

Keragaan Tanaman Kentang Varitas Atlantik dan Granola di Dataran Medium (600 m dpl) Bengkulu Pasca Irradiasi Sinar Gamma

Performance of Gamma-irradiated Potato cv. Atlantic and Granola Grown under Medium Elevation (600 m a.s.l.) in Bengkulu

Usman Kris Joko Suharjo, Catur Herison dan Fahrurrozi

Jurusan Budidaya Pertanian, Faperta Unib

Jl. W.R. Supratman Kandanglimun, Kota Bengkulu, Bengkulu

usman_maine@yahoo.com

ABSTRACT

The main objective of this experiment was to create mutants to get a new clone of potato crop suitable for medium elevation by applying gamma rays irradiation on potato seed tubers. Nuclear seeds (Go) of Granola and Atlantik were irradiated with 0, 30, and 60 Gy of gamma rays then grown at a screenhouse in the medium elevation (600 m asl) of Bengkulu. The results showed that high dose (60 Gy) slowed plant emergence, reduce percentage of plant survival, and reduce plant height. Irradiation (30, 60 Gy) promoted tuber formation eventhough it reduce the number of tuber at final harvest. The combination of Granola and 30Gy showed the best performances on each variable measured.

Keywords: irradiation, potato tuber, mutant, gamma rays, medium elevation

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menciptakan mutan melalui radiasi sinar gama pada umbi kentang agar diperoleh klon tanaman kentang yang cocok untuk ditanam di dataran medium. Umbi bibit kentang kelas Go varitas Granola dan Atlantik disinari dengan sinar gama (0, 30, dan 60 Gy) kemudian ditanam di polibAg di dalam rumah kaca pada ketinggian (600 dpl). Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada dosis tinggi (60 Gy) terjadi penundaan munculnya tanaman, penurunan persen tanaman hidup, dan penurunan tinggi tanaman. Perlakuan radiasi sinar gamma (30, 60 Gy) memacu pembentukan umbi, meskipun pada akhirnya terjadi peristiwa gugur umbi sehingga jumlah umbi yang berhasil dipanen lebih sedikit dibandingkan jumlah umbi terbentuk. Kombinasi perlakuan varitas Granola dan penyinaran 30 Gy memberikan hasil terbaik.

Kata kunci : irradiasi, tanaman kentang

PENDAHULUAN

Sentra produksi kentang di Indonesia berada di dataran tinggi seperti Dataran Tinggi Dieng (Jawa Tengah), Kerinci (Jambi), Pengalengan (Jawa Barat), dan Curup (Bengkulu). Ini karena tanaman kentang akan berproduksi maksimal jika ditanam pada lingkungan dengan suhu 17-20 °C (Stark dan Love, 2003). Namun demikian, kerusakan lingkungan akibat penanaman kentang di dataran tinggi, seperti munculnya ancaman kekeringan akibat hilangnya daerah tangkapan hujan dan mata air, terjadinya tanah longsor, dan pengrusakan cagar budaya di Dataran Tinggi Dieng, telah mendorong para peneliti dan penentu kebijakan pertanian untuk mengarahkan pengembangan tanaman kentang ke dataran yang lebih rendah (Ezetta, 2008). Dalam kaitan ini, Dewan Riset Nasional telah menjadikan *tropikasi* tanaman kentang sebagai agenda riset nasional sejak tahun 2004 (DRN, 2008) dan Badan Litbang Pertanian mengangkat tema itu sebagai program riset unggulan untuk mendukung kebijakan ketahanan pangan nasional (Balitbangtan, 2008).

Mengingat tingginya suhu di dataran yang lebih rendah, maka penanaman kentang di dataran medium akan dihadapkan pada masalah yang terkait dengan suhu tinggi. Ini karena tanaman kentang sangat sensitif terhadap cekaman suhu tinggi (Gawronska *et al.*, 1992; Stark dan Love, 2003). Pada suhu tinggi terjadi peningkatan produksi *gibberellic acid* (GA_3) yang menghambat pembentukan umbi (Menzel, 1983) dan terjadi peningkatan laju respirasi yang menghambat pertumbuhan umbi (Sarquis *et al.*, 1996). Akibatnya, umbi yang terbentuk sedikit (Azhari, 2008) dan ukurannya kecil (Popi, 2008).

