

JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN

Volume 11, Nomor 1, Juli 2015

Efek Kombinasi Pupuk Organik Padat Granul dan Pupuk N, P, K Terhadap Zn Total, Zn Tersedia, Serapan Zn, Serta Hasil Padi Sawah (<i>Oryza sativa</i> L.) pada Inceptisols A. YUNIARTI dan E. KAYA	1
Respons Beberapa Aksesori Kacang Tunggak Lokal Terhadap Perlakuan Pupuk Organik Cair H. HETHARIE, S.H.T. RAHARJO, dan I.J. LAWALATA	7
Pengaruh Konsentrasi Nitrogen dan Sukrosa Terhadap Produksi Umbi Mikro Kentang Kultivar Granola J.J.G. KAILOLA	12
Perbaikan Sifat Fisik Tanah Inceptisol Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (<i>Zea mays</i> L.) Akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu dan Pupuk Fosfat M. LA HABI	22
Potensi Limbah Sereh Wangi Sebagai Pupuk Organik dan Pengaruh Pemupukan Anorganik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jahe Gajah (<i>Zingiber officinale</i> Rosc.) D.A. MARASABESSY	31
Pengembangan Pertanian Organik dalam Budidaya Tanaman Lidah Buaya (<i>Aloe vera</i> L.) dengan Memanfaatkan Abu Janjang Kelapa Sawit Y. SYAWAL dan D. SEPTIANITA	38
Pengaruh Pemberian Bioaktivator (EM-4 dan Promi) Terhadap Kualitas Kompos Untuk Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung (<i>Zea mays</i> L. Saccharata) di Tanah Dystrudepts R. TOMASOA	42
Sistem Pengelolaan Tanaman Pala (<i>Myristica fragans</i> Houtt) di Desa Hatu dan Lilibooi, Kecamatan Leihitu Barat, Kabupaten Maluku Tengah S.H. NUSMESE, J.Z.P. TANASALE, dan I.J. LAWALATA	52

PENGARUH KONSENTRASI NITROGEN DAN SUKROSA TERHADAP PRODUKSI UMBI MIKRO KENTANG KULTIVAR GRANOLA

The Effect of Nitrogen Concentration and Sucrose on Potato Microtuber Production of c.v Granola

Joan J. G. Kailola

Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233.

Email: joankailola@yahoo.co.id

ABSTRACT

Kailola, J.J.G. 2015. The Effect of Nitrogen Concentration and Sucrose on Potato Microtuber Production of c.v Granola. Jurnal Budidaya Pertanian 11: 12-21.

The problem of potato production in Indonesia is the production of high quality virus free propagules. The virus free potato propagules are derived from microtuber through tissue culture methods. The experiment was conducted in two steps: the first steps was the production of shoot on semisolid medium and the second steps was the addition of liquid medium. The first and the second medium had the same treatment combination of nitrogen and sucrose. The experiment was arranged in Completely Randomized Design consisting two factors. The first factor was nitrogen concentration (30, 60, 90 and 120 mM) and the second factor was sucrose concentration (30, 45, 60, 75 and 90 g/l). The result showed there was an optimum concentration of sucrose and combination between nitrogen and sucrose on the number of shoots and percentage of tuber dry weight. The treatment of 60 mM nitrogen and 90 g/l sucrose, 90 mM nitrogen and 75 g/l sucrose produced the highest dry weight percentage, fresh weight and size (diameter) of qualified microtubers.

Keywords: Potato microtuber, nitrogen, sucrose.

PENDAHULUAN

Kentang adalah salah satu sumber makanan pokok harapan kedepan yang bergizi dengan perbandingan kalori dan gizi yang berimbang. Kebutuhan yang meningkat akan kentang segar maupun olahan baik untuk pasar domestik maupun ekspor memberi peluang peningkatan produksi kentang di Indonesia. Dari segi budidaya tanaman kentang memiliki dua masalah utama yang harus segera diatasi yaitu masalah penyediaan bibit melalui pengembangan propagul kentang bermutu dan masalah hama dan penyakit melalui perakitan kultivar unggul.

Usaha untuk mendapatkan bibit kentang yang berkualitas baik dapat dilakukan melalui teknik kultur jaringan. Teknik ini dapat menyediakan bibit yang bebas pathogen, seragam dan tidak tergantung musim. Wattimena *et al.* (1983) memperkenalkan dua teknik dalam produksi propagula melalui perbanyakan mikro yaitu dengan stek mikro dan umbi mikro. Umbi mikro memiliki beberapa keunggulan dibandingkan stek mikro karena lebih mudah ditangani, dapat ditransportasikan dalam jarak jauh tanpa mengurangi viabilitasnya serta lebih tahan bila dipindahkan ke media non aseptik (Wattimena *et al.*, 1983; Wang & Hu, 1982).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat pengaruh media yang digunakan terhadap produksi umbi mikro antara lain Wattimena *et al.* (2001), Kailola (2002)

menggunakan media pengumbian MS cair + sukrosa 90 g/l + cycocel 600 mg/l + air kelapa 15% dengan konsentrasi aspirin 30 mg/l menghasilkan bobot basah umbi tertinggi yaitu 236,60 mg/umbi. Mustika (2005) melakukan percobaan pada kultivar Granola diperoleh diameter umbi 5,37 mm, diameter umbi diatas 5 mm 55,03%, bobot basah umbi 179,82 mg, bobot basah umbi diatas 100 mg 47,08% dan persentase bobot kering umbi tertinggi 20,17% dihasilkan oleh media dengan 30 mg/l coumarin dan 60 mM nitrogen. Menurut Wattimena (1983) unsur hara nitrogen pada media pertunasan maupun pengumbian secara *in vitro* sangat mempengaruhi proses pembentukan umbi mikro dan kualitas umbi mikro yang diinduksi oleh coumarin.

