

## PENGUKURAN BENTUK PROFIL BERKAS ELEKTRON DARI SUMBER ELEKTRON TIPE *PIERCE* MENGGUNAKAN SENSOR TABUNG TV BEKAS

Darsono, Suhartono, Suprpto, Elin Nuraini

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, BATAN, Jalan Babarsari Kotak Pos 6101 Ykbb. Yogyakarta 55281

e-mail: b\_darsono@batan.go.id

### ABSTRAK

*PENGUKURAN BENTUK PROFIL BERKAS ELEKTRON DARI SUMBER ELEKTRON TIPE PIERCE MENGGUNAKAN SENSOR TABUNG TV BEKAS. Telah dilakukan pengukuran bentuk profil berkas elektron menggunakan monitor berkas elektron berbasis metode pendar suatu bahan. Komponen utama monitor berkas elektron terdiri dari sensor pendar menggunakan tabung TV bekas, kamera CCTV untuk merekam gambar pada layar TV, video adaptor sebagai antarmuka CCTV, dan laptop sebagai penampil dan pengolah data. Dua sumber elektron tipe Pierce dioda dan trioda diukur bentuk profil berkas elektronnya secara real time. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa sumber elektron tipe Pierce trioda memberikan bentuk profil berkas elektron yang lebih baik dibanding dengan sumber elektron dioda. Tegangan anoda tidak begitu berpengaruh pada pada bentuk profil berkas. Tegangan pemfokus pada sumber elektron trioda berpengaruh terhadap bentuk profil berkas elektron, namun di atas 5 kV tidak besar pengaruhnya. Dapat disimpulkan bahwa monitor berkas elektron dapat memberikan pengamatan real time dan gambar bentuk profil berkas elektron yang tertampil pada layar kaca tabung TV bekas merupakan gambar sesungguhnya dari bentuk profil berkas elektron. Sumber elektron trioda menghasilkan profil berkas elektron lebih baik dari pada sumber elektron dioda.*

*Kata kunci : sumber elektron dioda dan trioda, sensor pendar, monitor profil berkas elektron*

### ABSTRACT

*MEASUREMENT OF ELECTRON BEAMS PROFILE OF PIERCE TYPE ELECTRON SOURCE USING SENSOR OF USED TV TUBE. The measurement of an electron beam profile has been performed using electron beam monitor based on method of phosphorescent materials. The main components of the electron beam monitor consists of a fluorescent sensor using a used TV tube, CCTV camera to record images on a TV screen, video adapter as interface between CCTV and laptop, and the laptop as a viewer and data processing. Two Pierce-type electron sources diode and triode was measured the shape of electron beam profile in real time. Results of the experiments showed that the triode electron source of Pierce type gave the shape of electron beam profiles better than that of the diode electron source. The anode voltage is not so influential on the beam profile shape. The focus voltage in the triode electron source is so influence to the shape of the electron beam profile, but above 5 kV no great effect. It can be concluded that the electron beam monitor can provide real time observations and drawings shape of the electron beam profile displayed on the used TV tube glass screen which is the real picture of the shape of the electron beam profile. Triode electron source produces a better electron beam profile than that of the diode electron source*

*Keywords: diode and triode electron source, phosphorescent materials sensor, electron beam profile monitor*

### PENDAHULUAN

**S**alah satu bagian penting dari MBE yaitu sumber elektron (SE) yang berfungsi untuk menghasilkan arus dan membentuk berkas elektron yang selanjutnya dimasukkan ke tabung pemercepat untuk dipercepat sehingga mempunyai energi sesuai dengan tegangan pemercepatnya. BATAN telah berhasil mengkonstruksi modul SE dengan memanfaatkan tabung pemercepat buatan NEC. SE ini didesain berdasarkan elektrode katoda tipe Pierce [1-3] dan anoda ekstraksi memanfaatkan elektrode tabung pemercepat [4-6]. Modul SE seperti

ini disebut SE dioda (2 elektroda). Dua modul sumber elektron ini telah dikonstruksi dan diuji fungsi yang dapat menghasilkan arus berkas elektron 15 mA [4,5] untuk MBE skala laboratorium dan 55 mA<sup>(6)</sup> untuk MBE lateks. Jika didasarkan kebutuhan arus berkas elektron yang dapat diekstraksi dari modul SE dioda untuk MBE lateks sudah mencukupi.

