

" For of HIM and through HIM and
to HIM are all things, to WHOM
be glory forever. Amen "
(Romans 12 : 36)

" I can do all things through
CHRIST who strengthens me "
(Phil. 4 : 13)

Karya kecil ini kupersembahkan
untuk :
TUHAN YESUS KRISTUS;

daddy (alm.) dan mommy
... yang telah mengajarku
tentang hidup;

Nita;
dan Timo

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

A/BDP/1992/053

**PENGARUH NITROGEN DAN JENIS SITOKININ TERHADAP
PENGUMBIAAN KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)
SECARA *IN VITRO* YANG DI INDUKSI COUMARIN**

Oleh

**SHEILA AMANDA SARAJAR
A 23.1388**



**JURUSAN BUDI DAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1992**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

SHEILA AMANDA SARAJAR. Pengaruh Nitrogen dan Jenis Sitokin terhadap Pengumbian Kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *In Vitro* yang Diinduksi Coumarin (Di bawah bimbingan G. A. WATTIMENA).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai taraf nitrogen (N) pada media pertunasan serta pengaruh nitrogen (N) dan jenis sitokin pada media pengumbian terhadap produksi umbi mikro kentang sistem cair-cair yang diinduksi coumarin. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Budi Daya Pertanian, Institut Pertanian Bogor, mulai September 1990 hingga Juni 1991.

Penelitian ini merupakan percobaan faktorial yang terdiri dari 3 faktor dan disusun secara acak lengkap. Faktor pertama adalah N pada media pertunasan dengan 5 taraf perlakuan, yaitu : 7.5 mM (T₁), 15.0 mM (T₂), 30.0 mM (T₃), 60.0 mM (T₄) dan 120.0 mM (T₅). Faktor kedua terdiri dari jenis sitokin, masing-masing pada konsentrasi optimum, yaitu Kinetin 10 ppm (S₁) dan Benzyladenine 5 ppm (S₂). Faktor ketiga adalah N dengan 2 taraf, yaitu 7.5 mM (U₁) dan 60.0 mM (U₂). Faktor kedua dan ketiga merupakan perlakuan pada media pengumbian. Seluruhnya ada 20 kombinasi perlakuan dengan 10 ulangan.

Dalam penelitian ini tunas mikro kentang kultivar Red Pontiac digunakan sebagai eksplan. Media pertunasan terdiri dari komposisi media Murashige Skoog (MS) cair yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dimodifikasi sesuai perlakuan, Ca-pantothenate 4 ppm, NAA 0.03 ppm, CCC 100 ppm, air kelapa 10 % serta sukrosa 3 %.

Kondisi lingkungan kultur selama pertunasan ialah suhu 20 - 25°C, fotoperiode 16 jam/hari dan intensitas cahaya 1 500 luks. Komposisi media pengumbian adalah media MS cair, coumarin 25 ppm, sukrosa 9 % serta zat pengatur tumbuh sesuai dengan perlakuan. Pada saat pengumbian, kultur disimpan dalam ruangan gelap dengan suhu 17 - 20°C.

Dari hasil percobaan dapat dikemukakan bahwa perlakuan T dalam media pertunasan berpengaruh secara nyata terhadap jumlah tunas, jumlah buku dan rasio jumlah buku/jumlah tunas per botol. Peningkatan konsentrasi N dalam media akan memberikan pola respon berbentuk kuadratik terhadap ketiga peubah tersebut.

Pembentukan umbi yang paling cepat dan paling seragam terjadi pada perlakuan T₃. Proses pengumbian berlangsung dari 2 MSP sampai 8 MSP hingga mencapai persentase pengumbian 100 % untuk perlakuan T₃ sampai T₅. Persentase pengumbian T₁ dan T₂ hanya sebesar 15 % dan 78 %, karena tidak semua ulangan menghasilkan umbi.

Jumlah rata-rata keseluruhan umbi dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan T. Perlakuan S dan U serta interaksi antara ketiga perlakuan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi. Berdasarkan uji regresi, diketahui bahwa pengaruh perlakuan T terhadap jumlah umbi pada 8 MSP berpola kuadratik.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Data dari peubah diameter, bobot basah dan persentase bobot kering umbi hanya diuji dengan uji regresi. Secara umum, perlakuan T yang dikombinasikan dengan perlakuan S dan U memberikan pola respon yang berbentuk linier atau kuadratik terhadap diameter dan bobot basah umbi; sedangkan peubah persentase bobot kering umbi memperlihatkan pola respon yang berbentuk kuadratik atau kubik pada kombinasi perlakuan tersebut.

Media pengumbian yang mengandung konsentrasi N sebesar 60.0 mM menghasilkan umbi dengan diameter dan bobot basah yang lebih tinggi daripada media yang konsentrasi N-nya 7.5 mM.

Kinetin dan BA mampu mengatasi kelemahan penginduksian umbi kentang dalam kultur *in vitro*, yaitu terhambatnya pembentukan umbi pada konsentrasi N yang tinggi dalam media pengumbian.

Kombinasi perlakuan yang menghasilkan umbi mikro dengan jumlah umbi per botol yang cukup banyak (6 umbi per botol) dan memenuhi persyaratan kualitas umbi mikro sebagai propagula kentang (bobot basah ≥ 100 mg, diameter ≥ 5 mm dan persentase bobot kering ≥ 15 % per umbi) adalah : kombinasi perlakuan 60.0 mM N dalam media pertunasan dengan kinetin atau BA dan 60.0 mM N dalam media pengumbian, serta seluruh kombinasi perlakuan 120.0 mM N dalam media pertunasan dengan kinetin atau BA dan 7.5 mM N atau 60.0 mM N dalam media pengumbian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENGARUH NITROGEN DAN JENIS SITOKININ TERHADAP
PENGUMBIAAN KENTANG (*Solanum tuberosum* L.)
SECARA *IN VITRO* YANG DIINDUKSI COUMARIN

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

SHEILA AMANDA SARAJAR

A 23.1388

JURUSAN BUDI DAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1992

Judul : PENGARUH NITROGEN DAN JENIS SITOKININ
TERHADAP PENGUMBIAAN KENTANG (*Solanum
tuberosum* L.) SECARA *IN VITRO* YANG
DIINDUKSI COUMARIN

Nama : SHEILA AMANDA SARAJAR

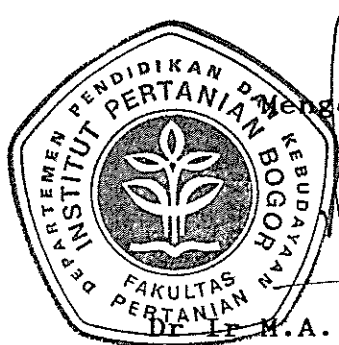
Nomor Pokok : A 23.1388

Menyetujui,



Prof Dr Ir G. A. Wattimena, MSc

NIP 130 203 586



Mengetahui,

Dr Ir M.A. Chozin, MAg

NIP 130 536 690

Bogor, ..05. MAY. 1992.....

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi ALLAH Bapa Yang Mahakasih, di dalam Tuhan Yesus Kristus, yang telah melimpahkan hikmat dan kekuatannya, sehingga penelitian serta penulisan skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pertanian pada Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil percobaan perbanyakan kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *in vitro*. Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, mulai September 1990 sampai Juni 1991.

Terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof Dr Ir G.A. Wattimena, MSc dan Bapak Ir Agus Purwito; selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan, dorongan, bimbingan serta saran selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir Endang Sjamsuddin, MAgr dan Ibu Ir Nurhajati Ansori, MS; yang telah bersedia menjadi dosen penguji serta telah memberikan masukan yang berharga bagi perbaikan skripsi ini.
3. Bapak Ir Purwono, MS; yang telah membantu dalam pengolahan data penelitian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

4. Daddy (alm.), mommy dan Nita; untuk segala kasih, perhatian, dorongan dan doa yang telah penulis terima selama ini.
5. Timo; untuk kasih, doa, perhatian, dorongan serta kesetiaannya.
6. Sunsun, Rainy, Rici, Rati, Grace, Yung Chiek, Hengky, Cahyo dan Odang; yang telah memberikan semangat dan membantu penulis dalam melakukan penelitian serta penyusunan skripsi.
6. Bang Haschar dan keluarga, Tigor dan Agung; untuk segala bantuannya dalam penulisan dan pengetikan skripsi ini.
7. Oom Ekrest dan Tante Sintje sekeluarga; atas bantuannya selama ini.
8. Seluruh karyawan di Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, IPB; untuk kerjasamanya selama pelaksanaan penelitian.
9. Berbagai pihak yang telah membantu baik secara moril, materil maupun di dalam doa, tetapi tidak dapat disebutkan satu per satu.

Saran dan kritik yang membangun penulis harapkan untuk menyempurnakan tulisan ini. Semoga tulisan ini berguna bagi para pembaca.

Bogor, Maret 1992

Penulis





RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bogor pada tanggal 6 November 1967, putri keluarga Christoffel Gerrith Sarajar (alm.) dan Ing Mokoginta.

Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar Budi Mulia Bogor pada tahun 1980 dan melanjutkan ke SMP Budi Mulia Bogor hingga lulus tahun 1983. Pada tahun tersebut penulis melanjutkan pendidikan di SMA Regina Pacis Bogor dan lulus pada tahun 1986.

Sejak tahun 1986, penulis mengikuti program S₁ di Institut Pertanian Bogor melalui program PMDK. Setahun kemudian, diterima di Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian dengan Program Studi Kekhususan Hortikultura.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| PENDAHULUAN | 1 |
| Latar Belakang | 1 |
| Tujuan Penelitian | 5 |
| Hipotesis | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| Perbanyak Kentang Secara <i>In Vitro</i> | 7 |
| Perbanyak Kentang dengan Umbi Mikro | 8 |
| Sifat Eksplan | 10 |
| Media Tumbuh | 11 |
| Induksi Pengumbian Kentang Secara <i>In Vitro</i> oleh Coumarin serta Sitokinin | 16 |
| Kondisi Lingkungan Tumbuh | 18 |
| BAHAN DAN METODE | 20 |
| Tempat dan Waktu Penelitian | 20 |
| Bahan dan Alat | 20 |
| Rancangan Perlakuan | 21 |
| Metode Percobaan | 24 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| Pertunasan | 28 |
| Pengumbian | 32 |
| Persentase Pengumbian | 32 |
| Jumlah Umbi | 38 |
| Diameter dan Bobot Basah Umbi | 45 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Persentase Bahan Kering Umbi | 54 |
| Produksi Umbi Mikro | 56 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 59 |
| Kesimpulan | 59 |
| Saran | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | 61 |
| LAMPIRAN | 65 |

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



DAFTAR TABEL

| No. | Teks | Halaman |
|-----|--|---------|
| 1. | Jumlah tunas/botol, jumlah buku/botol dan rasio jumlah buku/jumlah tunas pada perlakuan konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (4 MST) | 28 |
| 2. | Persentase pengumbian pada kombinasi perlakuan taraf nitrogen dalam media pertunasan dengan jenis sitokinin dan taraf nitrogen dalam media pengumbian (2, 4, 6 dan 8 MSP) | 33 |
| 3. | Persentase pengumbian pada perlakuan konsentrasi N dalam media pertunasan (2, 4, 6 dan 8 MSP) | 35 |
| 4. | Jumlah rata-rata umbi pada perlakuan konsentrasi N dalam media pertunasan (1 MSP sampai 4 MSP) | 39 |
| 5. | Jumlah rata-rata umbi pada perlakuan konsentrasi N dalam media pertunasan (5 MSP sampai 8 MSP) | 39 |
| 6. | Diameter rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan taraf nitrogen dalam media pertunasan (T) dengan jenis sitokinin (S) dan taraf nitrogen (U) dalam media pengumbian (8 MSP) | 46 |
| 7. | Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan taraf nitrogen dalam media pertunasan (T) dengan jenis sitokinin (S) dan taraf nitrogen (U) dalam media pengumbian (8 MSP) | 51 |
| 8. | Persentase bahan kering rata-rata umbi pada kombinasi perlakuan taraf nitrogen dalam media pertunasan (T) dengan jenis sitokinin (S) dan taraf nitrogen (U) dalam media pengumbian (8 MSP) | 54 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

| No. | <u>Lampiran</u> | Halaman |
|-----|--|---------|
| 1. | Komposisi media Murashige dan Skoog (MS) | 65 |
| 2. | Kombinasi perlakuan yang diberikan | 66 |
| 3. | Sidik ragam jumlah tunas pada 4 MST | 67 |
| 4. | Sidik ragam jumlah buku pada 4 MST | 67 |
| 5. | Sidik ragam rasio jumlah buku/jumlah tunas pada 4 MST | 67 |
| 6. | Sidik ragam jumlah umbi pada 1 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 68 |
| 7. | Sidik ragam jumlah umbi pada 2 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 68 |
| 8. | Sidik ragam jumlah umbi pada 3 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 68 |
| 9. | Sidik ragam jumlah umbi pada 4 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 69 |
| 10. | Sidik ragam jumlah umbi pada 5 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 69 |
| 11. | Sidik ragam jumlah umbi pada 6 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 69 |
| 12. | Sidik ragam jumlah umbi pada 7 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 70 |
| 13. | Sidik ragam jumlah umbi pada 8 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 70 |
| 14. | Jumlah umbi rata-rata pada kombinasi perlakuan T dengan S (5 MSP) | 70 |
| 15. | Sidik ragam jumlah umbi berdiameter < 5 mm pada 8 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 71 |
| 16. | Jumlah umbi berdiameter < 5 mm pada perlakuan T (8 MSP) | 71 |
| 17. | Jumlah umbi berdiameter < 5 mm pada perlakuan S (8 MSP) | 71 |
| 18. | Sidik ragam jumlah umbi berdiameter ≥ 5 mm pada 8 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$) | 72 |



| | | |
|-----|--|----|
| 19. | Jumlah umbi berdiameter ≥ 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S dan U (8 MSP) | 72 |
| 20. | Diameter umbi ≥ 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S dan U (8 MSP) | 73 |
| 21. | Bobot basah umbi berdiameter ≥ 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S dan U (8 MSP) | 73 |
| 22. | Persamaan regresi untuk selang konsentrasi nitrogen (X) 7.5 - 120.0 mM pada media pertunasan | 74 |

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

| No. | <u>Teks</u> | Halaman |
|-----|---|---------|
| 1. | Pengumbian pada perlakuan taraf nitrogen dalam media pertunasan | 36 |
| 2. | Pembentukan tunas etiolasi dan umbi pada media pengumbian dengan konsentrasi nitrogen 7.5 mM (U ₁) dan 60.0 mM (U ₂) | 37 |
| 3. | Grafik hubungan antara jumlah buku tunas mikro dengan jumlah umbi mikro | 41 |
| 4. | Grafik kecenderungan (<u>trend</u>) dari kombinasi perlakuan N dalam media pertunasan (T) dengan perlakuan N dalam media pengumbian (U) terhadap jumlah rata-rata umbi dan jumlah umbi berdiameter ≥ 5 mm | 44 |
| 5. | Grafik diameter umbi pada perlakuan T yang dikombinasikan dengan perlakuan S ₁ U ₁ , S ₁ U ₂ dan S ₂ U ₂ | 47 |
| 6. | Grafik bobot basah umbi pada perlakuan T yang dikombinasikan dengan S ₁ U ₁ , S ₁ U ₂ , S ₂ U ₁ dan S ₂ U ₂ | 52 |
| 6. | Grafik persentase bahan kering umbi pada perlakuan T yang dikombinasikan dengan S ₁ U ₁ , S ₁ U ₂ , S ₂ U ₁ dan S ₂ U ₂ | 56 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) adalah salah satu jenis tanaman sayuran dataran tinggi yang mendapat prioritas untuk dikembangkan di Indonesia. Kandungan kalori, protein dan vitamin kentang per hektar per hari lebih tinggi dibandingkan tanaman pokok gandum, jagung dan padi. Kentang berpotensi besar untuk menunjang program diversifikasi pangan. Potensi kentang sebagai sumber devisa non minyak dan gas bagi negara juga besar, karena kentang mempunyai dampak yang baik didalam pemasaran dan ekspor (Balai Penelitian Hortikultura Lembang, 1985). Secara umum, produksi kentang di Indonesia relatif rendah, yaitu kurang dari 10 ton per ha. Di kebun percobaan, dapat dihasilkan rata-rata 20 ton kentang per ha. Beberapa petani yang memakai bibit impor dan pengelolaan intensif dapat memproduksi 30 ton kentang per hektar (BPHL, 1985).

Faktor yang dapat menjadi penghambat peningkatan produksi kentang adalah kualitas dan ongkos bibit. Umumnya petani memproduksi bibit kentangnya sendiri atau membeli bibit impor. Umbi yang berukuran kecil dipisahkan dari produksi total umbi untuk dijadikan bibit untuk pertanaman berikutnya (Sahat, Widjajanto, Hidayat dan Kusumo, 1985).

