

Analisis Luaran Radiasi Perangkat Sinar-X dengan Sumber Tabung Vakum Gammatron 2x2A

Samuel Gideon^{*}, Taat Guswantoro

Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Kristen Indonesia,
Jln. Mayjend Sutoyo, No.2, Cawang, Jakarta Timur, 13630

*e-mail: mysuperemail1988@gmail.com

Abstract

An x-ray experiments require sophisticated and advanced apparatus which is very expensive resulting some laboratories in universities have not been able to accommodate these stuffs. In fact, a simple and homemade X-ray apparatus may be designed easily and it is quite cheap even the rill x-ray apparatus that equipped by many vendors. Basically, x-ray is generated from x-ray tube following two mechanisms which are characteristics x-ray and Bremstrahlung x-ray. In this study, we designed a simple x-ray apparatus which may generate Bremstrahlung x-ray. The designed simple x-ray apparatus consists of 2x2A rectifier vacuum tube and 25 kV high voltage power supply. For radiation protection and dosimetry, we conducted the experiment in a lead-shielded bunker and used Unfors Raysafe X2 as well as Digilert 100 surveymeter. We measured background radiation dose of 0,49 $\mu\text{Gy/h}$. From the designed simple x-ray testing experiment, we measured radiation dose of 0,49 $\mu\text{Gy/h}$

Keywords : *2x2A rectifier vacuum tube, high voltage power supply, simple x-ray apparatus*

PENDAHULUAN

Praktikum sinar-X memerlukan peralatan praktikum yang canggih dan pada kenyataannya kebanyakan dari peralatan canggih tersebut harganya sangat mahal sehingga beberapa laboratorium universitas belum mampu untuk mengakomodasi praktikum yang memanfaatkan sinar-X. Namun, kesulitan tersebut menjadi dapat terpecahkan dari adanya sebuah kompetisi musim panas bertajuk karya ilmiah anak muda di Amerika Serikat. Dua orang anak muda bernama Matthew Feddersen and Blake Marggraff berhasil membuat perangkat sinar-X sederhana dan

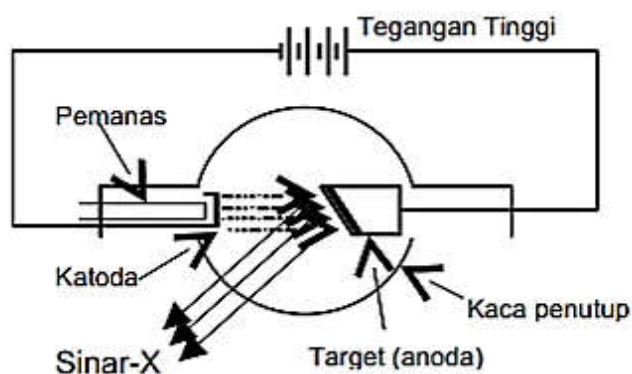
memenangkan kompetisi tersebut. Karya mereka tersebut telah memungkinkan bahwa perangkat sinar-X sederhana dapat dirancang dengan mudah (bersifat *homemade*) dan dengan harga yang relatif murah bila dibandingkan harus membeli di vendor-vendor penyedia perangkat praktikum sinar-X.

Setiawan et al. (2008) melakukan pengembangan praktikum sebagai penunjang mata kuliah Fisika Modern dengan rangkaian ratemeter digital yang sudah dilengkapi dengan timer sebagai pengontrol/pengatur waktu pengukuran

untuk pencacah Geiger Muller di laboratorium Fisika UKSW. Yuanita et al. (2015) melakukan pengembangan praktikum sebagai penunjang mata kuliah Fisika Modern di Prodi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya dengan memodifikasi alat sederhana yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum spektroskopi menjadi empat percobaan sederhana dengan menggunakan media praktikum spektroskopi yang terbuat dari karton berbahan keras dan keping DVD sebagai kisi difraksi. Departemen Fisika dari Massachusetts Institute of Technology menuliskan eksperimen sinar-X dalam bentuk jurnal untuk melakukan investigasi terhadap produksi dan penyerapan sinar-X (2014: 1). Pada eksperimen tersebut digunakan dua buah sumber yakni Amerisium dan Strontium sebagai sumber radiasi serta detektor germanium yang digunakan untuk mengukur spektrum sinar-X dari kedua sumber yang digunakan.

Pada umumnya, sinar-X dapat dihasilkan dari sinkrotron dan tabung sinar-X. Namun, banyak aplikasi sinar-X menggunakan tabung sinar-X sebagai sumber karena intensitasnya dapat diatur. Komponen-komponen utama pada sebuah tabung sinar-X adalah sebuah sumber listrik bertegangan rendah, dua buah elektroda (katoda dan anoda), sebuah

high voltage generator dan sebuah lubang (*window*). Kawat filamen (katoda) yang diberi catu daya dari sumber listrik bertegangan rendah akan (dalam orde volt) mengalami pemanasan sehingga mengeluarkan elektron secara termal. Elektron-elektron ini selanjutnya dipercepat oleh *high voltage* generator bertegangan tinggi (dalam orde kilovolt) yang diberikan antara anoda dan katoda. Elektron-elektron yang dipercepat ini (disebut juga elektron proyektil) membombardir anoda dan berinteraksi dengan atom-atom yang terdapat di permukaan material anoda. Pada saat menumbuk anoda elektron-elektron ini akan melepaskan energi kinetiknya. Sebagian kecil dari energi tersebut (sekitar 1%) berubah menjadi energi gelombang elektromagnetik yang disebut sinar-X, sedangkan sebagian besar (sekitar 99%) dari energi kinetiknya berubah menjadi panas yang menumpuk pada anoda.



