

PENGARUH IRRADIASI SINAR GAMMA ^{60}Co TERHADAP PERTUMBUHAN STEK LADA (*Piper Nigrum L.*) CV. PETALING 1

Ismiyati Sutarto, Agus Darmawan, dan Marina Yuniawati M.
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN

ABSTRAK

PENGARUH IRRADIASI SINAR GAMMA ^{60}Co TERHADAP PERTUMBUHAN STEK TANAMAN LADA (*Piper Nigrum L.*) CV. PETALING 1. Telah dilaksanakan penelitian untuk mengetahui pengaruh irradiasi sinar gamma ^{60}Co terhadap pertumbuhan stek lada. Penelitian dilakukan di Rumah Kaca Bidang Pertanian Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) BATAN dari bulan Juni sampai bulan September 2004. Bahan penelitian yang digunakan adalah stek dengan panjang dua nodus yang diirradiasi sinar gamma dengan dosis 0, 2, 4, 6, 8 dan 10 Gy. Setelah diirradiasi stek ditanam pada polybag. Setiap dosis perlakuan terdiri dari 110 batang stek lada, maka jumlah keseluruhan stek lada pada percobaan ini adalah $6 \times 110 = 660$ batang stek lada. Data pengamatan yang diperoleh ditentukan kehomogenan ragamnya berdasarkan uji χ^2 dengan derajat bebas yang berbeda pada taraf nyata 5%. Parameter yang diamati meliputi waktu munculnya tunas, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, panjang akar terpanjang, persentase setek bertunas, persentase setek jadi, dan persentase setek hidup. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata pada beberapa parameter pengamatan seperti saat muncul tunas pertama, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar dan panjang akar terpanjang. Namun terlihat bahwa radiasi mampu menstimulasi pertumbuhan stek lada yang telah diirradiasi dengan menampilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan stek lada yang tidak diradiasi (kontrol).

Kata kunci: Piper Nigrum L., stek, irradiasi, ^{60}Co (Piper Nigrum L., cuttings, irradiation, ^{60}Co .)

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF GAMMA IRRADIATION ^{60}Co ON THE GROWTH PEPPER (*Piper nigrum L.*) CV. PETALING 1 CUTTINGS. An experiment was done in order to find out the influence of gamma irradiation ^{60}Co on the growth of pepper cuttings. The experiment was carried out at the green house of Agriculture Division, Center for Application of Isotope and Radiation Technology, Jakarta from June to September 2004. Pepper cuttings consisted of 2 nodes were exposed to gamma rays at the dose 2, 4, 6, 8 and 10 Gy. Untreated cuttings were also observed in this experiment. Data obtained were analyzed by applying χ^2 test at 5 % significance level to determine homogeneity of variance among the parameter observed with different degree of freedom. The result indicated that there was no significance different in some parameter observed such as time of emerging the first shoot, shoot and root length, number of leaf and root. However, it seems that irradiation might stimulate the growth of irradiated cuttings since their growth was better than untreated cuttings.

PENDAHULUAN

Lada (*Piper Nigrum L.*) merupakan salah satu komoditas pertanian yang sejak dulu sudah dikenal oleh masyarakat Indonesia, yaitu sebagai bumbu masak. Di samping itu, lada merupakan komoditas pertanian yang memiliki nilai ekonomi tinggi, lebih dari 80% *cash crop* ini merupakan komoditas ekspor. Karena mahalnya harga lada dan banyaknya negara yang membutuhkan lada hitam atau lada putih menyebabkan prospek agrobisnis tanaman ini sangat cerah. Pada kenyataannya setiap tahun terjadi penurunan volume ekspor lada Indonesia. Dengan demikian, usaha untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi lada nasional perlu dilakukan.

Tanaman lada umumnya diperbanyak secara vegetatif, yaitu dengan stek batang atau cabang. Perbanyakannya secara vegetatif menghasilkan tanaman yang seragam dan memiliki sifat genetik yang sama dengan induknya. Hal ini mengakibatkan tingkat

variabilitas atau keragaman genetik tanaman lada menjadi sempit sehingga sulit bagi pemulia untuk melakukan seleksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha meningkatkan variabilitas genetik pada tanaman lada sehingga dapat dilakukan seleksi terhadap sifat unggul yang dikehendaki.