Penelitian tentang pengaruh nitrogen dan sukrosa pada media pertunasan dan pengumbian yang sama belum pernah dilakukan. Diharapkan dengan memanipulasi konsentrasi nitrogen dan sukrosa pada media pertunasan dan pengumbian maka akan dihasilkan umbi mikro yang besar dengan bobot kering yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai umbi bibit G0. Bibit G0 harus mempunyai mutu prima yang dapat ditanam pada umur fisiologi bibit yang optimal sehingga diharapkan dapat meningkatkan produksi kentang rata-rata nasional (Wattimena, 2000). Penelitian tentang manipulasi konsentrasi nitrogen dan sukrosa perlu dilakukan dalam rangka meningkatkan ketersediaan bibit bermutu. Penelitian ini menggunakan kultivar Granola

karena pada saat ini kultivar kentang yang banyak dibudidayakan petani adalah kultivar Granola. Keunggulan kultivar Granola adalah berumur genjah (90 hari), hasil tinggi, agak tahan terhadap penyakit hawar daun, resisten terhadap virus kentang PVX dan PVY dan agak tahan terhadap penyakit layu bakteri. Kelemahan kultivar Granola adalah kandungan air tinggi sekitar 85% sehingga tidak cocok untuk kentang olahan (Warnita, 2006).

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi Molekuler dan Seluler Tanaman Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat Institut Pertanian Bogor. Bahan tanaman yang digunakan adalah stek mikro kentang hasil perbanyakan *in vitro* dari kultivar Granola yang merupakan koleksi Laboratorium Biologi Molekuler dan Seluler Tanaman (eksplan disiapkan selama 8 minggu). Media dasar adalah media Murashige dan Skoog (MS). Bahan lain yang digunakan yaitu agar-agar sebagai bahan pematat, aquades, gula, air steril, spirtus, alkohol 70%, betadine, plastik, karet gelang, tissue. Alat-alat yang digunakan meliputi labu takar, gelas ukur, pipet, pengaduk, timbangan, pH meter, timbangan analitik, kompor listrik, panci masak, botol kultur, autoklaf, sprayer, laminar air flow cabinet, cawan petri, gunting, pinset, lampu spritus (bunsen), spidol permanen, rak kultur yang dilengkapi dengan lampu fluorescence untuk perbanyakan stek mikro, kain hitam untuk pengumbian, oven, desikator dan kamera untuk dokumentasi. Penelitian ini terdiri dari dua tahap percobaan yaitu: 1) Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa pada pertumbuhan stek mikro kentang (4 minggu) dan 2) Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa pada pengumbian mikro kentang (8 minggu), sistem pengumbian yang digunakan adalah sistem dua media yaitu padat-cair.

Tahap 1: Pengaruh Konsentrasi Nitrogen dan Sukrosa pada Pertumbuhan Stek Mikro Kentang

Percobaan ini menggunakan rancangan perlakuan faktorial yang disusun secara acak lengkap dengan asumsi setiap satuan percobaan mendapatkan lingkungan yang sama di laboratorium kultur jaringan. Faktor yang diteliti terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi nitrogen dan konsentrasi sukrosa. Faktor pertama adalah nitrogen (N), terdiri dari 4 taraf konsentrasi yaitu 30 mM (N1), 60 mM (N2), 90 mM (N3) dan 120 mM (N4). Faktor kedua adalah sukrosa (S), terdiri dari 5 taraf konsentrasi yaitu 30 g/l, 45 g/l, 60 g/l, 75 g/l dan 90 g/l. Pada masing-masing perlakuan diulang 10 kali sehingga terdapat 200 satuan percobaan. Satu satuan percobaan adalah satu botol kultur yang terdapat 4 eksplan.

Tahap 2: Pengaruh Konsentrasi Nitrogen dan Sukrosa pada Pengumbian Mikro Kentang

Percobaan ini menggunakan rancangan perlakuan faktorial yang disusun secara acak lengkap dengan

asumsi setiap satuan percobaan mendapatkan lingkungan yang sama di laboratorium kultur jaringan. Faktor yang diteliti terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi nitrogen dan konsentrasi sukrosa. Faktor pertama adalah nitrogen (N), terdiri dari 4 taraf konsentrasi yaitu 30 mM (N1), 60 mM (N2), 90 mM (N3) dan 120 mM (N4). Faktor kedua adalah sukrosa (S), terdiri dari 5 taraf konsentrasi yaitu 30 g/l, 45 g/l, 60 g/l, 75 g/l dan 90 g/l. Pada masing-masing perlakuan diulang 5 kali sehingga terdapat 100 satuan percobaan. Satu satuan percobaan adalah satu botol kultur yang terdapat 4 planlet.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan analisis ragam pada taraf 5% dan jika berpengaruh nyata maka dilakukan uji beda nilai tengah dengan uji wilayah berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test-DMRT*) pada taraf 5% dan polinomial orthogonal dengan menggunakan program SAS versi 9.12.

Pelaksanaan Penelitian

Sterilisasi Botol dan Alat

Botol kultur dicuci bersih dengan menggunakan deterjen, kemudian disterilisasi di dalam autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 17,5 psi selama 1 jam. Peralatan yang digunakan untuk menanam seperti gunting, pinset, cawan petri disterilisasi dengan cara yang sama seperti sterilisasi botol kultur.

Pembuatan media pertunasan atau perbanyakan stek mikro kentang

Media pertunasan atau perbanyakan menggunakan media MS, yang dibuat dari larutan stok A, B, C, D, E, F, G dan H yaitu larutan yang berisi garam-garam anorganik dan vitamin dari media MS yang dicampur berdasarkan jenis garamnya. Khusus untuk konsentrasi larutan stok A dan B yang mengandung nitrogen dibuat sesuai perlakuan yaitu 30 mM (N1) dipipet 10 ml/l, 60 mM (N2) dipipet 20 ml/l, 90 mM (N3) dipipet 30 ml/l dan 120 mM (N4) dipipet 40 ml/l. Konsentrasi media larutan yang lainnya dipipet dalam volume tertentu sesuai dengan konsentrasi yang dibutuhkan setelah itu ditambahkan myo-inositol, sukrosa dibuat sesuai perlakuan yaitu 30 g/l, 45 g/l, 60 g/l, 75 g/l dan 90 g/l, CAP dan vitamin. Larutan media diaduk merata dan pH-nya diatur sekitar 5,6 - 6,0 dengan penambahan beberapa tetes NaOH atau HCl 1 N. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pHmeter. Selanjutnya larutan media ditambah agar-agar dan dimasak hingga mendidih. Setelah itu media dimasukkan ke dalam botol kultur yang telah disterilisasi sebanyak 20 ml setiap botol. Botol yang telah diisi media ditutup dengan plastik, dan diikat dengan karet gelang, lalu disterilisasi kembali pada tekanan 17,5 psi selama 30 menit, kemudian media tersebut disimpan selama 3 hari sebelum digunakan.

