

Pendahuluan

TIU: Mahasiswa mampu menjelaskan optika sinar-x.

TIK: Mahasiswa harus dapat:

1. menjelaskan tentang sejarah optika sinar-x.
2. menghitung sudut kritis sinar-x.
3. menjelaskan hubungan antara transmisi terhadap energi untuk gelas kapiler.
4. menjelaskan lensa optik sinar-x generasi kesatu.
5. menjelaskan lensa optik sinar-x generasi kedua.
6. menjelaskan transmisi lensa optik sinar-x.
7. menjelaskan ukuran titik api lensa optik sinar-x.

KB. 1 Sejarah Optika Sinar-X

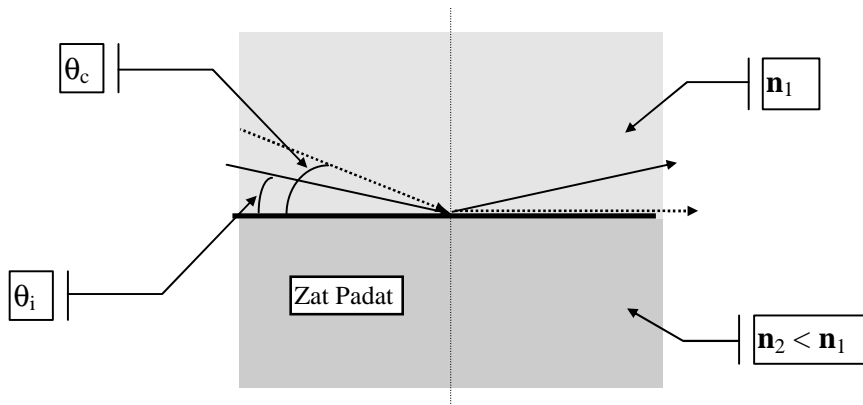
1. Transmittansi vs energi dari suatu gelas kapiler (polikapiler).
2. Divergensi sinar-x vs energi.

1. Landasan teori sinar-x.

Sejak penemuan sinar-x oleh Roentgen sekitar seratus tahun yang lalu, sinar-x telah banyak digunakan secara luas, terutama dalam memahami struktur materi dan dalam bidang kedokteran. Tetapi pemanfaatan berkas-berkas sinar-x yang sejajar belum pernah dilaksanakan sampai awal tahun 1990-an. Hal ini disebabkan oleh tidak tersedianya teknologi untuk menghasilkan berkas-berkas sinar-x yang sejajar, padahal berkas-berkas sinar-x seperti ini yang sangat dibutuhkan oleh semua pakar ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pada awal tahun 1990-an teknologi untuk menghasilkan berkas sinar-x sejajar yang berintensitas dan beresolusi tinggi mulai dikembangkan menyusul sebuah penemuan yang dilakukan oleh seorang muslim pakar fisika yang bernama M. Abubakir Kumakhov dari Institute for Roentgen Optic Systems (IROS), Moscow, Rusia.¹ Teknologi ini memanfaatkan pipa-pipa gelas kapiler yang berdiameter antara 10 μm sampai 15 μm sebagai bahan dasar. Pipa-pipa kapiler ini selanjutnya dikumpulkan menjadi satu kesatuan yang disebut Lensa Optik Sinar-X Generasi Pertama. Dalam perkembangan selanjutnya, pipa-pipa kapiler ini dijadikan pipa polikapiler yang kemudian dijadikan Lensa Optik Sinar-X Generasi Kedua. Teknik penyatuan pipa-pipa kapiler dan polikapiler dalam kedua jenis lensa ini adalah dengan cara menyisipkan setiap kapiler/polikapiler ke dalam lubang-lubang kecil pada 4 buah jala-jala logam tipis yang berfungsi sebagai pemegang kapiler/polikapiler dan sekaligus sebagai pembentuk lensa.

Teori yang mendasari teknologi ini adalah *prinsip pemantulan total eksternal (principle of total external reflection)* sinar-x yang menyentuh suatu permukaan halus. Hal ini terjadi karena indeks bias sinar-x untuk kebanyakan zat padat adalah kurang dari satu, sehingga apabila sinar-x jatuh pada suatu permukaan dengan sudut datang (θ_i) yang lebih kecil dari pada sudut kritisnya (θ_c), maka seluruh berkas sinar-x tersebut akan dipantulkan secara total. Prinsip pemantulan total eksternal ini ditunjukkan pada gambar 5.2.