Pembibitan yang khusus tidak dibuat sehingga seleksi bibit yang baik tidak dilakukan. Dengan demikian, bibit yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dihasilkan berkualitas rendah. Selain itu, di Indonesia tidak ada daerah atau musim yang bebas vektor virus (aphid), sehingga akumulasi virus berlangsung dengan cepat. Kontaminasi virus dapat meningkat menjadi 60 - 100% dalam empat generasi tanam yang terus menerus. Bila produktivitas tanaman mulai menurun akibat akumulasi virus, petani akan menggunakan bibit impor. Ongkos bibit menjadi mahal, yaitu kurang lebih 40 - 50% dari ongkos produksi total kentang per ha (Wattimena, McCown dan Weis, 1983; Wattimena, 1986).

Perbanyak tanaman melalui teknik kultur jaringan merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi masalah di dalam pembibitan kentang. Dengan penerapan teknik kultur jaringan dapat diperoleh bibit dalam jumlah besar (pada waktu singkat), yang bebas patogen, seragam, sama dengan induknya, tidak tergantung musim serta dengan biaya penyediaan yang relatif murah dibandingkan dengan bibit impor.

Perbanyak tanaman kentang secara *in vitro* dapat dilakukan melalui tunas mikro dan umbi mikro. Umbi mikro memiliki beberapa keunggulan dibandingkan tunas mikro, antara lain biaya produksinya lebih rendah, lebih mudah ditangani, dapat ditransportasikan dalam jarak jauh tanpa pengurangan daya kecambahnya, serta lebih tahan bila dipindah ke media non aseptik (Wattimena *et al.*, 1983; Wang dan Hu, 1985). Kekurangan umbi mikro dibandingkan dengan tunas mikro adalah tambahan waktu pengumbian pada bibit

yang berasal dari umbi mikro selama kurang lebih 12 - 16 minggu. Di Indonesia, umbi mikro dapat digunakan untuk menggandakan bibit atau menghasilkan bibit sebar (Wattimena, 1986).

Manipulasi pembentukan umbi mikro didasarkan pada prinsip bahwa dengan proses penginduksian yang sesuai, setiap mata tunas aksilar pada buku dari tunas yang ditumbuhkan secara *in vitro*, mampu menghasilkan umbi mikro (Wang dan Hu, 1985).

Selama ini, aspek penelitian tentang pengumbian kentang secara *in vitro* adalah inisiasi umbi. Dari studi inisiasi umbi diketahui bahwa faktor yang berperan dalam pembentukan umbi mikro antara lain : nitrogen (Stallknecht dan Farnsworth, 1979;1982; Wattimena, 1983), zat pengatur tumbuh coumarin (Stallknecht dan Farnsworth, 1979, 1982) dan sitokinin (Palmer dan Smith, 1969;1970) serta konsentrasi sukrosa dalam media pengumbian (Stallknecht dan Farnsworth, 1982; Wang dan Hu, 1982).

Untuk menghasilkan produksi umbi yang tinggi dibutuhkan pertumbuhan vegetatif yang baik. Unsur nitrogen (N) merupakan unsur yang paling banyak berperan pada fase pertumbuhan vegetatif kentang. Menurut Wattimena (1983), tunas mikro kentang dapat tumbuh dengan baik pada konsentrasi N tinggi (60.0 - 120.0 mM). Pada konsentrasi N rendah (6.0 mM), pertumbuhan tunas sangat terhambat. Stallknecht dan Farnsworth (1979) berpendapat bahwa komposisi media



pertunasan (antara lain berbagai taraf N) dapat mempengaruhi keadaan fisiologis dari tunas yang dihasilkan secara *in vitro* sehingga dapat mempengaruhi pembentukan umbi mikro. Konsentrasi N yang sesuai pada media pertunasan akan menghasilkan umbi yang berkualitas baik.

Menurut Okazawa (1967) dalam Stallknecht dan Farnsworth (1982), konsentrasi zat penghambat tumbuh yang tinggi dan konsentrasi GA endogen yang rendah dapat menginduksi pembentukan umbi secara *in vitro*. Stallknecht dan Farnsworth (1982) berpendapat bahwa yang berperan dalam pengumbian adalah kompleks β - inhibitor dan coumarin merupakan komponen dari kompleks β - inhibitor tersebut. Konsentrasi optimum coumarin untuk pembentukan umbi mikro adalah kurang lebih 25 ppm.

Menurut Palmer dan Smith (1969) dan Krishnamoorthy (1981), sitokinin berperan dalam pengaturan pembelahan sel, khususnya untuk membentuk wadah baru sebagai tempat akumulasi asimilat serta memobilisasi asimilat ke lokasi umbi yang terbentuk. Selain itu, sitokinin juga merangsang enzim yang mensintesa pati yang di dalam umbi (Palmer dan Smith, 1970; Mingo-Castel, Young dan Smith, 1976). Jenis senyawa yang termasuk dalam sitokinin, antara lain Benzyladenine (BA) dan Kinetin (George dan Sherrington, 1984). Konsentrasi sitokinin yang optimum tergantung jenis sitokininnya (Wattimena dan Purwito, 1988).



Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara coumarin dan sitokinin akan menghasilkan produksi umbi yang lebih baik daripada perlakuan tunggal coumarin atau sitokinin saja (Wattimena, 1983; Nevie, 1989).

Stallknecht dan Farnsworth (1979) mengemukakan bahwa konsentrasi nitrogen (N) yang tinggi di dalam media, menghambat pembentukan umbi yang diinduksi coumarin. Tetapi kinetin tidak terpengaruh oleh konsentrasi N yang rendah maupun tinggi (Wang dan Hu, 1982).

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh berbagai taraf nitrogen pada media pertunasan serta pengaruh taraf nitrogen dan jenis sitokinin pada media pengumbian terhadap produksi umbi mikro kentang sistem cair-cair yang diinduksi coumarin.

Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Salah satu taraf nitrogen pada media pertunasan akan memberikan hasil pengumbian kentang yang terbaik.
2. Salah satu dari taraf nitrogen rendah atau tinggi pada media pengumbian akan menghasilkan produksi umbi mikro yang terbaik.



3. Salah satu dari jenis sitokinin yaitu Benzyladenine atau Kinetin pada media pengumbian dapat menghilangkan pengaruh negatif nitrogen pada pengumbian kentang secara *in vitro*.
4. Ada interaksi antara ketiga perlakuan tersebut.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



TINJAUAN PUSTAKA

Perbanyak Kentang Secara In Vitro

Salah satu kendala yang dihadapi dalam peningkatan produksi kentang di Indonesia adalah masalah pembibitan. Di Indonesia, pengadaan bibit kentang bermutu tinggi dalam jumlah besar masih sulit dilakukan. Tingginya ongkos bibit juga menjadi masalah dalam pembibitan kentang. Ongkos bibit diperkirakan kurang lebih 40 - 50% dari ongkos produksi total per ha (Wattimena, McCown dan Weis, 1983; Wattimena, 1986).

Cara perbanyak tanaman melalui teknik kultur jaringan (kultur *in vitro*) merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah dalam pembibitan kentang. Dengan teknik perbanyak secara *in vitro* dapat diperoleh bibit dalam jumlah besar (pada waktu singkat) yang bebas patogen, seragam, sama dengan induknya, tidak tergantung musim dan relatif lebih murah dibanding bibit impor (Wattimena et al., 1983; Wang dan Hu, 1985; Wattimena, 1986).

Penerapan teknik kultur jaringan didasarkan pada prinsip bahwa tanaman dapat ditumbuhkan dan diperbanyak secara *in vitro* dari sekelompok sel atau sebagian kecil jaringan tanaman dalam media aseptik, yang nutrisi dan keadaan lingkungannya terkendali dengan baik, sehingga dapat dihasilkan tanaman baru yang mampu tumbuh pada media non aseptik (Winata, 1987).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perbanyak tanaman kentang secara *in vitro* dapat dilakukan melalui embrio somatik, tunas adventif dan tunas aksilar (Locy, 1984; Wattimena, 1986). Perbanyak dengan tunas aksilar akan menghasilkan jumlah tanaman yang paling sedikit dibandingkan kedua cara lainnya, tetapi stabilitas genetiknya tinggi (Hussey dan Stacey, 1981; Wang dan Hu, 1985; Wattimena, 1986).

Propagula tanaman kentang *in vitro* berasal dari hasil perbanyak tunas aksilar yang terdiri dari dua macam, yaitu tunas mikro dan umbi mikro. Beberapa kelebihan umbi mikro dibandingkan tunas mikro adalah kebutuhan bibit per ha hanya 4 - 8 kg, mudah dan murah dalam pengangkutan dan penyimpanan serta menghasilkan produksi umbi yang tidak berbeda dengan umbi biasa (Wattimena *et al.*, 1983; Wattimena, 1986).

Perbanyak Kentang dengan Umbi Mikro

Pada dasarnya umbi kentang merupakan modifikasi batang dengan sumbu utama yang memendek dan bagian lateralnya terhambat (Artschwager, 1924 dalam Slater, 1963). Umbi kentang dianggap penting karena 75 - 85% bahan kering total yang diproduksi tanaman diakumulasi di dalam umbi (Ivins dan Bremner, 1964 dalam Cutter, 1978). Di lapang, umbi terbentuk pada stolon, yaitu cabang-cabang aksilar dari batang yang tumbuh di bawah tanah. Pada



kondisi tertentu, umbi dapat tumbuh pada setiap mata tunas aksilar (Werner, 1954 dalam Cutter, 1978).

Berdasarkan prinsip tersebut, dengan proses penginduksian yang sesuai, setiap mata tunas aksilar pada ketiak daun dari tunas yang ditumbuhkan secara *in vitro* mampu menghasilkan umbi. Pembentukan umbi secara *in vitro* (umbi mikro) dapat terjadi pada ketiak daun dari tunas eksplan (sesil/duduk), pada pucuk atau ketiak daun dari tunas samping yang baru terbentuk (terminal serta aksilar). Umbi mikro berukuran kecil (beberapa mm sampai lebih dari 10 mm), tetapi secara morfologis identik dengan umbi yang diproduksi di lapang (Wattimena, 1983; Wang dan Hu, 1985).

Perbanyakkan kentang dengan umbi mikro digolongkan dalam beberapa tahap, yaitu persiapan bahan tanaman, perbanyakkan bahan tanaman serta persiapan untuk pemindahan ke lapang. Umbi mikro dipanen pada tahap kedua, pemecahan dormansi pada tahap ketiga, kemudian ditanam langsung di lapang tanpa melalui persemaian atau aklimatisasi (Wattimena, 1986). Untuk pembentukan umbi dibutuhkan waktu 4 - 16 minggu. Waktu yang diperlukan untuk pemecahan dormansi umbi sekitar 8 - 12 minggu. Dengan demikian, untuk menghasilkan umbi mikro yang siap ditanam di lapang dibutuhkan waktu kurang lebih 12 - 28 minggu (Wattimena, 1986).

Pembentukan umbi terbagi menjadi dua tahap, yaitu induksi pengumbian dan pembesaran / pertumbuhan umbi.



Tahap pembesaran umbi merupakan tanda pertama yang dapat dilihat dari terjadinya induksi pengumbian (Chapman, 1958). Menurut Plaisted (1957) dalam Slater (1963), pembesaran umbi terjadi terutama karena meningkatnya jumlah sel di dalam umbi dan bukan karena peningkatan ukuran sel.

Keberhasilan pengumbian kentang tergantung dari ketepatan memilih proses-proses yang dapat memanipulasi tahap induksi pengumbian dan tahap pembesaran / pertumbuhan umbi (Ewing, 1981). Di dalam kultur *in vitro*, keberhasilan pembentukan umbi dapat tercapai dengan pemilihan eksplan, media tumbuh dan kondisi lingkungan yang tepat (Hussey, 1980; Locy, 1984; Wang dan Hu, 1985).

Sifat Eksplan

Pemilihan eksplan yang tepat akan mempengaruhi keberhasilan pengumbian kentang secara *in vitro*. Ukuran, sumber / letak dan umur fisiologis eksplan perlu diperhatikan. Secara umum, semakin kecil ukuran eksplan, semakin kecil daya hidupnya. Letak eksplan pada tanaman juga berpengaruh, misalnya ujung pucuk apikal merupakan eksplan yang lebih baik dari ujung pucuk aksilar (Locy, 1984). Sel-sel yang telah mengalami diferensiasi lanjut lebih sukar ditumbuhkan daripada sel-sel yang masih bersifat meristematis (Winata, 1987).

Eksplan untuk pembentukan umbi mikro kentang dapat berupa tunas umbi yang teretiologi / stolon apikal (Palmer

dan Smith, 1969, 1970; Stallknecht dan Farnsworth, 1979, 1982), stek berbuku tunggal, yang berasal dari lapang atau dari kultur *in vitro* (Roca, Bryan dan Roca, 1979; Hussey dan Stacey, 1981; Wattimena, 1983; Estrada, Tovar dan Dodds, 1986) atau tunas berakar yang ditumbuhkan di dalam kultur *in vitro* (Wang dan Hu, 1985). Menurut Stallknecht dan Farnsworth (1979), penggunaan jaringan yang besar, seperti stolon apikal dan stek mikro, dapat memberikan hasil pengumbian yang lebih kompleks. Wang dan Hu (1985) berpendapat bahwa kondisi optimum dari faktor-faktor yang mempengaruhi pengumbian dapat berbeda tergantung jenis jaringan eksplan dan kultivar yang digunakan.

Setiap eksplan yang digunakan untuk proses pengumbian secara *in vitro* terdiri dari sejumlah buku. Pada tiap buku terdapat mata tunas aksilar. Mata tunas aksilar ini dapat didorong untuk membentuk tunas, stolon atau umbi *in vitro* tergantung dari komposisi media dan kondisi lingkungan tumbuhnya (Chapman, 1958).

Media Tumbuh

Keberhasilan kultur jaringan, termasuk juga pengumbian kentang secara *in vitro*, sangat dipengaruhi komposisi media yang dipakai. Menurut Stallknecht dan Farnsworth (1979), pembentukan umbi mikro tidak hanya dipengaruhi komposisi media pengumbian tetapi dipengaruhi juga oleh media pertunasan yang digunakan. Komposisi media



pertunasan mempunyai pengaruh bawaan terhadap keadaan fisiologis dari tunas yang ditumbuhkan secara *in vitro* sehingga akan mempengaruhi pembentukan umbi mikro.

Komposisi media Murashige dan Skoog (MS) dengan beberapa modifikasinya merupakan media yang paling sering digunakan di dalam kultur *in vitro* dan paling banyak berhasil (Gamborg *et al.*, 1976 dalam Hussey, 1980; Wattimena *et al.*, 1983; Locy, 1984).

Media tersebut harus terdiri dari campuran garam-garam anorganik, karbon sebagai sumber energi, vitamin dan zat pengatur tumbuh. Bahan organik dan senyawa kompleks alami tidak mutlak diperlukan (Gamborg dan Shyluk, 1981). Unsur hara yang dibutuhkan terdiri dari unsur hara makro (N, P, K, Ca, S, dan Mg) serta unsur hara mikro (Fe, B, Cu, Mn, Zn, Co dan Mo). George dan Sherrington (1984) menyatakan bahwa penggunaan ion-ion tersebut harus seimbang dan dengan konsentrasi yang tepat, sehingga dapat merangsang morfogenesis dan pertumbuhan jaringan.

Unsur nitrogen (N) merupakan unsur yang paling banyak berperan pada fase pertumbuhan vegetatif kentang. Unsur N media dipenuhi dalam bentuk nitrat atau amonium. Konsentrasi nitrat biasanya antara 25 - 40 mM dan konsentrasi amonium antara 2 - 20 mM (Gamborg dan Shyluk, 1981). Medium MS menyediakan 60 mM dalam bentuk nitrat dan amonium, masing-masing sebanyak 40 mM dan 20 mM. Wattimena (1983) menyatakan bahwa tunas mikro kentang dapat tumbuh dengan



baik pada konsentrasi N tinggi (60 - 120 mM), dan pada konsentrasi N rendah (6 mM) pertumbuhan tunas sangat terhambat. Menurut Burhan (1986) respon pertumbuhan tunas mikro terbaik diperoleh pada konsentrasi 30 - 50 mM N dengan rasio amonium - nitrat sekitar 0.4 - 0.5. Hasil penelitian Wattimena (1983) menunjukkan bahwa respon tanaman terhadap nitrogen dipengaruhi oleh kultivarnya (genotip), sehingga pertumbuhan tanaman dengan kultivar tertentu akan berbeda dibandingkan kultivar lain pada konsentrasi N yang sama. Misalnya kultivar Red Pontiac memberikan respon pertumbuhan yang paling tinggi terhadap peningkatan konsentrasi N di dalam media dari 6 - 60 mM dibandingkan dengan kultivar Superior dan Norland. Selain itu, produksi umbi mikro pada media pertunasan dengan konsentrasi N rendah (4 mM) dan konsentrasi N tinggi (60 mM) pada media pengumbian atau sebaliknya akan lebih baik daripada produksi umbi pada media pertunasan dan pengumbian dengan konsentrasi N tinggi (60 mM), untuk ketiga kultivar tersebut di atas.