Gambar 1. Konstruksi sederhana tabung sinar-X (Podgorsak, 2005)

Ada dua tipe kejadian yang terjadi di dalam proses pembangkitan sinar-X di dalam tabung sinar-X, yaitu sinar-X Bremstrahlung dan sinar-X karakteristik. Sinar-X Bremstrahlung merupakan sinar-X yang bersifat kontinu dan terbentuk ketika elektron dengan energi kinetik yang sangat besar berpindah dari katoda ke anoda kemudian berinteraksi dengan medan energi pada inti atom yang terdapat di dalam material anoda. Ketika elektron ini cukup dekat dengan inti atom dan inti atom mempunyai medan energi yang cukup besar untuk ditembus oleh elektron proyektil, maka medan energi pada inti atom ini akan memperlambat gerak dari elektron proyektil. Melambatnya gerak dari elektron proyektil ini akan mengakibatkan elektron proyektil kehilangan energi dan berubah arah. Energi yang hilang dari elektron proyektil inilah yang dikenal dengan sinar-X Bremsstrahlung (berasal dari Bahasa Jerman yang berarti ‘pengereman’).

Sinar-X karakteristik merupakan sinar-X yang bersifat diskrit dan terbentuk ketika elektron proyektil dengan energi

Analisis Luaran Radiasi Perangkat Sinar-X

kinetik yang tinggi berinteraksi dengan elektron dari tiap-tiap kulit atom yang terdapat di dalam material anoda. Elektron proyektil ini harus mempunyai energi kinetik yang cukup tinggi untuk melepaskan elektron pada kulit atom tertentu dari orbitnya (disebut juga peristiwa eksitasi). Saat elektron dari kulit atom ini terlepas dari orbitnya maka akan terjadi transisi dari orbit luar ke orbit yang lebih dalam. Energi yang dilepaskan saat terjadi transisi inilah yang dikenal dengan sinar-X karakteristik.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, akan diuji apakah ada atau tidaknya pancaran radiasi dari perangkat sinar-X dengan menggunakan detektor radiasi. Komponen utama dari perangkat sinar-X yang telah dirancang adalah *high voltage power supply* dan tabung sinar-X. *High voltage power supply* yang digunakan memiliki spesifikasi 25 kV 20 mA DC dan diperlihatkan pada Gambar 2. Tabung sinar-X yang digunakan adalah tabung vakum penyearah merk Gammatron tipe 2x2A dan diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. High voltage power supply



Gambar 3. Tabung vakum Gammatron 2x2A

Pengujian dilakukan di bunker Laboratorium Fisika Medis Universitas Indonesia. Bunker tersebut dilengkapi dengan tembok-tembok yang dilapisi dengan timbal. Selain itu, bunker juga dilengkapi dengan pintu geser yang juga

dilapisi dengan timbal. Eksperimen diawali dengan merangkaikan *high voltage power supply* dengan tabung vakum Gammatron 2x2A seperti pada Gambar 4.



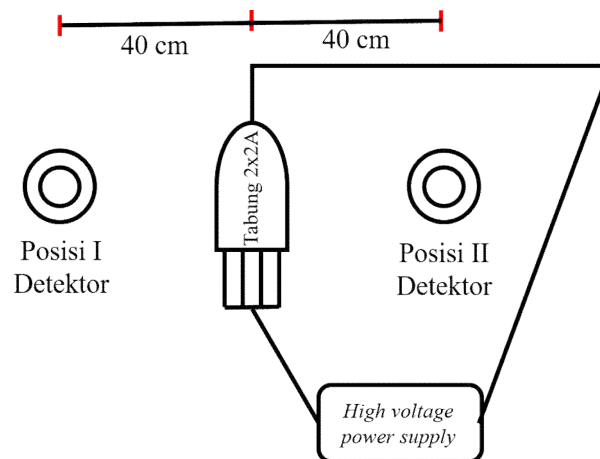
Gambar 4. Perangkat sinar-X

Kabel buaya berwarna hitam (terminal negatif) dijepitkan pada bagian anoda tabung yaitu kepala tabung vakum Gammatron 2x2A sedangkan empat kabel buaya berwarna merah (terminal positif) dijepitkan pada bagian katoda tabung yaitu keempat kaki tabung vakum Gammatron 2x2A. Selanjutnya, adalah peletakan detektor radiasi di sekitar tabung. Jenis

detektor yang digunakan adalah detektor Unfors Raysafe X2 (Gambar 5) dan surveymeter lingkungan Digilert 100. Pemasangan detektor Unfors Raysafe X2 ditunjukkan pada Gambar 6 sedangkan surveymeter lingkungan diletakkan tepat di depan pintu geser.