Untuk memperbaiki sifat tanaman lada dapat dilakukan dengan persilangan dan pemuliaan dengan teknik mutasi. Perbaikan sifat tanaman lada dengan persilangan sulit dilakukan, karena hasil keturunannya tidak seragam dan produksinya sangat lambat. Tanaman lada dapat berbuah setelah berumur 7 tahun atau lebih dan masa produksinya lebih pendek. Oleh karena itu perlu dilakukan metode yang lain yaitu dengan teknik mutasi. Mutasi adalah perubahan struktur pada gen atau kromosom yang terjadi secara mendadak. Mutasi dapat meningkatkan variabilitas atau keragaman genetik dengan munculnya sifat genetik baru pada tanaman tersebut. Dari sifat yang baru muncul ini dapat

dilakukan seleksi untuk mendapatkan sifat unggul yang dikehendaki (1). Menurut Micke dan Donini dalam Rachmadi (2) aspek yang paling menjanjikan dari penerapan induksi mutasi pada tanaman membiak vegetatif dibandingkan dengan metode persilangan adalah adanya kemungkinan untuk memperbaiki sedikit karakter tanpa mengubah secara mendasar susunan gen lain yang telah baik. Menurut Van Harten (3) mutagen yang digunakan dalam induksi mutasi ini ada dua, yaitu mutagen fisika dan mutagen kimia. Donini (4) menyatakan bahwa mutagen kimia kurang efektif dibandingkan dengan mutagen fisika untuk tanaman yang diperbanyak secara vegetatif. Hal ini dikarenakan mutagen kimia memiliki daya penetrasi yang rendah terhadap jaringan meristem. Mutagen fisika yang sering digunakan adalah sinar x dan sinar gamma. Dosis yang efektif dari mutasi induksi ditunjukkan dengan LD-50 (*Lethal dose* 50) dimana pada LD-50 ini terjadi kematian 50% dari organisme yang diradiasi (5).

Menurut Van Harten (3) dosis optimal yang digunakan untuk radiasi tanaman atau bagian vegetatif tanaman adalah antara 5 Gy dan 100 Gy tergantung pada spesies tanaman, kultivar, jenis material yang digunakan (bagian tanaman, umur, dormansi). Hasanah dan Hadipoentiyanti (6) telah melakukan mutasi radiasi dengan sinar gamma pada stek tanaman lada dengan dosis $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, dan 3 Gy. Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman lada untuk memperoleh mutan yang mempunyai produksi tinggi dan tahan terhadap penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora*. Namun dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan dosis yang diberikan belum meningkatkan keragaman genetik yang diharapkan. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya perbedaan produksi yang nyata antara tanaman yang tidak diradiasi dengan tanaman yang diradiasi dan tidak diperoleh mutan yang tahan terhadap busuk pangkal batang ketika diuji. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memberikan perlakuan dosis yang lebih tinggi.

Salah satu daerah penghasil utama lada di Indonesia adalah Pulau Bangka dan salah satu varietas unggul yang banyak ditanam di daerah tersebut adalah varietas Petaling 1. Lada varietas Petaling 1 memiliki produksi tinggi, umur berbuah yang relatif lebih cepat dan tahan terhadap penyakit kuning, namun rentan terhadap penyakit busuk pangkal batang. Sehubungan dengan itu akan dilakukan perbaikan sifat tanaman lada varietas Petaling 1 melalui induksi mutasi dengan sinar gamma

untuk meningkatkan sifat unggul tahan terhadap penyakit busuk pangkal batang dan sifat unggul lainnya guna memperbaiki kualitas dan kuantitas lada nasional.

Percobaan ini bertujuan untuk mendapatkan dosis yang tepat atau efektif untuk induksi mutasi dengan penyinaran sinar gamma ^{60}Co pada setek tanaman lada.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada bulan Juni sampai bulan September 2004 di Rumah Kaca Bidang Pertanian Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) di Pasar Jum'at, Lebak Bulus Jakarta Selatan.

