

STUDI TENTANG KARAKTERISASI AKSELERATOR UNTUK APLIKASI DI BIDANG BIOTEKNOLOGI

Yazid. M, H.Muryono
P3TM, Batan, Yogyakarta

ABSTRAK

STUDI TENTANG KARAKTERISASI AKSELERATOR UNTUK APLIKASI DI BIDANG BIOTEKNOLOGI. Telah dilakukan studi tentang karakterisasi akselerator untuk aplikasi di bidang bioteknologi. Akselerator adalah alat yang dapat menghasilkan berkas ion dengan tenaga tertentu dan diameter berkas tertentu. Salah satu kegunaan dari berkas ion yang dihasilkan oleh akselerator adalah untuk menyinari bahan biologis sehingga akan diperoleh mutan dan dengan seleksi dan bioteknologi dapat diperoleh varitas unggul. Biasanya varitas unggul diperoleh dengan cara perkawinan silang atau dengan cara mutasi induksi dengan menggunakan sinar gamma. Dibandingkan dengan sinar gamma, iradiasi berkas ion mempunyai beberapa keunggulan antara lain laju mutasi, karena nilai LETnya lebih tinggi, berkas ion dapat difokuskan dan diatur daya tembusnya ke dalam jaringan embrio, dan tidak merusak endosperma. Hasil karakterisasi akselerator dalam bioteknologi meliputi akselerator yang dapat digunakan untuk bioteknologi antara lain Tandem Van de Graff, Siklotron AVF, Sinkrotron, Rilac. Berkas ion yang digunakan antara lain C, He, elektron, Ar, Ne, Ni, Al, Xe dan Au. Energi yang digunakan 5-200 MeV. Dosis penyinaran 10-250 Gy. Arus ion 0,02- 20 nA. Diameter berkas ion 10-100 µm. Jumlah LET 300-1800 keV/µm dan lama penyinaran 5-30 detik/cuplikan.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION STUDY OF ACCELERATOR FOR APPLICATION IN BIOTECHNOLOGY. The characterization of accelerator for application in biotechnology was studied. Accelerator is a machine to produce ion beam particles. Accelerator can be used for biotechnology experiments. Ion beam particles irradiation on the biological material will produced variabilities of genetics and induced mutations. In general, new varieties were found by hybridization method or mutation breeding method by gamma rays irradiation. Ion beam particles can be used for biological material irradiation to find variabilities of genetics and induced mutations. The high percentage of mutation rate and LET value by ion beam particles irradiation was found higher than by gamma rays irradiation. Ion beam particle irradiation can also be controlled and foewed to target in biological material. The characterization of accelerator needed for biotechnology experiments are types of accelerator (Tandem Van de Graff, AVF Cyclotron, Synchrotron, Rilac), types of ion particles (C, He, electron, Ar, Ne, Ni, Al, Xe and Au), range of energy (5-2090 MeV), range of dose irradiation (10-250 Gy), range of ion current (0,02-20 nA), range of ion beam particles diameter (10-100 µm), range of LET value (300-1800 keV/µm) and irradiation time (5-30 seconds/samples).

PENDAHULUAN

Salah satu program BATAN di P3TM yang utama adalah akan dibangunnya laboratorium berbasis akselerator yang telah dilengkapi dengan kemampuan sumber daya manusia yang telah teruji. Akselerator akan dibangun di P3TM BATAN Yogyakarta, dengan lokasi dan tata ruang seperti pada Gambar 1.^[1,2]