Gambar 5. Detektor Unfors Raysafe X2



Gambar 6. Posisi pemasangan detektor

Eksperimen dilaksanakan pertama kali dengan mencatat besarnya radiasi latar belakang yang terukur dari detektor Unfors Raysafe X2. Selanjutnya, pengujian perangkat sinar-X dilakukan dengan menyalakan *high voltage power supply* dan besarnya tegangan diatur pada tegangan maksimum yaitu sebesar 25 kV. Luaran radiasi yang terukur dari detektor Unfors Raysafe X2 dicatat untuk semua posisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran radiasi latar belakang adalah sebesar 0,49 $\mu\text{Gy}/\text{jam}$. Hasil pengukuran keluaran radiasi yang terbaca oleh detektor radiasi setelah *high voltage power supply* dinyalakan adalah sebesar 0,49 $\mu\text{Gy}/\text{jam}$. Nilai tersebut ternyata sama dengan besarnya radiasi latar belakang yang berarti tidak ada radiasi yang keluar dari perangkat sinar-X yang dirancang. Hal tersebut pertama-tama

kemungkinan disebabkan oleh kurangnya energi kinetik elektron yang berasal dari katoda untuk mendekati medan inti di dalam anoda untuk menghasilkan sinar-X Bremsstrahlung. Tegangan pemercepat 25 kV yang berasal dari *high voltage power supply* belum cukup memberikan energi pada elektron proyektil termionik katoda untuk mendekati medan inti di dalam anoda.

Penyebab lainnya adalah penggunaan tabung vakum yang kurang tepat. Tabung sinar-X biasa yang digunakan untuk membangkitkan sinar-X memiliki filamen berpemanas yang dapat menghasilkan lebih banyak elektron sehingga dapat menghasilkan lebih banyak intensitas X-Ray. Namun, hal tersebut tidak berlaku jika tabung yang digunakan adalah jenis-jenis tabung vakum penyearah termasuk tipe 2X2A. “Ganti alasan menjadi penggunaan tabung vakum yang kurang tepat”. Proses pembangkitan sinar-X Bremsstrahlung pada

tabung vakum penyearah tipe 2x2A dapat terjadi pada dua keadaan yaitu “keadaan panas” dan “keadaan dingin”. Keadaan panas adalah pembangkitan sinar-X dengan elektron termionik, dilakukan dengan cara menghubungkan salah satu kaki katoda (pin pemanas) tabung 2x2A dengan tegangan searah (V_{DC}) yang dapat diperoleh dari sumber tegangan V_{DC} ataupun dari beberapa baterai AA. Sementara itu, satu kaki katoda yang lainnya disambungkan ke terminal positif *high voltage power supply* dan anoda disambungkan ke terminal negatif *high voltage power supply*. Keadaan dingin adalah pembangkitan sinar-X di mana hanya satu kaki katoda tabung 2x2A disambungkan ke terminal positif *high voltage power supply* dan anoda tabung 2x2A disambungkan ke terminal negatif *high voltage power supply*.

KESIMPULAN

Dari eksperimen yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan. Hasil pengukuran keluaran radiasi yang terbaca oleh detektor radiasi setelah *high voltage power supply* dinyalakan adalah sebesar 0,49 $\mu\text{Gy}/\text{jam}$. Nilai tersebut ternyata sama dengan besarnya radiasi latar belakang yang berarti tidak ada radiasi yang keluar dari perangkat sinar-X yang dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- Djamas, D. 2012. *Peningkatan Mutu Perkuliahan Fisika Modern Melalui Penerapan Program Terpadu Interaktif*. Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika I. Hal 1-12.
- Emirhan, M. E. 2016. *Design and Production Benchtop X-Ray Imaging System*. Department of Physics Engineering, Physics Engineering Programme, Istanbul Technical Universit.
- Fuller, H.Q., Fuller, R.M. & Fuller, R.G. *Physics Including Human Applications Chapter 30 X Rays*. Longman Higher Education.
- Gunawan & Liliarsari. 2012. *Model Virtual Laboratory Fisika Modern Untuk Meningkatkan Disposisi Berpikir Kritis Calon Guru*. *Cakrawala Pendidikan No.2*. Hal 186-199.
- Gunawidjaja, P.N & Suryantari, R. 2012. *Pengajaran Materi Fisika Modern Untuk Mahasiswa Fisika*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- MIT Department of Physics. 2014. *X-Ray Physics*.
- Podgorsak, E. 2005. *Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and*

- Students*. International Atomic Energy Agency.
- Setiawan, A., Wahyuningsih, T.E. & Rondonuwu, F.S. 2008. *Desain Ratemeter Digital Sebagai Pencacah Geiger Muller Dengan Mikrokendali AT89C51*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains. Fakultas Sains dan Matematika UKSW. Hal 1-11.
- Yuanita, D.I., Akhsan, H. & Wiyono, K. 2015. Pengembangan Panduan Praktikum Spektroskopi Pada Mata Kuliah Fisika Modern. Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika, Vol.2 No.1. Hal 77-87.