Perbanyakan stek mikro kentang

Penanaman stek mikro dilakukan pada *laminar air flow cabinet* yang telah disemprot alkohol 70%. Stek mikro dipindahkan ke dalam cawan petri yang berisi air steril dan betadine, kemudian dipotong menjadi stek

mikro buku tunggal. Pada setiap botol ditanam potongan stek mikro dengan posisi mendatar sebanyak 4 eksplan (1 buku setiap eksplan). Botol yang sudah berisi potongan stek mikro ditutup kembali dengan plastik dan diikat dengan karet gelang. Setelah itu botol diletakkan di atas rak kultur dengan fotoperiode 24 jam perhari dan suhu ruang kultur 15-20°C.

Pengumbian

Media pengumbian yaitu media MS cair yang memiliki konsentrasi nitrogen yang dibuat sesuai perlakuan yaitu 30 mM (N1) dipipet 10 ml/l, 60 mM (N2) dipipet 20 ml/l, 90 mM (N3) dipipet 30 ml/l dan 120 mM (N4) dipipet 40 ml/l. Sukrosa dibuat sesuai perlakuan yaitu 30 g/l, 45 g/l, 60 g/l, 75 g/l dan 90 g/l, kemudian ditambah air kelapa 15%, paclobutrazol 10 ppm dan aspirin 30 mg/l. Media pengumbian dimasukkan ke dalam botol kultur yang berisi tunas *in vitro* dari media pertunasan yang telah berumur 4 minggu. Botol ditutup kembali dengan plastik dan diikat dengan karet gelang. Setelah itu botol diletakkan di atas rak kultur dan sekelilingnya ditutup dengan kain berwarna hitam yang tidak tembus cahaya dengan suhu ruang kultur 15-20°C. Setelah 8 minggu diberikan media pengumbian, umbi dipanen dengan mengeluarkan semua tanaman dari dalam botol dan dibersihkan dengan air.

Pengamatan Penelitian

Peubah-peubah yang diamati pada penelitian ini meliputi :

Tahap 1: Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa pada pertumbuhan stek mikro kentang

- Jumlah tunas: dihitung berdasarkan banyaknya tunas yang muncul pada planlet, diamati pada 2 dan 4 minggu setelah tanam.
- Panjang ruas: dihitung dengan menggunakan rumus:

$$y = \frac{\text{tinggi tanaman}}{\text{jumlah buku} - 1}$$

Keterangan: y = panjang ruas, diamati pada 2 dan 4 minggu setelah tanam.
- Jumlah buku: pengamatan dilakukan dengan menghitung banyaknya buku pada eksplan, diamati pada 2 dan 4 minggu setelah tanam.
- Tinggi tanaman: pengamatan dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman dari luar botol kultur dimulai dari permukaan media sampai ujung tanaman, pada 2 dan 4 minggu setelah tanam.

Tahap 2 : Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa pada media pengumbian mikro kentang

- Ukuran umbi: dihitung dengan mengukur rata-rata ukuran umbi berdasarkan diameter (mm) dari bobot basah (mg/umbi).

- Bobot basah umbi per botol: dilakukan dengan menimbang umbi yang telah dipanen (8 MSP) pada masing-masing perlakuan dari seluruh ulangan dengan neraca analitik kemudian nilainya dirata-ratakan.
- Persentase bobot kering umbi: umbi dibungkus dalam kantong kertas (4 umbi terbesar setiap ulangan), kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 1 minggu sampai bobot keringnya konstan. Selanjutnya umbi dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang. Setelah itu dihitung persentase bobot keringnya dengan menggunakan rumus:

$$y = \frac{\text{bobot kering umbi}}{\text{bobot basah umbi}} \times 100\%$$

Keterangan y = Persentase bobot kering umbi

HASIL

Jumlah Tunas

Tidak terdapat pengaruh konsentrasi nitrogen serta interaksi antara konsentrasi nitrogen dan sukrosa terhadap jumlah tunas, tetapi sangat dipengaruhi oleh konsentrasi sukrosa. Peningkatan konsentrasi sukrosa lebih dari 75 g/l akan menurunkan jumlah tunas pada umur 2 dan 4 MST. Jumlah tunas sebesar 4,05 tunas dihasilkan oleh konsentrasi sukrosa optimum 45,36 g/l pada 2 MST (Tabel 1).

Jumlah Buku

Pengaruh konsentrasi nitrogen pada 2 MST, konsentrasi sukrosa pada 2 MST dan 4 MST serta interaksi antara konsentrasi nitrogen dan sukrosa pada 2 MST dan 4 MST adalah nyata terhadap jumlah buku. Jumlah buku tertinggi pada 2 MST dihasilkan oleh konsentrasi nitrogen 60 mM yaitu 3,34 buku. Peningkatan konsentrasi sukrosa dari 30 g/l sampai dengan 90 g/l cenderung menyebabkan penurunan jumlah buku, dimana jumlah buku tertinggi dihasilkan oleh konsentrasi sukrosa 30 g/l yaitu 4,47 buku pada 2 MST dan 9,02 buku pada 4 MST. Interaksi antara konsentrasi nitrogen 120 mM dan sukrosa 30 g/l menghasilkan jumlah buku tertinggi yaitu 4,80 buku pada 2 MST dan 9,80 buku pada 4 MST. Pada 2 MST dan 4 MST semakin tinggi konsentrasi sukrosa jumlah buku semakin sedikit. Pada taraf konsentrasi nitrogen 30 mM sampai dengan 120 mM peningkatan taraf konsentrasi sukrosa dari 30 g/l sampai dengan 90 g/l nyata menurunkan jumlah buku (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa terhadap jumlah tunas dan jumlah buku