Setidaknya ada dua pendekatan untuk mengatasi masalah ini. Yaitu, (1) merakit teknologi budidaya tanaman kentang di dataran medium yang difokuskan pada upaya menekan efek negatif cekaman kekeringan dan suhu tinggi, dan (2) mendapatkan varitas tanaman kentang yang toleran terhadap suhu tinggi dan cekaman kekeringan.

Upaya mendapatkan varitas baru dapat dilakukan dengan introduksi, seleksi, hibridisasi, dan mutasi. Mutasi adalah perubahan genetik baik gen

tunggal, sejumlah gen ataupun susunan kromosom, dapat terjadi pada setiap bagian tanaman terutama bagian yang aktif melakukan pembelahan sel (Micke dan Donini, 1993). Mutasi yang menjadi sumber keragaman bagi tanaman dan bersifat terwariskan dapat terjadi secara spontan di alam (*spontaneous mutation*) dan/atau melalui induksi (*induced mutation*) (Koornneef, 1991). Mutasi induksi dapat dilakukan pada tanaman dengan perlakuan bahan mutagen tertentu terhadap organ reproduksi tanaman seperti biji, stek batang, serbuk sari, akar rizome, kalus dan sebagainya (Soeranto, 2003). Mutagen yang sering digunakan dalam pemuliaan tanaman yaitu mutagen kimia dan mutagen fisik (Koonneef, 1991; Micke dan Donini, 1993).

Mutasi induksi menggunakan radiasi sinar-X dan sinar gamma paling banyak penggunaannya sebagai metode untuk mengembangkan varietas mutan. Hal ini terlihat dari 2.250 varietas mutan yang dilepas di seluruh dunia dalam kurun waktu 70 tahun terakhir (Malszynki *et al.*, 2000), 89 % dari 1.585 varietas yang dilepas sejak tahun 1985 adalah dikembangkan dari induksi mutasi secara langsung, 64 % diantaranya adalah dikembangkan dengan menggunakan sinar gamma, sedangkan penggunaan sinar-X hanya 22 %. (Ahloowalia *et al.*, 2004).

Iradiasi sinar gamma sering digunakan dalam usaha pemuliaan tanaman untuk menginduksi perubahan genetik di dalam sel somatik yang dapat diturunkan (Ismachin, 1988), sehingga terjadi peningkatan variabilitas dan menghasilkan mutan baru (Wattimena, 1992). Irradiasi dapat menginduksi perubahan struktur kromosom yaitu terjadi pematahan kromosom, yang pada dosis rendah dapat menyebabkan terjadinya delesi (Ismachin, 1998), dan pada dosis tinggi dapat menimbulkan duplikasi, inversi dan translokasi (Ismachin, 1988; Wattimena, 1992).

Respon tanaman terhadap efek iradiasi gamma, tergantung pada jenis bahan tanaman yang diiradiasi dan laju dosis iradiasi yang digunakan. Laju dosis iradiasi adalah jumlah dosis terserap per satuan waktu (rad per detik atau Gy perdetik). Satuan sinar radiasi adalah Gray (Gy) atau rad. $1 \text{ rad} = 100 \text{ erg g}^{-1} = 10 \text{ joule kg}^{-1}$. $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad} = 0,1 \text{ krad}$. Alat yang digunakan untuk mengukur besarnya dosis radiasi adalah dosimeter.

Dosimeter yang umum digunakan adalah Fricke yaitu mampu mengukur dosis sinar gamma antara 40 – 400 Gy. Pengukuran diluar selang dosis tersebut dilakukan kalibrasi (Ismachin, 1988).

