

EFEK PERUBAHAN TEGANGAN LENSA KUADRUPOL TERHADAP KUALITAS BERKAS ION PADA MESIN IMPLANTOR ION P3TM

Djoko S. Pudjorahardjo, Tjipto Sujitno, Budi Santosa
Puslitbang Teknologi Maju – BATAN Yogyakarta

ABSTRAK

EFEK PERUBAHAN TEGANGAN LENSA KUADRUPOL TERHADAP KUALITAS BERKAS ION PADA MESIN IMPLANTOR ION P3TM. Kualitas berkas ion dapat mempengaruhi hasil implantasi ion pada suatu bahan. Salah satu faktor yang menentukan kualitas berkas ion tersebut adalah lensa kuadrupol sebagai salah satu komponen penanganan berkas ion yang berfungsi memfokuskan berkas ion pada bahan yang diimplantasi. Jenis lensa kuadrupol pada implantor ion P3TM adalah lensa kuadrupol elektrostatik. Telah dilakukan pengamatan efek perubahan tegangan lensa kuadrupol terhadap kualitas berkas ion. Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur arus berkas ion pada target dan merekam profil berkas ion menggunakan kertas kalkir dengan variasi tegangan lensa kuadrupol. Hasil pengukuran arus berkas ion menunjukkan tegangan lensa kuadrupol berpengaruh terhadap arus berkas ion yang sampai pada target. Dengan cuplikan udara diperoleh arus berkas ion optimum sebesar 62 μA pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV (tegangan pemercepat 30 kV) dan 80 μA pada tegangan lensa kuadrupol 8,18 kV (tegangan pemercepat 60 kV). Dari hasil rekaman spot berkas ion menunjukkan adanya perubahan bentuk spot berkas ion terhadap perubahan tegangan lensa kuadrupol. Ternyata spot berkas ion pada target yang diperoleh pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV dan 8,18 kV belum minimum berbentuk lingkaran.

Kata-kata kunci: implantor ion, lensa kuadrupol, kualitas berkas ion

ABSTRACT

THE EFFECT OF CHANGE OF QUADRUPOLE LENS VOLTAGE ON ION BEAM QUALITY IN THE P3TM ION IMPLANTOR. Ion beam quality can affect the yield of ion implantation on a material. One of the factors that affect the ion beam quality is quadrupole lens as beam handling system in ion implantor. It focuses ion beam on to material to be implanted. The quadrupole lens of the P3TM ion implantor is electrostatic quadrupole lens. The effect of change of quadrupole lens voltage on ion beam quality has been observed by measuring the ion beam current at a target and by recording the ion beam profile using chalkier paper. The yield of ion beam current measurement show that the quadrupole lens voltage affects the ion beam current reaching the target. Using air sample we get the optimum ion beam current of 62 μA at the quadrupole lens voltage of 5,45 kV (for the 30 kV accelerating voltage) and 80 μA at the quadrupole lens voltage of 8,18 kV (for the 60 kV accelerating voltage). The record of ion beam spot on chalkier paper show that the change of quadrupole lens voltage is followed by the change of the shape of ion beam spot. It is shown that at the quadrupole lens voltages of 5,45 kV and 8,18 kV the shapes of ion beam spots are not minimum circle yet.

Keywords: ion implantor, quadrupole lens, ion beam quality

PENDAHULUAN

Mesin implantor ion 150 kV merupakan akselerator ion energi rendah yang ada di Puslitbang Teknologi Maju BATAN Yogyakarta. Akselerator ion ini telah banyak dimanfaatkan untuk litbang ilmu bahan, baik bahan semikonduktor maupun bahan non semikonduktor atau logam. Dengan mesin implantor ion kita dapat meng-implant atau menanamkan atom-atom tertentu (biasa disebut sebagai atom

dopan) pada suatu bahan untuk tujuan tertentu^[1]. Pada bahan semikonduktor proses implantasi ion digunakan untuk menanamkan atom-atom dopan ke dalam bahan semikonduktor sehingga diperoleh komponen elektronik dengan karakteristik yang khusus^[2]. Sedangkan pada bahan non semikonduktor atau logam proses implantasi ion banyak digunakan untuk mengubah sifat-sifat permukaan bahan dengan menanamkan atom-atom tertentu pada permukaan bahan sehingga diperoleh bahan dengan sifat yang lebih unggul^[3].