Perlakuan	Jumlah tunas		Jumlah buku	
	2MST	4MST	2 MST	4 MST
Nitrogen (mM)				
30	3,84	3,88	3,31 a	6,06
60	4,00	4,00	3,34 a	6,36
90	3,80	3,80	2,99 a-b	5,87
120	3,72	3,72	2,79 b	5,86
Linier	tn	tn	tn	tn
Kuadratik	tn	tn	tn	tn
Sukrosa (g/l)				
30	4,00 a	4,00 a	4,47 a	9,02 a
45	4,00 a	4,00 a	3,93 b	7,21 b
60	4,00 a	4,00 a	3,37 c	5,96 c
75	3,80 a	3,85 a	2,57 d	4,86 d
90	3,40 b	3,40b	1,20 e	3,14 e
Linier	tn	tn	**	**
Kuadratik	*	tn	tn	tn
Nitrogen (mM) x Sukrosa (g/l)				
30 30	4,00	4,00	4,39 a-c	8,02 b-c
45	4,00	4,00	3,97 a-d	6,85 c-e
60	4,00	4,00	3,90 a-d	6,51 d-f
75	3,60	3,80	2,89 e-g	5,32 f-g
90	3,60	3,60	1,40 h-i	3,60 i
Linier			*	**
Kuadratik			tn	tn
60 30	4,00	4,00	4,11 a-d	9,36 a
45	4,00	4,00	3,76 b-e	7,10 c-e
60	4,00	4,00	3,69 b-e	6,55 d-f
75	4,00	4,00	3,20 d-f	4,97 g-h
90	4,00	4,00	1,96 g-h	3,83 h-i
Linier			*	**
Kuadratik			tn	tn
90 30	4,00	4,00	4,60 a-b	8,90 a-b
45	4,00	4,00	4,05 a-d	7,20 c-d
60	4,00	4,00	3,50 c-e	5,75 e-g
75	3,80	3,80	2,10 g-h	5,30 f-g
90	3,20	3,20	0,70 h-i	2,20 j
Linier			**	**
Kuadratik			tn	tn
120 30	4,00	4,00	4,80 a	9,80 a
45	4,00	4,00	3,95 a-d	7,70 b-d
60	4,00	4,00	2,40 f-g	5,03 g-h
75	3,80	3,80	2,08 g-h	3,85 h-i
90	2,80	2,80	0,75 h-i	2,95 j-i
Linier			**	**
Kuadratik			tn	tn

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf uji 5% (DMRT).

Panjang Ruas

Perlakuan konsentrasi nitrogen yang digunakan memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang ruas, demikian juga dengan perlakuan konsentrasi sukrosa, sedangkan interaksi antara konsentrasi nitrogen dan sukrosa memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap

panjang ruas. Panjang ruas tertinggi dihasilkan dari konsentrasi nitrogen 60 mM yaitu 1,33 cm pada 2 MST dan 1,76 cm pada 4 MST, sedangkan untuk sukrosa panjang ruas tertinggi dihasilkan oleh konsentrasi 30 g/l yaitu 1,12 cm pada 2 MST dan 1,62 cm pada 4 MST. Peningkatan konsentrasi sukrosa menyebabkan panjang ruas semakin pendek (Tabel 2).

Tabel. 2 Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa terhadap panjang ruas dan tinggi tanaman

Perlakuan	Panjang ruas (cm)		Tinggi tanaman (cm)	
	2 MST	4 MST	2 MST	4 MST
Nitrogen (mM)				
30	0,90 b	1,43 b	2,77 b	4,42 b
60	1,33 a	1,76a	4,07 a	6,74 a
90	0,75 c	1,18 c	2,60 b	3,78 c
120	0,56 d	0,87d	1,98 c	2,67 d
Linier	tn	tn	tn	tn
Kuadrat	tn	tn	tn	tn
Sukrosa (g/l)				
30	1,12 a	1,62 a	3,77a	5,87 a
45	0,92 b	1,34 b	3,38 a-b	5,23 b
60	0,86 b-c	1,26 b-c	2,98 b	4,67 b
75	0,81 b-c	1,26 b-c	2,45 c	3,73 c
90	0,73 c	1,06 c	1,70 d	2,52 d
Linier	*	*	**	**
Kuadrat	tn	tn	tn	tn
Nitrogen (mM) × Sukrosa (g/l)				
30 30	1,06	1,70	3,82	5,98
45	0,99	1,47	3,46	5,30
60	0,92	1,46	2,93	4,95
75	0,79	1,45	2,44	4,26
90	0,77	1,05	1,18	1,60
Linier				
Kuadrat				
60 30	1,67	1,88	4,80	8,51
45	1,39	1,85	4,46	7,56
60	1,28	1,80	3,88	6,78
75	1,26	1,80	3,74	5,52
90	1,07	1,49	3,50	5,33
Linier				
Kuadrat				
90 30	0,89	1,67	3,70	5,25
45	0,76	1,07	3,10	4,55
60	0,74	1,06	3,08	4,35
75	0,68	1,05	2,21	3,19
90	0,65	1,04	0,94	1,59
Linier				
Kuadrat				
120 30	0,85	1,25	2,77	3,72
45	0,54	0,96	2,50	3,51
60	0,50	0,74	2,03	2,60
75	0,49	0,73	1,41	1,96
90	0,45	0,66	1,18	1,55
Linier				
Kuadrat				

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf uji 5% (DMRT).

Tinggi Tanaman

Pengaruh konsentrasi nitrogen pada 2 MST dan 4 MST demikian juga dengan konsentrasi sukrosa pada 2 MST dan 4 MST adalah nyata terhadap tinggi tanaman. Tanaman tertinggi dihasilkan oleh konsentrasi nitrogen

60 mM yaitu 4,07 cm pada 2 MST dan 6,74 cm pada 4 MST. Tanaman tertinggi dihasilkan oleh konsentrasi sukrosa 30 g/l yaitu 3,77 cm pada 2 MST dan 5,87 cm pada 4 MST. Peningkatan konsentrasi sukrosa menyebabkan tanaman semakin pendek (Tabel 2).

