

PENGUKURAN POSISI BERKAS MENGGUNAKAN *DOUBLE SLIT* PADA AKSELERATOR TANDEM 3 MV

Taxwim

Puslitbang Teknologi Maju, Batan

Kiyoshi. Mizuhashi

TIARA, JAERI Takasaki JAPAN

ABSTRAK

PENGUKURAN POSISI BERKAS MENGGUNAKAN DOUBLE SLIT PADA AKSELERATOR TANDEM 3 MV. Telah dilakukan eksperimen pengukuran posisi dan ukuran berkas dengan menggunakan metode double slit pada Akselerator Tandem 3 MV. Slit yang biasanya digunakan untuk meningkatkan bentuk berkas agar lebih baik yaitu dengan memangkas berkas, digunakan sebagai alat pengukur posisi/koordinat berkas. Dengan mengatur posisi slit ke arah x dan y sampai dengan batas berkas, dapat diketahui koordinat dari berkas tersebut. Dari hasil eksperimen didapatkan posisi slit $x = -6,8$ mm dan $5,8$ mm serta $y = -5,2$ dan $5,7$ mm dengan x total $=11,8$ mm dan y total $= 10,9$ mm. Jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Beam Profile Monitor nilainya hampir sama yaitu $x = 11,9$ mm dan $y = 11,0$ mm. Dari eksperimen diketahui bahwa posisi berkas tidak di tengah, melainkan melenceng ke posisi kuadran II yaitu $(-0,2, 0,5)$.

Kata kunci : *posisi berkas, slit ganda, Akselerator Tandem 3 MV*

ABSTRACT

MEASUREMENT OF BEAM POSITION USING DOUBLE SLIT AT 3MV TANDEM ACCELERATOR. Experiment to measure of beam position by using double slit at 3 MV Tandem Accelerator have been done. The slit usually used to improve the beam forms by chopping the beam, is used to measure the position/coordinate of the beam. By arranging the position of slit toward x and y until beam boundary, the position of beam can be determined. The result of experiment was that the slit position were $x = -6.8$ mm and 5.8 mm, $y = -5.2$ and 5.7 mm, total $x = 11.8$ mm total $y = 10.9$ mm. If it compared with measurement using Beam Profile Monitor, the result is similar, which was $x = 12.0$ mm and $y = 11.0$ mm. From the experiment known that the position of the beam was not in the center, but in the quadrant II $(-0.2, 0.5)$.

Key words : *beam position, double slit, 3 MV Tandem Accelerator*

PENDAHULUAN

Salah satu peralatan monitoring dari sistem akselerator adalah Beam Position Monitor atau juga Beam Profile Monitor, kedua sistem monitoring tersebut mirip tetapi kegunaannya berbeda. Peralatan tersebut berguna untuk mengetahui bentuk dan posisi berkas, hal ini sangat penting karena berhubungan dengan kualitas keluaran dari berkas tersebut serta penting artinya bagi sistem pengaturan/kendali dari peralatan yang ada didalam sistem akselerator.

Pada berkas yang konvergen/menyebarkan maka diperlukan sistem pengaturan sistem optik dari peralatan yang tersedia atau dapat juga dengan memangkas berkas menggunakan *slit* agar berkas lebih kecil dan tidak menabrak dinding tabung

akselerator. Metode ini sering dilakukan pada pengoperasian Tandem Akselerator walaupun akan memperkecil jumlah arus berkas tetapi lebih menguntungkan dari pada berkas tersebut mengenai dinding tabung maka akan merusak dinding tabung tersebut, serta lebih mudah dan lebih murah mengganti *slit* dari pada mengganti tabung akselerator. Karena *slit* terbuat dari bahan *stainless steel* yang dilapisi titanium maka jarang terjadi kerusakan tetapi juga bisa terjadi kerusakan jika hal ini sering digunakan.