Beberapa hasil penelitian penggunaan iradiasi sinar gamma menunjukkan bahwa iradiasi sinar gamma pada dosis rendah dapat menginduksi perubahan secara fisiologi dan biokimia, menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih cepat dan pembungaan lebih awal. Ini sudah dilaporkan untuk komoditas jeruk dan wortel (Al-Safadi dan Simon, 1996), pada tanaman anggur dengan dosis 5 Gray (Charbaji dan Nabulsi, 1999), kalus nilam dengan dosis 0,0; 1,0; 1,5 dan 2,0 (Mariska *et al.*, 1997), pada tanaman angrek dengan dosis 31,88 Gy (Suskindari *et al.*, 1999) yang ternyata merupakan dosis LD50, dan pada mutan anyelir (Aisyah, 2006), dan pembentukan umbi mikro pada dosis 15 Gray (Miller *et al.*, 2001). Irradiasi sinar gamma dosis rendah diketahui justru memacu pertumbuhan tanaman secara *in vivo* (Sidark dan Suess, 1973) dan *in vitro* (Degani dan Pickholz, 1973; Al-Saladi *et al.*, 2000). Namun demikian, belum ada informasi berapa dosis yang tepat untuk menimbulkan mutasi pada umbi mini kentang sehingga diperoleh populasi mutan untuk keperluan perbanikan sifat tanaman kentang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji keragaan tanaman kentang varitas Granola dan Atlantik pasca irradiasi sinar gamma yang ditanam pada dataran medium Bengkulu.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Desember 2009 di Kebun Percobaan Dinas Pertanian Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu, pada ketinggian 600m di atas permukaan laut (dpl).

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) yang disusun secara faktorial (2 faktor) dengan 10 ulangan. Faktor

pertama adalah genotipe kentang, yang terdiri atas Granola dan Atlantik. Faktor kedua adalah dosis iradiasi, yang terdiri dari 3 taraf, yaitu 0, 30, 60 gray (Gy).

Bahan tanaman yang digunakan adalah umbi kentang kelas G0 varitas Atlantik dan Granola yang diperoleh dari PT. Puncak Biotek, Cugenang, Cianjur, Jawa Barat, dengan ukuran 20 g umbi⁻¹ (50 umbi kg⁻¹). Bahan kimia yang diperlukan pada percobaan ini meliputi garam mineral makro dan mikro penyusun media MS (Murashige and Skoog, 1962). Alat yang digunakan sebagai sumber radiasi sinar gamma dari ionisasi Cobalt 60 (⁶⁰Co) adalah *irradiator gamma chamber* 4000A type Irapasena (buatan India) yang ada di Badan Tenaga Nuklir (BATAN), Pasar Jumat Jakarta. Alat lain yang digunakan meliputi alat pendukung kultur *in vitro* seperti autoclave, pH meter, pengaduk panas, dan alat pertanian seperti cangkul, sabit, knapsack, rumah plastik, dan peralatan hidroponik.

Irradiasi sinar gamma dilakukan di Laboratorium Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR), BATAN Pasar Jumat, Jakarta. Bahan yang tidak diberi perlakuan iradiasi sinar gamma (0 Gy) juga dibawa ke BATAN untuk memastikan bahwa tindakan yang diberikan seragam terhadap semua tanaman. Pasca irradiasi dengan sinar gamma, umbi bibit ditanam secara hidroponik pada media tanam steril yang terdiri dari campuran top soil dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1 (v/v) di *screenhouse*, pada suhu ambien dataran medium dengan mengikuti protokol yang dikembangkan Gunawan *et al.* (2008). Tanaman dipupuk dengan larutan garam MS (makro dan mikro) 1/20 kekuatan setiap dua hari sebagaimana pernah dilakukan Suharjo (2004).

Variabel yang diukur meliputi: saat tanaman muncul (*emergence*), % tanaman hidup, tinggi tanaman, jumlah cabang, % tanaman muncul yang menghasilkan umbi, jumlah umbi per rumpun, bobot umbi total per rumpun, rerata bobot umbi, dan rerata diameter umbi.