Tabel 3. Pengaruh konsentrasi nitrogen dan sukrosa terhadap bobot basah umbi, ukuran (diameter) umbi dan persentase bobot kering umbi

Perlakuan	Bobot basah umbi (mg/umbi) 8 MSP	Ukuran (diameter) umbi (mm/umbi) 8 MSP	Persentase bobot kering umbi (%)8 MSP(*)
Nitrogen (mM)			
30	120,92 b	3,43 c	13,48 c
60	214,22 a	5,63 a	17,86 a
90	197,20 a	5,37 a-b	16,09 b
120	131,24 b	4,76 b	15,27 b
Linier	tn	tn	tn
Kuadrat	tn	tn	tn
Sukrosa (g/l)			
30	87,03 d	3,45 c	14,04 c
45	118,21c	4,21 b	15,11 b
60	185,99 b	5,15 a	16,02 a-b
75	238,60 a	5,87 a	16,99 a
90	199,62b	5,29 a	16,22 a
Linier	*	*	tn
Kuadrat	tn	tn	tn
Nitrogen (mM) x Sukrosa (g/l)			
30 30	40,13 i	1,94 h	11,98 h
45	104,71f-i	3,18 g-h	13,57 g-h
60	123,72 e-h	3,62 f-h	13,77 f-h
75	145,87 d-g	4,01 e-g	13,86 f-h
90	190,17 d-e	4,41 d-g	14,22 f-g
Linier	**	**	tn
Kuadrat	tn	tn	tn
60 30	146,80 d-g	5,13 b-f	16,64 b-e
45	181,46 d-e	5,22 b-f	17,04 b-e
60	214,54 c-d	5,57 b-e	17,64 b-d
75	262,34 b-c	5,58 b-e	18,17 a-b
90	266,00 b-c	6,64 a-b	19,84 a
Linier	**	*	*
Kuadrat	tn	tn	tn
90 30	87,00 f-i	3,52 f-h	13,78 f-h
45	102,00 f-i	4,87 c-g	15,83 c-f
60	305,70 a-b	6,82 a-b	17,48 b-d
75	335,33 a	7,49 a	18,09 a-b
90	156,00 d-f	4,13 e-g	15,27 e-g
Linier	tn	tn	tn
Kuadrat	tn	tn	*
120 30	74,20 h-i	3,20 g-h	13,77 f-h
45	84,67 g-i	3,59 f-h	14,03 f-g
60	100,00 f-i	4,61 d-g	15,19 e-g
75	211,00 c-d	6,43 a-c	17,84 a-c
90	186,33 d-e	6,01 a-d	15,55 d-g
Linier	*	*	tn
Kuadrat	tn	tn	tn

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf uji5% (DMRT); (*) data untuk pengolahan statistik ditransformasi ke Arcsin√persen.

Bobot Basah Umbi, Ukuran (Diameter) Umbi dan Persentase Bobot Kering Umbi

Konsentrasi nitrogen, sukrosa serta interaksi antara nitrogen dan sukrosa berpengaruh nyata terhadap bobot basah umbi, ukuran (diameter) umbi dan persentase bobot kering umbi. Konsentrasi nitrogen 60 mM menghasilkan bobot basah umbi, ukuran (diameter) umbi

dan persentase bobot kering umbi tertinggi yaitu 214,22 mg/umbi, 5,63 mm/umbi dan 17,86%. Konsentrasi sukrosa 75 g/l menghasilkan bobot basah umbi, ukuran (diameter) umbi dan persentase bobot kering umbi tertinggi yaitu 238,60 mg/umbi, 5,87 mm/umbi dan 16,99%. Interaksi antara konsentrasi nitrogen 90 mM dan sukrosa 75 g/l menghasilkan bobot basah umbi dan ukuran (diameter) umbi tertinggi yaitu 335,33 mg/umbi

dan 7,49 mm/umbi, sedangkan persentase bobot kering umbi tertinggi dihasilkan oleh interaksi antara konsentrasi nitrogen 60 mM dan sukrosa 90 g/l yaitu 19,84%.

Peningkatan konsentrasi sukrosa menyebabkan bobot basah umbi dan ukuran (diameter) umbi meningkat. Untuk faktor interaksi antara konsentrasi nitrogen 30 mM, 60 mM, 120 mM dan konsentrasi sukrosa 30 g/l sampai dengan 90 g/l nyata meningkatkan bobot basah umbi dan ukuran (diameter) umbi. Interaksi antara konsentrasi nitrogen 60 mM dan konsentrasi sukrosa 30 g/l sampai dengan 90 g/l meningkatkan persentase bobot kering umbi. Selanjutnya interaksi antara konsentrasi nitrogen 90 mM dan konsentrasi sukrosa optimum 65,03 g/l menghasilkan persentase bobot kering umbi 17,70% (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Pertumbuhan Stek Mikro Kentang

Stek mikro berasal dari perbanyakkan stek buku tunggal pada media MS0 (Murashige dan Skoog tanpa zat pengatur tumbuh). Wattimena (1983) telah mencoba berbagai zat pengatur tumbuh dan media ternyata MS0 adalah yang terbaik. Nitrogen dan sukrosa pada media *in vitro* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan stek mikro kentang. Pada jaringan tumbuhan nitrogen merupakan komponen penyusun dari banyak senyawa esensial bagi tumbuhan, terutama asam-amino, karena setiap molekul protein tersusun dari asam-asam amino dan setiap enzim adalah protein, maka nitrogen juga merupakan unsur penyusun protein dan enzim. Selain itu nitrogen juga terkandung dalam klorofil, hormon, sitokinin dan auksin (Lakitan, 2004). Pada kultur *in vitro* nitrogen diberikan dalam jumlah terbesar dalam bentuk KNO_3 atau NH_4NO_3 (Dodds & Roberts 1985 dalam Zulkarnain, 2009).