Slit adalah suatu alat yang terletak pada tabung akselerator yang digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya untuk memangkas/memperkecil bentuk berkas agar tak menabrak dinding tabung akselerator, sebagai alat untuk menghalangi berkas agar bentuknya tak menyebar dan sebagainya. Dalam eksperimen ini *slit* ganda (*double slit*) atau

dua buah *slit* yang dipasang serial, satu ke arah sumbu x dan yang lain ke arah sumbu y, yang terpenting dapat digunakan sebagai monitor posisi berkas, yaitu untuk menentukan dimana posisi berkas, dan berapa besar penyimpangan x dan y dari berkas saat melalui *slit* tersebut.

Latar belakang dari penelitian ini adalah untuk memonitor posisi berkas apabila dalam jalur tersebut tak mempunyai *Beam Position Monitor* padahal monitor ini sangat penting kegunaannya pada waktu pengesetan berkas sehingga eksperimen ini diperlukan untuk mengetahui bisa atau tidaknya pengukuran ini dilakukan, dimaksudkan juga agar *slit* dapat dimanfaatkan sebagai bagian dari alat monitor posisi berkas, karena setiap menggunakan *Beam Position Monitor* juga menggunakan peralatan osiloskop sebagai penampilannya. Jadi tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan *slit* sebagai peralatan monitoring berkas agar dapat diketahui posisi dan ukuran dari berkas tersebut sekaligus sebagai pemangkas berkas yang menyebar. Eksperimen serupa kemungkinan besar bisa dilakukan pada akselerator di Indonesia yaitu menggunakan sensor posisi berkas yang sederhana seperti contoh pada Gambar 4, tetapi dengan membuat flange tersendiri dengan sistem pemantau berkas yang terisolasi pada arah x dan y.

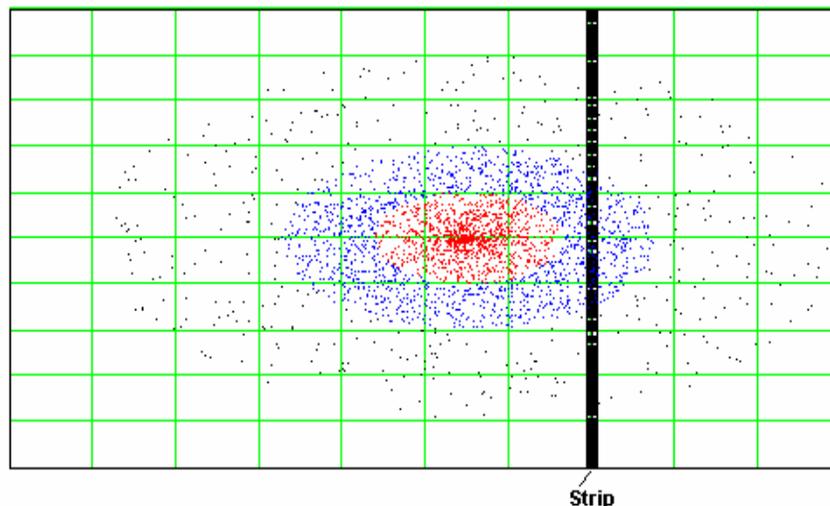
Sebagai perbandingan hasil eksperimen menggunakan *slit* tersebut juga telah dilakukan eksperimen menggunakan peralatan lain yaitu *Beam Profile Monitor* yang secara tak langsung diamati dengan osiloskop sebagai sistem penampilannya. Sistem ini biasa dipakai sebagai

pemantau *profile* berkas pada Tandem akselerator di Jepang

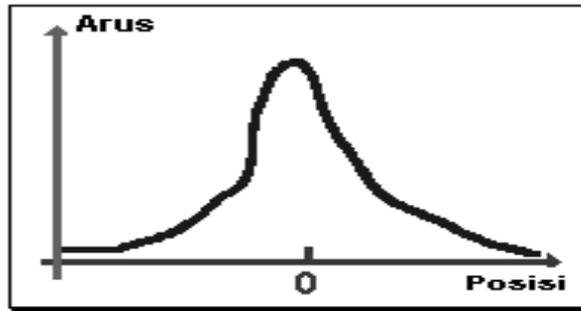
Semua pelaksanaan eksperimen tersebut dilakukan di Laboratorium Tandem Akselerator 3 MV di Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Advanced Radiation Technology Center, Japan Atomic Energy Research Institute, Watanuki-cho, Takasaki-shi, Gunma-ken, Japan. Dengan peralatan yang lengkap dengan menggunakan komputer dan sistem instrumentasi dan kendali menggunakan CAMAC sebagai peralatan elektronik utamanya sehingga memudahkan pengendalian dan monitoring di ruang kontrol.