Tabel 1. Keragaan umbi mini varitas Atlantik dan Granola di dataran medium (600 m dpl) pasca irradiasi sinar gamma (0, 30, 60 Gy)

Variabel pengamatan umbi mini	Granola			Atlantik		
	0 Gy	30 Gy	60 Gy	0 Gy	30 Gy	60 Gy
<i>Emergence</i> (hari ke)	7 a	7 a	32 b	7 a	7 a	35 b
% tanaman hidup	100 a	100 a	16 b	100 a	100 a	12 b
Tinggi tanaman (cm)	78,8 a	78,3 a	43,2 b	72,1 a	69,4 a	45,0 b
Jumlah cabang	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
% tanaman hidup menghasilkan umbi	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
Jumlah umbi	4,6-7,2	9,5-22,6	6,2-12,9	3,2-5,8	2,9-9,5	4,5-9,2

Keterangan: angka-angka yang berada pada baris yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji DMRT taraf 5%; *) tanaman berumur 9 MSTM.

Tabel 2. Jumlah umbi mini dihasilkan oleh tanaman varitas Atlantik dan Granola ditanam di dataran medium (600 m dpl) pasca irradiasi sinar gamma (0, 30, 60 Gy).

Perlakuan	Jumlah umbi	Bobot umbi Total (g)	Rerata bobot umbi (g)	Rerata diameter umbi (mm)
Varitas				
-Atlantik (A)	2,67 a	70,52 a	28,19 b	32,08 b
-Granola (G)	6,45 b	78,98 a	11,09 a	21,74 a
Dosis Irradiasi:				
0	5,45 b	115,45 b	42,12 b	31,22 b
30	4,35 ab	86,56 ab	21,32 ab	28,15 ab
60	4,00 a	34,06 a	12,92 a	21,39 a
Kombinasi :				
-Atlantik				
0	3,8 ab	109,41 b	35,13 c	37,02 b
30	2,4 a	60,32 ab	25,57 b	28,39 ab
60	2,0 a	41,83 b	23,80 b	30,87 b
-Granola				
0	7,1 b	121,52 b	13,90 ab	25,41 ab
30	6,3 b	112,80 b	17,08 b	27,92 ab
60	6,0 b	26,3 a	2,10 a	11,90 a

Keterangan: angka-angka yang berada pada baris yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji DMRT taraf 5%; *) tanaman berumur 9 MSTM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Irradisi sinar gamma diharapkan dapat menghasilkan populasi mutan yang akan diseleksi agar diperoleh klon unggul yang cocok untuk dataran medium (600 m dpl). Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa irradiasi dosis tinggi (60 Gy) secara signifikan menurunkan persentase tanaman hidup, menunda *emergence*, dan menurunkan tinggi tanaman (Tabel 1). Ini mengindikasikan bahwa telah terjadi mutasi yang merugikan sehingga performa umbi bibit G0 yang mendapat irradiasi sinar gamma 60 Gy menurun jauh dibandingkan kontrolnya. Hasil ini sinkron dengan laporan Wendt *et al.* (2001) yang mendapati adanya peningkatan jarak genetik pada analisa RAPD, sebagai indikasi terjadinya mutasi

kromosom, ketika bibit kentang diirradiasi pada dosis 500 cGy. Hasil serupa pernah dilaporkan Kukimura (1973) yang menemukan terjadinya perubahan sifat pada tanaman kentang pasca irradiasi sinar gamma, yang diyakini sebagai akibat adanya mutasi genetik atau akibat *chromosome aberration*.

Tanaman yang diirradiasi 30 Gy mempunyai tingkat pertumbuhan yang sama dengan Kontrol, tetapi lebih baik dari 60 Gy (Tabel 1). Ini berarti bahwa tingkat 30 Gy belum menimbulkan efek lethal pada umbi G0 yang mendapat irradiasi sinar gamma, sebagaimana dilaporkan oleh Sidark dan Suess (1973), Degani dan Pickholz (1973), dan Al-Saladi *et al.* (2000) pada penyinaran dosis rendah.