Dari hasil penelitian Wattimena (1983) juga terlihat bahwa, tidak semua kultivar tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik pada media pertunasan yang konsentrasi N-nya rendah. Padahal untuk memperoleh produksi umbi mikro dengan kualitas tinggi dibutuhkan tunas mikro yang berkualitas tinggi sebagai sumber eksplan. Pertumbuhan tunas mikro yang lemah menyebabkan rendahnya persentase pengumbian

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



in vitro. Akan tetapi pemberian N secara berlebihan juga dapat menimbulkan masalah, yaitu menurunnya kandungan karbohidrat dan kualitas umbi (Thompson dan Kelly, 1972). Peningkatan N akan meningkatkan kandungan protein umbi yang diikuti dengan menurunnya kandungan karbohidrat. Akibatnya kandungan bahan kering cenderung menurun (IPI, 1980 dalam Wirawan, 1986).

Tanaman mampu menyusun vitamin untuk pertumbuhan dan perkembangannya, namun dalam perbanyakannya *in vitro* ketersediaan beberapa vitamin terbatas (Gamborg dan Shyluk, 1981). Vitamin yang umum dipakai antara lain adalah thiamin, biotin, dan piridoksin.

Karbohidrat merupakan sumber energi untuk sel-sel tanaman dalam kultur yang belum dapat melaksanakan fotosintesis. Karbohidrat yang terpenting dan biasa digunakan adalah sukrosa. Untuk pertumbuhan tunas mikro yang baik dibutuhkan sukrosa sebesar 2 - 3% (Roca *et al.*, 1979; Hussey dan Stacey, 1981; Wang dan Hu, 1982; Wattimena, 1983). Menurut Wang dan Hu (1985), konsentrasi sukrosa untuk pengumbian kentang secara *in vitro* harus lebih tinggi dari konsentrasi sukrosa yang umum digunakan. Untuk pengumbian kentang di lapang, karbohidrat yang akan diakumulasi di dalam umbi merupakan hasil fotosintesis pada kondisi lingkungan yang intensitas cahayanya tinggi. Intensitas cahaya yang tinggi seperti di lapang tidak dapat diterapkan di dalam ruang inkubasi kultur, karena suhu di

dalam botol kultur akan meningkat melebihi batas maksimum yang dapat diterima oleh tunas *in vitro*. Dengan demikian, karbohidrat yang dibutuhkan untuk pengumbian *in vitro* disediakan dari penambahan sukrosa di dalam media. Konsentrasi sukrosa yang umum digunakan sekitar 6 - 8% (Palmer dan Smith, 1969; Stallknecht dan Farnsworth, 1982; Wang dan Hu, 1982; Wattimena, 1983; Estrada *et al*, 1986). Sedangkan hasil penelitian Puspitaningtyas (1988) dan Meilinda (1990) menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa 9 % memberikan pengaruh yang terbaik terhadap jumlah, ukuran dan bobot basah umbi.

Media yang dipakai untuk pengumbian kentang secara *in vitro* adalah media cair - cair. Media cair dibuat tanpa penambahan agar. Umumnya, tunas mikro kentang lebih cepat tumbuh dalam media cair bervolume sedikit (kurang lebih 5 ml per botol kultur). Sedangkan untuk pengumbian *in vitro* digunakan media cair dengan volume kurang lebih 20 ml per botol kultur. Pada media cair difusi hara dan oksigen berlangsung lebih baik dibandingkan media padat, tetapi aerasi kurang baik. Selanjutnya George dan Sherrington (1984) menyatakan bahwa laju pertumbuhan kultur organ bertambah cepat pada media cair karena kontak antara permukaan eksplan lebih luas dan penyerapan hara lebih efisien. Hasil penelitian Wattimena (1983) dan Wattimena *et al*. (1987) menunjukkan bahwa penggunaan media cair untuk pengumbian secara *in vitro* akan menghasilkan umbi dengan



ukuran, bobot basah dan persentase bobot kering yang lebih besar daripada penggunaan media padat.

Sifat media yang juga perlu diperhatikan adalah pH. Menurut Murashige (1977) dalam Inawati (1989) untuk media cair biasa digunakan pH 5.0. Kemasaman (pH) yang baik untuk pertumbuhan tunas mikro sekitar 5.6 - 5.8 (Hussey, 1980). Stallknecht dan Farnsworth (1982) menyatakan bahwa pH yang sesuai untuk pengumbian secara *in vitro* berkisar antara 4.5 - 7.5. Pada pH 8.5, pengumbian terhambat. Sedangkan pada pH 9.5, pembentukan umbi sama sekali tidak terjadi.

Induksi Pengumbian Kentang Secara *In Vitro* Oleh Coumarin serta Sitokinin

1. Induksi Pengumbian Kentang Secara *In Vitro* Oleh Coumarin

Okazawa (1967) dalam Stallknecht dan Farnsworth (1982) menyatakan bahwa kondisi yang dapat menginduksi pembentukan umbi mikro kentang adalah konsentrasi zat penghambat tumbuh yang tinggi dengan konsentrasi GA rendah. Menurut Stallknecht dan Farnsworth (1982), kompleks β - inhibitor merupakan zat penghambat tumbuh yang berperan dalam pengumbian dan salah satu komponennya adalah coumarin (cis-o-coumarinic acid lactone).

Coumarin dengan konsentrasi optimum 25 ppm sangat efektif dalam menginduksi pembentukan umbi mikro kentang (Stallknecht dan Farnsworth, 1982). Konsentrasi N tinggi

(60 mM) baik pada media eksplan maupun media pengumbian dapat menghambat translokasi coumarin sehingga pembentukan umbi terhambat. Akan tetapi konsentrasi N rendah (2.5 mM) akan menginduksi pengumbian sampai 95 - 100% (Stallknecht dan Farnsworth, 1979). Selain itu juga dikemukakan bahwa penghambatan pembentukan umbi oleh konsentrasi N tinggi dapat diatasi dengan meningkatkan konsentrasi karbohidrat (sukrosa) dalam media.

2. Induksi Pengumbian Kentang Secara *In Vitro* Oleh Sitokinin

Sitokinin atau pra zat dari sitokinin yaitu adenin dapat menghambat dominansi apikal dan merangsang proliferasi tunas ketiak dan munculnya tunas-tunas ketiak baru. Sitokinin yang banyak digunakan adalah Benzyladenine (N^6 Benzyladenine / BA) dan Kinetin (6-furfurylaminopurine).

Sitokinin dapat digunakan untuk merangsang pengumbian secara *in vitro*. Menurut Palmer dan Smith (1969) serta Krishnamoorthy (1981), sitokinin berperan dalam pengaturan pembelahan sel, khususnya untuk membentuk wadah baru sebagai tempat akumulasi asimilat serta memobilisasi asimilat ke lokasi umbi yang terbentuk. Selain itu, sitokinin juga merangsang enzim yang mensintesa pati yang akan diakumulasi di dalam umbi (Palmer dan Smith, 1970; Mingo-Castel *et al.*, 1976). Konsentrasi optimum sitokinin tergantung jenis sitokininnya (Wattimena dan Purwito, 1988). Konsentrasi kinetin optimum yang umum digunakan adalah 10 ppm,



sedangkan konsentrasi optimum untuk BA sekitar 5 ppm (Wattimena, 1983).

Pembentukan umbi mikro yang dirangsang oleh kinetin tidak terpengaruh kadar N rendah ataupun tinggi (Wang dan Hu, 1982), sehingga dapat dikatakan bahwa kadar N juga tidak mempengaruhi jenis sitokinin yang lain.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara coumarin dan sitokinin akan menghasilkan produksi umbi yang lebih baik daripada perlakuan tunggal coumarin atau sitokinin saja (Wattimena, 1983; Nevie, 1989).

Kondisi Lingkungan Tumbuh

Suhu dan cahaya merupakan dua faktor eksogen yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan morfogenesis dalam kultur jaringan (George dan Sherrington, 1984). Kedua faktor tersebut juga mempengaruhi pertumbuhan vegetatif dan pengumbian kentang dalam kultur *in vitro*. Menurut Madec (1963) dan Ewing (1981), fotoperiode dan suhu mempengaruhi keseimbangan atau rasio dari zat pengatur tumbuh yang berperan dalam pengumbian kentang, seperti gibberellin dan sitokinin, serta ketersediaan karbohidrat yang dibutuhkan untuk inisiasi dan pertumbuhan umbi.

Hussey (1980) serta Wang dan Hu (1985) menyatakan bahwa suhu yang umum digunakan dalam pertumbuhan tunas mikro kentang adalah 15 - 25°C. Sedangkan untuk pengumbian secara *in vitro*, suhu optimum yang konstan memberikan

hasil produksi umbi mikro yang lebih tinggi daripada bila perbedaan suhu siangnya tinggi dan suhu malamnya rendah (Wang dan Hu, 1982). Menurut Stallknecht dan Farnsworth (1982), pada suhu yang $< 15^{\circ}\text{C}$ serta $> 30^{\circ}\text{C}$ pembentukan umbi mikro akan terhambat. Suhu optimum yang dibutuhkan dalam pembentukan umbi dalam kultur *in vitro* adalah 18 - 20°C (Wang dan Hu, 1985).

Cahaya mempengaruhi proses morfogenesis, diferensiasi dan embriogenesis somatik (Wang dan Hu, 1982). Untuk pertumbuhan tunas *in vitro* kentang dibutuhkan cahaya dengan intensitas sebesar 1 000 - 5 000 luks (Wang dan Hu, 1985) serta panjang hari sekitar 16 jam per hari (Hussey, 1980; Wang dan Hu, 1985) atau penyinaran terus menerus (Tizio, 1973; Wattimena *et al.*, 1983). Wang dan Hu (1985) berpendapat bahwa pembentukan umbi mikro kentang memerlukan intensitas penyinaran kurang lebih 100 luks selama 8 jam. Sedangkan Tizio (1973) serta Wattimena (1983) menggunakan keadaan gelap terus menerus selama masa inkubasi di dalam media pengumbian.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

BAHAN DAN METODA

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Pada saat pertunasan, suhu ruangan berkisar antara 20 - 25°C, kelembaban relatif (RH) 80 %, fotoperiode 16 jam per hari dengan intensitas cahaya 1 500 luks. Pada saat pengumbian, kultur disimpan dalam ruangan gelap dengan suhu antara 17 - 20°C.

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 1990 hingga bulan Juni 1991.

Bahan dan Alat

Bahan tanaman yang digunakan berupa stek mikro kentang kultivar Red Pontiac. Bahan media yang dipakai terdiri dari media pertunasan dan media pengumbian, yang berupa media cair - cair.

Media yang digunakan untuk pertunasan adalah media Murashige dan Skoog (MS). Komposisi media MS dapat dilihat pada Tabel Lampiran 1. Selain itu ditambahkan 3 % sukrosa, 4 ppm Ca-pantothenate, air kelapa 10 %, 0.03 ppm NAA serta 100 ppm CCC. Media MS juga digunakan sebagai media pengumbian dengan tambahan zat pengatur tumbuh sesuai perlakuan. Pada setiap liter media pengumbian juga ditambahkan 90 gram sukrosa dan coumarin 25 ppm.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Untuk sterilisasi alat digunakan alkohol 96%, sedangkan untuk sterilisasi bahan tanaman digunakan betadine. Penelitian ini menggunakan botol kultur berukuran sekitar 20 ml, botol kecil/tabung reaksi untuk media pengumbian, rak kultur yang dilengkapi dengan lampu fluorescence 40 watt, labu takar, gelas ukur, gelas piala, cawan petri, pipet, pembakar spiritus, autoklaf, pemanas bunsen, pengaduk, pinset, gunting, pH meter, aluminium foil, neraca sartorius, wrap plastik dan laminar air flow cabinet.

Rancangan Perlakuan

Penelitian ini merupakan percobaan faktorial yang disusun secara acak lengkap. Faktor pertama adalah nitrogen pada media pertunasan (T) dengan 5 taraf perlakuan, yaitu: 7.5 mM (T_1), 15.0 mM (T_2), 30.0 mM (T_3), 60.0 mM (T_4) dan 120.0 mM (T_5). Faktor kedua terdiri dari jenis sitokinin masing-masing pada konsentrasi optimum (S), yaitu Kinetin 10 ppm (S_1) dan Benzyladenine 5 ppm (S_2). Faktor ketiga adalah nitrogen (U) dengan 2 taraf perlakuan, yaitu 7.5 mM (U_1) dan 60.0 mM (U_2). Faktor kedua dan ketiga merupakan perlakuan pada media pengumbian. Penelitian ini terdiri dari 20 kombinasi perlakuan (Tabel Lampiran 2) dengan 10 ulangan.

Model matematika untuk percobaan ini adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk(1)} = \mu + T_i + S_j + U_k + (TS)_{ij} + (TU)_{ik} + (SU)_{jk} + (TSU)_{ijk} + \epsilon_{ijk(1)}$$

dimana :

$$i = 1, 2, \dots, 5$$

$$j = 1, 2$$

$$k = 1, 2$$

$$l = 1, 2, \dots, 10$$

$Y_{ijk}(l)$ = pengaruh perlakuan taraf nitrogen ke- i dalam media pertunasan serta perlakuan jenis sitokinin ke- j dan perlakuan taraf nitrogen ke- k dalam media pengumbian pada ulangan ke- l

μ = rata-rata umum

T_i = pengaruh perlakuan taraf nitrogen ke- i dalam media pertunasan

S_j = pengaruh perlakuan jenis sitokinin ke- j dalam media pengumbian

U_k = pengaruh perlakuan taraf nitrogen ke- k dalam media pengumbian

$(TS)_{ij}$ = pengaruh interaksi antara perlakuan taraf nitrogen ke- i dalam media pertunasan dengan perlakuan jenis sitokinin ke- j dalam media pengumbian

$(TU)_{ik}$ = pengaruh interaksi antara perlakuan taraf nitrogen ke- i dalam media pertunasan dengan perlakuan taraf nitrogen ke- k dalam media pengumbian

$(SU)_{jk}$ = pengaruh interaksi antara perlakuan jenis sitokinin ke- j dengan perlakuan taraf nitrogen ke- k dalam media pengumbian

$(TSU)_{ijk}$ = pengaruh interaksi antara perlakuan taraf nitrogen ke- i dalam media pertunasan dengan



perlakuan jenis sitokinin ke-j dan taraf nitrogen ke-i dalam media pengumbian

$\epsilon_{ijk}(1)$ = galat pada perlakuan taraf nitrogen ke-i dalam media pertunasan, perlakuan jenis sitokinin ke-j dan taraf nitrogen ke-k dalam media pengumbian serta ulangan ke-l

Data yang diperoleh diuji dengan uji F. Pengujian dengan uji F hanya dilakukan terhadap peubah jumlah tunas, jumlah buku, rasio jumlah buku/jumlah tunas serta jumlah umbi. Pengolahan data sidik ragam jumlah umbi dilakukan dengan transformasi $\sqrt{x + 0.5}$.

Untuk melihat respon semua peubah yang diamati terhadap berbagai taraf nitrogen pada media pertunasan (T) yang dikombinasikan dengan jenis sitokinin (S) dan taraf nitrogen (U) pada media pengumbian dilakukan uji regresi pada taraf 5 % dan 1 %. Uji regresi dikerjakan dengan menggunakan program Microstat. Penetapan bentuk persamaan regresi, yaitu linier, kuadratik atau kubik, didasarkan pada nilai R^2 .

Model persamaan regresi pada percobaan ini adalah :

$$Y_x = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3;$$

dimana : Y_x = nilai dugaan Y (peubah yang diamati) apabila nilai X diketahui

X = taraf nitrogen dalam media pertunasan (T)

b_0 = nilai akibat perpotongan sumbu vertikal (Y) dengan garis regresi



- b_1 = koefisien linier
 b_2 = koefisien kuadratik
 b_3 = koefisien kubik.

Koefisien linier (b_1), koefisien kuadratik (b_2) dan koefisien kubik (b_3) diperoleh dari hasil uji regresi.

Metode Percobaan

Sterilisasi botol dan alat

Botol kultur dan tabung reaksi / botol kecil yang digunakan dicuci bersih dengan detergent. Sesudah itu, botol kultur disterilisasi didalam autoklaf dengan tekanan 17.5 psi selama 1 jam.

Alat-alat lain yang digunakan untuk menanam seperti pinset, gunting, cawan petri disterilkan dengan cara yang sama seperti sterilisasi botol kultur.