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah stek lada perdu varietas Petaling 1, Green Leaf 200 sebagai campuran media pertumbuhan bibit setek, pasir, tanah, Rootone F, insektisida Furadan dan fungisida Benlate. Sedangkan alat yang digunakan adalah *Gamma Chamber* sebagai irradiator, polybag, rak tempat meletakkan polybag, gunting tanaman, pisau, plastik, kertas, *hand sprayer*, dan alat tulis.

Perlakuan pada percobaan ini adalah iradiasi atau penyinaran stek lada dengan sinar gamma $^{60}\text{Cobalt}$ dengan 6 taraf dosis penyinaran yaitu 0, 2, 4, 6, 8, 10 Gy. Setiap dosis perlakuan terdiri dari 110 batang stek lada, maka jumlah keseluruhan stek lada pada percobaan ini adalah $6 \times 110 = 660$ batang stek lada. Pengamatan dilakukan pada setiap individu bibit stek dari tiap perlakuan. Kegiatan pengamatan meliputi waktu munculnya tunas (hst), panjang tunas (cm), jumlah daun (helai), jumlah akar (buah), panjang akar terpanjang (cm), persentase stek bertunas (%), persentase stek jadi (%), dan persentase stek hidup (%). Hasil pengamatan yang didapat ditentukan nilai ragamnya. Semua parameter pengamatan kecuali pengamatan mengenai persentase diuji kehomogenan ragamnya dengan analisis berdasarkan uji χ^2 dengan derajat bebas berbeda pada taraf nyata 5%.

Media tanam yang digunakan adalah Green Leaf 200, pasir, dan tanah dengan perbandingan 1 : 1 : 2. Kegiatan selanjutnya adalah persiapan bahan stek. Pemotongan stek dilakukan pada pagi hari dan stek yang digunakan adalah cabang buah dengan 2 nodus yang dipotong kira-kira 1 cm di bawah nodus pertama atau nodus terbawah dan 1 cm di atas nodus kedua atau teratas. Setek diradiasi sesuai dengan dosis perlakuan. Sebelum ditanam, pangkal stek diolesi dengan pasta Rootone F. Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan, serta pengendalian hama dan penyakit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan terhadap saat muncul tunas pertama (hst), panjang tunas (cm), jumlah daun (helai), jumlah akar (buah) dan panjang akar terpanjang (cm) antara tanaman lada yang diirradiasi dengan tanaman lada yang tidak diirradiasi (kontrol) menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata menurut uji χ^2 dengan derajat bebas berbeda pada taraf nyata 5% (Tabel 1).

Tidak nyatanya perbedaan terhadap kehomogenan ragam waktu muncul tunas pertama, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar terpanjang antara tanaman lada yang tidak diirradiasi (kontrol) dengan tanaman lada yang diirradiasi ini menunjukkan bahwa irradiasi sinar gamma dengan dosis 2-10 Gy sebagai mutagen yang diperlakukan dalam percobaan ini belum memberikan perubahan fenotipe dalam hal waktu muncul tunas pertama, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar terpanjang pada tanaman lada generasi M1V1 ini.

Tabel 1. Rata-rata dan ragam waktu muncul tunas pertama (hst) stek lada yang tidak diirradiasi dan stek lada yang diirradiasi.

No	Dosis Penyinaran (Gy)	Rata-rata	Ragam
1	0 (kontrol)	43.125	43.584
2	2	35.250	156.093
3	4	43.125	108.250
4	6	34.297	108.992
5	8	32.677	104.359
6	10	30.167	62.147
χ^2 tabel 0.05 = 11.070, χ^2 hitung = 7.935 ⁽ⁿ⁾			

⁽ⁿ⁾ berbeda tidak nyata menurut uji χ^2 dengan derajat bebas tidak sama pada taraf nyata 5%.