Menariknya, efek negatif irradiasi tidak

terjadi pada pembentukan umbi kentang. Pada umur 9 minggu setelah *emergence*, tanaman kentang varitas Granola dan Atlantik yang diiradiasi (30Gy dan 60 Gy) menghasilkan umbi lebih banyak dari pada 0 Gy (Tabel 1). Jumlah umbi maksimum yang terbentuk pada varitas Granola mencapai 22,6 buah pada 30Gy, tetapi hanya 7,2 buah pada 0 Gy. Pada varitas Atlantik, jumlah umbi paling banyak juga ditunjukkan oleh perlakuan iradiasi 30 Gy. Hasil-hasil ini lebih baik dari pada kontrol dan dosis penyinaran 60 Gy. Hal ini menunjukkan bahwa dosis iradiasi 30 Gy sudah mampu menimbulkan mutasi, tetapi tidak sampai pada tahap yang merugikan sebagaimana ditunjukkan oleh dosis iradiasi 60 Gy. Hasil serupa pernah dilaporkan oleh Al-Saladi *et al.* (2000) pada penyinaran stek mikro, Sidark and Suess (1973) pada tanaman tomat, Degani dan Pickholz (1973) pada tanaman tembakau, dan Al-Saladi *et al.* (1990) pada tanaman kentang. Sepertinya terdapat perbedaan respon antara pertumbuhan tanaman dan kemampuannya membentuk umbi terhadap iradiasi sinar gamma. Namun demikian, faktor apa yang menjadi penyebabnya, pada saat ini belum dapat diketahui.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah umbi pada saat panen (Tabel 2) tidak sama dengan jumlah umbi pada saat tanaman berumur 9 MSE (Tabel 1). Jumlah umbi pada saat panen adalah representasi pertumbuhan umbi (Stark and Love, 2003), sedangkan jumlah pada saat tanaman berumur 9 MSE adalah representasi pembentukan umbi (Ewing dan Struik, 1992). Dalam perjalanannya, tidak semua umbi terbentuk akan menjadi dewasa dan dapat dipanen (Harris, 1992). Ini terjadi karena beberapa faktor, seperti lingkungan, fisiologi umbi, dan kondisi genetik tanaman (Ewing dan Struik, 1992; Harris, 1992). Sepertinya, beberapa umbi yang telah terbentuk mengalami aborsi sebagai akibat mutasi yang bersifat merusak, bahkan mematikan.

Meskipun menghasilkan jumlah umbi lebih sedikit, varitas Atlantik memiliki rerata bobot umbi dan rerata diameter umbi lebih besar dibandingkan varitas Granola sehingga bobot total umbi yang dihasilkan tidak berbeda nyata (Tabel 2). Irradiasi sinar gamma secara signifikan menurunkan jumlah umbi, bobot umbi total, rerata bobot umbi, dan rerata diameter umbi, meskipun ada kecendurung-

an dosis penyinaran 30 Gy memberikan hasil sebaik kontrol (Tabel 2). Data ini mengindikasikan bahwa telah terjadi mutasi yang merugikan bagi tanaman kentang pada tingkat iradiasi 60 Gy. Dalam kaitan ini belum diketahui apakah mutasi yang terjadi akibat berubahnya struktur kromosom, seperti pematihan kromosom, delesi, duplikasi, inversi, dan translokasi (Ismachin, 1988; Wattimena, 1992). Penelitian lebih lanjut yang melibatkan penandaan kromosom diperlukan untuk mengkaji hal ini.

Interaksi antara dosis iradiasi sinar gamma dan varitas berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan umbi, yang dinyatakan dengan jumlah umbi, bobot umbi, rerata jumlah umbi, dan rerata diameter umbi. Varitas Granola dengan iradiasi 30 Gy menunjukkan performa yang paling baik diantara kombinasi perlakuan lainnya (Tabel 2). Varitas Atlantik yang mendapat penyinaran 60 Gy memberikan jumlah umbi dan bobot umbi total paling rendah. Pengaruh kombinasi antara dosis penyinaran dan varitas kentang terhadap pertumbuhan dan hasil umbi pernah dilaporkan oleh Arslanoglu dan Atakisi (1999), dimana tiap varitas mempunyai spesifikasi dosis terbaiknya masing-masing. Misalnya, Varitas Ressay dengan 15 Gy dan Yaylakizi 25 Gy memberikan hasil terbaik dibanding kontrol, sedangkan Yayla 30 Gy memberikan hasil terburuk.