DASAR TEORI

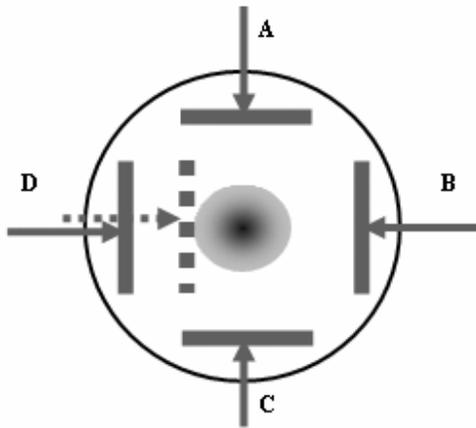
Pengukuran menggunakan *slit* tersebut didasari bahwa tak semua jalur yang dilalui berkas dapat diukur atau diketahui posisinya sehingga ide tersebut muncul pada saat kita ingin melihat apakah berkas tersebut tepat ditengah ataukah melenceng sehingga perlu dilakukan suatu eksperimen untuk mengetahui hal tersebut. Apabila *strip beam* digerakkan memotong berkas maka pada strip tersebut akan dilalui arus dengan ilustrasi distribusi gaussian seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 Sumbu x adalah arah gerakan *strip*, sumbu y adalah besarnya arus yang melalui *strip*. Dengan adanya distribusi tersebut maka diterapkan sistem pengukuran menggunakan double slit. Bentuk dari *double slit* dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 3.



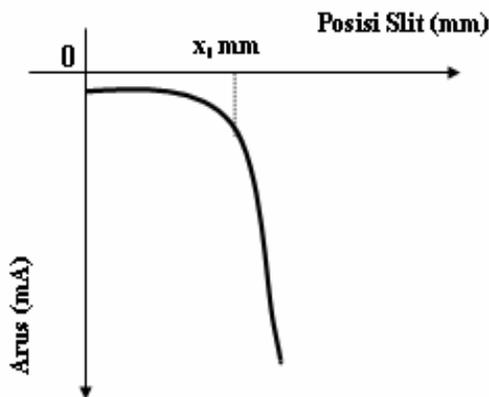
Gambar 1. *Beam strip* yang bergerak memotong berkas^[2].



Gambar 2. Distribusi arus yang melalui *beam strip*^[3].



Gambar 3. Ilustrasi *Beam Position Monitor* dengan *slit*^[5].



Gambar 4. Diagram arus yang melalui salah satu *slit*^[5].

Pada Gambar 4. terlihat bahwa *double slit* terdiri dari 2 pasang lempengan logam *stainless steel* yang dapat digerakkan maju mundur dan dengan bantuan sistem komputer dapat diketahui berapa mm pergerakannya sehingga dapat diukur sebagai besaran yang akan menentukan besarnya berkas dengan titik pusatnya berada ditengah-tengah sumbu (0,0 mm). Pergerakan *slit* tersebut dibatasi/dihenti-kan pada saat arus yang mengenai slit tersebut bertambah besar secara tiba-tiba (*bunch boundary*). Dasar inilah yang digunakan sebagai sistem pengukuran berkas pada akselerator.

TATA KERJA

Eksperimen ini dilakukan menggunakan Akselerator Tandem 3 MV^[6] dengan fasilitas peralatan dan sistem kendali otomatis dengan sistem komputer yang dapat dimonitor langsung dari ruang kontrol kendali (ruang operator) dengan bantuan dua orang operator sebagai bagian dari sistem operasi Tandem Akselerator. Pengukuran ini dapat dilakukan setelah sistem beroperasi normal artinya akselerator telah dicoba mengeluarkan arus berkas dalam kondisi normal dan stabil. Karena didukung peralatan dan sistem instrumentasi dan kendali yang lengkap dan otomatis maka eksperimen ini mudah dilakukan.