Namun karakteristik luaran SE tidak hanya arus berkas elektron, ada hal yang penting lainnya yaitu bentuk profil berkas elektron yang dihasilkan. Bentuk profil berkas elektron ini akan mempengaruhi kualitas berkas yang mengenai jendela Ti dari MBE, idealnya

bentuk profil berkas bundar dan homogen. Untuk meningkatkan kualitas profil berkas elektron telah dilakukan rancangbangun modul SE menggunakan 3 (tiga) elektrode pada tahun 2014, namun belum dilakukan uji fungsi dan karakterisasi luaran berkasnya [7]. Modul SE ini diharapkan dapat menghasilkan berkas elektron yang mempunyai kualitas lebih baik yaitu berkas elektron terfokus (tidak ada berkas yang menyebar) dan mempunyai lintasan berkas sejajar dengan sumbu.

Pengukuran profil berkas elektron pada dua modul SE yang berhasil dirancangbangun BATAN yaitu menggunakan metode kertas kalkir [8,9], foil alumunium dan *rotating probe* [4,5]. Metode kertas kalkir dan alumunium merupakan metode yang sangat sederhana yaitu dengan mengamati noda bakar akibat interaksi berkas elektron dengan kertas kalkir. Namun demikian pada kedua metode ini harus diletakkan di dalam vakum, disamping itu pada kertas kalkir noda bakar dapat berubah ketika bereaksi dengan udara luar. Metode pengukuran menggunakan *rotating probe* adalah metode baku yang banyak digunakan selama ini, namun demikian metode ini akan memberikan hasil yang akurat jika sinyal luaran *rotating probe* stabil. Sinyal ini dipengaruhi oleh berkas elektron, medan listrik sekitar, dan kualitas *electrical grounding*. Ketika metode di atas tidak dapat langsung memberikan informasi bentuk profil berkas, sehingga dalam percobaan mengamati pengaruh tegangan elektroda dari SE terhadap luaran berkas elektron yang dihasilkan akan memerlukan waktu yang lama.

Untuk mengatasi hal tersebut di atas dilakukan perakitan monitor profil berkas elektron berbasis bahan pendar. Komponen utama monitor berkas elektron terdiri dari sensor pendar menggunakan tabung TV bekas, kamera CCTV untuk merekam gambar pada layar TV, video adaptor sebagai antarmuka CCTV dan Laptop, dan laptop sebagai penampil dan pengolah data. Tujuan penelitian adalah merakit monitor bentuk profil berkas elektron menggunakan sensor pendar tabung TV bekas. Pada makalah ini dilaporkan hasil perakitan dan uji fungsi monitor bentuk profil berkas elektron berbasis bahan pendar serta pengukuran bentuk profil berkas elektron dari SE tipe Pierce dioda dan trioda.