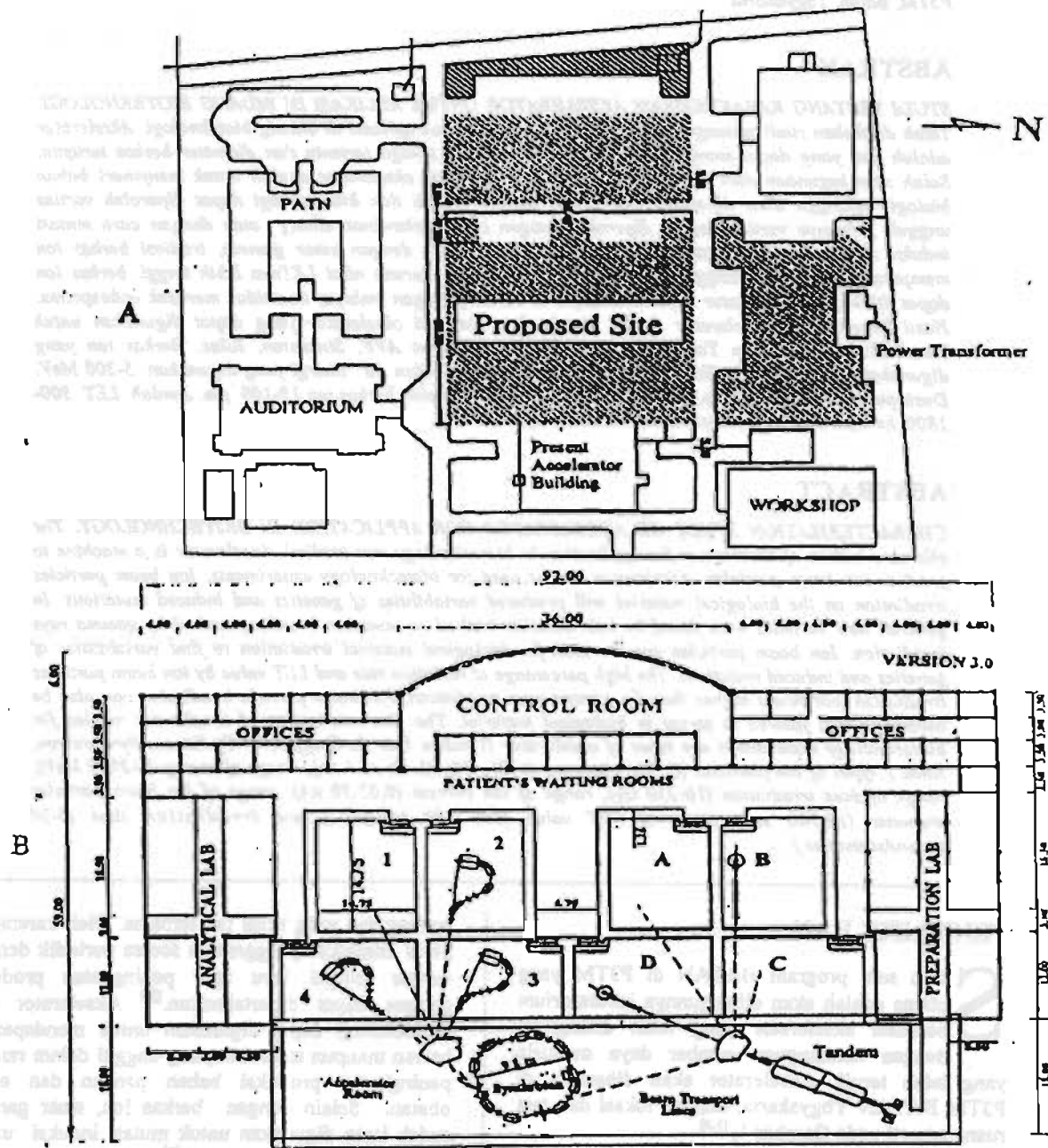
Salah satu aplikasi akselerator adalah dalam bidang bioteknologi. Berkas ion dari akselerator digunakan untuk menyinari bahan biologis dan mutasi yang diperoleh selanjutnya dikembangkan dengan bioteknologi dan rekayasa genetika untuk mendapatkan varitas unggul. Varitas unggul merupakan salah satu contoh aplikasi akselerator dalam bidang bioteknologi dan rekayasa genetika. Varitas unggul yang ada saat ini mempunyai sifat

keunggulan yang tidak tak terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukan penggantian secara periodik dengan varitas unggul baru agar peningkatan produksi pangan dapat dipertahankan.^[3] Akselerator dan bioteknologi dapat digunakan untuk mendapatkan hewan maupun mikrobia yang unggul dalam rangka peningkatan produksi bahan pangan dan obat-obatan. Selain dengan berkas ion, sinar gamma sudah lama digunakan untuk mutasi induksi untuk mendapatkan varitas unggul.^[4]

Berkas ion yang dihasilkan oleh akselerator dapat digunakan untuk menciptakan variabilitas genetik dan mutasi induksi pada organisme dengan persentase laju mutasi yang tinggi, dan LET (*Linear Energy Transfer*) yang relatif lebih tinggi daripada sinar gamma. Selain itu, iradiasi dengan berkas ion dapat diatur agar tepat mengenai sasaran.^[5] LET adalah jumlah energi yang dipindahkan dari partikel

ion ke jaringan biologis selama partikel ion tersebut melintasi jaringan biologis. Karakterisasi akselerator untuk aplikasi dalam bidang bioteknologi bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang penggunaan akselerator untuk bioteknologi yang meliputi obyek

dan karakter yang akan ditingkatkan kualitasnya, jenis akselerator, jenis ion, besarnya arus, dosis iradiasi, diameter berkas, waktu iradiasi, dan jumlah LET dalam jaringan embrio.