Atom-atom dopan pada proses implantasi harus dalam bentuk ion-ion agar dapat dipercepat di dalam tabung pemercepat dan mencapai energi tertentu sehingga dapat masuk ke dalam bahan target sampai kedalaman tertentu. Ion-ion tersebut dihasilkan oleh sistem sumber ion dalam bentuk berkas ion. Hasil implantasi ion pada suatu bahan dipengaruhi oleh kualitas berkas ion pada saat mengenai bahan target. Disamping sumber ion yang sangat mempengaruhi kualitas berkas ion yang dihasilkannya, peran lensa kuadropol sebagai komponen penanganan berkas ion (*beam handling system*) di dalam mesin implantor ion juga sangat menentukan kualitas berkas ion yang sampai pada bahan target. Lensa kuadropol berperan untuk memfokuskan berkas ion agar dapat sampai pada bahan target secara optimal. Apabila berkas ion dapat terfokus hingga mencapai ukuran spot minimum, maka kerapatan ion yang mengenai bahan target dapat optimum. Dengan demikian akan diperoleh dosis ion terimplantasi yang optimum sesuai dengan yang dikehendaki dan kerugian dosis ion akibat berkas ion yang menyebar (*divergen*) dapat ditekan serendah mungkin.

Mesin implantor ion P3TM menggunakan lensa kuadropol jenis elektrostatik di mana pemfokusan berkas ion menggunakan medan listrik elektrostatik. Beberapa waktu yang lalu pernah dilakukan simulasi tentang lensa kuadropol sebagai lensa pemfokus berkas ion pada implantor ion. Pada simulasi tersebut telah dipelajari efek tegangan lensa kuadropol terhadap berkas ion yang melewatinya^[4,5]. Sebagai tindak lanjut dari hasil simulasi tersebut telah dilakukan eksperimen untuk mengamati efek tegangan lensa kuadropol terhadap kualitas berkas ion yang akan diimplantasikan ke suatu bahan. Hal ini penting untuk mengetahui secara riil bagaimana kualitas berkas ion pada mesin implantor ion P3TM yang selama ini telah banyak dimanfaatkan untuk kegiatan litbang. Dalam hal ini sebagai indikator kualitas berkas ion dibatasi pada bentuk dan ukuran spot berkas ion serta arus berkas ion setelah melalui lensa kuadropol. Pada makalah ini disampaikan hasil-hasil eksperimen tersebut untuk dapat diketahui baik oleh kalangan pengguna mesin implantor ion itu sendiri maupun oleh para peneliti yang berminat pada masalah teknologi akselerator.

TATAKERJA

Prinsip Kerja dan Spesifikasi Teknis Lensa Kuadropol

Lensa kuadropol merupakan bagian dari mesin implantor ion yang berfungsi untuk memfokuskan berkas ion yang telah dipercepat sehingga

membentuk *spot* dengan ukuran sekecil mungkin yang dapat dicapai. Lensa kuadropol yang digunakan pada mesin implantor ion P3TM adalah lensa kuadropol jenis elektrostatik. Sebuah lensa kuadropol elektrostatik terdiri dari 4 buah lempeng elektrode berbentuk hiperbolik yang tersusun secara berpasangan. Masing-masing pasangan elektrode tersebut terhubung dengan sumber daya tegangan yang dapat divariasasi antara 0 hingga ± 15 kV.

Secara teori potensial elektrostatik lensa kuadropol dapat dituliskan sebagai berikut^[4]:

$$V(x, y) = \frac{1}{2} k (y^2 - x^2) \quad (1)$$

Dari potensial elektrostatik tersebut dapat diturunkan medan elektrostatik yang dihasilkan oleh lensa kuadropol sebagai berikut^[4]:

$$E_x = \frac{\partial V(x, y)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{2} k (y^2 - x^2) \right) = -kx \quad (2a)$$

$$E_y = \frac{\partial V(x, y)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{2} k (y^2 - x^2) \right) = ky \quad (2b)$$