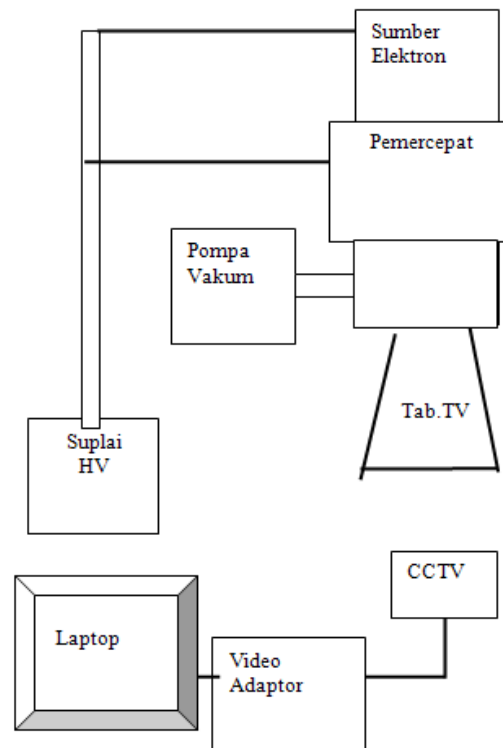
## TATA KERJA

Bahan yang digunakan dalam pembuatan monitor profil berkas elektron adalah tabung TV bekas, pemotong kaca, *SS-flange*, lem vakum, sedangkan alat yang digunakan untuk menampilkan profil berkas elektron adalah kamera CCTV, video adaptor USB.2.0, kabel *USB-coaxial*, dan laptop. Monitor profil berkas elektron secara *real time* terdiri dari empat komponen yaitu sensor berkas elektron menggunakan tabung TV bekas, kamera CCTV untuk mengambil gambar bentuk profil pada layar TV, video

adaptor sebagai antarmuka CCTV dan laptop, dan penampil berupa laptop untuk menampilkan gambar bentuk profil dan mengolah data hasil eksperimen. Sebagai tambahan dapat pula dideteksi arus berkas elektron yang mengenai bahan pendar tabung TV menggunakan multimeter.

Untuk membuat sensor berkas elektron dengan cara memotong bagian tabung TV yang dekat dengan ujung katoda secara perlahan-lahan menggunakan pemotong kaca. Kehati-hatian dalam pekerjaan pemotongan sangat penting mengingat tabung dalam keadaan hampa. Mengingat kaca tabung TV cukup tebal maka agar kaca tidak retak akibat timbulnya gradien panas pada saat pemotongan maka pemotongan dilakukan secara perlahan dan ditetesi air selama pemotongan berlangsung. Setelah tabung bagian katoda terpisah maka pada bagian tersebut dilakukan penyambungan dengan *SS-flange* menggunakan lem vakum. Agar *flange* ini sejajar dengan *flange* tabung pemercepat maka sebelum pengeleman dilakukan *water pass*.

Setelah lem kering sensor berkas elektron ini diinstalasi dengan tabung pemercepat dari sistem sumber elektron, untuk selanjutnya dilakukan uji kevakuman. Jika kevakuman tidak masalah maka dilanjutkan pengukuran profil berkas elektron. Skema pengukuran profil berkas elektron seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dengan langkah pengukuran sbb:



Gambar 1. Skema pengukuran profil berkas elektron.

Mula-mula pada bawah tabung TV diletakkan kamera CCTV yang dihubungkan dengan laptop menggunakan *video capture USB.2.0*. Setelah itu menyalakan power suplai kamera dan power suplai laptop. Selanjutnya menginstal perangkat lunak *video capture USB.2.0* dengan mengikuti manual bawaannya, jika instal perangkat lunak benar maka pada layar laptop akan muncul ikon *Ulead Video Studio*<sup>(10)</sup>. Mengklik ikon *Ulead VideoStudio* dua kali untuk menjalankan program, kemudian pada tampilan pertama dipilih *Video Studio Editor* maka muncul tampilan kedua yang memuat perintah dalam bentuk bar. Untuk pengambilan video maka klik menu bar *Capture* kemudian dipilih *source SMI Grabber Device* maka gambar sensor tabung TV bekas dan sekitarnya akan tertampil dimonitor laptop, ini menunjukkan monitor profil berkas elektron siap digunakan untuk memonitor *real time* berkas elektron.

Pada percobaan ini dua sumber elektron tipe *Pierce* dengan konfigurasi elektroda masing-masing 2 dan 3 elektroda diamati bentuk profil berkasnya. Uji fungsi monitor profil berkas elektron dilakukan pada arus filamen dan pemercepat tertentu dengan menaikkan tegangan anoda perlahan, pada saat yang sama diamati pada laptop bentuk profil berkas elektronnya. Bentuk profil berkas elektron yang dihasilkan untuk setiap tegangan anoda disimpan menggunakan menu bar *Save*. Untuk sumber elektron tipe *Pierce* dengan konfigurasi 3 elektroda juga dilakukan pengamatan pengaruh tegangan pemfokus terhadap bentuk profil berkas elektron yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor profil berkas elektron yang dibuat seperti ditunjukkan pada Gambar 2, adapun Gambar 3 adalah instalasi penggabungan sensor profil berkas elektron dengan sistem sumber elektron (SE). Terlihat bahwa sensor profil berkas elektron dihubungkan dengan tabung pemercepat sumber elektron menggunakan *T-piece*. Gambar 4 memperlihatkan CCTV yang dihubungkan dengan laptop menggunakan video adaptor *Easy Capture USB.2.0*. CCTV pada rangkaian Gambar 4 ini berfungsi sebagai perekam gambar profil berkas elektron pada sensor profil berkas elektron (layar tabung TV bekas). Sinyal luaran dari CCTV ini dikirim ke laptop untuk ditampilkan pada layar laptop menggunakan video adaptor *Easy Capture USB.2.0*.