Gambar 1. A=Calon lokasi laboratorium akselerator di Yogyakarta.

B=Pembagian tata ruang laboratorium akselerator.

1234 = Ruang radioterapi.

ABCD=Ruang untuk penelitian.^[20]

BAHAN DAN METODE

Obyek bioteknologi

Bioteknologi tumbuhan. Penggunaan akselerator dalam bioteknologi tumbuhan bertujuan untuk mendapatkan varitas unggul dalam rangka meningkatkan produksi pangan. Obyek tanaman yang terpilih antara lain padi unggul Cilosari, padi lahan kering, kedelai Muria dan Tengger dan tanaman jarak varitas lokal (Gambar 2.)

Bioteknologi hewan. Penggunaan akselerator dalam bioteknologi hewan mencakup bidang perikanan dan peternakan. Peningkatan kualitas ikan komersial seperti udang, kerang, ikan lele dan gurameh merupakan sasaran utama. Dalam bidang peternakan, beberapa sasaran antara lain meningkatkan persentase kelahiran betina bagi ternak yang bunting dan meningkatkan kualitas ternak unggul dan ternak potong (Gambar 3.)

Bioteknologi mikrobia. Penggunaan akselerator dalam bioteknologi mikrobia untuk agro industri antara lain mendapatkan mikrobia unggul penghasil bahan ekspor (misalnya jamur merang) dan mendapatkan fementator unggul yang diperlukan dalam industri fermentasi. Pada mikrobia penghasil antibiotik (misalnya *streptomycin*, *penicilin* dll) perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kualitas mikrobia unggul penghasil antibiotik (Gambar 3.)

Metode bioteknologi tersebut di atas, baik dengan perlakuan iradiasi berkas ion atau tanpa perlakuan iradiasi berkas ion, akan menghasilkan tanaman unggul yang disebut tanaman MGC (*Modified Genetic Crops*) dan menghasilkan bahan pangan yang disebut MGF (*Modified Genetic Food*). Bahan pangan MGF ternyata menimbulkan pro dan kontra di kalangan para ahli. Satu sisi mengatakan bahwa mengkonsumsi bahan makanan dari MGC akan menimbulkan efek negatif yang sulit ditanggulangi, sementara pakar lain mengatakan bahwa mengkonsumsi bahan makanan dari MGC tidak akan menimbulkan resiko apa-apa, toh biasanya bahan makanan itu dimasak terlebih dahulu dan semua komponen negatif yang ada dalam makanan akan rusak atau mati. ^[8]

Karakterisasi akselerator

Contoh akselerator yang digunakan untuk bioteknologi antara lain Tandem Van der Graaff, Siklotron AVF (*Azimuthally Varying Field*), Sinkrotron, Rilac (*Riken heavy ion Linac*). Berkas ion yang sering digunakan antara lain C, He, elektron, Ar, Ne, Ni, Al, Xe dan Au. Energi yang biasa digunakan 5-200 MeV. Dosis penyinaran 10-250 Gy. Arus ion 0,02- 20 nA. Diameter berkas

ion 10-100 μm . Jumlah LET 300-1800 keV/ μm . dan lama penyinaran 5-60 detik / cuplikan ^[7-12]