Gambar 5.1. Prinsip pemantulan total eksternal.

Indeks bias (n) sinar-x untuk sebuah zat padat dapat dinyatakan oleh persamaan² :

$$n \approx 1 - \delta, \quad (1)$$

dimana $\delta = 0.5 (\omega_p/\omega)^2$, adalah ratio antara frekwensi plasma (ω_p) zat padat terhadap frekwensi sinar-x (ω). Sudut kritis pada saat berkas sinar-x mulai mengalami pemantulan total eksternal dinyatakan oleh persamaan³ :

$$\theta_c = (2\delta)^{1/2}. \quad (2)$$

Jari-jari kritis (R_c) untuk sebuah kapiler yang dilengkungkan dengan jari-jari kelengkungan R dihubungkan dengan sudut kritis (θ_c) oleh persamaan⁴:

$$R_c = \frac{2d}{\theta_c^2} \quad (3)$$

dimana d adalah diameter pipa kapiler. Ini adalah jari-jari kelengkungan terkecil pada saat seluruh luas penampang kapiler dapat mentransmisikan berkas sinar-x yang datang kepadanya.

Hasil penelitian yang telah dilaksanakan secara eksperimen tentang transmisi sinar-x melalui polikapiler dan Lensa Optik Sinar-X Generasi Kesatu dan Kedua telah dilaporkan oleh beberapa kelompok peneliti³⁻¹⁰.

Kardiawarman, dkk. pada tahun 1994 telah melaporkan hasil penelitian tentang karakteristik Lensa Optik Sinar-X Generasi Kedua dan membandingkan unjuk kerjanya terhadap unjuk kerja celah konvensional pada percobaan difraksi kristal ganda (double crystals diffraction eksperiment). Meskipun pada saat itu efisiensi transmisi total lensa tersebut untuk sinar-x yang berenergi 8,05 keV (Cu-K_α) masih sangat kecil (4 %), tetapi unjuk kerja lensa secara keseluruhan menunjukkan adanya bati intensitas (intensity gain) bila dibandingkan terhadap celah konvensional dengan resolusi yang sama. Bati intensitas untuk lensa ini berkisar antara 2,5 (untuk resolusi = 2,0⁰) sampai 7,5 (untuk resolusi 0,4⁰) bergantung pada resolusi yang digunakan. Makin tinggi resolusi (yang berarti makin kecil angkanya), makin tinggi bati intensitas. Adanya bati intensitas ini disebabkan oleh besarnya luas penampang berkas sinar-x sejajar yang keluar lensa.

Pada tahun 1995 Kardiawarman, bersama kelompok peneliti yang lain juga telah melaporkan hasil penelitian tentang aplikasi lensa optik sinar-x generasi kedua yang didesain ulang pada percobaan-percobaan untuk menganalisa struktur kristal logam tipis (crystall structure analysis of metal thin film), dan untuk menentukan tekanan sisa (residual stress) pada logam. Lensa ini memiliki efisiensi transmisi yang lebih baik (30 %) dari pada efisiensi transmisi lensa yang dilaporkan sebelumnya (4 %) untuk sinar-x yang berenergi 8,05 keV. Disamping itu, resolusi lensa ini dua kali lebih baik (0,22⁰) dari pada resolusi lensa yang dilaporkan sebelumnya (0,43⁰). Hasil penelitian tentang aplikasi lensa terhadap analisa struktur kristal lapisan logam tipis menunjukkan adanya bati intensitas yang sangat tinggi dengan resolusi yang sangat tinggi pula. Bati intensitas dengan resolusi 0,1⁰ adalah sebesar 15,4 kali. Artinya intensitas yang diperoleh dengan menggunakan lensa optik sinar-x ini adalah sebesar 15,4 kali lebih besar dari pada intensitas yang dapat dihasilkan oleh celah konvensional dengan resolusi yang sama besar yaitu sebesar 0,1⁰. Bati intensitas dari lensa tersebut ketika diaplikasikan pada percobaan untuk menentukan tekanan sisa (residual stress) berkisar antara 7 sampai 11 bergantung kepada orientasi sample pada saat pelaksanaan pengukuran. *Dengan demikian, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali eksperimen akan **diperpendek** sebanyak 15,4 kali untuk analisa struktur kristal dan 7 sampai 11 kali untuk pengukuran tekanan sisa.*