Prinsip kerja sensor profil berkas elektron sama seperti CRT atau TV, yaitu ketika berkas elektron menabrak lapisan tipis bahan fosfor pada layar kaca tabung TV maka akan terjadi fluorescense (pendaran). Bentuk gambar pendaran pada layar kaca sangat tergantung pada bentuk berkas elektron yang datang, sedangkan redup terangnya pendaran bentuk

gambar yang dihasilkan tergantung pada intensitas berkas elektron yang menabrak bahan fosfor.



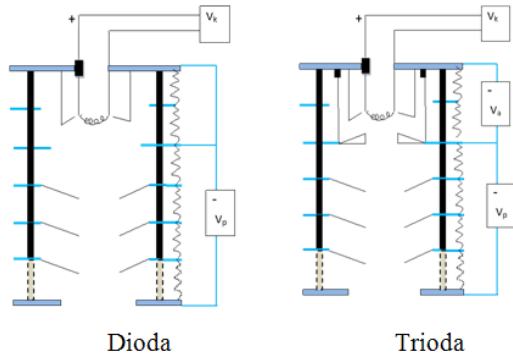
Gambar 2. Sensor profil berkas elektron.



Gambar 3. Instalasi sensor profil berkas pada sistem sumber elektron.



Gambar 4. Koneksi CCTV dan Laptop menggunakan video adaptor Easy Caputer USB.2.0.



**Gambar 5. Skema sumber elektron tipe Pierce dioda dan trioda buatan BATAN.**

Hasil pengukuran profil berkas elektron dari sumber elektron tipe Pierce dengan konfigurasi elektroda yang berbeda yaitu dua elektroda (dioda) dan tiga elektroda (trioda) ditunjukkan pada Tabel 1. Sumber elektron tipe Pierce buatan BATAN memanfaatkan tabung pemercepat buatan NEC karena belum dikuasainya teknologi penyambungan metal dan keramik. Adapun skema SE dioda dan trioda seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Pada SE tipe Pierce dioda, anoda ekstraksi ( $V_a$ ) terletak pada elektroda pemercepat ( $V_p$ ) yang berdekatan dengan katoda filamen ( $V_k$ ). Adapun pada SE tipe Pierce trioda, elektroda ke tiga diletakkan diantara  $V_k$  dan  $V_a$  yang berfungsi untuk mengatur bentuk berkas elektron yang akan dipercepat.






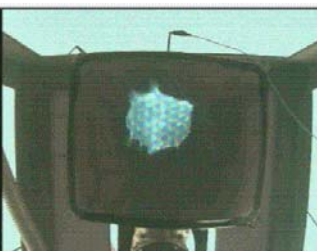
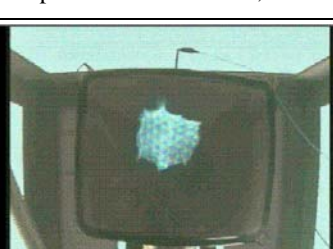
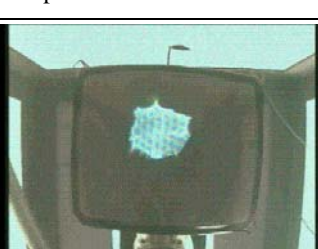
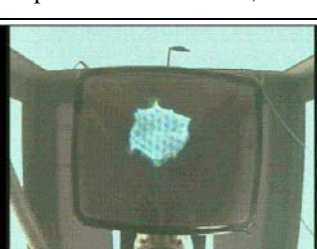
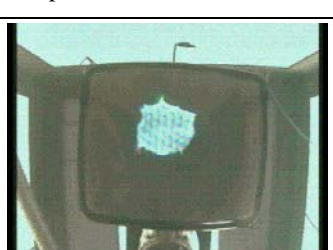
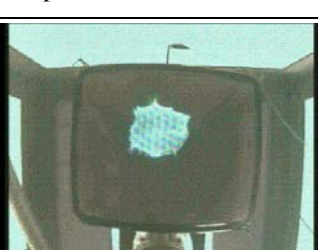
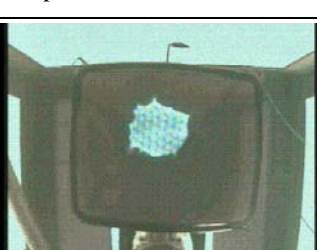
**Tabel 1. Hasil pengukuran profil berkas elektron SE-tipe Pierce.**