KESIMPULAN

Irradiasi sinar gamma, terutama dosis tinggi (60 Gy), bersifat merusak yang menghambat pertumbuhan tanaman kentang. Pada dosis sedang (30 Gy), iradiasi tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan maupun hasil tanaman kentang. Dampak negatif iradiasi sinar gamma terhadap pembentukan dan pertumbuhan umbi tampak lebih signifikan pada varitas Atlantik dari pada Granola.

Irradiasi sinar gamma telah menghasilkan populasi Mutan Variasi ke-1 (MV1) yang prospektif untuk dikembangkan di dataran medium (600 m dpl) Bengkulu. Oleh karena itu diperlukan penelitian lanjutan untuk mengkaji stabilitas performa populasi mutan yang ada. Jika jumlah umbi terbentuk pada saat tanaman berumur 9 MSTM digunakan sebagai kriteria seleksi, maka tingkat iradiasi 30 Gy sangat direkomendasikan

untuk varitas Granola.

SANWACANA

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Direktur DP2M Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Kompetitif Sesuai Prioritas Nasional Batch II tahun 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahloowalia, B.S., Maluszynski and Nichterlein. 2004. Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica* 135: 187-204.
- Al-Safadi, B. and P.W. Simon. 1996. Gamma irradiation induced variation in carrots. *J. Amer Soc. Hort. Sci.* 121: 599-603.
- Al-Saladi, B., Z. Ayyoubi, and D. Jawdat. 2000. The effect of gamma irradiation on potato microtuber production *in vitro*. *Plant Cell Organ Cult.* 81: 183-187
- Azhari, A. 2008. Pengaruh waktu aplikasi Paclobutrazol dan waktu penyiraman terhadap pertumbuhan dan hasil kentang varitas Granola di dataran rendah Bengkulu. Skripsi Fakultas Pertanian Unib (tidak dipublikasikan)
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2008. Pedoman Pengusulan Hibah Penelitian KKP3T 2009. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Caligari, P.D.S. 1992. Breeding new varieties, pp: 334-372. In P. Harris (ed). *The Potato Crops, Scientific basis fro improvement* 2nd ed. Chapman and Hall, London.
- Charbaji, T. and I. Nabulsi. 1999. Effect of low doses of gamma irradiation on *in vitro* growth of grapevine. *Plant Cell, Tiss. and Org. Cult.* 57:129-132.
- Degani, N. and D. Pickholz. 1973. Direct and indirect effect of gamma irradiation on the differentiation of tobacco culture. *Radiat. Bot.* 13: 381-383.
- Dewan Riset Nasional. 2008. Arah Kebijakan Riset Nasional. Dewan Riset Nasional. Jakarta.
- Ewing, E.E. and P.C. Struik. 1992. Tuber formation in potato: Induction, initiation, and growth. *Hort. Rev.* 14: 89-197.
- Ezetta, P. 2008. Prospek pengembangan kentang dunia. *Proceeding Seminar Pekan Kentang Nasional, Lembang, Bandung, 22-23 Agustus 2008.*
- Gawronska, H., M.K. Thornton and R.B. Dwelle. 1992. Influence of heat stress on dry matter production and photoassimilate partitioning by four potato clones. *Amer. Potato J.* 69: 653-665
- Gunawan, O.S., E. Purwati, H.N.Hakim, F. Kasim, L. Rulyana, W. Ruswandi dan W. Suwandi. 2008. Strategi pengembangan benih kentang bersertifikat di Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Indonesia. *Prosiding Seminar Pekan Kentang Nasional dan Tanaman Sayuran 2008.* Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Balai Penelitian Tanaman Sayuran
- Harris, P. 1992. *The Potato Crops Growth, Scientific Basis for Improvement* 2nd ed. Chapman and Hall, London
- Ismachin, M. 1988. *Pemuliaan Tanaman dengan Mutasi Buatan.* Jakarta :Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Badan Tenaga Atom Nasional.
- Koornneef, M. 1991. Variation and mutan selection in plant cell and tissue culture. in *Biotechnological Innovations.* Di dalam: *Crop Improvement.* Open Universteit Nederland and Thames Polytechnic United Kingdom. Hlm 99-115.
- Kukimura, H. 1972. Effects of gamma-rays on segregation ratios in potato families. *Potato Res.* 15: 106-116
- Mariska, Hobir, Gati E dan Seswita. 1996. Peningkatan Keragaman genetik tanaman nilam melalui kultur kalus dan radiasi. *Pertemuan aplikasi isotop dan radiasi.* Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta 9 – 10 Januari 1996, 17 hlm.
- Menzel, C.M. 1983. Tuberization in potato at high temperature: interaction between shoot