Gaya elektrostatik yang dialami oleh suatu muatan positif q yang bergerak melalui medan elektrostatik tersebut adalah^[4]:

$$F_x = q E_x = -q k x \quad (3a)$$

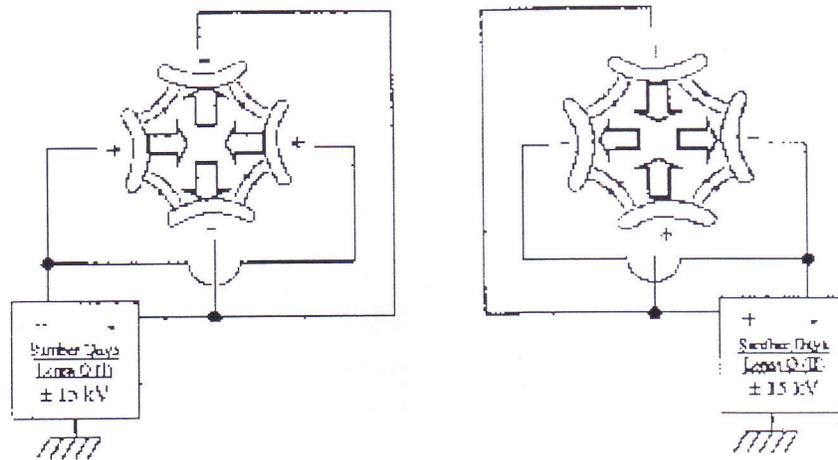
$$F_y = q E_y = q k y \quad (3b)$$

k adalah suatu tetapan yang terkait dengan tegangan lensa kuadropol yaitu:

$$k = \frac{2V_0}{a^2} \quad (4)$$

dimana V_0 adalah tegangan lensa kuadropol dan a adalah jarak elektrode lensa kuadropol terhadap pusat koordinat.

Dari persamaan (3a) dan (3b) dapat disimpulkan bahwa lensa kuadropol menghasilkan gaya konvergen (tanda negatif) ke arah x dan gaya divergen (tanda positif) ke arah y . Hal ini berarti lensa kuadropol bersifat memfokuskan pada arah x dan menyebarkan pada arah y . Untuk mendapatkan pemfokusan total berkas ion pada arah x dan arah y maka diperlukan sebuah lensa kuadropol lagi yang bersifat memfokuskan pada arah y dan menyebarkan pada arah x . Gabungan dua buah lensa kuadropol seperti ini dikenal sebagai lensa kuadropol dublet. Rangkaian elektrode pada lensa kuadropol dublet dengan sumber daya tegangannya seperti ditampikan pada Gambar 1.

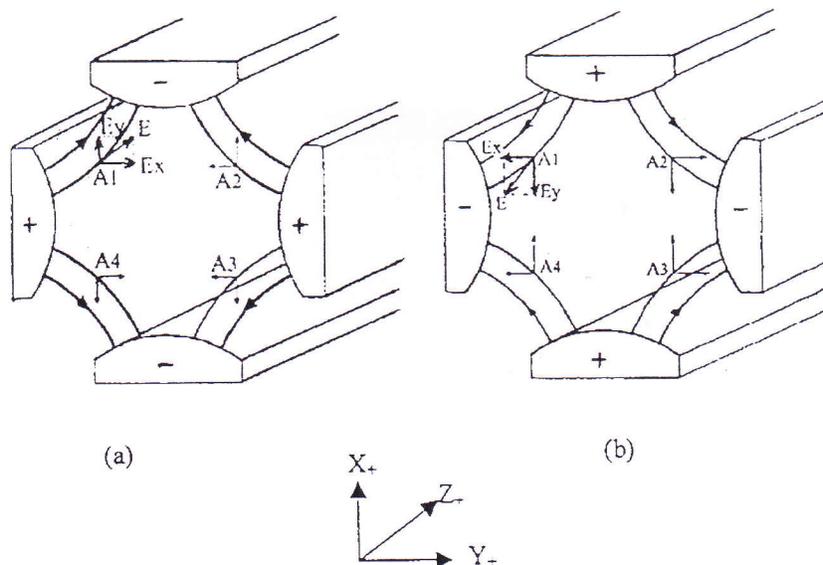


Gambar 1. Skema rangkaian elektrode pada lensa kuadrupol dublet dengan sumber daya tegangannya.