$V_p(V_a)$	dioda	trioda, $V_r = 9 \text{ kV}$
1		
2		
3		
4		
5		

Dari Tabel 1 terlihat bahwa sensor profil berkas elektron menggunakan tabung TV bekas dapat memberikan gambaran bentuk profil berkas elektron yang lebih baik jika dibandingkan dengan atau rotating probe(4,5). Hal ini diyakinkan dari data hasil pengukuran pada Tabel 1 bahwa tegangan anoda sangat mempengaruhi bentuk profil berkas elektron, demikian halnya konfigurasi elektroda juga mempengaruhi

bentuk profil berkas elektron. Fakta hasil pengukuran ini sesuai dengan yang diprediksi secara terori [1]. Keunggulan teknik pengukuran bentuk profil berkas elektron menggunakan sensor tabung TV bekas dibandingkan dengan teknik kertas kalkir atau teknik *rotating probe* adalah dapat memberikan pengamatan *real time*.

**Tabel 2. Hasil pengukuran profil berkas elektron SE-tipe Pierce pada tegangan anoda tetap untuk berbagai tegangan pemfokus.**

		
Vp = 10 kV dan Vf = 0 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 0,5 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 1 kV
		
Vp = 10 kV dan Vf = 1,5 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 2 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 2,5 kV
		
Vp = 10 kV dan Vf = 3 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 4 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 5 kV
		
Vp = 10 kV dan Vf = 6 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 7 kV	Vp = 10 kV dan Vf = 9 kV

Pengukuran profil berkas elektron menggunakan *rotating probe* sangat tergantung pada kestabilan arus berkas elektron, untuk arus berkas yang tidak stabil maka *rotating probe* tidak dapat memberikan informasi bentuk profil berkas elektron. Ketidakstabilan arus berkas elektron ini sangat ditentukan oleh sistem optik dan pengoperasian sumber elektron yang tidak tepat [11]. Untuk arus berkas elektron yang stabil maka besarnya diameter profil berkas elektron diukur menggunakan *rotating probe* akan sama hasilnya jika diukur dengan teknik monitor berkas berbasis bahan pendar. Gambar bentuk profil berkas elektron yang tertampil pada layar kaca tabung TV bekas merupakan gambar sesungguhnya dari bentuk profil berkas elektron. Redup terangnya gambar bentuk profil berkas elektron bersesuaian dengan besar kecilnya intensitas berkas elektron. Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa sumber elektron tipe Pierce trioda memberikan bentuk profil berkas elektron lebih baik dibandingkan dengan sumber elektron tipe Pierce dioda. Tabel 2 memperlihatkan pengaruh tegangan pemfokus terhadap bentuk profil berkas elektron untuk tegangan anoda yang tetap. Terlihat dari Tabel 2 bahwa tegangan pemfokus dominan pada pembentukan profil berkas elektron. Untuk tegangan pemfokus yang makin besar bentuk profil menjadi lebih baik, dan di atas tegangan pemfokus 5 kV bentuk profil berkas elektron tidak lagi dipengaruhi oleh tegangan pemfokus. Hal ini diduga bahwa semua berkas elektron sudah terarah dengan kata lain untuk tegangan pemfokus di bawah 5 kV medan listrik yang dihasilkan belum cukup untuk mengarahkan semua berkas elektron.