Stek lada yang diirradiasi memiliki kecenderungan nilai ragam saat muncul tunas pertama yang lebih besar dibandingkan dengan stek lada kontrol (Tabel 1). Donini (4) menyatakan bahwa mutasi induksi pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif umumnya adalah perubahan genetik yang mengarah pada karakter kuantitatif dan mutasi yang ditampilkan pada generasi M1V1 bersifat resesif sehingga perubahan tersebut akan tampak pada generasi berikutnya. Begitu juga dengan nilai rata-rata saat muncul tunas pertama stek lada generasi M1V1 cenderung lebih cepat daripada stek lada kontrol. Mutasi bersifat acak sehingga nilai ragam panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar terpanjang antara stek lada kontrol dengan stek lada yang diirradiasi tidak berbeda nyata. Welsh (7) menyatakan bahwa mutasi induksi hasilnya tidak tampak secara langsung dimana perlakuan mutagen dapat mengubah

genotipe alela dalam pola acak. Ditambahkan oleh Allard (8) karena bersifat acak inilah maka mutasi induksi dengan sinar gamma tidak selalu mengakibatkan perubahan genetik.

Tabel 2. Rata-rata dan ragam panjang tunas (cm) stek lada yang tidak diirradiasi dan stek lada yang diirradiasi.

No	Dosis Penyinaran (Gy)	Rata-rata	Ragam
1	0 (kontrol)	1.663	0.283
2	2	1.500	0.271
3	4	1.769	0.332
4	6	1.478	0.360
5	8	1.471	0.418
6	10	1.467	0.398
χ^2 tabel 0.05 = 11.070, χ^2 hitung = 1.508 ⁽ⁿ⁾			

⁽ⁿ⁾ berbeda tidak nyata menurut uji χ^2 dengan derajat bebas tidak sama pada taraf nyata 5%.

Begitu juga menurut Nasir (9) bahwa di dalam mutasi spontan atau buatan, sel yang membawa hasil mutasi baru cenderung hilang daya saingnya dengan sel yang tidak termutasi. Selain itu, tipe perubahan genetik dalam proses mutasi sifatnya acak sehingga perubahan yang memperbaiki kemampuan organisme untuk bertahan hidup, tumbuh, dan berkembangbiak jarang terjadi. Hal ini dapat dilihat pada nilai rata-rata panjang tunas (Tabel 2), jumlah daun (Tabel 3), dan panjang akar terpanjang (Tabel 5) yang tidak begitu berbeda antara stek lada kontrol dan stek lada generasi M1V1 yang diirradiasi.

Tabel 3. Rata-rata dan ragam jumlah daun (helai) stek lada yang tidak diirradiasi dan stek lada yang diirradiasi.

No	Dosis Penyinaran (Gy)	Rata-rata	Ragam
1	0 (kontrol)	1.000	0.000
2	2	1.000	0.000
3	4	1.400	0.300
4	6	1.000	0.000
5	8	1.000	0.000
6	10	1.000	0.000

Sedangkan rata-rata jumlah akar nilainya beragam dan tidak menentu (Tabel 4). Hal ini berhubungan dengan dengan tingkat sensitivitas sel dalam mengabsorpsi sinar gamma dimana sel-sel somatis dari tiap individu memiliki tingkat kepekaan yang berbeda dalam mengabsorpsi sinar-sinar pengion sehingga memiliki genotipe yang berbeda pula.

Hal ini sejalan dengan pendapat Van Harten (3) bahwa sel memiliki tingkat radiosensitivitas yang berbeda dalam mengabsorpsi sinar pengion sehingga juga

memberikan perubahan dalam sel akibat sinar pengion tersebut yang berbeda pula. Oleh karena itulah nilai ragam jumlah akar tanaman lada generasi M1V1 ini beragam.

Tabel 4. Rata-rata dan ragam jumlah akar (buah) stek lada yang tidak diirradiasi dan stek lada yang diirradiasi.

No	Dosis Penyinaran (Gy)	Rata-rata	Ragam
1	0 (kontrol)	3.100	4.322
2	2	2.286	1.515
3	4	2.273	3.637
4	6	3.278	4.918
5	8	2.519	2.105
6	10	2.900	1.674
χ^2 tabel 0.05 = 11.070, χ^2 hitung = 10.978 ⁽ⁿ⁾			

⁽ⁿ⁾ berbeda tidak nyata menurut uji χ^2 dengan derajat bebas tidak sama pada taraf nyata 5%.

Tabel 5. Rata-rata dan ragam panjang akar terpanjang (cm) stek lada yang tidak diirradiasi dan stek lada yang diirradiasi.