HASIL DAN PEMBAHASAN

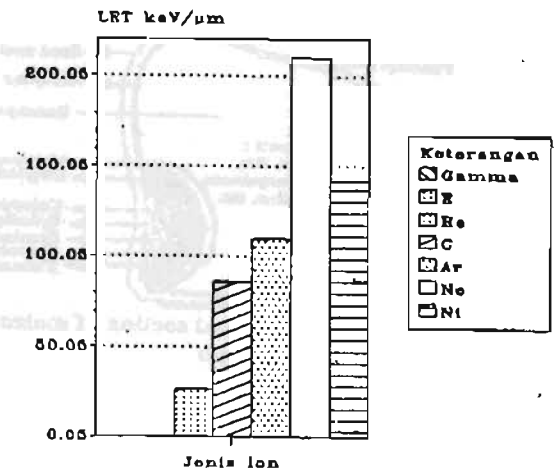
Hasil pengamatan perbedaan laju mutasi dan jumlah LET pada bahan biologis yang diperlakukan dengan beberapa macam sumber ion dan sinar gamma disajikan pada Tabel 1, Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1. Data perbedaan laju mutasi dan jumlah LET pada bahan biologis yang diperlakukan dengan beberapa macam sumber ion dan sinar gamma ^[7-10]

Mutagen	Laju mutasi (%)	Jumlah LET keV/ μm
Mutasi alamiah	6	-
Sinar gamma	22	0,05
Elektron	-	0,2
Ion Ar	-	110
Ion C	45	66
Ion He	43	27
Ion Ne	39	210
Ion Ni	-	142
Bahan kimia	28	-

Catatan :- Tidak ada datanya

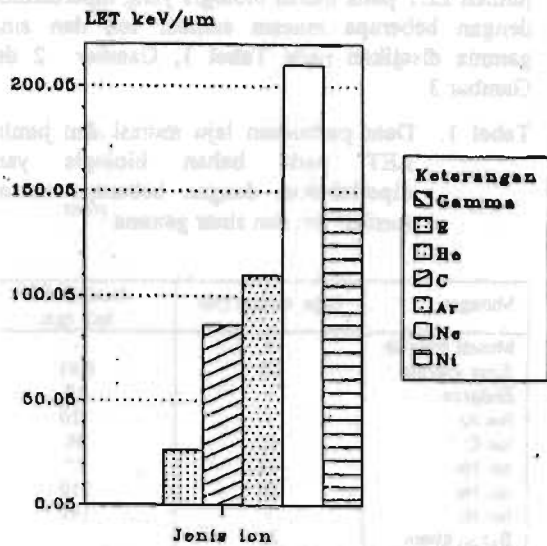
Pada Tabel 1 dan Gambar 4, persentase laju mutasi pada mutasi spontan yang terjadi secara alamiah menunjukkan beda yang nyata terhadap persentase laju mutasi yang diperoleh karena perlakuan iradiasi dengan snlar gamma maupun dengan partikel berkas ion. Persentase laju mutasi karena perlakuan sinar gamma tidak menunjukkan beda yang nyata terhadap laju mutasi yang diperoleh dengan perlakuan bahan kimia.



Gambar 2. Perbedaan % laju mutasi pada bahan biologis yang diperlakukan dengan sinar gamma, bahan kimia dan berkas ion ^[7,8].

Persentase laju mutasi yang diperoleh dengan perlakuan sinar gamma dan perlakuan bahan kimia

menunjukkan persentase laju mutasi yang berbeda nyata dengan persentase laju mutasi yang diperoleh karena perlakuan denngan berkas partikel ion. Hal ini antara lain disebabkan karena LET yang diakibatkan oleh partikel berkas ion lebih besar. Makin tinggi nilai LET makin tinggi pula persentase laju mutasi nya. ^[7,8]



Gambar 3. Perbedaan jumlah LET pada bahan biologis yang diperlakukan dengan sinar gamma, bahan kimia dan berkas ion ^[9,10].

Pada Tabel 1 dan Gambar 3, jumlah LET dalam jaringan biologis yang diakibatkan karena iradiasi sinar gamma dan elektron menunjukkan data yang sangat rendah bila dibandingkan dengan iradiasi berkas partikel ion, sedangkan nilai LET yang tinggi diperoleh dengan perlakuan iradiasi dengan partikel ion. Nilai LET yang terbesar adalah berkas partikel ion Ne, kemudian disusul berkas ion Ni, Ar, C dan He. ^[9,10]

Iradiasi material biologis dengan sinar gamma, selain mengenai sasaran iradiasi berupa jaringan embrio juga akan mengenai jaringan cadangan makanan embrio yang ada di dalam endosperma. Dengan demikian maka sebagian cadangan makanan akan rusak dan tidak dapat dimanfaatkan oleh embrio sebagai sumber makanannya. Kerusakan makanan ini akan dapat menyebabkan embrio mati. Penggunaan berkas ion yang dapat diatur penetrasi kedalamannya dan dapat difokuskan untuk tepat mengenai sasaran akan dapat mengurangi kerusakan sel yang di luar target, terutama sel-sel yang mengandung cadangan makanan embrio. Dengan demikian maka embrio yang sudah diiradiasi dengan berkas ion akan mendapatkan bahan makanan yang cukup untuk pertumbuhannya. ^[5]

Hasil penelitian aplikasi berkas ion dalam bioteknologi dan pemuliaan mutasi di Jepang beserta acuannya disajikan pada Tabel 2.