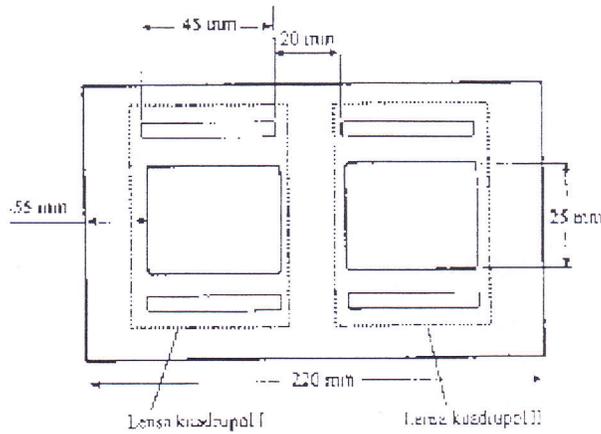
Sedangkan arah medan dan gaya elektrostatik pada masing-masing lensa kuadrupol adalah seperti ditampilkan pada Gambar 2. Garis-garis medan listrik dinyatakan dengan garis-garis lengkung dari elektrode positif menuju elektrode negatif. Medan listrik di setiap titik pada garis medan listrik dinyatakan dengan vektor E yang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen E_x dan E_y . Arah gaya-gaya listrik terhadap suatu muatan positif

sesuai dengan arah medan listrik tersebut. Jelas terlihat bahwa lensa kuadrupol I bersifat memfokuskan ke arah x dan menyebarkan ke arah y . Sebaliknya lensa kuadrupol II bersifat memfokuskan ke arah y dan menyebarkan ke arah x .

Lensa kuadrupol pada mesin implantor ion P3TM adalah merk TUNZINI-SAMES dengan spesifikasi teknis seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Ilustrasi arah medan dan gaya listrik pada masing-masing blok lensa kuadrupol dublet.



Keterangan:

- Diameter lensa kuadrupol : 50 mm
- Panjang lensa kuadrupol : 220 mm
- Lebar elektrode : 25 mm
- Panjang elektrode : 45 mm
- Jarak antar elektrode : 20 mm
- Tegangan lensa kuadrupol : 0 ± 15 kV

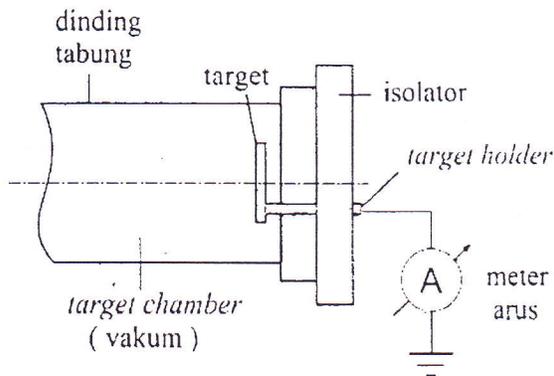
Gambar 3. Gambar dimensi lensa kuadrupol TUNZINI-SAMES (tampak samping).

Pelaksanaan Eksperimen

Pengamatan efek tegangan lensa kuadrupol terhadap kualitas berkas ion dilakukan dengan 2 tahap, yaitu pengukuran arus berkas ion dan perekaman spot berkas ion.

Pengukuran Arus Berkas Ion

Pada tahap ini dilakukan pengukuran arus berkas ion pada suatu target yang terpasang di dalam ruang target (*target chamber*) mesin implantor ion dengan variasi tegangan lensa kuadrupol. Hal ini untuk mengetahui sejauhmana efek perubahan tegangan lensa kuadrupol terhadap besar arus berkas ion yang sampai ke target. Target dibuat dari kuningan berbentuk lingkaran dengan jari-jari 2 cm. Susunan target di dalam ruang target seperti ditampilkan pada Gambar 4.

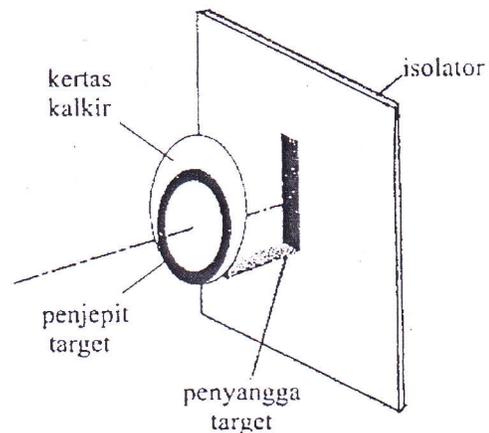


Gambar 4. Ruang target dan perlengkapannya untuk pengukuran arus berkas ion dengan variasi tegangan lensa kuadrupol.