Perlakuan Pertunasan

Pertama - tama dibuat larutan stok dengan kode A, B, C, D, E dan F, yaitu larutan yang berisi garam-garam anorganik dari medium MS yng dicampur berdasarkan jenis garamnya, sedangkan larutan vitamin ditempatkan dalam botol terpisah. Perbedaan taraf nitrogen (N) dibuat dengan memodifikasi konsentrasi N total didalam larutan stok A (NH_4NO_3) dan B (KNO_3), sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi nitrogen 7.5, 15.0, 30.0, 60.0 dan 120.0 mM. Konsentrasi media pada larutan stok dipipet dalam volume

tertentu sesuai dengan konsentrasi yang dibutuhkan. Larutan stok kemudian diberi tambahan sukrosa 3 %, Ca-pantothenate 4 mg/l, 0.03 ppm NAA dan air kelapa 10 %. Larutan media diaduk merata dan pH-nya diatur sekitar 5.6 - 5.8 dengan penambahan beberapa tetes NaOH atau HCl 1 N. Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Selanjutnya media dimasukkan ke dalam botol kultur yang telah disterilisasi, sebanyak ± 5 ml tiap botol. Botol yang telah diisi media ditutup dengan aluminium foil lalu disterilisasi kembali pada tekanan 17.5 psi selama 30 menit. Kemudian, media tersebut disimpan dulu selama seminggu sebelum digunakan.

Penanaman stek mikro dilakukan pada laminar air flow cabinet yang telah disinari ultraviolet selama 30 menit dan disemprot alkohol 70 %. Stek mikro dipindahkan ke dalam cawan petri yang berisi air steril dan betadine, kemudian dipotong menjadi bagian yang kecil-kecil. Pada setiap botol ditanam potongan stek mikro dengan posisi mendatar sebanyak 6 eksplan (2 buku/eksplan). Botol yang sudah berisi potongan stek mikro ditutup kembali dengan aluminium foil. Setelah itu botol diletakkan di atas rak kultur dan diberi cahaya selama 16 jam dengan intensitas cahaya 1 500 luks pada suhu 20 - 25°C.

Pengumbian

Media pengumbian yaitu media MS cair yang dimodifikasi sesuai dengan taraf nitrogen perlakuan, diberi tambahan



sukrosa 9 %, coumarin 25 ppm dan jenis sitokinin sesuai perlakuan. Media sebanyak \pm 20 ml dimasukkan ke dalam botol kultur yang berisi tunas *in vitro* dari media pertunasan, yang telah berumur \pm 4 minggu. Botol ditutup kembali dengan aluminium foil dan diikat dengan karet gelang, lalu ditutup dengan wrap plastik. Setelah itu, botol diletakkan di atas rak kultur dalam keadaan tanpa cahaya dengan suhu 17 - 20°C.

Pengamatan dan pemanenan

1. Pengamatan pada media pertunasan

Pengamatan dilakukan 4 minggu setelah tanam.

Peubah yang diamati adalah :

- a. jumlah tunas per botol
- b. jumlah buku per botol
- c. rasio jumlah buku/jumlah tunas.

2. Pengamatan pada media pengumbian

Pengamatan dilakukan setiap minggu sampai panen, yaitu 8 minggu setelah media pengumbian ditambahkan.

Peubah yang diamati adalah persentase pengumbian dan jumlah umbi yang terbentuk pada setiap pengamatan.

Peubah yang diamati pada saat panen terdiri dari :

- a. jumlah umbi yang berdiameter < 5 mm dan ≥ 5 mm.
- b. diameter rata-rata umbi yang berdiameter < 5 mm dan ≥ 5 mm
- c. diameter rata - rata seluruh umbi



- d. bobot basah rata - rata umbi yang berdiameter $< 5 \text{ mm}$ dan $\geq 5 \text{ mm}$
- e. bobot basah rata - rata seluruh umbi
- f. persentase bahan kering umbi (umbi dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C sampai bobot keringnya konstan)

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertunasan

Dari hasil percobaan dapat dikemukakan bahwa jumlah tunas per botol, jumlah buku per botol dan rasio jumlah buku/jumlah tunas per botol pada empat minggu setelah tanam (4 MST) nyata dipengaruhi konsentrasi nitrogen (N) dalam media pertunasan (dari T_1 sampai T_5). Berdasarkan uji regresi diketahui bahwa meningkatnya konsentrasi N memberikan pola respon yang kuadratik terhadap ketiga peubah tersebut (Tabel 1 dan Tabel Lampiran 22).

Tabel 1. Jumlah tunas/botol, jumlah buku/botol dan rasio jumlah buku/jumlah tunas pada perlakuan konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (4 MST) **

| N(mM) | Jumlah tunas | Jumlah buku | Rasio |
|---------------------|--------------|-------------|-------|
| 7.5(T_1) | 4.15 | 10.98 | 2.83 |
| 15.0(T_2) | 4.65 | 20.38 | 4.61 |
| 30.0(T_3) | 5.82 | 39.38 | 6.89 |
| 60.0(T_4) | 6.07 | 42.45 | 7.43 |
| 120.0(T_5) | 5.72 | 47.70 | 8.51 |
| Linear (b_1) | ** | ** | ** |
| Kuadratik (b_2) | ** | ** | ** |

Keterangan : ** = berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1 persen.

Dari persamaan regresi pada Tabel Lampiran 22 dapat diperoleh nilai maksimum untuk masing-masing peubah. Jumlah tunas maksimum adalah 6.69 dan dihasilkan pada konsentrasi N sebesar 85.12 mM N. Jumlah buku maksimum, yaitu 52.15,

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dapat diperoleh pada konsentrasi N 89.95 mM. Rasio jumlah buku/jumlah tunas maksimum, yaitu 9.31, didapatkan pada 99.00 mM N.

Pengaruh konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (perlakuan T) terhadap pertumbuhan vegetatif kentang Red Pontiac juga terlihat secara visual. Konsentrasi N mempengaruhi pertumbuhan tunas maupun akar *in vitro*. Wattimena (1983) menyatakan bahwa tanaman kentang dari kultivar Red Pontiac yang ditumbuhkan dalam kultur *in vitro* sangat responsif terhadap perubahan konsentrasi N dalam media.

Pada perlakuan T₁ dan T₂, pertumbuhan tunas dan akar *in vitro* sangat terhambat. Selain jumlah tunas, jumlah buku dan rasio buku/tunas yang paling rendah (Tabel 1), tunas mikro yang terbentuk pendek-pendek, lemah, berwarna keunguan dengan akar yang pendek dan tebal. Hasil percobaan ini sesuai dengan pernyataan Wattimena (1983) maupun Burhan (1986). Menurut Wattimena (1983) pertumbuhan tunas mikro pada media yang mengandung 0.006 M (6 mM) N sangat terhambat. Burhan (1986) menyatakan bahwa pertumbuhan tunas kurang baik pada konsentrasi N dalam media sebesar 20 mM.

Perlakuan T₃ menghasilkan tunas yang agak lemah dan berwarna hijau kekuningan, tetapi perakarannya cukup baik. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa jumlah tunas yang dihasilkan cukup tinggi dibandingkan dengan perlakuan T₄ dan T₅, tetapi jumlah buku dan rasio buku/tunas lebih



kecil. Hal ini berarti tiap tunas *in vitro* hanya membentuk sedikit buku. Hasil percobaan tersebut tidak bertentangan dengan hasil percobaan Indrawati (1991). Percobaan Indrawati (1991) menunjukkan bahwa ketegaran dan warna daun dari tunas *in vitro* pada media MS 0.5 yang mengandung 30.0 mM berbeda dengan media MS 1.0, MS 1.5 dan MS 2.0. Jumlah buku dan rasio buku/tunas pada 4 MST yang dihasilkan pada media MS 0.5 paling rendah dibanding perlakuan lainnya.

Terhambatnya pertumbuhan tanaman *in vitro* pada perlakuan T_1 , T_2 dan T_3 diduga karena terbatasnya ketersediaan N dalam media. Nitrogen (N) merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan vegetatif tanaman. Nitrogen berperan dalam sintesa asam amino dan protein, yang merupakan komponen sel yang utama. Selain itu, ketersediaan N dalam jumlah yang terbatas akan menghalangi penyerapan unsur hara esensial lainnya (Hukum minimum Leibig), sehingga tanaman mengalami defisiensi hara (Dwidjoseputro, 1977).

Pada perlakuan T_4 dan T_5 tunas mikro tumbuh dengan tegar, tinggi dan berwarna hijau tua. Hanya pada T_5 , tunas terlihat lebih sukulen. Perakaran tunas mikro pada T_4 cukup ekstensif, sedangkan pada T_5 perakarannya sedikit dan halus. Selain itu, jumlah buku dan rasio buku/tunas per botol yang dihasilkan pada kedua perlakuan tersebut paling tinggi dibanding perlakuan lainnya (Tabel 1).



Pertumbuhan tanaman yang baik terjadi karena N tersedia dengan cukup serta berada dalam keseimbangan dengan unsur-unsur hara lainnya. Hasil percobaan ini sesuai dengan pernyataan Stallknecht dan Farnsworth (1979) dan Wattimena (1983). Stallknecht dan Farnsworth (1979) menyatakan bahwa tunas mikro pada media yang mengandung 60 mM N mampu tumbuh dengan baik. Menurut Wattimena (1983), kultivar Red Pontiac dapat tumbuh dengan baik pada media yang konsentrasi N-nya sebesar 0.06 M (60 mM) dan 0.12 M (120 mM).

Sukulennya tunas *in vitro* pada perlakuan T₅ diduga karena meningkatnya kandungan air dalam tunas dengan adanya kelebihan nitrogen. Nitrogen yang tersedia di dalam media akan diserap serta dimetabolisme oleh akar, kemudian disalurkan melalui xylem ke daun untuk diasimilasi menjadi asam amino dan protein. Hasil asimilasi ini ditranslokasi ke bagian yang lain dari tanaman melalui phloem (Bray, 1983; Prawiranata, Harran dan Tjondronegoro, 1989). Edmond, Senn, Andrew dan Halfacre (1977) menyatakan bahwa kelebihan N dalam bentuk protein digunakan untuk pembentukan sel-sel daun dan batang. Di dalam proses pembentukan protein, asam-asam amino disusun dalam urutan yang spesifik dan dirangkai bersama oleh ikatan peptida. Pembentukan ikatan peptida tersebut akan melepaskan molekul air. Menurut Beever (1976), protein berada dalam bentuk emulsioid atau larutan koloid yang bersifat hydrophylic (mengikat air). Dengan demikian kandungan air dalam tunas akan



meningkat. Selain itu, dinding sel yang komponen utamanya adalah karbohidrat menjadi tipis (sukulen), karena sebagian karbohidrat dialokasikan untuk pembentukan sel-sel baru. Kelebihan N dalam media juga mengakibatkan penurunan jumlah gula tersedia untuk ditranslokasi ke akar. Pertumbuhan sistem tajuk (daun dan batang *in vitro*) akan lebih cepat dari pertumbuhan sistem perakaran, sehingga rasio batang dan akar akan meningkat (Prawiranata *et al.*, 1989).

Pengumbian

Persentase Pengumbian

Persentase pengumbian dapat dinyatakan dengan dua cara. Cara pertama (A) berdasarkan perbandingan antara jumlah umbi pada setiap minggu pengamatan dengan jumlah umbi pada 8 minggu setelah penambahan media pengumbian (8 MSP). Cara ini digunakan untuk mengetahui kecepatan pembentukan umbi dari masing-masing perlakuan. Sedangkan cara penghitungan persentase pengumbian yang kedua (B) didasarkan atas perbandingan jumlah ulangan yang berumbi pada pengamatan tiap minggu dengan jumlah ulangan yang berumbi pada 8 MSP. Tingkat keseragaman pengumbian masing-masing perlakuan dapat dilihat dari cara yang kedua. Diasumsikan bahwa jumlah keseluruhan umbi dan jumlah ulangan yang berumbi pada saat panen, yaitu pada 8 MSP



adalah 100 %. Pengaruh dari masing-masing perlakuan terhadap persentase pengumbian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Pengumbian pada Kombinasi Perlakuan Taraf Nitrogen dalam Media Pertunasan dengan Jenis Sitokinin dan Taraf Nitrogen dalam Media Pengumbian (2, 4, 6 dan 8 MSP)

| T (mM) | S (ppm) | U (mM) | Persentase Pengumbian (%) | | | | | | | |
|-----------|------------|-----------|---------------------------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | | | 2 MSP | | 4 MSP | | 6 MSP | | 8 MSP | |
| | | | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 7.5 | Kin.10 | 7.5 | 0 | 0 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | | 60.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| | BA 5 | 7.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 60.0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 15.0 | Kin.10 | 7.5 | 18 | 20 | 34 | 40 | 47 | 50 | 60 | 60 |
| | | 60.0 | 27 | 40 | 54 | 60 | 63 | 70 | 100 | 100 |
| | BA 5 | 7.5 | 13 | 40 | 54 | 60 | 56 | 60 | 60 | 60 |
| | | 60.0 | 26 | 60 | 64 | 80 | 66 | 80 | 90 | 90 |
| 30.0 | Kin.10 | 7.5 | 40 | 90 | 83 | 100 | 86 | 100 | 100 | 100 |
| | | 60.0 | 34 | 70 | 83 | 100 | 86 | 100 | 100 | 100 |
| | BA 5 | 7.5 | 41 | 70 | 73 | 100 | 88 | 100 | 100 | 100 |
| | | 60.0 | 46 | 80 | 88 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 60.0 | Kin.10 | 7.5 | 28 | 70 | 73 | 90 | 89 | 100 | 100 | 100 |
| | | 60.0 | 17 | 60 | 68 | 100 | 92 | 100 | 100 | 100 |
| | BA 5 | 7.5 | 38 | 90 | 74 | 100 | 89 | 100 | 100 | 100 |
| | | 60.0 | 34 | 70 | 90 | 100 | 96 | 100 | 100 | 100 |
| 120.0 | Kin.10 | 7.5 | 15 | 30 | 69 | 90 | 84 | 100 | 100 | 100 |
| | | 60.0 | 7 | 30 | 46 | 90 | 77 | 100 | 100 | 100 |
| | BA 5 | 7.5 | 26 | 60 | 59 | 100 | 85 | 100 | 100 | 100 |
| | | 60.0 | 6 | 20 | 74 | 100 | 86 | 100 | 100 | 100 |

Keterangan : A = persentase pengumbian berdasarkan jumlah umbi/botol
 B = persentase pengumbian berdasarkan jumlah ulangan yang berumbi
 MSP = minggu setelah penambahan media pengumbian

Umbi mikro mulai terbentuk pada 2 MSP dan berlangsung hingga 8 MSP, kecuali untuk perlakuan T₁. Pada perlakuan tersebut pembentukan umbi terjadi sampai 6 MSP (Tabel 2).

Pengumbian secara *in vitro* ini dapat terjadi karena kondisi lingkungan tumbuh dan komposisi media pengumbian yang digunakan mampu mendorong pembentukan umbi. Mata tunas aksilar pada ketiak daun / buku dari tunas *in vitro* didorong untuk membentuk umbi. Suhu yang rendah ($18 - 20^{\circ}\text{C}$), keadaan gelap, konsentrasi sukrosa yang tinggi (9 %), zat pengatur tumbuh coumarin dan sitokinin (Kinetin dan BA) merupakan faktor-faktor pendukung terbentuknya umbi secara *in vitro* (Palmer dan Smith, 1970; Mingo-Castel *et al.*, 1976; Stalknecht dan Farnsworth, 1982; Wang dan Hu, 1982; Wattimena, 1983; Wang dan Hu, 1985).

Persentase pengumbian sebesar 90 - 100 % tercapai pada 8 MSP berdasarkan jumlah umbi yang terbentuk (cara A) dan 4 MSP berdasarkan jumlah botol kultur (ulangan) yang berumbi (cara B). Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan umbi berlangsung terus hingga mencapai maksimum pada 8 MSP, walaupun semua botol kultur (ulangan) sudah menghasilkan umbi. Persentase pengumbian 100 % hanya dapat dicapai oleh perlakuan T_2 sampai T_5 . Sedangkan perlakuan T_1 hanya mampu menghasilkan persentase pengumbian sebesar 20 %.

Tabel 3 menyatakan pengaruh berbagai konsentrasi N pada media pertunasan (Perlakuan T) terhadap persentase pengumbian. Stalknecht dan Farnsworth (1979) menduga bahwa komposisi media pertunasan (antara lain berbagai taraf N) dapat mempengaruhi keadaan fisiologis dari tunas

yang dihasilkan secara *in vitro* yang akan mempengaruhi pembentukan umbi mikro.