No	Dosis Penyinaran (Gy)	Rata-rata	Ragam
1	0 (kontrol)	4.910	5.461
2	2	4.657	4.409
3	4	3.750	3.556
4	6	4.289	4.879
5	8	4.096	4.929
6	10	4.675	5.090
χ^2 tabel 0.05 = 11.070, χ^2 hitung = 1.065 ⁽ⁿ⁾			

⁽ⁿ⁾ berbeda tidak nyata menurut uji χ^2 dengan derajat bebas tidak sama pada taraf nyata 5%.

Persentase stek bertunas tanaman lada yang diirradiasi ada yang sama bahkan ada yang lebih besar daripada nilai persentase stek bertunas dari tanaman lada kontrol (Tabel 6). Persentase stek bertunas tanaman lada kontrol hanya sebesar 14.6 %, sedangkan persentase stek bertunas tertinggi terdapat pada tanaman lada yang diirradiasi dengan dosis 6 Gy yaitu sebesar 33.6 % yang diikuti oleh tanaman lada yang diirradiasi dengan dosis 8 Gy (28.2 %), 2 Gy (18.2 %), 10 Gy (16.4 %), dan 4 Gy (14.6 %). Tanaman lada generasi M1V1 secara umum memiliki persentase stek bertunas yang lebih baik daripada tanaman lada kontrol. Persentase stek bertunas tanaman lada yang diirradiasi lebih tinggi daripada tanaman kontrol menunjukkan bahwa sinar gamma sebagai mutagen dalam induksi mutasi telah memberikan perubahan fisik. Donini (4) menyatakan bahwa di dalam induksi mutasi pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif lebih efektif menggunakan sinar gamma atau sinar x. Micke (10) juga melaporkan bahwa sinar gamma memiliki daya penetrasi yang

sangat kuat sehingga mampu mengubah formasi kromosom sehingga memberi peluang terjadinya keragaman genetik.

Tabel 6. Persentase stek bertunas, stek jadi, dan stek hidup tanaman lada yang tidak diirradiasi dan tanaman lada yang diirradiasi.

No	Dosis Penyinaran (Gy)	Persentase stek bertunas (%)	Persentase stek jadi (%)	Persentase stek hidup (%)
1	0 (kontrol)	14.6	5.5	40.0
2	2	18.2	8.2	41.8
3	4	14.6	5.5	46.4
4	6	33.6	12.7	50.9
5	8	28.2	12.7	50.0
6	10	16.4	12.7	39.1

Persentase stek jadi adalah persentase stek lada yang telah memiliki tunas dan akar. Persentase stek jadi tertinggi terdapat pada tanaman lada yang diirradiasi dengan dosis 6, 8, dan 10 Gy yaitu sebesar 12.7 %. Persentase stek jadi tanaman lada kontrol hanya sebesar 5.5 % dimana nilai persentase ini sama dengan nilai persentase stek jadi tanaman lada yang diirradiasi dengan dosis 4 Gy. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa irradiasi yang diberikan mengakibatkan perubahan fisik sehingga tanaman lada generasi M1V1 memiliki persentase stek jadi yang lebih baik daripada tanaman lada kontrol. Persentase stek hidup tanaman lada semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya dosis penyinaran yang diberikan dan persentase stek hidup tersebut kembali menurun pada dosis 8 dan 10 Gy (Tabel 6). Perbedaan persentase stek hidup berhubungan dengan kepekaan sel tanaman terhadap radiasi sinar gamma yang diberikan, semakin tinggi dosis irradiasi yang diberikan semakin tinggi kerusakan fisiologis yang terjadi. Dikatakan oleh Ismachin (11) bahwa di dalam penerimaan radiasi sel tanaman memiliki tingkat kepekaan yang berbeda, semakin tinggi dosis radiasi yang diberikan semakin banyak bagian sel rusak, atau mati.