## KESIMPULAN

Monitor berkas elektron berbasis bahan pendar dari tabung TV bekas dapat memberikan pengamatan *real time* dan gambar bentuk profil berkas elektron yang dihasilkan pada layar TV bekas merupakan gambar sesungguhnya dari bentuk profil berkas elektron. Sumber elektron dengan elektroda tipe Pierce trioda menghasilkan profil berkas elektron lebih baik dari pada sumber elektron dengan elektroda tipe Pierce dioda. Tegangan pemfokus pada sumber elektron trioda berpengaruh terhadap bentuk profil berkas elektron, namun diatas 5 kV tidak besar pengaruhnya

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PIERCE, J.R., Theory and Design of Electron Beams, D. Van Nostrand Company. Inc, New York, 1954.
- [2] FORRESTER, at. al, Large Ion Beams, Fundamentals of Generation and Propagation, John Wiley & Son, New York, 1986.

- [3] SCHILLER, S., et. al., Electron Beam Technology, John Wiley & Sons, New York, 1992.
- [4] SUPRAPTO, DJOKO SP., DJASIMAN, Rekonstruksi Sumber Elektron Termionik Dengan Elektrode Pierce Untuk MBE 500 keV/10 mA, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, P3TM-BATAN, Yogyakarta, 2001.
- [5] SUPRAPTO, DJOKO SP DAN DJASIMAN, Peningkatan Kinerja Sumber Elektron Termionik Dengan Elektrode Pierce Untuk MBE P3TM – BATAN, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, P3TM - BATAN, Yogyakarta, 2002.
- [6] SUPRAPTO, DJOKO SP., DJASIMAN, Karakterisasi Sumber Elektron MBE Untuk Industri Lateks, Laporan teknis di PTAPB-BATAN Yogyakarta, 23 Januari 2007.
- [7] SUPRAPTO, DARSONO, TAUFIK, SUHARTONO, Rancang bangun Sumber Elektron 3 Elektroda untuk MBE Lateks, Laporan teknis di PSTA-BATAN Yogyakarta, 2014.
- [8] DARSONO, SUHARTONO, ELIN NURAINI, SUTADI, Optimasi Operasi Sistem Pemeayar MNE Lateks 300 keV/20 mA, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, PTAPB - BATAN, Yogyakarta, 2013.
- [9] DARSONO, SUPRAPTO, RANY SAPTAAJI, ELIN NURAINI, Optimasi Uji Kinerja Operasi Prototip Litbang, MBE-PSTA pada 200 KeV, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, PSTA-BATAN, Yogyakarta, 2015.
- [10] Manual Easy Capture Quick Instalation Guide USB 2.0 Video Adaptor With Audio.
- [11] IAEA-TECDOC-913, Manual for Troubleshooting and Upgrading of Neutron Generator, IAEA, November 1996.

---

## TANYA JAWAB

### Prajitno

- Pengukuran bentuk profil berkas elektron hanya secara visual, bagaimana kalau profil berkas elektron hanya berpengaruh pada intensitas dan tegangannya dikaitkan pada diameter berkas yang ditimbulkan?

**Darsono**

- Diameter berkas yang tervisualisasi sangat tergantung pada tegangan pemfokus sumber elektron, sedangkan intensitas (yang terlihat redup dan terang) tergantung pada berkas elektron. Dari data *picture* ini selanjutnya dapat diolah menggunakan program untuk ditampilkan profil 3 dimensi (sumbu x, y dan sumbu z intensitas)

**Eko Priyono**

- Perbedaan antara diameter berkas dan profil berkas sebab hasil pengukuran hanya diketahui diameter berkas?
- Bagaimana dengan parameter emitansi berkas mohon dijelaskan?

**Darsono**

- Profil berkas didalamnya memuat informasi diameter berkas dan bentuk distribusi intensitas berkas.
- Emitansi berkas terkait dengan divergensi berkas terpancar dari sumber elektron.

**Saminto**

- Apakah bedanya jika digunakan tabung CRT bekas dan CRT baru?

**Darsono**

- Asalkan tabung TV bekasnya masih berfungsi tidak ada bedanya.