Nitrogen merupakan unsur makro yang penting bagi pertumbuhan tanaman, yang dapat memacu pertumbuhan bagian vegetatif tanaman. Tetapi dari hasil penelitian menunjukkan bahwa jika konsentrasi nitrogen yang digunakan terlalu tinggi (90 mM sampai dengan 120 mM) pertumbuhan stek mikro menjadi terhambat. Menurut Stallknecht & Farnsworth (1979) serta Wattimena (1983) nitrogen yang rendah pada media perbanyakkan stek mikro (eksplan) dan pengumbian mikro adalah yang terbaik untuk coumarin menginduksi pengumbian mikro kentang. Dengan demikian pembentukan umbi tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi media pengumbian mikro tetapi juga oleh jumlah nitrogen yang digunakan untuk pertunasan stek mikro. Konsentrasi nitrogen pada media pertunasan berpengaruh terhadap keadaan fisiologis dari tunas yang ditumbuhkan secara *in vitro* sehingga akan mempengaruhi pembentukan umbi mikro. Hal ini sesuai dengan penelitian Zarrabeitia *et al.* (1997) bahwa dari konsentrasi nitrogen yang digunakan (19,2 meq/l, 23 meq/l, 60 meq/l dan 357 meq/l) pada 4 kultivar kentang (Jaerla, Spunta, Turia dan Baraka) menunjukkan bahwa

konsentrasi nitrogen yang rendah 19,2 - 23 meq/l memberikan hasil optimum pada mikropropagasi atau perbanyakkan stek mikro yang dapat dilihat dari jumlah buku, panjang ruas, kandungan klorofil dan luas daun, demikian juga dengan pengumbian pada konsentrasi nitrogen yang rendah (23 meq/l) meningkatkan inisiasi umbi. Selain itu menurut Avila *et al.* (1998) ketika konsentrasi nitrogen yang digunakan pada media MS dikurangi sebagian (30 mM) maka panjang tunas, jumlah buku dan bahan kering berubah (kultivar Spunta) pada media padat dan cair karena peningkatan penggunaan karbon. Hal ini digambarkan dengan akumulasi bahan kering. Selanjutnya Salisbury dan Ross (1995) mengatakan bahwa tumbuhan yang terlalu banyak mendapatkan nitrogen biasanya mempunyai daun yang berwarna hijau tua dan lebat dengan sistem akar yang kerdil sehingga nisbah tajuk dan akar tinggi, hal ini diduga karena terjadinya penurunan jumlah gula yang tersedia untuk ditraslokasikan ke akar.

Sukrosa merupakan karbohidrat yang berfungsi menggantikan karbon, dibutuhkan sebagai sumber energi dan untuk proses biosintesis. Pada 2 MST konsentrasi sukrosa yang optimum terdapat pada jumlah tunas 45,36 g/l. Jika konsentrasi sukrosa yang digunakan semakin tinggi maka jumlah tunas, panjang ruas, jumlah buku dan tinggi tanaman semakin rendah, hal ini disebabkan oleh pengaruh sukrosa terhadap tekanan osmotik media yang berkaitan dengan penyerapan unsur hara lainnya bagi tanaman. Menurut Khury dan Moorby (1995) sukrosa penting dalam *in vitro* untuk pengaruh osmotik. Untuk pertumbuhan tunas mikro yang baik dibutuhkan sukrosa sebesar 2-3% (Roca *et al.* 1979; Hussey & Stacey, 1981; Wang & Hu, 1982; Wattimena, 1983). Pada penelitian yang dilakukan oleh Rusnanda (2007) tentang pengaruh konsentrasi BAP dan sukrosa terhadap multiplikasi tunas temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* ROXB.) secara *in vitro*, dari 4 taraf konsentrasi sukrosa yang digunakan (30, 40, 50 dan 60 g/l) pemberian sukrosa 40 g/l menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman pada eksplan temulawak.

Sukrosa berperan sebagai sumber energi yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, namun pada dosis tinggi akan menyebabkan perubahan tekanan osmosa sehingga dapat menekan pertumbuhan tanaman. Gula berperan dalam meningkatkan tekanan osmosa, dalam media kultur jaringan pengaruhnya lebih besar dibandingkan garam makro. Pada media MS konsentrasi sukrosa 30 g/l dapat memberikan kontribusi tekanan osmosa sebesar 2,20 bar. Jika tekanan osmosa > 3 bar (3×10^5 Pascal) akan mengakibatkan pertumbuhan dan pembentukan organ tanaman terhenti sebagai hasil penghentian pengambilan air (Pierik, 1987). Demikian juga dengan penelitian Lawalata (2009) yang menggunakan konsentrasi sukrosa 30 g/l, 40 g/l dan 50 g/l dalam menginduksi pembungaan Gloxinia, dimana semakin tinggi konsentrasi sukrosa yang diberikan semakin rendah jumlah tunas yang dihasilkan, jumlah tunas tertinggi sejak 2 MST sampai dengan 14 MST dihasilkan oleh konsentrasi sukrosa 30 g/l.

Pengumbian Mikro Kentang

Umbi kentang adalah umbi batang, oleh karena itu stek mikro dapat diinduksi untuk membentuk umbi mikro dengan jalan mengatur suhu, lamanya penyinaran dan komposisi media. Pada fase pertumbuhan vegetatif dan pengumbian kentang, nitrogen merupakan unsur yang paling banyak berperan. Dari seluruh unsur-unsur hara, bentuk dan konsentrasi nitrogen nyata mempengaruhi proses pengumbian *in vitro* (Sarkar & Naik 1998). Unsur nitrogen media dipenuhi dalam bentuk nitrat (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+). Konsentrasi nitrat biasanya antara 25-40 mM dan konsentrasi amonium antara 2-20 mM (Gamborg & Shyluk 1981). Pada 8 MSP (minggu setelah pengumbian) konsentrasi nitrogen yang menghasilkan bobot basah umbi, ukuran (diameter) umbi dan persentase bobot kering umbi tertinggi adalah 60 mM, sedangkan penggunaan konsentrasi sukrosa (60 - 90 g/l) meningkatkan bobot basah umbi, diameter umbi dan persentase bobot kering umbi. Dengan demikian konsentrasi sukrosa yang dibutuhkan pada media pengumbian harus lebih tinggi daripada media pertumbuhan stek mikro. Menurut Wang & Hu (1985) konsentrasi sukrosa untuk pengumbian kentang secara *in vitro* harus lebih tinggi dari konsentrasi sukrosa yang umum digunakan. Sukrosa untuk pengumbian *in vitro* umumnya 6-8% (Palmer & Smith 1969; Wattimena, 1983; Estrada *et al.*, 1986; Altindal & Karadogan, 2010). Penelitian Puspitaningtyas (1988) dan Meilinda (1990) menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa 9% memberikan pengaruh yang terbaik terhadap ukuran umbi dan bobot basah umbi. Hal ini sesuai dengan penelitian Wattimena (2000) bahwa media pengumbian yang terbaik terdiri dari media MS (konsentrasi nitrogen 60 mM), sukrosa 90 g/l, kombinasi zat pengatur tumbuh sitokinin dan retardan. Selanjutnya Xu *et al* (1998) yang mempelajari peran dari giberelin, asam absisi dan sukrosa dalam pengaturan pembentukan umbi *in vitro* kentang mendapatkan ukuran umbi mikro yang lebih besar pada sukrosa 8% dibandingkan sukrosa 4 dan 6%.