Tabel 3. Persentase pengumbian pada perlakuan konsentrasi N dalam media pertunasan (2,4,6 dan 8 MSP)

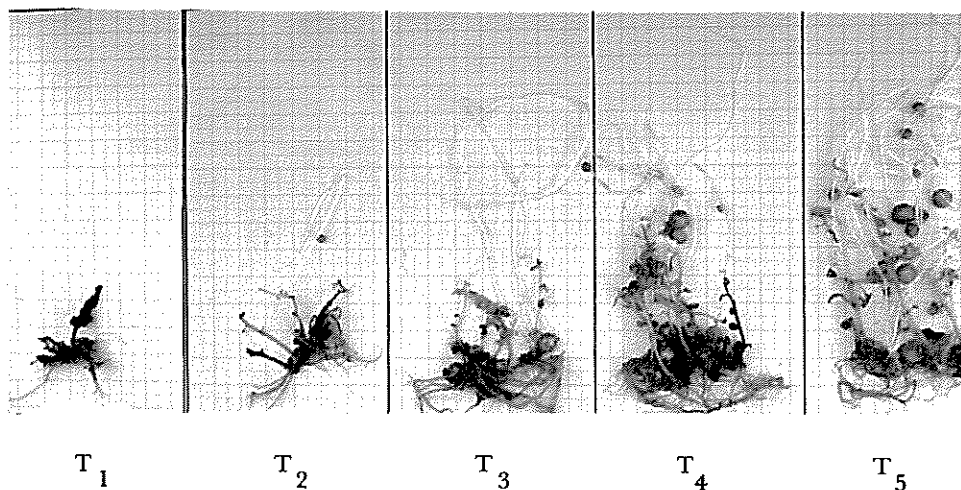
| N (mM) | 2 MSP | | 4 MSP | | 6 MSP | | 8 MSP | |
|-------------------------|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 7.5 (T ₁) | 0 | 0 | 8 | 8 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 15.0 (T ₂) | 21 | 40 | 52 | 60 | 58 | 65 | 78 | 78 |
| 30.0 (T ₃) | 40 | 78 | 82 | 100 | 92 | 100 | 100 | 100 |
| 60.0 (T ₄) | 29 | 73 | 76 | 98 | 92 | 100 | 100 | 100 |
| 120.0 (T ₅) | 14 | 35 | 62 | 95 | 82 | 100 | 100 | 100 |

Keterangan : A = persentase pengumbian berdasarkan jumlah umbi/botol
 B = persentase pengumbian berdasarkan jumlah ulangan yang berumbi
 MSP = minggu setelah penambahan media pengumbian

Dari Tabel 3 terlihat bahwa inisiasi umbi paling awal dan paling seragam terjadi pada perlakuan T₃. Dengan meningkatnya konsentrasi N pada T₁ sampai T₃, kecepatan dan keseragaman pengumbian juga meningkat. Peningkatan konsentrasi N selanjutnya sampai T₅ memperlambat pembentukan umbi. Pada 2 MSP, keseragaman pengumbian menurun dengan meningkatnya konsentrasi N pada T₃ sampai T₅. Pengumbian kemudian menjadi semakin seragam pada 4 MSP sampai 8 MSP.

Persentase pengumbian terendah terjadi pada perlakuan T₁ (Tabel 3). Pada kombinasi perlakuan T₁-S₁U₁, T₁-S₁U₂ dan T₁-S₂U₂ masing-masing dibuat dalam 10 ulangan (botol kultur), tetapi hanya dua ulangan yang menghasilkan umbi. Pada tiap botol kultur hanya terbentuk satu umbi.

Sedangkan kombinasi perlakuan $T_1-S_2U_1$ tidak menghasilkan umbi sama sekali. Hal ini diduga karena pertumbuhan tunas (struktur pembentuk umbi) dan akar (struktur penyerap air dan nutrien) terhambat, sehingga tunas tidak mampu membentuk umbi. Wattimena (1983) menyatakan bahwa persentase pengumbian akan rendah bila tunas *in vitro*-nya lemah.



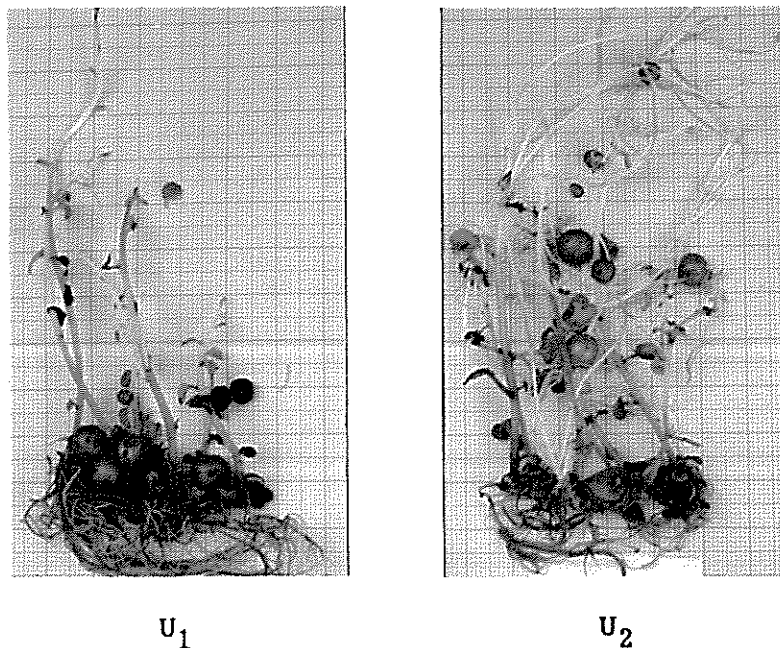
Gambar 1. Pengumbian pada perlakuan taraf nitrogen dalam media pertunasan (T_1 sampai T_5).

Lambatnya pengumbian pada T_4 dan T_5 disebabkan karena kelebihan N digunakan untuk pembentukan sel-sel daun dan batang tunas *in vitro*, sehingga penyimpanan karbohidrat dalam bentuk umbi diperlambat (Edmond *et al.*, 1977). Hasil penelitian Dyson (1965) dalam Smith (1977) di lapang menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi N memperlambat pertumbuhan umbi selama 10 hari setelah inisiasi umbi.

Dari Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa media pengumbian yang konsentrasi N-nya rendah (U_1) lebih cepat dan lebih seragam dalam membentuk umbi dibandingkan dengan

media yang konsentrasi N-nya tinggi (U_2), pada perlakuan T_3 sampai T_5 (Stallknecht dan Farnsworth, 1982; Wattimena, 1983; Sundari, 1991). Setelah 4 MSP pembentukan umbi menjadi semakin cepat dan semakin seragam pada kedua perlakuan tersebut.

Pengumbian yang lebih lambat dan kurang seragam pada U_2 diduga karena tunas *in vitro* membentuk tunas etiolasi terlebih dahulu sebelum membentuk umbi. Dari pengamatan visual terlihat bahwa tunas-tunas yang berwarna putih tumbuh memanjang pada ujung tunas (terminal) atau dari ketiak daun (aksilar). Sebagian umbi kemudian terbentuk pada tunas-tunas etiolasi tersebut (Gambar 2).



Gambar 2. Pembentukan tunas etiolasi dan umbi pada media pengumbian dengan konsentrasi nitrogen 7.5 mM (U_1) dan 60.0 mM (U_2).



Hambatan pembentukan umbi secara *in vitro* karena adanya konsentrasi N yang tinggi (60.0 mM) pada pengumbian yang diinduksi coumarin, dapat diatasi dengan penambahan konsentrasi sukrosa yang tinggi (9 %) serta penambahan Kinetin dan Benzyladenine (BA). Menurut Stallknecht dan Farnsworth (1979; 1982) dan Wattimena (1983) terhambatnya pengumbian karena adanya konsentrasi N tinggi dapat diatasi dengan penambahan sukrosa sebesar 6 - 8%. Sedangkan Puspitaningtyas (1989) dan Meilinda (1990) mengemukakan bahwa konsentrasi sukrosa 9 % mampu menghilangkan pengaruh negatif dari tingginya konsentrasi N dalam media. Menurut Wang dan Hu (1982) dan Stallknecht dan Farnsworth (1979; 1982), konsentrasi N tinggi di dalam media tidak menghalangi pengumbian yang diinduksi Kinetin dan BA.

Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa Kinetin (S_1) lebih lambat dalam membentuk umbi daripada BA (S_2) pada 2 - 5 MSP, pada perlakuan T_3 sampai T_5 . Tetapi pada 8 MSP, Kinetin maupun BA mampu menghasilkan persentase pengumbian sebesar 100 %.

Jumlah Umbi

Hasil uji sidik ragam terhadap jumlah umbi dari 1 MSP sampai 8 MSP menunjukkan bahwa jumlah rata-rata keseluruhan umbi dipengaruhi secara nyata oleh konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (T) (Tabel Lampiran 6 sampai Tabel Lampiran 13).

Tabel 4. Jumlah rata-rata umbi pada perlakuan konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (1 MSP sampai 4 MSP) **

| N (mM) | 1 MSP | | 2 MSP | | 3 MSP | | 4 MSP | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 7.5 (T ₁) | 0.00 | 0.710 | 0.00 | 0.710 | 0.05 | 0.735 | 0.08 | 0.748 |
| 15.0 (T ₂) | 0.05 | 0.735 | 0.63 | 0.985 | 1.18 | 1.185 | 1.35 | 1.250 |
| 30.0 (T ₃) | 0.13 | 0.774 | 2.03 | 1.501 | 3.45 | 1.944 | 3.85 | 2.036 |
| 60.0 (T ₄) | 0.00 | 0.710 | 1.90 | 1.420 | 4.25 | 2.119 | 5.00 | 2.290 |
| 120.0 (T ₅) | 0.00 | 0.710 | 0.78 | 1.027 | 2.48 | 1.607 | 3.70 | 1.987 |
| Linier (b ₁) | ** | | ** | | ** | | ** | |
| Kuadrat (b ₂) | ** | | ** | | ** | | ** | |
| Kubik (b ₃) | ** | | tn | | tn | | tn | |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5 %
 ** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %
 tn = tidak berpengaruh nyata
 x = data asli
 y = data hasil transformasi $\sqrt{x + 0.5}$

Tabel 5. Jumlah rata-rata umbi pada perlakuan konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (5 MSP sampai 8 MSP) **

| N (mM) | 5 MSP | | 6 MSP | | 7 MSP | | 8 MSP | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | x | y | x | y | x | y | x | y |
| 7.5 (T ₁) | 0.10 | 0.761 | 0.15 | 0.786 | 0.15 | 0.786 | 0.15 | 0.786 |
| 15.0 (T ₂) | 1.43 | 1.281 | 1.53 | 1.309 | 1.73 | 1.377 | 1.93 | 1.444 |
| 30.0 (T ₃) | 4.08 | 2.093 | 4.43 | 2.160 | 4.58 | 2.195 | 4.90 | 2.272 |
| 60.0 (T ₄) | 5.53 | 2.410 | 5.70 | 2.444 | 5.93 | 2.494 | 6.20 | 2.547 |
| 120.0 (T ₅) | 4.38 | 2.182 | 4.98 | 2.319 | 5.78 | 2.476 | 6.25 | 2.566 |
| Linier (b ₁) | ** | | ** | | ** | | * | |
| Kuadrat (b ₂) | ** | | ** | | ** | | tn | |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5 %
 ** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %
 tn = tidak berpengaruh nyata
 x = data asli
 y = data hasil transformasi $\sqrt{x + 0.5}$

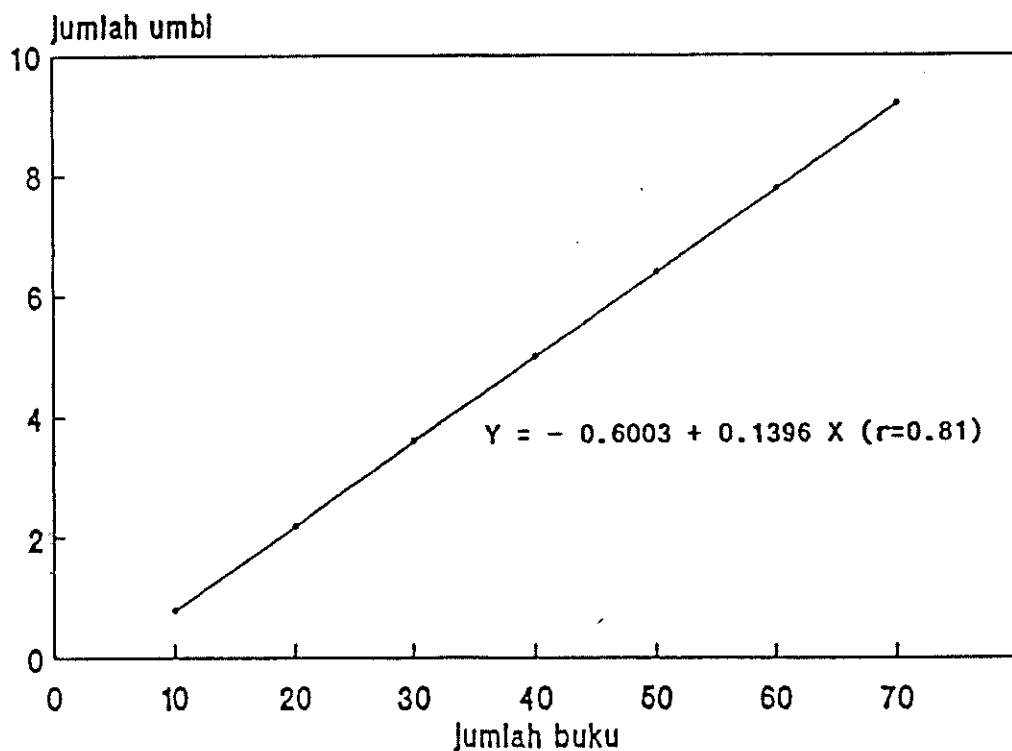
Jenis sitokinin (S) dan konsentrasi nitrogen (U) dalam media pengumbian tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi. Interaksi antar perlakuan hanya terjadi pada 5 MSP, yaitu interaksi antara konsentrasi N pada media pertunasan dengan jenis sitokinin (Tabel Lampiran 14).

Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil uji regresi dari jumlah umbi pada 1 MSP sampai 8 MSP untuk selang konsentrasi N 7.5 mM (T_1) sampai 120.0 mM (T_5) pada media pertunasan. Dari uji regresi diketahui bahwa pengaruh peningkatan taraf N dari T_1 sampai T_5 terhadap jumlah umbi pada 1 MSP berpola kubik, sedangkan jumlah umbi pada 2 MSP sampai 8 MSP (saat panen) menunjukkan pola respon yang berbentuk kuadratik. Pada 8 MSP, jumlah umbi akan meningkat sampai mencapai maksimum, yaitu 7.8 umbi/botol, sejalan dengan meningkatnya konsentrasi N sampai 88.45 mM; kemudian akan menurun dengan peningkatan konsentrasi N selanjutnya.

Berdasarkan nilai rata-rata jumlah umbi pada Tabel 4 dan Tabel 5 terlihat bahwa meningkatnya konsentrasi N dalam media pertunasan (dari T_1 sampai T_5) akan meningkatkan jumlah umbi yang terbentuk. Diduga dengan meningkatnya konsentrasi N, pertumbuhan vegetatif tunas *in vitro* juga meningkat. Selama pertumbuhan vegetatifnya, kentang menghasilkan tunas yang berbuku-buku. Pada tiap buku terdapat daun dan mata tunas aksilar (bakal umbi). Konsentrasi N yang meningkat akan diikuti dengan penambahan



jumlah buku yang terbentuk (lihat Tabel 1). Dari hasil uji korelasi antara jumlah buku dengan jumlah umbi pada 8 MSP (saat panen) diketahui bahwa ada korelasi yang positif antara jumlah buku dengan jumlah umbi. Hal ini berarti, dengan bertambahnya jumlah buku, jumlah umbi yang terbentuk juga bertambah. Dari pengamatan secara visual terlihat bahwa umumnya umbi terbentuk pada buku (dari mata tunas aksilar) dan hanya sedikit umbi yang terbentuk pada ujung tunas (terminal). Hubungan antara jumlah umbi dengan jumlah buku adalah linier ($n = 200$). Persamaan garisnya adalah : $Y = - 0.6003 + 0.1396 X$ ($r = 0.81$), dimana $Y =$ jumlah umbi dan $X =$ jumlah buku.



Gambar 3. Grafik hubungan antara jumlah buku tunas mikro dengan jumlah umbi mikro.

Dari Tabel 4 dan 5 juga terlihat bahwa pembentukan umbi mikro pada perlakuan T_2 sampai T_5 berlangsung dari awal hingga akhir pengamatan (setelah penambahan media pengumbian). Sedangkan pada perlakuan T_1 , umbi mikro hanya terbentuk sampai 6 MSP.