Gambaran perbedaan akibat iradiasi menggunakan sinar gamma dan berkas partikel ion pada target dan non target dari biji jagung disajikan pada Gambar 4.

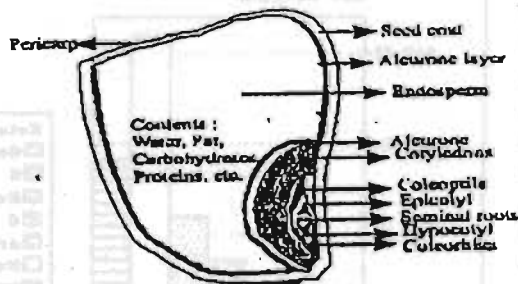


Fig. A. Longitudinal section of maize seed with embryo

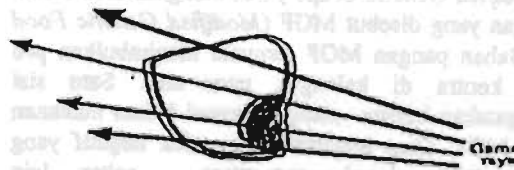


Fig. B. Maize seed irradiation by gamma rays

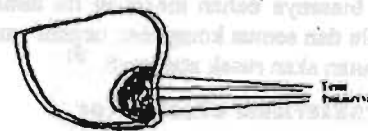


Fig. C. Maize seed irradiation by ion beams

Gambar 4. Perbedaan akibat iradiasi menggunakan sinar gamma dan berkas partikel ion target dan non target dari biji jagung. ^[5]

Tabel 2. Hasil kajian mutasi induksi dengan berkas partikel ion pada beberapa jenis tanaman

Tanaman	Ion, energi, dosis (Gy), arus, ϕ berkas, varitas induk	Sifat unggul yang diuji	Ref.
Padi <i>Nippon bare-M</i>	C^{5+} , 5-200 MeV 20-60 Gy, 0,02 nA., 10 μm He^{2+} , 100 MeV 100 Gy, 20 nA., 10 μm <i>Nippon bare</i>	Tahan penyakit <i>Bacterial leaf blight resistance</i> . Berbunga lebih awal, hasil padi naik 20%	11
<i>Chrysanthemum</i> 94c-13	C^{5+} , 5-200 MeV 5-20 Gy, 0,02 nA., 10 μm Taihei	Warna bunga berubah : 0,3% putih, 4,6% merah muda, 0,2% merah tua, 0,3% oranye, 0,29% kuning, 10,2% warna strip kompleks	12
Tembakau <i>Yam dan Perevi</i>	C^{5+} , 5-200 MeV 10-40 Gy, 0,02 nA., 10 μm , He^{2+} , 100 MeV 20-80 Gy, 0,02 nA., 10 μm . <i>Burley 4</i>	Resistan terhadap <i>Tobacco yellow spotted streak diseases</i>	13
<i>Strawberry</i> GSC-1	He^{2+} , 5-100 MeV 20-50 Gy, 0,02 nA., 10 μm <i>Hanuna</i>	Resistan terhadap penyakit jamur patogen <i>Glomerella congulata, dwarf type</i> dan <i>branch type mutant</i> .	14
Rumput Golf (<i>Creeping grass</i>)	C^{5+} , 5-200 MeV 5-30 Gy, 0,02 nA., 5 μm . He^{2+} , 50 MeV 5-40 Gy, 0,02 nA., 5 μm <i>Penncross</i> .	Resistan terhadap penyakit <i>Brown patch disease (Rhizoctonia solani)</i> , dan daya regenerasinya tinggi	15
<i>Wheat -M</i>	C^{5+} , 5-200 MeV 5-20 Gy, 0,02 nA., 5 μm . <i>Gamma -W2</i>	Resistan terhadap penyakit karat daun. Berbunga lebih awal,	16
Tembakau <i>N.Tabacum</i>	C^{5+} , 7,5-220 MeV 0-80 Gy, 0,02 nA., 5 μm . Penetrasi 10 mm H^{2+} , 5-100 MeV 0-40 Gy, 0,02 nA., 5 μm . Penetrasi 15 mm. <i>Bright Yellow</i>	Resistan terhadap penyakit PVY pada tembakau. PVY= <i>Potato Virus Y</i>	17
<i>Brassica napus</i>	He^{2+} , 5-100 MeV, 15-50 Gy, 0,02 nA., 10 μm	Stimulasi pertumbuhan vegetatif, umur lebih genjah.	18
<i>Gladiole</i>	C^{5+} , 7,5-200 MeV 5-20 Gy, 0,02 nA., 10 μm . <i>Chiba Green</i>	Berbunga lebih awal satu bulan setelah berkecambah	19