Pada eksperimen ini digunakan sumber ion tipe Penning (untuk cuplikan udara) yang dioperasikan dengan parameter operasi sebagai berikut: tekanan ruang ionisasi $3,5 \times 10^{-5}$ mbar, tegangan ekstraktor 3 kV, tegangan anode 2,5 kV dan arus untuk medan magnet aksial 7 A. Tegangan pemercepat ion ditentukan 30 kV dan 60 kV. Tegangan lensa kuadrupol divariasi melalui tegangan primernya (tegangan bolak-balik) dari 0 hingga 80 V.

Perekaman Spot Berkas Ion

Perekaman spot berkas ion dilakukan untuk mengetahui perubahan kualitas berkas ion apabila tegangan lensa kuadrupol divariasi. Perekaman menggunakan kertas kalkir berbentuk lingkaran dengan jari-jari 2 cm sebagai target yang dipasang di dalam ruang target menggunakan suatu penyangga dan penjepit seperti ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Target dari kertas kalkir untuk media perekaman spot berkas ion.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari eksperimen yang dilakukan telah diperoleh data hasil pengukuran arus berkas ion yang sampai pada target kuning dan hasil rekaman

spot berkas ion pada target kertas kalkir, baik pada tegangan pemercepat 30 kV maupun 60 kV. Pada Tabel 1 ditampilkan hasil pengukuran arus berkas ion sebagai fungsi tegangan lensa kuadrupol.

Tabel 1. Hasil pengukuran arus berkas ion sebagai fungsi tegangan lensa kuadrupol.

Tegangan Primer Lensa Kuadrupol (V, AC)	Tegangan Sekunder Lensa Kuadrupol (V, DC)	Arus Ion Terukur (μA)	
		$V_p = 30 \text{ kV}$	$V_p = 60 \text{ kV}$
0	0	38	50
10	1,36	38	-
15	2,05	40	-
20	2,72	44	-
25	3,41	50	-
30	4,09	58	-
35	4,77	58	-
40	5,45	62	-
45	6,13	62	55
50	6,82	60	60
55	7,50	56	68
60	8,18	42	80
65	8,86	38	70
70	9,55	35	60
75	10,23	32	60
80	10,90	30	50

Pada saat lensa kuadrupol belum berfungsi (tegangan 0) sudah terukur arus berkas ion sebesar 38 μA . Ini berarti berkas ion setelah dipercepat di dalam tabung pemercepat dapat mencapai target walaupun tanpa dioperasikannya lensa kuadrupol. Tetapi setelah lensa kuadrupol dioperasikan dengan memberikan tegangan pada elektrode-elektrodenya, terlihat adanya peningkatan arus berkas ion yang terukur pada target seiring dengan kenaikan tegangan lensa kuadrupol. Hal ini menunjukkan bahwa lensa kuadrupol berfungsi memfokuskan berkas ion sehingga dapat tertangkap target (berjari-jari 2 cm). Pada saat lensa kuadrupol belum dioperasikan ada sebagian dari berkas ion yang tidak tertangkap target. Arus berkas ion mencapai nilai maksimum sebesar 62 μA pada saat tegangan lensa kuadrupol antara 5,45 hingga 6,13 kV. Pada rentang tegangan ini berkas ion yang dapat sampai ke target