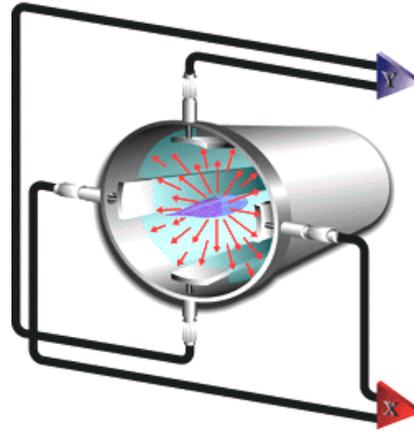
Setelah kondisi akselerator stabil dan bekerja normal yang artinya berkas telah keluar dan dapat diamati (mulai dari 10^{-10} Amper) maka salah satu slit mulai digerakkan menuju titik tengah (0,0) dari tabung *beam transport* akselerator tersebut. Gerakan salah satu *slit* tersebut dapat langsung dimonitor jaraknya dari ruang kontrol kendali. Pada saat *slit* memasuki daerah berkas (*beam boundary*) maka arus yang melalui slit telah

menampakkan kenaikan arus. Gerakkan *slit* pada posisi *beam boundary* tersebut menyebabkan kenaikan arus secara tiba-tiba sehingga daerah tersebut ditandai sebagai daerah batas berkas, dan slit berhenti secara otomatis, dari titik tengah tabung dapat diketahui besarnya (lihat Gambar 3 dan



Gambar 5. Bentuk dari *double slit*^[1].

Gambar 4). Demikian seterusnya dilakukan dengan perlakuan yang sama untuk ke empat buah *slit* tersebut. Untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari eksperimen tersebut maka dilakukan eksperimen juga menggunakan peralatan Beam Profile Monitor (lihat Gambar 7a dan 7b)



Gambar 6. Bentuk dari *strip beam position monitor*^[4].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen Beam Position Monitor menggunakan *doublet slit* ini telah tersedia pada masing-masing jalur beam transport pada Tandem Akselerator dan dengan kelengkapan peralatan sistem pengendaliannya maka pada pengukuran posisi keempat *slit* tersebut dapat diketahui keempat posisinya yaitu :

No	Posisi <i>slit</i>	Jarak dari sumbu/titik tengah
1	x1	-6,0 mm
2	x2	+5,8 mm
3	y1	-5,2 mm
4	y2	+5,7 mm

Dari hasil eksperimen menggunakan keempat slit tersebut secara koordinat telah dapat ditentukan posisinya dan lebar/ukuran berkas yaitu besarnya $x = 11,8$ mm dan $y = 10,9$ mm dan dapat digambarkan ilustrasinya seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 8.

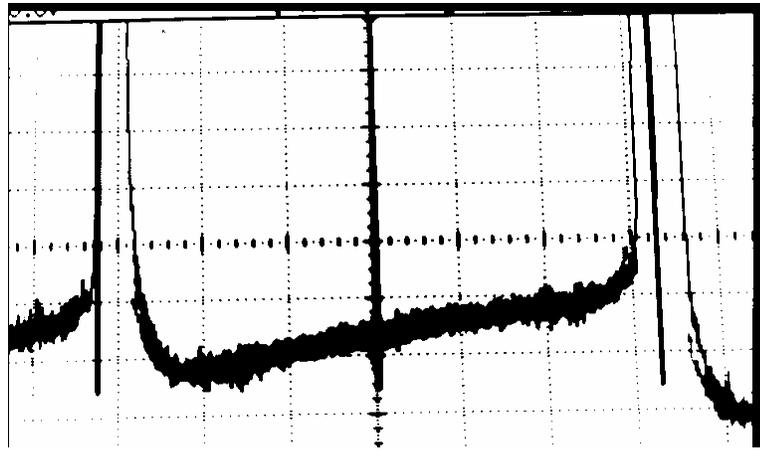
Pada Gambar 8. terlihat bahwa koordinat beam tidak simetris, hal ini dapat terlihat dari nilai x

dan y yang berarti bahwa posisi berkas tidak ditengah-tengah sumbu melainkan agak melenceng ke kuadran II, yaitu $(-0,2, 0,5)$.