Iradiasi dengan berkas partikel ion pada tanaman padi, tembakau, *strawberry*, rumput, *wheat*, *Brassica napus*, bunga *chrysanthemum* dan *gladiole* dapat meningkatkan kualitas dari tanaman tersebut..

KESIMPULAN

1. Beberapa jenis akselerator dapat digunakan untuk aplikasi dalam bidang bioteknologi antara lain Tandem Van de Graff, Siklotron AVF, Sinkrotron, Rilac.
2. Data karakterisasi akselerator meliputi berkas ion yang digunakan antara lain C, He, elektron, Ar, Ne, Ni, Al, Xe dan Au. Energi yang digunakan 5-200 MeV. Dosis penyinaran 10-250 Gy. Arus ion 0,02- 20 nA. Diameter berkas ion 10-100 μm . Jumlah LET 300-1800

keV/ μm . dan lama penyinaran 5-30 detik/cuplikan.

3. Obyek bioteknologi meliputi tumbuhan (padi, kedelai, tanaman jarak), hewan (ikan komersial dan ternak) dan mikrobial (mikrobial fermentator dan mikrobial penghasil antibiotik).

DAFTAR PUSTAKA

1. SUDJATMOKO. Kajian teknis pembangunan laboratorium akselerator di Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta. PPNY BATAN. Tidak terbit. 1997
2. SUKARMAN AMINJOYO, SUDJATMOKO, DJOKO SP. Rencana pembangunan laboratorium berbasis akselerator di Pusat Penelitian Nuklir, BATAN Yogyakarta. Seminar Nasional Teknologi Akselerator dan