Pada Tabel 6 tampak bahwa Irradiasi dapat mengakibatkan perubahan fisik pada tanaman generasi M1V1 yaitu berupa aktifitas fisiologis yang lebih baik dibandingkan tanaman lada kontrol yang ditunjukkan dengan persentase stek hidup yang lebih tinggi, kecuali pada tanaman yang diirradiasi dengan dosis 10 Gy. Pemberian irradiasi sinar gamma pada dosis yang rendah bisa mengakibatkan perubahan fisik yang tidak selalu bersifat mengganggu aktifitas fisiologis tetapi juga dapat meningkatkan mutu fisiologis yaitu dapat menstimulasi pertumbuhan. Sebagaimana yang dilaporkan oleh Van Harten (3) bahwa induksi mutasi pada suatu tanaman mengakibatkan peningkatan keragaman genetik

yang ditandai dengan perubahan peningkatan hasil, ketahanan terhadap penyakit atau peningkatan dalam aktifitas fisiologis seperti mempercepat atau memperlambat pertumbuhan, mempercepat atau memperlambat pembungaan atau proses fisiologis lainnya yang tentu saja pada tingkat dosis tertentu.

Ismachin (11) menjelaskan bahwa respon tanaman terhadap radiasi juga tergantung pada intensitas dan dosis yang diterima. Bila dosis terlalu tinggi maka efek yang terlihat adalah kerusakan atau kematian sedangkan pada dosis rendah dapat menstimulasi pertumbuhan. Efek ini tampak pada stek lada generasi M1V1 yang memiliki kemampuan bertahan hidup yang lebih tinggi daripada stek lada kontrol kecuali pada stek lada yang diirradiasi dengan dosis 10 Gy. Induksi mutasi dengan sinar gamma ^{60}Co pada percobaan ini dapat dikatakan belum efektif. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengamatan antara stek lada kontrol dan stek lada yang diirradiasi tidak berbeda nyata. Namun, tampaknya mutasi telah terjadi pada stek lada yang diirradiasi dengan dosis 6 Gy dimana stek lada memberikan penampilan yang berbeda dengan stek lada kontrol dan penampilan yang lebih baik daripada stek lada yang diirradiasi dengan dosis 2, 4, 8 dan 10 Gy. Perbedaan penampilan ini menunjukkan telah terjadi perubahan fenotipe akibat radiasi yang diberikan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata pada saat muncul tunas pertama, panjang tunas, jumlah daun, jumlah akar dan panjang akar terpanjang. Selain itu tidak diperoleh mutan yang tahan terhadap busuk pangkal batang.

Namun terlihat bahwa radiasi mampu menstimulasi pertumbuhan stek lada yang telah diirradiasi dengan menampilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan stek lada yang tidak diradiasi (kontrol).

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diberikan untuk Noerleni Azhar, Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang atas partisipasinya dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. POEHLMAN, J.M. and BORTHAKUR. 1969. Asian breeding field crop. Oxford and IBH Publishing Company. New Delhi. 385 pages.
2. RACHMADI, M. 1999. Diktat kuliah pemuliaan tanaman membiak vegetatif. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bandung. 119 hal.
3. VAN HARTEN, A.M. 1998. Mutation breeding. Theory and practical applications. Cambridge University Press. London. 353 hal.
4. DONINI, B. 1995. Mutagenesis applied for the improvement of vegetatively propagated crops. IAEA. Vienna, Austria. 86 pages.
5. BREWBAKER, J.L. 1983. Genetika pertanian. Alih bahasa oleh Imam Santoso dari Agricultural genetics. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor. 142 hal.
6. HASANAH, M. dan E. HADIPOENTYANTI. 1995. Pembangkitan mutasi lada melalui radiasi. Dalam Laporan Teknis Penelitian Penguasaan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat Cimanggu tahun 1994/1995. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor. Hal 64-69.
7. WELSH, J.R. 1991. Dasar-dasar genetika dan pemuliaan tanaman. Alih bahasa oleh Johanis P. Mogeja dari Fundamental of plant genetics and breeding. Penerbit Erlangga. Jakarta. 224 hal.
8. ALLARD, R.W. 1989. Pemuliaan tanaman jilid 2. Alih bahasa oleh Manna dari Principle of plant breeding. Bina Aksara. Jakarta. 642 hal.
9. NASIR, M. 2002. Bioteknologi molekuler teknik rekayasa genetika tanaman. Citra Aditya Bakti. Bandung. 296 hal.
10. MICKE, A. 1995. When to use mutations in plant breeding. IAEA. Vienna, Austria. 156 pages.
11. ISMACHIN, M. 1989. Pemuliaan dengan mutasi buatan. Dalam Padi buku II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Hal 392-400.