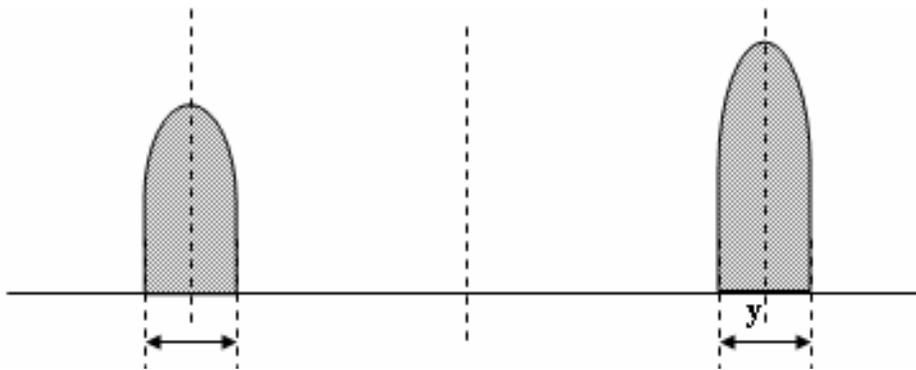
Hasil eksperimen menggunakan *Beam Profile Monitor* diperoleh sbb :

No	Posisi berkas	Lebar/ukuran berkas
1	x	12 mm
2	y	11 mm

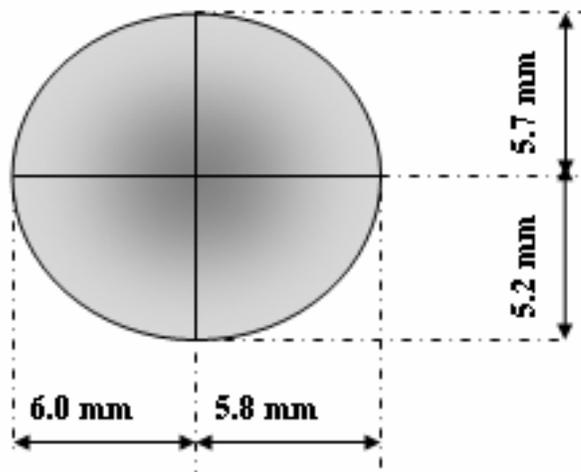
Darin hasil eksperimen menggunakan *Beam Profile Monitor* (lihat Gambar 7a dan 7b) diperoleh data pengukuran menggunakan Osiloskop sebesar $x = 12$ mm dan $y = 11$ mm (Gambar 5) yang berarti bahwa kedua pengukuran tersebut mendekati hasil yang sebenarnya, hal tersebut kemungkinan dikarenakan pembacaan yang kurang tepat, tetapi hasil tersebut sangat membantu apabila dalam suatu *beam line transport* tak tersedia peralatan *Beam Position Monitor* atau *Beam Profile Monitor* dan hanya mempunyai *double slit* atau dua buah *slit*, hal ini dapat digunakan sebagai sistem monitor position atau profile berkas dari sistem akselerator.



Gambar 7a. Pengamatan Beam Position Monitor dengan Osiloskop^[5].



Gambar 7b. Beam profile monitor pada Osiloskop.



Gambar 8. Koordinat posisi berkas dengan metode *double slit*.

Eksperimen tersebut dilakukan berulang kali untuk mendapatkan nilai yang tepat, artinya bahwa posisi *slit* D (lihat Gambar 3) bergerak ke arah beam (*cross*) dan berhenti pada sasaran yang tepat yaitu pada batas berkas (*beam boundary*) sehingga batas tersebut merupakan batas dari *beam bunch* dan diperoleh posisi *slit* D pada batas *beam bunch* pada jarak $-6,0$ mm dari titik pusat tabung (0,0). Cara tersebut diberlakukan untuk ke tiga *slit* lainnya yaitu *slit* A, B maupun *slit* C.