- and root temperatures. *Annals of botany* 52: 65-69.
- Menzel, C.M. 1984. Potatoes as a potential crop for low land tropics. *Trop. Agric. (Trinidad)* 61: 162-166.
- Micke, A. and B. Donini. 1993. Induced mutation. *Di dalam* : Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I, editor. *Plant Breeding Principles and prospects*. Chapman & Hall. Hlm 52-77.
- Miller, D.E. and M.W. Martin. 1987. Effect of declining or interrupted irrigation on yield and quality of three potato varieties grown on a sandy soil. *Amer. Potato J.* 64: 109-117.
- Papathanasiou, F., S.H. Mitchell, S. Watson and B.M.R. Harvey. 1999. Effect of environmental stress during tuber development on accumulation of glycoalkaloids in potato (*Solanum tuberosum L.*). *J. Sci. Food Agric.* 79: 1183-1189.
- Popi, S. 2008. Pengaruh waktu aplikasi CCC dan waktu penyiraman terhadap pertumbuhan dan hasil kentang varitas Granola di dataran rendah Bengkulu. Skripsi Fakultas Pertanian Unib (tidak dipublikasikan)
- Sidark, G.H. and A. Suess. 1973. Effects of low doses gamma irradiation on the growth and yield of two cultivars of tomato. *Radiat. Bot* 3: 54-63
- Stark, J.C. and S.L. Love. 2003. *Potato Production Systems*. University of Idaho Agricultural Communications. Idaho, U.S.A.
- Suharjo, U.K.J., Fahrurrozie dan S. Sudjtmiko. 2007a. Merakit teknik budidaya tanaman kentang di dataran rendah dengan aplikasi anti-GA (Paclobutrazol, Coumarin, CCC, dan Ancymidol). Laporan Penelitian Hibah Bersaing I tahun 2007. Dikti, Jakarta.
- Suharjo, U.K.J., Fahrurrozie dan S. Sudjtmiko. 2008. Memacu pembentukan umbi mikro kentang pada suhu tinggi dengan aplikasi Paclobutrazol, Coumarin, CCC, dan Ancymidol. *Proceeding Seminar Pekan Kentang Nasional*, Lembang, Bandung, 22-23 Agustus 2008.
- Wattimena, G. A. 1992. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. Pusat antar Universitas (PAU) Bekerjasama dengan Lembaga Sumberdaya Informasi IPB.
- Wattimena, G.A., N.A. Mattjik and A. Purwito. 2003. Komposisi zat pengatur tumbuh untuk meningkatkan produksi umbi mini kentang. *Kumpulan Paten IPB*. Diakses lewat internet 2 Februari 2008.
- Wendt, S.N.A., J.A. Petes, A.C. de Oliveria, V.L. Babrowksi, F.L. C. de Dosta, S. dos S. Mandrugo and I.L. Vighi. 2001. Characterization of potato cultivars Macaca, obtained from Gamma-Irradiated Plants. *J. New Seeds* 3(20): 17-37.