Proses pembentukan umbi dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap induksi pengumbian dan tahap pertumbuhan / pembesaran umbi (Chapman, 1958). Pembentukan umbi secara *in vitro* diduga juga melalui kedua tahap tersebut, karena umbi yang terbentuk di dalam kultur *in vitro* secara morfologis serupa dengan umbi yang dihasilkan di lapang (Wang dan Hu, 1985). Diduga dengan adanya faktor pendorong induksi pengumbian secara *in vitro*, yaitu coumarin (Okazawa dan Chapman, 1962; Stalknecht dan Farnsworth, 1979, 1982) dan sitokinin (Palmer dan Smith, 1969; Tizio, 1973; Krishnamoorthy, 1981), serta faktor pendorong pertumbuhan / pembesaran umbi, yaitu keadaan gelap, suhu rendah dan konsentrasi sukrosa yang tinggi, maka pembentukan umbi dapat berlangsung terus sampai pengamatan terakhir (saat panen).

Terhambatnya pembentukan umbi pada perlakuan T_1 (0.15 umbi/botol) diduga karena pertumbuhan tunas dan akar *in vitro* sangat terhambat akibat defisiensi hara, terutama N. Pertumbuhan tunas dan akar *in vitro* yang terhambat diduga dapat menghambat translokasi zat pengatur tumbuh yang berperan dalam inisiasi pengumbian (coumarin dan sitokinin)



ke bakal umbi (mata tunas aksilar). Selain itu, ketersediaan hasil-hasil metabolisme yang dibutuhkan untuk pembesaran umbi juga akan terhambat (Madec, 1963; Ewing, 1981). Hal ini mengakibatkan ketidakmampuan tunas mikro dalam membentuk umbi atau jumlah umbi yang dihasilkan sedikit sekali, meskipun komposisi media pengumbian dan kondisi lingkungan mendukung terjadinya pengumbian secara *in vitro*.

Dari hasil uji sidik ragam, terlihat bahwa peubah jumlah umbi yang berdiameter < 5 mm pada 8 MSP (saat panen) dipengaruhi secara nyata oleh perbedaan taraf N dalam media pertunasan (perlakuan T). Jumlah umbi berdiameter < 5 mm menghasilkan pola respon berbentuk kubik terhadap peningkatan konsentrasi N dalam media pertunasan (Tabel Lampiran 15 dan Tabel Lampiran 16). Jenis sitokinin dalam media pengumbian (perlakuan S) juga berpengaruh nyata terhadap peubah tersebut. Perlakuan S_1 menghasilkan lebih banyak umbi berdiameter < 5 mm daripada perlakuan S_2 (Tabel Lampiran 15 dan Tabel Lampiran 17). Konsentrasi N dalam media pengumbian (perlakuan U) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peubah jumlah umbi berdiameter < 5 mm. Interaksi antar perlakuan tidak terjadi.

Jumlah umbi berdiameter ≥ 5 mm pada 8 MSP nyata dipengaruhi perlakuan T, perlakuan U serta interaksi antara kedua perlakuan tersebut (Tabel Lampiran 18). Pola respon jumlah umbi berdiameter ≥ 5 mm terhadap perlakuan T (dari

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



in vitro mampu menghasilkan umbi, ukuran umbi tidak dapat lebih dari ≥ 5 mm. Umbi berdiameter ≥ 5 mm pada perlakuan T₂ sampai T₅ diperkirakan dibentuk pada 1 MSP sampai 4 MSP (bandingkan Tabel 4 dengan Tabel Lampiran 19). Menurut Plaisted (1957) dalam Cutter (1978), akumulasi hasil-hasil metabolisme lebih dominan pada umbi yang terbentuk lebih awal. Umbi berukuran besar yang terbentuk pada awal pengumbian akan tetap menjadi yang paling besar, yang berukuran sedang akan lebih lambat berkembang daripada yang besar dan yang terkecil (terbentuk paling akhir) akan terhambat (Krijthe, 1955 dalam Smith, 1977).

Diameter dan Bobot Basah Umbi

Data-data dari peubah diameter dan bobot basah umbi tidak diuji dengan uji F. Hal ini disebabkan karena jumlah botol kultur (ulangan) yang menghasilkan umbi untuk tiap perlakuan tidak sama, yaitu antara 2 - 10 ulangan, sehingga tidak memenuhi syarat bagi pengujian secara statistik dengan uji F.

Uji regresi dilakukan untuk melihat pengaruh konsentrasi N pada media pertunasan (perlakuan T) yang dikombinasikan dengan jenis sitokinin serta konsentrasi N pada media pengumbian (S₁U₁, S₁U₂, S₂U₁ dan S₂U₂) terhadap peubah diameter dan bobot basah umbi pada 8 MSP. Untuk uji regresi digunakan data diameter dan bobot basah rata-rata dari seluruh botol kultur (ulangan) yang menghasilkan umbi.

Diameter Umbi

Tabel 6 menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi nitrogen dalam media pertunasan (dari T_1 sampai T_5) akan meningkatkan diameter rata-rata keseluruhan umbi. Berdasarkan uji regresi, pengaruh perlakuan T pada S_1U_1 , S_1U_2 dan S_2U_2 terhadap diameter umbi berpola linier; sedangkan pada perlakuan T pada S_2U_1 pola responnya berbentuk kuadratik (Tabel Lampiran 22).

Tabel 6. Diameter Rata-rata Keseluruhan Umbi pada Kombinasi Perlakuan Taraf Nitrogen dalam Media Pertunasan (T) dengan Jenis Sitokinin (S) dan Taraf Nitrogen (U) dalam Media Pengumbian (8 MSP)

| | S_1 | | S_2 | |
|---------------------|----------------|-------|-------|-------|
| | U_1 | U_2 | U_1 | U_2 |
| | ----- mm ----- | | | |
| T_1 | 3.50 | 3.75 | - | 3.75 |
| T_2 | 2.86 | 4.18 | 3.49 | 4.40 |
| T_3 | 3.47 | 4.39 | 3.83 | 4.49 |
| T_4 | 4.07 | 4.87 | 4.67 | 5.58 |
| T_5 | 5.08 | 5.30 | 4.96 | 5.74 |
| Linear (b_1) | * | * | tn | * |
| Kuadratik (b_2) | tn | tn | tn | tn |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%
tn = tidak berpengaruh nyata

Dari tabel 6 juga terlihat bahwa diameter rata-rata umbi yang terendah terdapat pada perlakuan T_1 , sedangkan diameter rata-rata umbi yang tertinggi terdapat pada perlakuan T_5 . Bertambahnya ukuran umbi sejalan dengan peningkatan konsentrasi N di dalam media pertunasan (perlakuan T) diduga berhubungan dengan semakin baiknya



terlalu rendah akan membatasi inisiasi dan pertumbuhan umbi. Pada konsentrasi N tinggi, tunas dan akar *in vitro* tumbuh dengan baik sehingga hasil-hasil metabolisme dan zat pengatur tumbuh yang dibutuhkan untuk pengumbian secara *in vitro*, baik untuk inisiasi maupun pertumbuhan umbi, tersedia dengan cukup dan ukuran umbi menjadi besar.

Berdasarkan uji korelasi antara diameter dan bobot basah umbi pada perlakuan T (dari T_1 sampai T_5), diketahui bahwa diameter dan bobot basah umbi berkorelasi positif ($r = 0.98$) dan hubungannya adalah linier ($n = 5$). Persamaan regresinya : $Y = 2.8402 + 0.0156 X$; dimana $Y =$ diameter umbi dan $X =$ bobot basah umbi. Hal ini berarti bahwa dengan meningkatnya bobot basah umbi, yang sejalan dengan ketersediaan hasil-hasil metabolisme untuk diakumulasikan di dalam umbi, diameter umbi juga akan meningkat.

Pertumbuhan tunas dan akar *in vitro* yang semakin baik sejalan dengan meningkatnya konsentrasi N di dalam media pertunasan, juga menyebabkan pertambahan diameter umbi yang ≥ 5 mm (Tabel Lampiran 20). Perlakuan T yang dikombinasikan dengan perlakuan S_1U_1 meningkatkan ukuran umbi berdiameter ≥ 5 mm secara linier, sedangkan kombinasi perlakuan T dengan S_1U_2 , S_2U_1 dan S_2U_2 menunjukkan pola respon yang berbentuk kuadratik (Tabel Lampiran 22).

Media pengumbian yang mengandung konsentrasi N 60.0 mM (U_2) menghasilkan umbi dengan ukuran yang lebih besar daripada media yang konsentrasi N-nya 7.5 mM (U_1). Hal



ini dapat dilihat pada Tabel 6. Diameter umbi yang ≥ 5 mm juga lebih besar pada perlakuan U_2 daripada perlakuan U_1 (Tabel Lampiran 20). Hal ini diduga karena pada perlakuan U_2 , N yang tersedia di dalam media digunakan untuk membentuk sel-sel baru di dalam umbi. Menurut Plaisted (1957) dalam Slater (1963), pembesaran umbi terjadi terutama karena meningkatnya jumlah sel di dalam umbi dan bukan karena meningkatnya ukuran sel. Pertambahan jumlah sel akan mengakibatkan peningkatan ukuran umbi. Selain itu, secara visual terlihat bahwa pertumbuhan akar pada perlakuan U_1 tetap berlangsung selama masa inkubasi di dalam media pengumbian (lihat Gambar 2). Pada kondisi C/N rasio yang tinggi, rasio tunas/akar akan rendah. Diduga, akar yang terus bertumbuh akan mengurangi jumlah sukrosa yang dapat diakumulasi di dalam umbi sehingga ukuran umbi menjadi lebih kecil.

Ukuran umbi pada perlakuan Kinetin (S_1) lebih kecil daripada ukuran umbi pada perlakuan BA (S_2). Hal ini diduga karena perlakuan S_1 menghasilkan lebih banyak umbi berukuran < 5 mm (Tabel Lampiran 17), sehingga diameter rata-rata keseluruhan umbi menjadi lebih kecil daripada perlakuan S_2 .

Pada Tabel 6 juga terlihat bahwa kombinasi perlakuan yang memenuhi syarat untuk dijadikan bibit adalah perlakuan T_4 yang dikombinasikan dengan perlakuan S_1U_2 dan S_2U_2 serta perlakuan T_5 yang dikombinasikan dengan perlakuan



S dan U. Ukuran umbi mikro yang dapat digunakan sebagai bibit berkisar antara 5.0 - 10.0 mm (Wattimena *et al.*, 1986).

Sedangkan umbi mikro yang berukuran relatif kecil, yaitu < 5 mm (terutama yang < 2 mm), kurang memenuhi syarat untuk dijadikan bibit. Umbi berukuran kecil diduga terbentuk pada akhir masa inkubasi di dalam media pengumbian, yaitu pada 6 - 8. MSP. Menurut Krijthe (1955) dalam Smith (1977), umbi yang terbentuk pada akhir masa pengumbian tidak dapat bertambah besar, karena akumulasi hasil-hasil metabolisme berlangsung lebih dominan pada umbi yang terbentuk lebih awal (Plaisted, 1957 dalam Cutter, 1978). Pada umbi berukuran kecil, terutama yang diameternya < 2 mm, hanya sedikit hasil-hasil metabolisme yang disimpan di dalam umbi dan umbi akan memiliki kadar air yang tinggi. Umbi mikro menjadi lebih peka terhadap serangan jamur atau bakteri. Dengan demikian, umbi tidak dapat disimpan lama, padahal untuk pemecahan dormansi sampai umbi berkecambah dibutuhkan waktu simpan yang cukup lama, yaitu kurang lebih 8 - 12 minggu (Wattimena, 1986).

Bobot Basah Umbi

Tabel 7 memperlihatkan bahwa meningkatnya konsentrasi N di dalam media pertunasan (perlakuan T) akan meningkatkan bobot basah umbi. Bobot basah umbi terendah terdapat pada perlakuan T₁, sedangkan bobot basah tertinggi terdapat pada perlakuan T₅. Hasil percobaan ini sesuai dengan



hasil percobaan Indrawati (1991) yang menunjukkan bahwa media MS 2.0 (setara dengan 120.0 mM N) menghasilkan umbi dengan bobot basah paling tinggi dibandingkan media MS 0.5 (setara dengan 30.0 mM N) serta MS 1.0 (setara dengan 60.0 mM N).

Tabel 7. Bobot Basah Rata-rata Keseluruhan Umbi pada Kombinasi Perlakuan Taraf Nitrogen dalam Media Pertunasan (T) dengan Jenis Sitokinin(S) dan Taraf Nitrogen (U) dalam Media Pengumbian (8 MSP)

| | S ₁ | | S ₂ | |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | U ₁ | U ₂ | U ₁ | U ₂ |
| | ----- mg ----- | | | |
| T ₁ | 45.20 | 65.55 | - | 54.55 |
| T ₂ | 25.18 | 77.53 | 41.74 | 84.18 |
| T ₃ | 42.99 | 91.65 | 62.86 | 110.20 |
| T ₄ | 78.25 | 130.45 | 102.39 | 168.47 |
| T ₅ | 130.22 | 172.62 | 136.29 | 199.82 |
| Linear (b ₁) | ** | ** | * | ** |
| Kuadratik (b ₂) | tn | tn | tn | * |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%
 ** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%
 tn = tidak berpengaruh nyata

Kombinasi perlakuan T dengan S₁U₁, S₁U₂ dan S₂U₁ meningkatkan bobot basah umbi secara linier, sedangkan perlakuan T yang dikombinasikan dengan S₂U₂ meningkatkan bobot basah umbi secara kuadratik.

Bobot basah umbi yang berdiameter ≥ 5 mm meningkat secara linier dengan meningkatnya konsentrasi N dalam media pertunasan dari T₂ sampai T₅ bila dikombinasikan dengan perlakuan S₁U₁, S₁U₂ dan S₂U₁. Peningkatan

hasil-hasil metabolisme yang akan diakumulasi di dalam umbi serta ketersediaan zat pengatur tumbuh yang dibutuhkan untuk pembentukan umbi, yaitu coumarin dan sitokinin. (Madec, 1963; Ewing, 1981). Terhambatnya pertumbuhan tunas dan akar akan membatasi ketersediaan hasil-hasil metabolisme serta zat pengatur tumbuh untuk pengumbian secara *in vitro*, sehingga bobot basah umbi menjadi kecil. Pertumbuhan tunas dan akar *in vitro* yang baik akan mampu menyediakan sukrosa, unsur-unsur hara makro dan mikro, vitamin serta zat pengatur tumbuh coumarin dan sitokinin sesuai dengan kebutuhan bagi pembentukan umbi mikro, baik bagi inisiasi pengumbian maupun bagi pertumbuhan / pembersaran umbi.

Perlakuan taraf N tinggi (U_2) dalam media pengumbian membentuk umbi mikro dengan bobot basah yang lebih tinggi daripada perlakuan taraf N rendah (U_1). Diduga N pada perlakuan U_2 digunakan untuk asimilasi protein yang merupakan komponen sel yang utama, sehingga jumlah sel yang dihasilkan di dalam umbi menjadi lebih banyak dibandingkan pada perlakuan U_1 . Akibatnya bobot basah umbi pada perlakuan U_2 lebih besar daripada perlakuan U_1 .

Bobot basah umbi pada perlakuan Kinetin (S_1) lebih rendah dari bobot basah umbi pada perlakuan BA (S_2). Perlakuan S_1 menghasilkan jumlah umbi berdiameter < 5 mm yang lebih banyak dan masing-masing umbi memiliki bobot basah



yang relatif lebih rendah, sehingga bobot basah rata-rata umbi juga lebih rendah.

Tabel 7 memperlihatkan bahwa perlakuan T_4 dan T_5 pada media pertunasan yang dikombinasikan dengan perlakuan S dan U pada media pengumbian menghasilkan umbi mikro yang memenuhi syarat untuk dijadikan bibit, yaitu bobot basah umbi ≥ 100.0 mg per umbi.

Persentase Bahan Kering Umbi

Peubah persentase bahan kering umbi tidak diuji secara statistik dengan uji F, karena jumlah ulangan untuk tiap perlakuan bervariasi antara satu sampai tujuh ulangan sehingga tidak memenuhi syarat untuk pengujian dengan uji F.

Tabel 8. Persentase Bahan Kering Rata-rata Umbi pada Kombinasi Perlakuan Taraf dalam Media Pertunasan (T) dengan Jenis Sitokinin (S) dan Taraf Nitrogen (U) dalam Media Pengumbian (8 MSP)

| | S_1 | | S_2 | |
|---------------------|---------------|-------|-------|-------|
| | U_1 | U_2 | U_1 | U_2 |
| | ----- x ----- | | | |
| T_1 | 17.04 | 17.43 | - | 14.86 |
| T_2 | 14.97 | 15.62 | 17.75 | 14.76 |
| T_3 | 15.78 | 16.12 | 18.94 | 15.88 |
| T_4 | 15.03 | 18.17 | 18.28 | 16.76 |
| T_5 | 14.59 | 17.41 | 19.08 | 16.83 |
| Linear (b_1) | tn | tn | tn | * |
| Kuadratik (b_2) | tn | tn | tn | tn |
| Kubik (b_3) | tn | tn | tn | tn |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%
tn = tidak berpengaruh nyata

Uji regresi digunakan untuk melihat pola kecenderungan dari peubah persentase bahan kering umbi pada perlakuan N dalam media pertunasan (T) yang dikombinasikan dengan perlakuan jenis sitokinin (S) dan konsentrasi N (U) dalam media pengumbian.