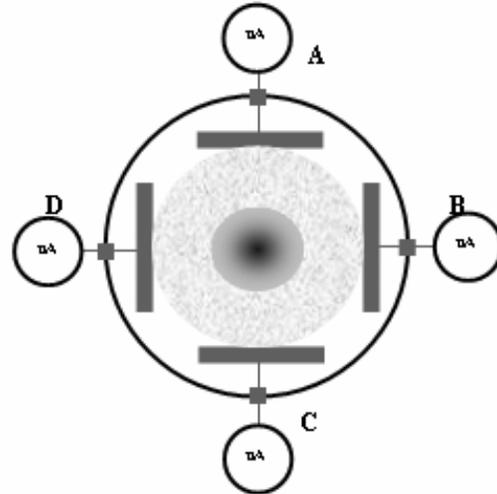
Metode *slit* tersebut lebih tepat diterapkan pada berkas yang konvergen/menyebarkan sehingga dapat digunakan sebagai alat proteksi agar berkas yang menyebarkan tidak mengenai tabung dan sekaligus dapat digunakan sebagai peralatan sistem pengukuran Beam Position Monitor dan dapat pula untuk menentukan ukuran berkas walaupun hanya terdiri dari empat titik batas, hal ini sudah cukup akurat sebagai sistem monitor berkas dari suatu sistem akselerator.

Metode memangkas berkas dengan *slit* tersebut diatas tadi, sering dilakukan pada pengoperasian Tandem Akselerator^[6] walaupun akan sedikit memperkecil jumlah arus berkas tetapi akan lebih menguntungkan dari pada berkas tersebut menumbuk dinding tabung yang akan menyebabkan kerusakan pada dinding maka lebih baik dan lebih mudah serta lebih murah mengganti *slit* dari pada mengganti tabung akselerator. Dengan adanya cara seperti ini mereka (operator Tandem Akselerator di TIARA, JAERI) telah memanfaatkannya untuk sistem pengukuran berkas dari pada harus menggunakan beberapa *Beam Profile Monitor* dengan beberapa osiloskop yang dipindah-pindah untuk mengukur *beam profile* tersebut, karena setiap jalur telah terpasang *slit* dan dapat dioperasikan dengan menggunakan *software* yang ada di ruang kontrol

Dari Hasil eksperimen tersebut berpeluang besar dapat diterapkan pada akselerator di Indonesia khususnya di P3TM BATAN, dengan cara membuat *flange* tersendiri yang dilengkapi dengan *slit*/elektroda dari bahan *stainless steel* pada posisi tetap/statis yang bentuknya seperti ilustrasi pada Gambar 3 dan Gambar 6 tetapi dengan bentuk *slit*/elektroda yang statis dan panjangnya beberapa centi meter saja dan keluaran masing-masing *slit*/elektroda tetap tersebut dihubungkan dengan micro amper meter seperti di ilustrasikan pada Gambar 9.

Gambar ilustrasi tersebut memungkinkan untuk mengetahui masing-masing arus yang melalui elektroda dan dapat dipantau dengan asumsi bahwa arus yang melalui elektroda tersebut stabil dan

masing-masing elektroda jaraknya sama dari titik pusat sehingga nilai terukur dari keempat elektroda tersebut dapat untuk membantu menentukan posisi dari berkas yang melaluinya, paling tidak dapat memprediksi posisi berkas yang sebenarnya.



Gambar 9. Ilustrasi *Beam Position Monitor* dengan *slit* statis.

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen menggunakan *double slit* dan *Beam Profile Monitor* dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pengukuran dengan menggunakan *double slit* dan *Beam Profile Monitor* diperoleh besaran berkas yaitu besarnya pada sumbu $x_1 = -6,0$ mm, sumbu $x_2 = 5,8$ mm dan $y_1 = -5,2$ mm, $y_2 = 5,7$ mm atau besarnya $x = 11,8$ mm dan $y = 10,9$ mm.
2. Pengukuran dengan menggunakan *Beam Profile Monitor* diperoleh $x = 11,9$ mm dan $y = 11,0$ mm.
3. Dari hasil (1), berarti bahwa posisi beam tidak ditengah-tengah melainkan agak melenceng sedikit ke arah kuadran II.
4. Dari kedua eksperimen tersebut membuktikan bahwa *double slit* selain sebagai pemangkas berkas juga dapat digunakan sebagai *Beam Position Monitor*.