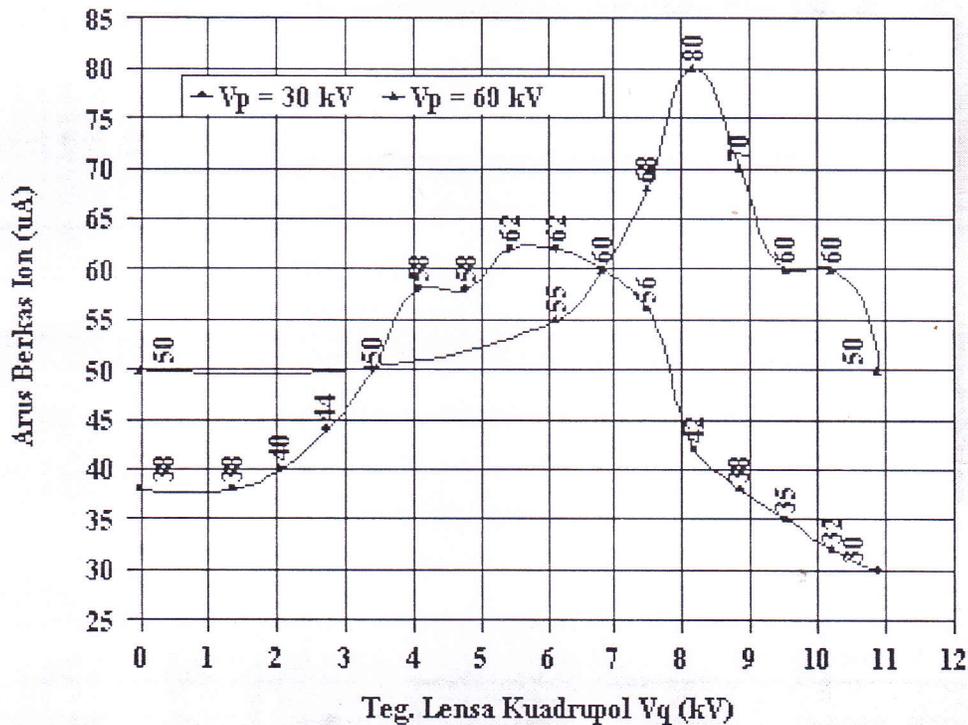
mencapai kondisi yang optimum. Bila tegangan lensa kuadrupol dinaikkan lagi ternyata arus berkas ion kembali mengalami penurunan hingga mencapai 30 μA pada saat tegangan lensa kuadrupol mencapai 10,9 kV. Ini berarti lensa kuadrupol bersifat mendefokuskan berkas ion sehingga sebagian berkas ion tidak tertangkap target. Hasil pengukuran arus berkas ion ini juga ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 6.

Untuk kondisi tegangan pemercepat 60 kV diperoleh hasil serupa, dimana arus berkas ion yang semula pada saat lensa kuadrupol belum dioperasikan sebesar 50 μA mengalami kenaikan hingga mencapai nilai maksimum 80 μA pada saat lensa kuadrupol dioperasikan pada tegangan 8,18 kV. Pada kondisi seperti ini berarti arus berkas ion yang tertangkap pada target optimum. Lensa kuadrupol bersifat memfokuskan berkas ion pada target. Hasil

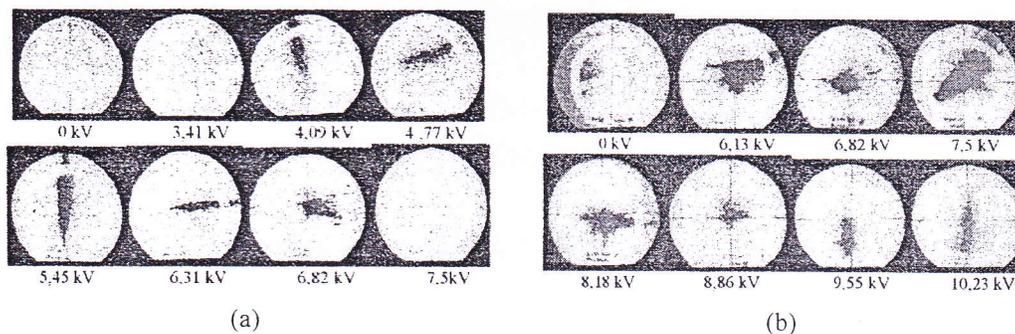
pengukuran menunjukkan bahwa apabila tegangan lensa kuadropol dinaikkan hingga 10.90 kV (seperti pada kondisi tegangan pemercepat 30 kV) arus berkas ion turun hingga 50 μ A. Hal ini berarti lensa kuadropol bersifat mendefokuskan berkas ion. Dari hasil pengukuran arus berkas ion ini juga dapat disimpulkan bahwa makin tinggi energi berkas ion diperlukan tegangan lensa kuadropol yang makin besar untuk memfokuskan berkas ion tersebut. Hal ini dapat kita lihat pada tegangan pemercepat 30 kV

hanya diperlukan tegangan lensa kuadropol sebesar 5,45 kV untuk mencapai kondisi arus berkas ion optimum. Sedangkan pada tegangan pemercepat 60 kV untuk mencapai hal tersebut diperlukan tegangan lensa kuadropol hingga 8,18 kV.

