listrik, jika jarak elektroda jauh lebih besar diameter berkas. Disamping itu jika meda listrik dalam sel tidak homogen, karena jarak elektroda keduanya.*

Tjipto Sujitno

- * Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kepekaan sistem
- * Pelebaran pada grafik gambar 3 disebabkan oleh apa.
- * Pak Anwar mengatakan bahwa metoda ini "tidak mengurangi beban" ini berarti tidak ada "loss energy" benarkah demikian.

Anwar Budianto

- * Tegangan $V_{\lambda/2}$ agar diperkecil sehingga nilai $\frac{\Delta E / E_m}{\Delta I / I_m}$ semakin besar, artinya dari $V_{\lambda/2} = \frac{d}{\sqrt{2KL}}$, maka diperkecil dan K diperbesar.

Pelebaran gambar 4 disebabkan oleh d yang berbeda sehingga $V_{\lambda/2}$ juga berbeda, jika d semakin besar maka grafik semakin lebar.

Maksud "tidak mengurangi beban " adalah hanya beban kapasitif yang diambil oleh sel Kerr, yang relatif kecil. Sedangkan pengukurannya bersifat non kontak dengan sistem yang diukur.