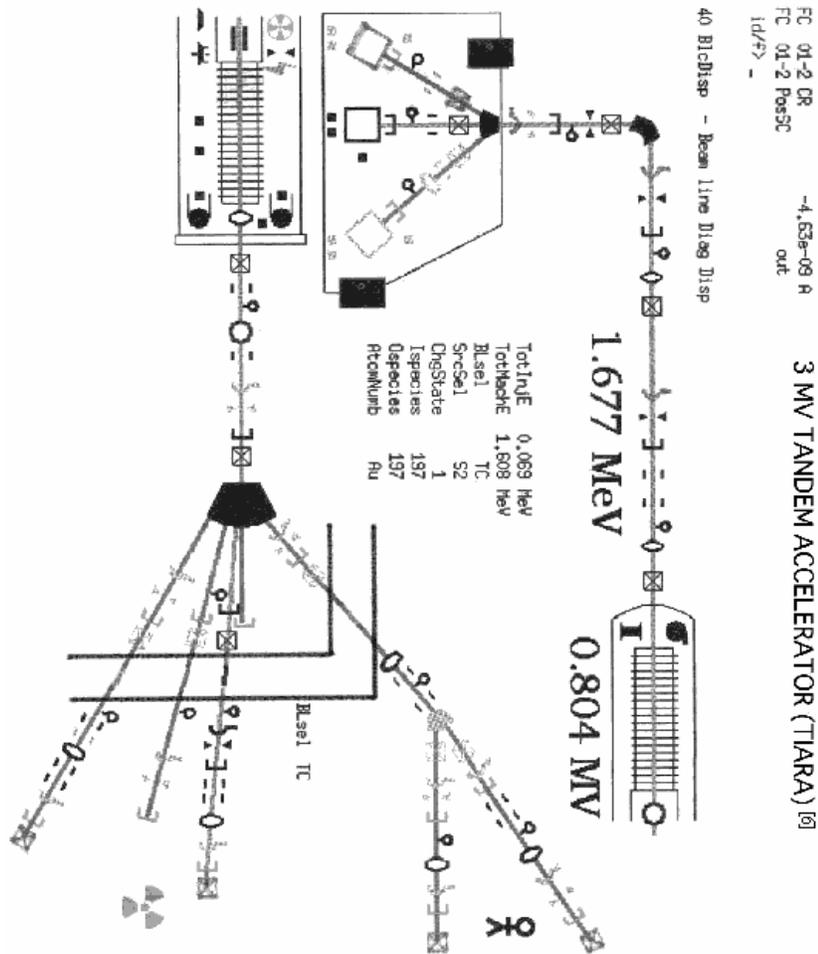
DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.pelletron.com/bpm.html>.

[2] J.C. SCHNURIGER, *Accelerator Particle Beam Simulation*, CERN, Geneva, Switzerland.
 [3] <http://pc532.psi.ch/monitor.gif>.
 [4] <http://www2.slac.stanford.edu/vvc/accelerators/bpm.html>.

[5] TAXWIM, K. MIZUHASHI, *Operation and Maintenance Technology for electrostatic Accelerator*, JAERI Final Research Report, Jaeri, Japan, 2002.
 [6] *TIARA Annual Report*, Advanced Radiation Technology Center, Japan Atomic Energy Research Institute, 2000.

Lampiran



TANYA JAWAB

Djoko SP

– Apakah keunggulan metode double slit terhadap metode beam profile monitor?

– Adakah efek difraksi ion oleh slit seperti difraksi cahaya oleh slit. Mohon penjelasan.

Taxwim

– Keunggulannya :

- Dapat terbaca dikomputer langsung.

- Sekaligus dapat digunakan untuk meningkatkan bentuk berkas agar lebih baik, peralatan jauh lebih kuat.
- Ada, tetapi kecil, karena slit hanya pada posisi “*beam boundary*” maka arus yang menumbuk kecil sekali.