- Aplikasinya. Yogyakarta, 24-25 Nopember 1998.
3. ISMACHIN, M. PAIR BATAN, Jkt. Komunikasi pribadi. 1997.
 4. ISAO ISHIGAKI. Progress on Research of Materials Science and Biotechnology Ion Beam Application. Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment. JAERI, Japan .1997.
 5. H.MURYONO. Studi tentang aplikasi akselerator dalam bioteknologi dan rekayasa genetika. Seminar Koordinasi Akselerator I, II dan III di Yogyakarta, tanggal 12 Agustus 1997, tanggal 31 Mei 1999 dan tanggal 22 Juni 1999. Tidak terbit.
 6. BBC London. Siaran IPTEK. 12 Desember 1999. jam 20.45.
 7. SHIGEMITSU TANO. Heavy Ion Induced Mutation in Arabidopsis. p.73-77. Proceeding of the International Symposium on Advanced Nuclear Energy Research Recent Progress in Accelerator Beam Applications. (March, 18-20 1996, Takasaki, Japan). JAERI-Conf. 97-003. 1997.
 8. S.NAGATOMI, A.TANAKA, A.KATO, H.YAMAGUCHI, H.WATANABE, S.TANO. Mutation Induction through Ion Beam Irradiations in Rice. p.41-43. JAERI-Review 98-016. 1998
 9. M.WATANABE. Biological Effects of High LET Radiations. p-53-58. Proceeding of the International Symposium on Advanced Nuclear Energy Research Recent Progress in Accelerator Beam Applications. (March, 18-20 1996, Takasaki, Japan). JAERI-Conf. 97-003. 1997.
 10. WARD, J.F., J.R.MILLIGAN. Radiation Damage to DNA, the Effect of LET. p.63-67. Proceeding of the International Symposium on Advanced Nuclear Energy Research Recent Progress in Accelerator Beam Applications. (March, 18-20 1996, Takasaki, Japan). JAERI-Conf. 97-003. 1997.
 11. NAGATOMI, S. et al. Enlargement of Potential Chimera on *Chrysanthemum* Mutants Regenerated from $^{12}\text{C}^{5+}$ Ion Beam Irradiated Explants. p. 48-50. JAERI-Review. 97-015 1997.
 12. SAIDOH, M. Ion Accelerator Beam Technologies and Their Application Research Activities in Tiara. BATAN-JAIF Bilateral Seminar on Accelerator Technology and Its Applications. Held at Yogyakarta, Indonesia, November 2-5, 1999.
 13. HASE, Y. Development of Novel Resistant Lines to Tobacco Yellow Spotted Streak Disease by Ion Beam Irradiation. p.50-52. JAERI-Review 97-016. 1997
 14. KUDO, N. et al. Induction of Mutation in Strawberry and Hydrangea by Ion Beam Irradiation Effects of Ion Beam Irradiation on Shoot Regeneration of Strawberry Callus and Germination of Hydrangea Seed. p.62-64. JAERI-Review. 1998. JAERI-Review 98-016. 1998
 15. YASUYUKI ITO, MARIOHARA. Effects of Ion Beams on the Seed Germination and in Vitro Regeneration of Creeping Bentgrass. p. 65-68. YAERI-Review. 1998. JAERI-Review 98-016. 1998
 16. TAKAHASHI, T. et al, Mutation Induced by Ion Beam (C^{3+} and He^{2+}) Irradiation in Wheat. p.60-61. JAERI-Review 98-016. 1998
 17. TAKAHASHI, T. et al . PVY-Resistant Mutation Induced by Ion Beam Exposure, in Combination with Anther Culture of *Nicotiana tabacum* L. p. 35-37. JAERI-Review 98-016. 1998
 18. TANAKA, R., T.KAMIYA, T.SAKAI, M.FUKUDA, Y.KOBAYASHI, A.TANAKA, H.WATANABE. Recent Technical Progress in Application of Ion Accelerator Beams to Biological Studies in Tiara. JAERI, Japan. 1998.
 19. GOTO, A. Non Nuclear Physics Researches at RIKEN Accelerator Research Facility. RIKEN, Japan. 1998.
 20. TIM AKSELERATOR P3TM BATAN, Yogyakarta. 1999.

TANYA JAWAB

Dursono

- * Apakah mungkin Tandem Akselerator untuk aplikasi mutasi genetik, beri alasan ilmiahnya.
- * Apakah ada alasan fisis atau biologis, mengapa menggunakan berbagai jenis ion, C, Xe, He, dll. Mohon dijelaskan.

M. Yazid

- * Menurut kepustakaan yang ada begitulah, sedang kami pelajari lebih lanjut.
- * Prinsip dasar biologisnya, asalkan suatu berkas ion itu mampu mengubah struktur kromosomnya.

Siti Ummyati

- * Mutan dapat dihasilkan secara cepat tapi "produk hasil mutasi yang terpilih" hingga sampai user lama waktunya.

M. Yazid

- * Mutan dilepas ke masyarakat setelah sifat-sifatnya stabil, biasanya pada generasi F2.

Sukdyo

- * Bagaimana dapat diusahakan *sacharomyces*, tempe, kecap, anggur sehingga dihasilkan tempe dengan kualitas tertentu sebagai makanan kesehatan.

M. Yazid

- * *Pemuliaan mutasi merupakan salah satu usaha menunjukkan arah itu.*

Victoria H.

- * Bagaimana penggunaan fasilitas akselerator untuk peneliti-peneliti yang berasal dari instansi di luar Batan. Apakah bekerjasama dengan peneliti-peneliti dari Batan Yogyakarta. Dapatkah dijadikan konsultan dan bagaimana dengan prosedur danbeayanya.
- * Dapatkah meminjam buku-buku yang berkaitan dengan bioteknologi bidang teknologi akselerator.

M. Yazid

- * *Pada prinsipnya fasilitas ini direncanakan bersifat terbuka bagi para peneliti di luar Batan. Salah satu caranya dengan bekerja sama, namun tidak tertutup kemungkinan dengan cara-cara yang lain.*

- * *Perpustakaan Batan terbuka untuk umum.*



Astuti

- * Apakah dapat dipergunakan akselerator untuk peningkatan produksi daging ayam broiler, dan bagaimana caranya. Dan apakah daging yang dihasilkan berbahaya.