Berdasarkan uji regresi, terlihat bahwa persentase bahan kering umbi memperlihatkan pola respon berbentuk kubik terhadap pengaruh kombinasi perlakuan T dengan perlakuan S_1U_1 dan S_1U_2 . Perlakuan T yang dikombinasikan dengan S_2U_1 dan S_2U_2 menghasilkan pola respon berbentuk kuadrat pada peubah persentase bahan kering umbi (Tabel 8).

Tabel 8 menunjukkan bahwa persentase bahan kering umbi pada semua perlakuan memenuhi syarat untuk bibit. Menurut Appleman dan Miller (1926) dalam Harris (1978), persentase bahan kering umbi dari tanaman kentang yang ditanam di lapang meningkat dari 15 - 16% segera setelah inisiasi umbi sampai mencapai maksimum yang berkisar antara 18 - 28%.

Persentase bahan kering umbi menggambarkan banyaknya hasil-hasil metabolisme, terutama karbohidrat (pati), yang diakumulasi di dalam umbi. Karbohidrat ini merupakan sumber energi bagi perkecambahan tunas dari "mata" (bud) pada umbi. Smith (1976) menyatakan bahwa di dalam umbi yang dorman, kecepatan respirasinya rendah. Kecepatan respirasi di dalam umbi akan meningkat pada akhir masa dormansi, karena pertumbuhan dan diferensiasi tunas umbi (sprout)



media pengumbian mendukung bagi terjadinya akumulasi karbohidrat yang cukup banyak di dalam umbi.

Produksi Umbi Mikro

Penelitian mengenai perbanyakan tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *in vitro* melalui umbi mikro terutama ditujukan untuk menghasilkan umbi yang memenuhi syarat sebagai propagula kentang. Beberapa syarat yang digunakan adalah : jumlah umbi yang relatif banyak, pembentukan umbi yang cepat dan seragam, diameter per umbi ≥ 5 mm, bobot basah per umbi ≥ 100 mg serta persentase bahan kering $> 15\%$ (konsultasi pribadi). Berbagai penelitian dengan bermacam-macam perlakuan telah dilakukan untuk memproduksi umbi mikro berkuantitas dan berkualitas tinggi dengan cara memanipulasi faktor-faktor yang mempengaruhi produksi umbi, yaitu eksplan, kondisi lingkungan serta media tumbuh yang digunakan (Hussey, 1980; Locy, 1984; Wang dan Hu, 1985).

Pada penelitian ini, berbagai komposisi media perlakuan telah dicoba untuk memperoleh komposisi media yang dapat menghasilkan produksi umbi mikro dengan kualitas dan kuantitas yang tinggi (lihat Tabel Lampiran 2). Berdasarkan persyaratan yang telah ditetapkan bagi umbi mikro sebagai propagula kentang dapat diketahui bahwa kombinasi perlakuan berikut ini dapat digunakan : kombinasi perlakuan 60.0 mM N (T_4) dalam media pertunasan dengan kinetin



(S₁) atau BA (S₂) dan 60.0 mM N (U₂) dalam media pengumbian, serta seluruh kombinasi perlakuan 120.0 mM N (T₅) dalam media pertunasan dengan kinetin (S₁) atau BA (S₂) dan 7.5 mM N (U₁) atau 60.0 mM N (U₂) dalam media pengumbian.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Konsentrasi nitrogen pada media pertunasan mempengaruhi pertumbuhan tunas dan akar *in vitro* dan produksi umbi mikro. Konsentrasi nitrogen tinggi (60.0 - 120.0 mM) menghasilkan pertumbuhan tunas mikro yang paling baik, tetapi memperlambat inisiasi umbi serta menghasilkan umbi yang memiliki diameter dan bobot basah tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Konsentrasi nitrogen tinggi (60.0 mM) pada media pengumbian menghasilkan umbi dengan diameter dan bobot basah lebih tinggi daripada konsentrasi nitrogen rendah (7.5 mM).

Kinetin 10 ppm dan BA 5 ppm mampu mengatasi kelemahan induksi pengumbian oleh coumarin, yaitu terhambatnya pengumbian pada konsentrasi nitrogen yang tinggi dalam media pengumbian.

Kombinasi perlakuan yang menghasilkan umbi mikro dengan jumlah umbi per botol yang cukup banyak (6 umbi per botol) dan memenuhi persyaratan kualitas umbi mikro sebagai propagula kentang (bobot basah umbi \geq 100 mg, diameter \geq 5 mm per umbi, persentase bahan kering \geq 15%) adalah : kombinasi antara perlakuan konsentrasi N 60.0 mM dalam media pertunasan dengan jenis sitokinin (Kinetin dan BA) dan konsentrasi N 60.0 mM dalam media pengumbian; serta

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

seluruh kombinasi perlakuan N 120.0 mM dalam media pertunasan dengan jenis sitokinin (Kinetin dan BA) dan konsentrasi N (7.5 mM dan 60.0 mM) dalam media pengumbian.

Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan dengan penggunaan media pertunasan yang dapat merangsang pertumbuhan tunas yang vigor dengan jumlah buku yang banyak.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





DAFTAR PUSTAKA

@Hak cipta milik IPB University

- Artati, N. 1989. Pengaruh manipulasi media terhadap efisiensi pengumbian mikro kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *in vitro*. Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Balai Penelitian Hortikultura Lembang. 1985. Kentang. Balai Penelitian Hortikultura Lembang. Bandung.
- Burhan, L. 1986. Pengaruh konsentrasi NH_4NO_3 dan KNO_3 terhadap pertumbuhan dan perkembangan tunas mikro kentang (*Solanum tuberosum* L.). Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Chapman, H.W. 1958. Tuberization in the potato plant. *Physiol. Plant.*, vol. 11 : 215-224.
- Cutter, E.G. 1978. Structure and development of the potato plant, p. 70-147. *In* P.M. Harris (ed.). *The Potato Crop - The Scientific Basis for Improvement*. A Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York.
- Dodds, J.H. 1984. Innovative Methods for Propagating Potato. Report of the XXVIII Planning Conference. p. 295 - 303. CIP. Lima.
- Dwijoseputro, D. 1980. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Penerbit PT Gramedia. Jakarta. 200 hal.
- Edmond, J.B., T.L. Senn, F.S. Andrews and R.G. Halfacre. 1977. *Fundamentals of Horticulture*. Tata McGraw-Hill Pub. Co. Ltd. New Delhi. 560 p.
- Ewing, E.E. 1981. Heat stress and tuberization stimulus. *Am. Potato J.* 58 : 31 - 49.
- Estrada, R., P.Tovar and J.H.Dodds. 1986. Induction of *in vitro* tubers in a broad range of potato genotypes. *Plant Cell, Tissue and Organ Cult.* 7 : 3-10.
- Gamborg, O.L. and J.P. Shyluk. 1981. Nutrition media and characteristics of plant cell and tissue cultures, p. 21 - 24. *In* T.A. Thorpe (ed.). *Plant Tissue Culture Methods and Application for Agriculture*. Academic Press. New York.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- George, E.F. and P.D. Sherrington. 1984. Plant Propagation by Tissue Culture - Handbook and Directory of Commercial Laboratories. Exegetics Ltd. Eversley, Basingstoke, England. 709 p.
- Hussey, G. 1980. *In vitro* propagation, p. 57-61. In D.S. Ingram and J.P. Helgeson (eds.). Tissue Culture Methods for Plant Pathologists. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London.
- Hussey, G. and N.J. Stacey. 1981. *In vitro* propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). Ann.Bot.48 : 787-796.
- Inawati, K. 1989. Produksi umbi mikro kentang (*Solanum tuberosum* L.) melalui manipulasi media. Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Indrawati, R. 1991. Pengaruh media MS dan paclobutrazol pada medium pertunasan terhadap produksi umbi mikro kentang *in vitro* sistem cair-cair. Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Krishnamoorthy, H.N. 1981. Plant Growth Substances. Tata McGraw-Hill Publ.Co. New Delhi.
- Locy, R.D. 1984. Tissue culture : Notes on principles and applications. ATAS Bulletin 1 : 8 - 13.
- Madec, P. 1963. Tuber-forming substances in the potato, p.121-129. In J.D.Ivins dan F.L.Milthorpe (eds.). The Growth of the Potato. Butterworths. London.
- Meilinda, W. 1990. Pengaruh sukrosa dan kombinasi zat pengatur tumbuh terhadap produksi umbi mikro kentang (*Solanum tuberosum* L.). Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Okazawa, Y. and H.W. Chapman. 1962. Regulation of tuber formation in the potato plant. Physiol. Plant. 15 : 413-419.
- Palmer, C.E. and O.E. Smith. 1969. Cytokinins and tuber initiation in the potato *Solanum tuberosum* L. Nature 221 : 279 - 280.
- Prawiranata, W., S. Harran dan P. Tjondronegoro. 1988. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Jilid II. Dept. Botani, Fak.Pertanian, IPB. Bogor.

Puspitaningtyas, D.M. 1988. Pengaruh sukrosa dan benzyl-adenin (BA) terhadap pembentukan umbi mikro kentang *in vitro*. Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian. Fak. Pertanian. IPB. Bogor. (Tidak dipublikasikan)

Radjapadmi, A.G. 1988. Pengaruh kombinasi coumarin, sitokinin dan retardan dalam pengumbian kentang *in vitro*. Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan)

Roca, W.M., J.E. Bryan and M.R. Roca. 1979. Tissue culture for the international transfer on potato genetic resources. *Am. Potato J.* 56:1-10.

Sahat, S., D.D. Widjajanto, I. Hidayat dan S. Kusumo. 1985. Pembibitan kentang, hal. 44-62. Dalam A.A. Asandhi (ed.). Kentang. Balai Penelitian Hortikultura Lembang. Bandung.

Slater, J.W. 1963. Mechanisms of tuber initiation, p. 114-120. In J.D. Ivins and F.D. Milthorpe (eds.). *The Growth of the Potato*. Butterworths. London.

Smith, O. 1976. *Potatoes : Production, Storing and Processing*. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. 776 hal.

Smith, O.E. dan C.E. Palmer. 1970. Cytokinin-induced tuber formation on stolons of *Solanum tuberosum* L. *Physiol. Plant.* 23 : 599-607.

Stallknecht, G.F. 1972. Coumarin-induced tuber formation on excised shoots of *S. tuberosum* L. cultured *in vitro*. *Plant Physiol.* 50 : 412-413.

Stallknecht, G.F. and S. Farnsworth. 1979. The effect of nitrogen on the coumarin-induced tuberization of potato axillary shoots culture *in vitro*. *Am. Potato J.* 56 : 523 - 530.

_____. 1982. General characteristics of coumarin-induced tuberization of axillary shoots of *Solanum tuberosum* L. cultured *in vitro*. *Am. Potato J.* 59 (1) : 17 - 32.

Sundari, I. 1991. Pengaruh nitrogen dan 2-iP terhadap pengumbian kentang (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro* yang diinduksi oleh coumarin. Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian. Fak. Pertanian. IPB. Bogor. (Tidak dipublikasikan)

- Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1972. *Vegetables Crops*. Tata McGraw Hill Publishing Co.Ltd., New Delhi.
- Tizio, R. 1973. Are cytokinins the specific factors for tuber formation in the potato plant. *ØrTON* 31(1):3-13, V.
- Wang, P.J. and C.Y. Hu. 1982. *In vitro* mass tuberization and virus-free seed-potato production in Taiwan. *Am. Potato J.* 59 (1) : 33 - 37.
- _____. 1985. Potato tissue culture and its applications in agriculture, p. 504-559. *In* P.H. Li (ed.). *Potato Physiology*. Academic Press, Inc. New York.
- Wattimena, G.A. 1983. Micro propagation as an alternative technology for potatoes production in Indonesia. Ph.D. Thesis. Univ. of Wisconsin, Madison. 203 p. (Tidak dipublikasikan)
- _____. 1986. Kultur jaringan tanaman kentang. Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Wattimena, G.A., dan A. Purwito. 1988. *Pembiakan Mikro pada Tanaman*. Lembaga Sumberdaya Informasi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wattimena, G.A., B. McCown dan G. Weis. 1983. Comparative field performance of potatoes from microculture. *Am. Potato J.* 60 : 27 - 33.
- Winata, L. 1987. *Teknik Kultur Jaringan*. Lab. Kultur Jaringan, PAU Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 252 p.
- Wirawan, A.G. 1986. Pengaruh pemberian N dan K terhadap pertumbuhan dan hasil umbi kentang. Karya Ilmiah Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan)



@Hak cipta milik IPB University

LAMPIRAN

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel Lampiran 1. Komposisi Media Murashige dan Skoog(MS)

| Lar. Baku | Bahan Kimia | Konsentrasi Lar. Baku (g/l) | Vol. Lar. Baku Media (ml/l) | Konsentrasi dalam Media (mg/l) |
|-----------|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| A | NH_4NO_3 | 82.5 | 20 | 1650.0 |
| B | KNO_3 | 95.0 | 20 | 1900.0 |
| C | H_3BO_3 | 1.24 | 5 | 6.2 |
| | KH_2PO_4 | 34.00 | | 170.0 |
| | KI | 0.166 | | 0.83 |
| | $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 0.05 | | 0.25 |
| | $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 0.005 | | 0.025 |
| D | $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 88.0 | 5 | 440.0 |
| | | | | |
| E | $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 74.0 | 5 | 370.0 |
| | $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 4.46 | | 22.3 |
| | $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 1.72 | | 8.6 |
| | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 0.005 | | 0.025 |
| F | Na_2EDTA | 7.45 | 5 | 37.25 |
| | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 5.57 | | 27.85 |
| G | Thiamin HCl | 0.02 | 1 | 0.1 |
| | Nicotinic Acid | 0.1 | | 0.5 |
| | Pyridoxine HCl | 0.1 | | 0.5 |
| | Glycine | 0.5 | 4 | 2.0 |
| | Myoinositol | 20.0 | 5 | 100.0 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel Lampiran 2. Kombinasi Perlakuan yang Diberikan

| Konsentrasi Nitrogen | Jenis Sitokinin | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|----------------|
| | Konsentrasi Nitrogen | S ₁ | | S ₂ | |
| | | U ₁ | U ₂ | U ₁ | U ₂ |
| T ₁ | T ₁ -S ₁ U ₁ | T ₁ -S ₁ U ₂ | T ₁ -S ₂ U ₁ | T ₁ -S ₂ U ₂ | |
| T ₂ | T ₂ -S ₁ U ₁ | T ₂ -S ₁ U ₂ | T ₂ -S ₂ U ₁ | T ₂ -S ₂ U ₂ | |
| T ₃ | T ₃ -S ₁ U ₁ | T ₃ -S ₁ U ₂ | T ₃ -S ₂ U ₁ | T ₃ -S ₂ U ₂ | |
| T ₄ | T ₄ -S ₁ U ₁ | T ₄ -S ₁ U ₂ | T ₄ -S ₂ U ₁ | T ₄ -S ₂ U ₂ | |
| T ₅ | T ₅ -S ₁ U ₁ | T ₅ -S ₁ U ₂ | T ₅ -S ₂ U ₁ | T ₅ -S ₂ U ₂ | |

Keterangan :