Hasil perekaman spot berkas ion pada beberapa tegangan lensa kuadropol ditampilkan pada Gambar 7. Spot berkas ion ditandai dengan bagian yang menghitam pada kertas kalkir berbentuk lingkaran akibat tertumbuk oleh ion-ion.



Gambar 6. Grafik hasil pengukuran arus berkas ion sebagai fungsi tegangan lensa kuadropol (tegangan pemercepat ion V_p ditentukan 30 dan 60 kV).



Gambar 7. Hasil perekaman spot berkas ion pada beberapa tegangan lensa kuadropol. (a) tegangan pemercepat 30 kV; (b) tegangan pemercepat 60 kV).

Dari hasil perekaman tersebut dapat dilihat bahwa ukuran maupun bentuk spot berkas ion pada target sangat bervariasi tergantung pada tegangan lensa kuadrupol yang diberikan. Dengan perubahan tegangan lensa kuadrupol yang makin besar dari 0 hingga 7,5 kV (untuk tegangan pemercepat 30 kV) dan dari 0 hingga 10,23 kV (untuk tegangan pemercepat 60 kV), pola perubahan ukuran dan bentuk spot berkas ion tidak jelas dan sulit untuk diambil suatu kesimpulan. Namun demikian hal ini dapat dikonfirmasi dengan hasil simulasi yang telah dilakukan sebelumnya^[4,5]. Pada simulasi tersebut tegangan lensa kuadrupol divariasi untuk memperoleh jarak bayangan berkas ion baik ke arah x maupun ke arah y sama dengan jarak lensa kuadrupol ke target. Variasi tegangan lensa kuadrupol dari 1 hingga 15 kV (sesuai dengan keadaan yang sebenarnya) dengan interval 0,5 kV. Demikian juga dengan parameter-parameter lensa kuadrupol pada simulasi tersebut dibuat sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Hasil simulasi tersebut menyatakan bahwa jarak bayangan berkas ion sama dengan jarak lensa kuadrupol ke target (30 cm) diperoleh pada tegangan lensa kuadrupol 5,023 kV untuk tegangan pemercepat 30 kV dan pada tegangan lensa kuadrupol 10,046 kV untuk tegangan pemercepat 60 kV. Pada eksperimen ini untuk tegangan pemercepat 30 kV arus berkas ion optimum diperoleh pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV (lihat Tabel 1) dengan bentuk spot berkas ion seperti pada Gambar 7(a). Sedangkan untuk tegangan pemercepat 60 kV arus berkas optimum diperoleh pada tegangan lensa kuadrupol 8,18 kV dengan bentuk spot berkas ion seperti pada Gambar 7(b). Dari bentuk spot berkas ion pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV dan 8,18 kV tersebut menunjukkan belum terjadi pemfokusan berkas ion ke arah x dan y. Atau dengan kata lain bayangan berkas ion pada arah x dan y tidak jatuh tepat pada target. Hal ini kemungkinan besar karena tegangan lensa kuadrupol optimum tersebut tidak sama seperti pada hasil simulasi. Untuk memberikan tegangan lensa kuadrupol 5,023 kV dan 10,046 kV seperti pada hasil simulasi tidak mudah karena pengaturan tegangan lensa kuadrupol dilakukan melalui pengaturan tegangan primer lensa kuadrupol yang berupa tegangan bolak-balik dalam orde puluhan volt. Variasi tegangan sekunder lensa kuadrupol yang berupa tegangan searah dalam orde kilovolt mengikuti variasi tegangan primernya.