Selain itu Rafique *et al.* (2004) yang mempelajari pengaruh dari berbagai konsentrasi BAP dan sukrosa pada induksi umbi mikro kentang (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro* dimana eksplan dari tanaman *in vitro* dikulturkan pada media MS (Murashige & Skoog, 1962) ditambah Fe (150 g/l), konsentrasi sukrosa (0, 3, 6 dan 9%) dan 6-benzylaminopurine (0, 0,2, 1 dan 5,0 μM), konsentrasi sukrosa 6% dan BAP 1 μM menghasilkan bobot basah umbi maksimum. Konsentrasi sukrosa 60 sampai dengan 80 g/l meningkatkan produksi biomassa umbi mikro sebagai kandungan bahan kering (Gopal *et al.*, 2004). Pada 8 MSP konsentrasi optimum dari interaksi antara konsentrasi nitrogen dan sukrosa yang menghasilkan persentase bobot kering umbi tertinggi pada 90 mM \times 65,03 g/l.

Menurut Madec (1963) dan Ewing (1981), fotoperiode dan suhu mempengaruhi keseimbangan atau rasio dari zat pengatur tumbuh yang berperan dalam pengumbian kentang seperti giberelin dan sitokinin, serta ketersediaan karbohidrat yang dibutuhkan untuk insiasi

dan pertumbuhan umbi. Hussey (1980) serta Wang & Hu (1985) menyatakan bahwa suhu yang umum digunakan dalam pertumbuhan tunas mikro kentang adalah 15-25°C. Untuk pengumbian secara *in vitro*, suhu optimum yang konstan memberikan hasil produksi umbi mikro yang lebih tinggi daripada bila perbedaan suhu siang dan malamnya rendah (Wang & Hu, 1982). Menurut Stallknecht & Farnsworth (1982), pada suhu yang kurang dari 15°C atau lebih dari 30°C pembentukan umbi mikro akan terhambat. Induksi umbi mikro dan pertumbuhannya diperoleh dalam kultur gelap pada suhu 18-20°C selama 8-10 minggu (Nistor *et al.*, 2010).

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, pengumbian mikro kentang dilakukan dengan menggunakan konsentrasi nitrogen dan sukrosa yang berbeda antara media untuk stek mikro dengan media pengumbiannya. Media stek mikro menggunakan konsentrasi nitrogen tinggi dan sukrosa rendah, sedangkan media pengumbian mikro menggunakan konsentrasi nitrogen rendah dan sukrosa tinggi (Wattimena, 1983; Mustika, 2005). Pada penelitian ini, pertumbuhan stek mikro pada 4 MST yang terbaik yaitu pada konsentrasi nitrogen 60 mM dan sukrosa 30 g/l menghasilkan jumlah buku 9,36 buku, tinggi tanaman 8,51 cm dan panjang ruas 1,88 cm, sedangkan untuk pengumbian mikro pada 8 MSP yang terbaik yaitu pada konsentrasi nitrogen 60 mM dan sukrosa 90 g/l menghasilkan persentase bobot kering umbi 19,84% serta konsentrasi nitrogen 90 mM dan sukrosa 75 g/l menghasilkan bobot basah umbi 335,33 mg/umbi dan ukuran (diameter) umbi 7,49 mm/umbi. Dengan demikian dapat digunakan sebagai propagul umbi mikro karena memenuhi standar tertentu yaitu diameter > 5 mm, bobot segar > 100 mg/umbi dan persentase bobot kering > 14% (Sarajar, 1992).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat konsentrasi sukrosa serta kombinasi antara konsentrasi nitrogen dan sukrosa yang optimum untuk pertumbuhan stek mikro dan pengumbian mikro. Perlakuan nitrogen 60 mM dan sukrosa 90 g/l dan nitrogen 90 mM dan sukrosa 75 g/l menghasilkan umbi mikro yang memenuhi kriteria sebagai bibit. Perlakuan tersebut menghasilkan persentase bobot kering umbi 19,84%, bobot basah umbi 335,33 mg/umbi dan ukuran (diameter) umbi 7,49 mm/umbi.

DAFTAR PUSTAKA

- Altindal, D. & T. Karadogan. 2010. The effect of carbon sources on *in vitro* microtuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Turkish Journal of Field Crops* 15: 7-11.
- Avila, A. de L., S.M. Pereyra, & J.A. Arguello. 1998. Nitrogen concentration and proportion of NH_4^+ -N affect potato cultivar response in solid and liquid media. *Hort. Science* 33: 336-338.