- Perlakuan konsentrasi nitrogen dalam media per-tunasan :

$$T_1 = 7.5 \text{ mM N}$$

$$T_2 = 15.0 \text{ mM N}$$

$$T_3 = 30.0 \text{ mM N}$$

$$T_4 = 60.0 \text{ mM N}$$

$$T_5 = 120.0 \text{ mM N}$$

- Perlakuan jenis sitokinin dalam media pengumbian:

$$S_1 = \text{Kinetin } 10 \text{ ppm}$$

$$S_2 = \text{BAP } 5 \text{ ppm}$$

- Perlakuan konsentrasi nitrogen dalam media pengumbian :

$$U_1 = 7.5 \text{ mM N}$$

$$U_2 = 60.0 \text{ mM N}$$



Tabel Lampiran 3. Sidik Ragam Jumlah Tunas pada 4 MST

| | Derajat Bebas | Galat Kuadrat Tengah | F - hitung |
|-------|---------------|-------------------------|------------|
| Antar | 4 | 28.01 | 6.35 ** |
| Dalam | 195 | 4.41 | |
| Total | 199 | | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 39.75%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 4. Sidik Ragam Jumlah Buku pada 4 MST

| | Derajat Bebas | Galat Kuadrat Tengah | F - hitung |
|-------|---------------|-------------------------|------------|
| Antar | 4 | 9871.21 | 74.78 ** |
| Dalam | 195 | 132.01 | |
| Total | 199 | | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 35.71%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 5. Sidik Ragam Rasio Jumlah Buku / Jumlah Tunas pada 4 MST

| | Derajat Bebas | Galat Kuadrat Tengah | F - hitung |
|-------|---------------|-------------------------|------------|
| Antar | 4 | 211.48 | 80.92 ** |
| Dalam | 195 | 2.61 | |
| Total | 199 | | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 26.70%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 6. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 1 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.001 | 0.15 |
| N umbi (U) | 1 | 0.012 | 1.37 |
| S x U | 1 | 0.001 | 0.15 |
| N tunas (T) | 4 | 0.031 | 3.66 ** |
| S x T | 4 | 0.001 | 0.15 |
| U x T | 4 | 0.012 | 1.37 |
| S x U x T | 4 | 0.008 | 0.92 |
| Galat | 180 | 0.009 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 12.69%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 7. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 2 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.386 | 1.90 |
| N umbi (U) | 1 | 0.153 | 0.75 |
| S x U | 1 | 0.000 | 0.00 |
| N tunas (T) | 4 | 4.299 | 21.13 ** |
| S x T | 4 | 0.047 | 0.23 |
| U x T | 4 | 0.306 | 1.51 |
| S x U x T | 4 | 0.110 | 0.54 |
| Galat | 180 | 0.203 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 39.96%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 8. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 3 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.066 | 0.30 |
| N umbi (U) | 1 | 0.074 | 0.34 |
| S x U | 1 | 0.292 | 1.36 |
| N tunas (T) | 4 | 12.742 | 54.22 ** |
| S x T | 4 | 0.326 | 1.51 |
| U x T | 4 | 0.430 | 2.00 |
| S x U x T | 4 | 0.007 | 0.03 |
| Galat | 180 | 0.215 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 30.56%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 9. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 4 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.016 | 0.08 |
| N umbi (U) | 1 | 0.379 | 1.87 |
| S x U | 1 | 0.090 | 0.44 |
| N tunas (T) | 4 | 16.454 | 80.98 ** |
| S x T | 4 | 0.400 | 1.97 |
| U x T | 4 | 0.482 | 2.37 |
| S x U x T | 4 | 0.073 | 0.36 |
| Galat | 180 | 0.203 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 27.12%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 10. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 5 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.209 | 1.24 |
| N umbi (U) | 1 | 0.198 | 1.17 |
| S x U | 1 | 0.009 | 0.05 |
| N tunas (T) | 4 | 19.380 | 114.61 ** |
| S x T | 4 | 0.408 | 2.41 * |
| U x T | 4 | 0.218 | 1.29 |
| S x U x T | 4 | 0.013 | 0.08 |
| Galat | 180 | 0.169 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 23.56%

* = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 11. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 6 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.141 | 0.77 |
| N umbi (U) | 1 | 0.249 | 1.36 |
| S x U | 1 | 0.002 | 0.01 |
| N tunas (T) | 4 | 20.816 | 114.11 ** |
| S x T | 4 | 0.309 | 1.70 |
| U x T | 4 | 0.293 | 1.61 |
| S x U x T | 4 | 0.027 | 0.15 |
| Galat | 180 | 0.182 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 23.68%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 12. Sidik ragam jumlah umbi pada 7 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.272 | 1.37 |
| N umbi (U) | 1 | 0.226 | 1.14 |
| S x U | 1 | 0.004 | 0.02 |
| N tunas (T) | 4 | 22.798 | 114.92 ** |
| S x T | 4 | 0.232 | 1.17 |
| U x T | 4 | 0.200 | 1.01 |
| S x U x T | 4 | 0.039 | 0.20 |
| Galat | 180 | 0.198 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 23.87%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 13. Sidik Ragam Jumlah Umbi pada 8 MSP
(Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.424 | 2.11 |
| N umbi (U) | 1 | 0.300 | 1.50 |
| S x U | 1 | 0.033 | 0.16 |
| N tunas (T) | 4 | 24.465 | 121.93 ** |
| S x T | 4 | 0.368 | 1.83 |
| U x T | 4 | 0.324 | 1.61 |
| S x U x T | 4 | 0.042 | 0.21 |
| Galat | 180 | 0.201 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 23.29%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 14. Jumlah umbi rata-rata pada kombinasi perlakuan T dengan S (5 MSP)*

| N (mM) | Kinetin 10 ppm (S_1) | | BAP 5 ppm (S_2) | |
|---------------------|--------------------------|-------|---------------------|-------|
| | x | y | x | y |
| 7.5 (T_1) | 0.10 | 0.761 | 0.10 | 0.761 |
| 15.0 (T_2) | 1.05 | 1.156 | 1.80 | 1.407 |
| 30.0 (T_3) | 4.30 | 2.152 | 3.85 | 2.034 |
| 60.0 (T_4) | 6.20 | 2.540 | 4.85 | 2.179 |
| 120.0 (T_5) | 4.75 | 2.280 | 4.00 | 2.084 |
| Linear (b_1) | | ** | | ** |
| Kuadratik (b_2) | | ** | | ** |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5 %

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %

x = data asli

y = data hasil transformasi $\sqrt{x + 0.5}$

Tabel Lampiran 15. Sidik Ragam Jumlah Umbi Berdiameter < 5 mm pada 8 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 1.201 | 5.07 * |
| N umbi (U) | 1 | 0.431 | 1.82 |
| S x U | 1 | 0.055 | 0.23 |
| N tunas (T) | 4 | 7.322 | 30.87 ** |
| S x T | 4 | 0.418 | 1.76 |
| U x T | 4 | 0.321 | 1.35 |
| S x U x T | 4 | 0.063 | 0.27 |
| Galat | 180 | 0.237 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 23.29%

* = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 16. Jumlah umbi berdiameter < 5 mm pada perlakuan T (8 MSP) **

| N (mM) | Jumlah Umbi | |
|-----------------------------|-------------|-------|
| | x | y |
| 7.5 (T ₁) | 0.150 | 0.786 |
| 15.0 (T ₂) | 1.450 | 1.287 |
| 30.0 (T ₃) | 3.100 | 1.825 |
| 60.0 (T ₄) | 2.775 | 1.722 |
| 120.0 (T ₅) | 2.600 | 1.677 |
| Linier (b ₁) | | * |
| Kuadratik (b ₂) | | * |
| Kubik (b ₃) | | * |

Keterangan :

* = berpengaruh nyata pada taraf uji 5 %

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %

tn = tidak berpengaruh nyata

x = data asli

y = data hasil transformasi $\sqrt{x + 0.5}$

Tabel Lampiran 17. Jumlah umbi berdiameter < 5 mm pada perlakuan S (8 MSP) *

| | | Jumlah umbi | |
|---------|--------------------------|-------------|-------|
| | | x | y |
| Kinetin | 10 ppm (S ₁) | 2.270 | 1.537 |
| BAP | 5 ppm (S ₂) | 1.760 | 1.382 |

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%

x = data asli

y = data hasil transformasi $\sqrt{x + 0.5}$

Tabel Lampiran 18. Sidik Ragam Jumlah Umbi Berdiameter ≥ 5 mm pada 8 MSP (Trans. $\sqrt{x + 0.5}$)

| Sumber | Derajat Bebas | Kuadrat Tengah | F - hitung |
|---------------|---------------|----------------|------------|
| Sitokinin (S) | 1 | 0.060 | 0.65 |
| N umbi (U) | 1 | 2.087 | 22.63 ** |
| S x U | 1 | 0.250 | 2.71 |
| N tunas (T) | 4 | 13.819 | 149.88 ** |
| S x T | 4 | 0.118 | 1.28 |
| U x T | 4 | 0.612 | 6.63 ** |
| S x U x T | 4 | 0.108 | 1.17 |
| Galat | 180 | 0.092 | |

Keterangan : Koefisien keragaman = 21.59%

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1%

Tabel Lampiran 19. Jumlah umbi berdiameter ≥ 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S dan U (8 MSP) **

| N (mM) | N 7.5 mM (U_1) | | N 60.0 mM (U_2) | |
|-------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| | x | y | x | y |
| 7.5 (T_1) | 0.000 | 0.710 | 0.000 | 0.710 |
| 15.0 (T_2) | 0.100 | 0.761 | 0.850 | 1.092 |
| 30.0 (T_3) | 1.050 | 1.158 | 2.550 | 1.703 |
| 60.0 (T_4) | 3.050 | 1.843 | 3.800 | 2.052 |
| 120.0 (T_5) | 3.750 | 2.048 | 3.500 | 1.985 |
| Linier (b_1) | | * | | * |
| Kuadrat (b_2) | | tn | | * |

Keterangan :

* = berpengaruh nyata pada taraf uji 5 %

** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %

tn = tidak berpengaruh nyata

x = data asli

y = data hasil transformasi $\sqrt{x + 0.5}$

Tabel Lampiran 20. Diameter Umbi ≥ 5 mm pada Kombinasi Perlakuan T dengan S dan U (8 MSP)

| | S ₁ | | S ₂ | |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | U ₁ | U ₂ | U ₁ | U ₂ |
| | ----- mm ----- | | | |
| T ₁ | - | - | - | - |
| T ₂ | - | 5.71 | 5.25 | 5.52 |
| T ₃ | 5.20 | 5.75 | 5.28 | 5.79 |
| T ₄ | 5.62 | 6.15 | 5.67 | 6.72 |
| T ₅ | 6.43 | 6.70 | 6.07 | 6.70 |
| Linear (b ₁) | ** | tn | tn | tn |
| Kuadratit (b ₂) | tn | tn | tn | tn |

Keterangan :
 ** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %
 tn = tidak berpengaruh nyata

Tabel Lampiran 21. Bobot Basah Umbi Berdiameter ≥ 5 mm pada Kombinasi Perlakuan T dengan S dan U (8 MSP)

| | S ₁ | | S ₂ | |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | U ₁ | U ₂ | U ₁ | U ₂ |
| | ----- mg ----- | | | |
| T ₁ | - | - | - | - |
| T ₂ | - | 155.93 | 95.30 | 124.62 |
| T ₃ | 96.42 | 157.47 | 109.35 | 181.43 |
| T ₄ | 143.08 | 187.01 | 142.37 | 235.96 |
| T ₅ | 222.12 | 262.00 | 200.12 | 266.41 |
| Linear (b ₁) | * | * | ** | tn |
| Kuadratit (b ₂) | tn | tn | tn | tn |

Keterangan :
 * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5 %
 ** = berpengaruh nyata pada taraf uji 1 %
 tn = tidak berpengaruh nyata

Tabel Lampiran 22. Persamaan Regresi untuk Selang Konsentrasi Nitrogen (X) 7.5 - 120.0 mM pada Media Pertunasan

| No. | Peubah (Y) | Persamaan | r^2 | n |
|-----|---|---|-------|-----|
| 1. | Jumlah tunas pada 4 MST | $Y = 3.7897 + 0,0681 X - 0.0004 X^2$ | 0.10 | 200 |
| 2. | Jumlah buku pada 4 MST | $Y = 6.8436 + 1,0074 X - 0.0056 X^2$ | 0.55 | 200 |
| 3. | Ratio jumlah buku/jumlah tunas pada 4 MST | $Y = 2.4560 + 0,1386 X - 0.0007 X^2$ | 0.57 | 200 |
| 4. | Jumlah umbi pada 1 MSP | $Y = - 0.1155 + 0.0171 X - 0.0004 X^2 + (1.9609 \cdot 10^{-6}) X^3$ | 0.07 | 200 |
| 5. | Jumlah Umbi pada 2 MSP | $Y = - 0.3206 + 0.7558 X - 0.0006 X^2$ | 0.23 | 200 |
| 6. | Jumlah umbi pada 3 MSP | $Y = - 0.8377 + 0.1551 X - 0.0011 X^2$ | 0.46 | 200 |
| 7. | Jumlah umbi pada 4 MSP | $Y = - 0.9186 + 0.1719 X - 0.0011 X^2$ | 0.51 | 200 |
| 8. | Jumlah umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U pada 5 MSP | $Y = - 1.4637 + 0.2132 X - 0.0013 X^2$ | 0.64 | 100 |
| 9. | Jumlah umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U pada 5 MSP | $Y = - 0.5725 + 0.1578 X - 0.0010 X^2$ | 0.52 | 100 |
| 10. | Jumlah umbi pada 6 MSP | $Y = - 0.9304 + 0.1872 X - 0.0015 X^2$ | 0.57 | 200 |
| 11. | Jumlah umbi pada 7 MSP | $Y = - 0.8412 + 0.1874 X - 0.0011 X^2$ | 0.58 | 200 |
| 12. | Jumlah umbi pada 8 MSP | $Y = - 0.7961 + 0.1946 X - 0.0011 X^2$ | 0.95 | 5 |
| 13. | Jumlah umbi berdiameter < 5 mm pada 8 MSP | $Y = - 1.7982 + 0.2913 X - 0.0050 X^2 + 0.000024 X^3$ | 0.99 | 5 |
| 14. | Jumlah umbi berdiameter > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S dan U ₁ (8 MSP) | $Y = - 0.8951 + 0.0852 X - 0.0004 X^2$ | 0.98 | 5 |

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lanjutan Tabel Lampiran 22

| | | | |
|---|---------------------------------------|------|---|
| 15. Jumlah umbi berdiameter > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S dan U ₂ (8 MSP) | $Y = -0.7872 + 0.1233 X - 0.0007 X^2$ | 0.99 | 5 |
| 16. Diameter rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₁ (8 MSP) | $Y = 2.9933 + 0.0173 X$ | 0.89 | 5 |
| 17. Diameter rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₂ (8 MSP) | $Y = 3.9150 + 0.0125 X$ | 0.90 | 5 |
| 18. Diameter rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₁ (8 MSP) | $Y = 2.8650 + 0.0411 X - 0.0002 X^2$ | 0.99 | 4 |
| 19. Diameter rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₂ (8 MSP) | $Y = 4.0238 + 0.0165 X$ | 0.80 | 5 |
| 20. Diameter umbi > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₁ | $Y = 4.7950 + 0.0136 X$ | 0.99 | 3 |
| 21. Diameter umbi > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₂ | $Y = 5.4300 + 0.0164 X - 0.00008 X^2$ | 0.92 | 4 |
| 22. Diameter umbi > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₁ | $Y = 4.9800 + 0.0156 X - 0.00008 X^2$ | 0.91 | 4 |
| 23. Diameter umbi > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₂ | $Y = 4.8100 + 0.0451 X - 0.0002 X^2$ | 0.97 | 4 |
| 24. Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₁ | $Y = 23.4667 + 0.8796 X$ | 0.94 | 5 |
| 25. Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₂ | $Y = 62.6279 + 0.9835 X$ | 0.99 | 5 |
| 26. Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₁ | $Y = 36.2496 + 0.8813 X$ | 0.95 | 4 |
| 27. Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₂ | $Y = 35.7955 + 3.0231 X - 0.0138 X^2$ | 0.99 | 5 |

© Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lanjutan Tabel Lampiran 22

| | | | | |
|-----|---|---|------|---|
| 28. | Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi berdiameter > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₁ | $Y = 56.9000 + 1.3853 X$ | 0.99 | 3 |
| 29. | Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi berdiameter > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₂ | $Y = 131.1387 + 1.0571 X$ | 0.97 | 4 |
| 30. | Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi berdiameter > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₁ | $Y = 80.3504 + 1.0033 X$ | 0.99 | 4 |
| 31. | Bobot basah rata-rata keseluruhan umbi berdiameter > 5 mm pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₂ | $Y = 74.4050 + 3.9081 X - 0.0192 X^2$ | 0.99 | 4 |
| 32. | Persentase bobot kering pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₁ | $Y = 17.3419 - 0.1229 X + 0.0020 X^2 - 0.00001 X^3$ | 0.60 | 5 |
| 33. | Persentase bobot kering pada kombinasi perlakuan T dengan S ₁ dan U ₂ | $Y = 18.6247 - 0.2434 X + 0.0059 X^2 - 0.00003 X^3$ | 0.87 | 5 |
| 34. | Persentase bobot kering pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₁ | $Y = 17.9267 + 0.0133 X - 0.00003 X^2$ | 0.42 | 4 |
| 35. | Persentase bobot kering pada kombinasi perlakuan T dengan S ₂ dan U ₂ | $Y = 14.2053 + 0.0628 X - 0.0003 X^2$ | 0.96 | 5 |

Keterangan : Y = peubah
X = konsentrasi nitrogen dalam media per-
tunasan (mM)

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

sebuah persembahan kecil untuk :
yang senantiasa menyayangiku
....Mama, Papa dan saudaraku
yang dipikirkan-Nya untukku
.....Mas Bambang
bangsa dan negaraku
.....Indonesia

"Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu saling memakan harta sesamamu dengan jalan yang bathil, kecuali dengan jalan perniagaan yang berlaku dengan suka sama suka diantara kamu" (Q.S. An Nisaa' : 29)

"Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan dari tumbuhan-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak;perhatikanlah buahnya diwaktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman". (Q.S. Al An'aam : 99)

"Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan kami turunkan dari langit air hujan. Maka kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam" (Q.S. Thaahaa : 53)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.