M. Yazid

- * *Secara teori dapat, dengan teknik pemuliaan mutasi untuk memperbaiki sifat F1-nya. Daging yang dihasilkan tidak berbahaya karena tidak mengandung senyawa radioaktif.*

Lampiran I.

Obyek Tamanan Pertanian	
<p>1. Padi : - Cilosari (sawah) - Lokal (lahan kering)</p>	<p>2. Kedele - Muria -Tenger</p>
<p>3. Jarak : - Var. Lokal</p>	
<p>Padi Cilosari → sudah unggul dan tinggal memperbaiki sifat lainnya</p> <p>Parameter</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Umur genjah → \cong 3 bulan 2. Produksi tinggi → anakan total (> 30) dan anakan produktif, produksi → > 7 ton/ha 3. Tahan penyakit karatdaun (<i>Priricularia oryae</i>) → menghambat fotosintesa 4. Kadar amilosa rendah → 3 - 15 % nasi enak 5. Kadar protein tinggi → 6,5 - 15 % 6. Tahan rebah 7. Tahan wereng biotipe terakhir → biotipe 4 	<p>Kedele varitas Muria, Tenger</p> <p>Parameter</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Umur \cong 90 hari 2. Produksi tinggi → banyak cabang, banyak polong > 20 kw/ha 3. Tahan penyakit karat daun (<i>Phakospora pacharhizi</i>) 4. Kadar protein tinggi 5. Tahan rebah
<p>Padi Lokal (lahan kering)</p> <p>Parameter</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Umur genjah \cong 3 bulan 2. Produksi tinggi 3. Tahan kekeringan 	<p>Jarak = Castor oil plant, varitas lokal</p> <p>Parameter</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Umur genjah, 3 bulan berbuah 2. Produksi tinggi → cabang awal dekat tanah, banyak cabang 3. Kadar minyak tinggi 4. Tahan rebah <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Normal</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mutan</p> </div> </div>

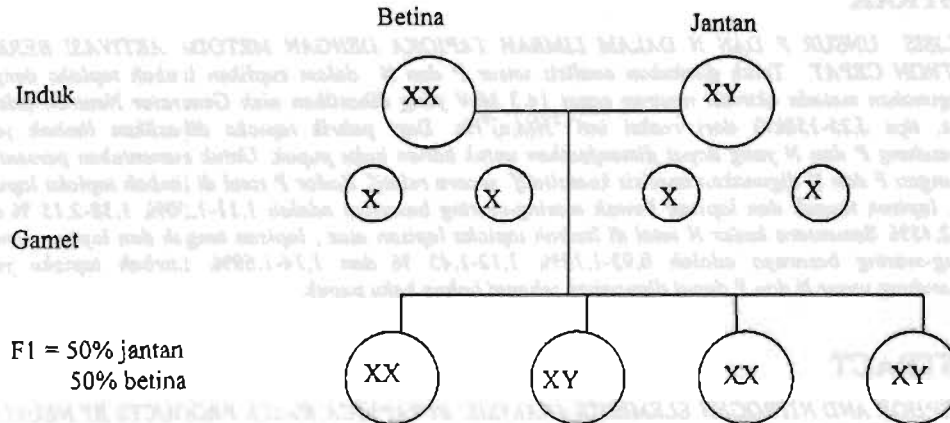
Lampiran II.

Obyek Hewan 1 (Peternakan)

1. Ternak kaki empat : Sapi , kerbau , , kuda, dan kambing.

Tujuan :

Meningkatkan persentase anak betina pada setiap kelahiran ternak



Obyek Hewan 2 (Perikanan)

2. Ikan komersial : udang, kerang, lele dumbo, ikan gurameh.

Tujuan :

Ikan cepat besar dan tahan terhadap parasit ikan *Lernea cyprinella*

Obyek Mikrobia

Mikrobia penghasil obat-obatan (antibiotik)

Mikrobia Ferentator dalam agroindustri

Tujuan

Mendapatkan mikrobia unggul sehingga akan dihasilkan antibiotik yang lebih cepat dan kualitasnya tinggi. Juga terjadi peningkatan agroindustri yang menghasilkan bahan ekspor, misalnya jamur merang, udang, rumput laut dll.