- Estrada, R., P. Tovar, & J.H. Dodds. 1986. Induction of *in vitro* tubers in a broad range of potato genotypes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 7: 3-10.
- Ewing, E.E. 1981. Heat stress and tuberization stimulus. *American Potato Journal* 58: 31-49.
- Gamborg, O.L. & J.P. Shyluk. 1981. Nutrition, media and characteristics of plant cell and tissue culture. *Di dalam*: Thorpe T.A, editor. *Plant Tissue Culture Methods Application in Agriculture*. New York: Academic Press Inc.
- Gopal, J., A. Chamail & D. Sarkar. 2004. *In vitro* production of microtubers for conservation of potato germplasm: effect of genotype, abscisic acid and sucrose. *In vitro Cellular Development Biology Plant* 40: 485-490.
- Hussey, G. 1980. *In vitro* propagation. *Di dalam*: Ingram DS, Helgeson JP, editor. *Tissue Culture Methods for Plant Pathologist*. Oxford, London: Blackwell Scientific Publications.
- Hussey, G. & N.J. Stacey. 1981. *In vitro* propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Annals of Botany* 48: 787-796.
- Kailola, J.J.G. 2002. Pengaruh jenis media pengumbian dan taraf konsentrasi aspirin terhadap pengumbian *in vitro* kentang (*Solanum tuberosum* L.). [Skripsi]. Ambon: Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura.
- Khury, S. & J. Moorby. 1995. Investigation into the role of sucrose in potato cv. Estima microtuber production *in vitro*. *Annals of Botany* 75: 295-303.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lawalata, I.J. 2009. Induksi pembungaan pada gloxinia (*Sinningiaspeciosa*) dengan GA₃, sukrosa, nitrogen dan fosfor pada medium *in vitro*. [Thesis]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Madec, P. 1963. Tuber-Forming Substances in the Potato. P. *Di dalam*: Ivins J.D., & F.L. Milthorpe (Eds). *The Growth of the potato*. London. Butterworths.
- Meilinda, W. 1990. Pengaruh sukrosa dan kombinasi zat pengatur tumbuh terhadap produksi umbi mikro kentang (*Solanum tuberosum* L.). [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Mustika, H. 2005. Pengaruh kombinasi beberapa taraf nitrogen dengan inhibitor terhadap pengumbian *in vitro* kentang (*Solanum tuberosum* L.). [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Nistor, A, G. Campeanu, N. Atanasiu, N. Chiru & D. Karacsonyi. 2010. Influence of potato genotypes on “*in vitro*” production of microtubers. *Romanian Biotechnological Letter* 15: 5317-5324.
- Palmer, C.E. & O.E. Smith. 1969. Cytokinins and tuber initiation in the potato (*Solanum tuberosum* L.). *Nature* 221: 279-280.
- Pierik, R.L.M. 1987. *In Vitro Culture of Higher Plants*. The Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Puspitaningtyas, D.M. 1988. Pengaruh sukrosa dan benzyladenin (BA) terhadap pembentukan umbi mikro kentang secara *in vitro*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Rafique, T., M.J. Jaskani, H. Raza, & M. Abbas. 2004. *In vitro* studies on microtuber induction in potato. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 375-377.
- Roca, W.M., J.E. Bryan, & M.R. Roca. 1979. Tissue culture for the international transfer on potato genetics resources. *American Potato Journal* 56: 1-10.
- Rusnanda, Y. 2007. Pengaruh konsentrasi BAP dan sukrosa terhadap multiplikasi tunas temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* ROXB.) secara *in vitro*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Salisbury, F.B. & C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. Bandung: ITB.
- Stallknecht, G.F. & S. Farnsworth. 1979. The effect of nitrogen on the coumarin –induced tuberization of potato axillary shoots cultured *in vitro*. *American Potato Journal* 56 : 523 – 530.
- Stallknecht, G.F. & S. Farnsworth. 1982. General characteristics of coumarin- induced tuberization of axillary shoots of *Solanum tuberosum* L. culture *in vitro*. *American Potato Journal* 59: 17-32.
- Sarajar, S.A. 1992. Pengaruh nitrogen dan jenis sitokinin terhadap pengumbian kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *in vitro* yang diinduksi coumarin. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sarkar, D. & P.S. Naik. 1998. Effect of inorganic nitrogen nutrition on cytokinin-induced potato microtuber production *in vitro*. *Potato Research* 41: 211-217.
- Xu, X., A.A.M. van Lammeren, E. Vermeer, & D. Vreugdenhil. 1998. The role of gibberellins, abscisic acid and sucrose in the regulation of potato tuber formation *in vitro*. *Plant Physiology* 117: 575-584.
- Wang, P.J. & C.Y. Hu. 1982. *In vitro* mass tuberization and virus free seed potato production in Taiwan. *American Potato Journal* 59: 33-37.
- Wang, P.J. & C.Y. Hu. 1985. Potato Tissue Culture and its Application in Agriculture. *Di dalam*: Li, P.H. (Ed.). *Potato Physiology*. New York: Academic Press, Inc.
- Warnita. 2006. Studi pola pengumbian beberapa genotipe kentang (*Solanum tuberosum* L.) introduksi di lapangan dan secara *in vitro* dalam usaha penyediaan bibit. [Disertasi]. Padang: Program Pascasarjana, Universitas Andalas.
- Wattimena, G.A. 1983. Micropropagation as an alternative technology for potatoes production in

- Indonesia. [Thesis]. Madison: Ph.D. University of Wisconsin.
- Wattimena, G.A., Mc. Cown & G. Weiss. 1983. Comparative field performance of potatoes from microculture. *American Potato Journal* 60: 27-33.
- Wattimena, G.A. 2000. *Pengembangan propagul kentang bermutu dan kultivar kentang unggul dalam mendukung peningkatan produksi kentang di Indonesia. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Hortikultura*. Bogor: Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Wattimena, G.A., A. Purwito, J.J.G. Kailola, & M.L. Hehanussa. 2001. *In vitro* microtuber production of potato (*Solanum tuberosum* L.) by manipulating aspirin and tuberization medium. Jogjakarta Indonesia: International Biotechnology Conference, 24-26 October 2001.
- Zarrabeitia, A., X. Lejarcegui, J. Veramendi & A.M. Mingo-Castel. 1997. Influence of nitrogen supply on micropropagation and subsequent microtuberization of four potato cultivars. *American Potato Journal* 74: 369-378.
- Zulkarnaen, H. 2009. *Kultur Jaringan Tanaman Solusi Perbanyak Tanaman Budidaya*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

journal homepage: <http://paparisa.unpatti.ac.id/paperrepo/>