KESIMPULAN

Dari eksperimen yang telah dilakukan dan dengan hasil seperti tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Lensa kuadrupol mempunyai peranan yang sangat penting sebagai komponen penanganan berkas ion (*beam handling*) pada mesin implantor ion untuk memperoleh berkas ion dengan kualitas yang sesuai dengan kebutuhan pada bahan target. Dengan lensa kuadrupol maka kualitas berkas ion yang dihasilkan oleh sumber ion yang kurang memenuhi syarat untuk proses implantasi ion dapat ditingkatkan.
2. Tegangan lensa kuadrupol yang optimum untuk memperoleh arus berkas ion optimum pada bahan target tergantung pada tegangan pemercepat ion, yang berarti tergantung pada energi ion yang akan diimplantasikan. Pada eksperimen ini untuk jenis cuplikan udara dengan kondisi operasi sumber ion seperti tersebut pada takerja, maka arus berkas ion optimum diperoleh pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV (untuk tegangan pemercepat ion 30 kV) dan 8,18 kV (untuk tegangan pemercepat ion 60 kV).
3. Dari hasil rekaman spot berkas ion menunjukkan adanya perubahan bentuk spot berkas ion terhadap perubahan tegangan lensa kuadrupol. Pola perubahan tersebut ada kaitannya dengan perubahan jarak bayangan berkas ion baik ke arah x maupun y. Berkas ion yang sampai pada bahan target dikatakan optimum bila spot berkas ion pada bahan target minimum. Hal ini dapat diperoleh bila jarak bayangan berkas ion sama dengan jarak lensa kuadrupol II terhadap bahan target. Pada eksperimen ini untuk tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV dan 8,18 kV ternyata bentuk spot berkas ion belum minimum. Bentuk spot berkas ion yang diperoleh menunjukkan bahwa jarak bayangan berkas ion ke arah x dan y belum sama dengan jarak lensa kuadrupol II ke target.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Sdr. Al. Sunarto selaku operator mesin implantor ion P3TM yang telah banyak membantu pelaksanaan eksperimen ini sehingga dapat terlaksana dengan baik. Demikian juga penulis menyampaikan terima kasih kepada Sdr. Muryuwono Tedjo Dewanto, mahasiswa Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS yang ikut andil dalam eksperimen ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] RYSSEL, H., *et. al.*, *Ion Implantation*, A Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York, 1986.

- [2] SUGIARTO, S., SUDJATMOKO, SULAM-DARI, S., *Aplikasi Implantasi Ion Dalam Pembuatan Piranti Semikonduktor*, Prosiding PPNY-BATAN. Yogyakarta, 1995.
- [3] TJIPTO SUJITNO, SUDJATMOKO, *Aplikasi Teknik Implantasi Ion Dalam Industri Baja*, Prosiding Lustrum V FMIPA-UGM, Yogyakarta, 1995.
- [4] MURYUWONO TEDJO DEWANTO, *Efek Tegangan Lensa Kuadrupol Terhadap Kualitas Berkas Ion Mesin Implantor*, Tugas Akhir S-1. Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik Industri ITS, Surabaya, 2000.
- [5] BUDI SANTOSA, TJIPTO SUJITNO, MURYUWONO TEDJO, SEKARTEDJO, *Pengamatan Sistem Pemfokus Dari Dua Buah Lensa Kuadrupol Elektrostatik Secara Simulasi*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, Vol. 3, Nomor 2, Desember 2001.

TANYA JAWAB

Djoko Sujono

- Apakah yang menyebabkan ketidaksamaan yang terjadi antara jarak bayangan dengan jarak lensa yang ada?

Djoko S. Pudjorahardjo

- Ketidaksamaan antara jarak bayangan dengan jarak lensa kuadrupol terhadap target kemungkinan karena adanya efek muatan ruang terhadap ion-ion dalam berkas ion.

Sutadi

- Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh nilai arus berkas optimum pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV untuk tegangan pemercepat 30 kV dan tegangan lensa kuadrupol 8,18 kV untuk tegangan pemercepat 60 kV ini untuk ion apa? Untuk ion yang lain bagaimana nilai optimumnya.

Djoko S. Pudjorahardjo

- Pada percobaan ini digunakan udara sebagai gas dopan, sehingga ion-ion yang terukur merupakan campuran ion-ion penyusun udara (H, O, N, dll.). Nilai optimum dari arus ion pada tegangan lensa kuadrupol 5,45 kV dan 8,18 kV dengan demikian merupakan nilai arus ion campuran (karena tidak menggunakan ion selektor). Untuk jenis ion yang lain, nilai optimumnya akan diperoleh pada tegangan lensa kuadrupol yang berbeda karena muatan ionnya berbeda.