



**PENGARUH MERK DAN KONSENTRASI PUPUK SERTA  
KONSENTRASI SUKROSA PADA MEDIUM CAIR  
TERHADAP INDUKSI KENTANG *VARIETAS* MARGAHAYU**

skripsi  
disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Biologi

Oleh  
Gayuh Nugroho D P  
4450408008

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2013**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengaruh Merk dan Konsentrasi Pupuk serta Konsentrasi Sukrosa pada Medium Cair terhadap Induksi Mikrotuber Kentang Varitas Margahayu” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.



PERPUSTAKAAN  
UNNES

## ABSTRAK

**Nugroho, G. 2013. Pengaruh Merk dan Konsentrasi Pupuk serta Konsentrasi Sukrosa pada Medium Cair terhadap Induksi Mikrotuber Kentang Varitas Margahayu. Skripsi, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Noor Aini Habibah, S.Si., M.Si., Drs. Sumadi, M.S.**

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh merk pupuk, konsentrasi pupuk, konsentrasi gula dan interaksinya terhadap pertumbuhan tunas dan mikrotuber kentang serta interaksi yang paling efektif untuk pertumbuhan tunas dan mikrotuber kentang

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari tiga faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi gula yaitu 40 g/l dan 80 g/l faktor kedua adalah konsentrasi pupuk yaitu 0,5 g/l dan 1 g/l dan faktor ketiga adalah merk pupuk yaitu Growmore dan Gandasil. Parameter penelitian berupa pertambahan jumlah tunas dan daun, jumlah dan berat mikrotuber dianalisis dengan anava tiga arah, bila signifikan dilanjutkan dengan uji BNT

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi pupuk, interaksi merk pupuk dan konsentrasi pupuk, konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa, konsentrasi pupuk dan sukrosa serta interaksi ketiga faktor tersebut berpengaruh signifikan pada pertambahan jumlah nodus dan daun. Konsentrasi pupuk 1 g/l, Gandasil 1 g/l, konsentrasi pupuk 0,5 g/l dan konsentrasi sukrosa 40 g/l, Gandasil D 0,5 g/l dengan konsentrasi sukrosa 80 g/l optimal untuk pertambahan jumlah nodus dan daun. Konsentrasi sukrosa 80 g/l dan interaksi ketiga faktor berpengaruh signifikan pada jumlah dan berat mikrotuber. Interaksi merk dan konsentrasi pupuk, konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa berpengaruh signifikan pula pada jumlah mikrotuber. Konsentrasi sukrosa 80 g/l, Growmore atau Gandasil dengan konsentrasi sukrosa 80 g/l, konsentrasi pupuk 0,5 g/l dan konsentrasi sukrosa 40 g/l atau 80 g/l, Growmore 0,5 g/l dan konsentrasi sukrosa 80 g/l optimal pada jumlah mikrotuber sedangkan berat mikrotuber optimal pada konsentrasi sukrosa 80 g/l dan Gandasil 1 g/l dan konsentrasi sukrosa 80 g/l.

Berdasarkan hasil penelitian maka disarankan menggunakan media Growmore 0,5 g/L dengan penambahan sukrosa 80 g/L pada induksi mikrotuber kentang *varietas* Margahayu untuk menghasilkan mikrotuber optimal.

**Kata Kunci :** mikrotuber, sukrosa, *in vitro*, Gandasil, Growmore

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

“Pengaruh Merk dan Konsentrasi Pupuk serta Konsentrasi Sukrosa pada Medium Cair terhadap Induksi Mikrotuber Kentang Varitas Margahayu”

disusun oleh

nama : Gayuh Nugroho D P

NIM : 4450408008

Telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 24 April 2013

Panitia Ujian



Sekretaris

Andin Irsadi, S.Pd., M.Si  
NIP. 197403102000031001

Penguji Utama

Dr. Enni Suwarsi R, M.Si  
NIP. 196009161986012001

Anggota Penguji/  
Pembimbing I

Noor Aini Habibah, S.Si., M.Si  
NIP. 197111071998022001

Anggota Penguji/  
Pembimbing II

Drs. Sumadi, MS  
NIP. 19521291978031001

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Merk dan Konsentrasi Pupuk serta Konsentrasi Sukrosa pada Medium Cair terhadap Induksi Mikrotuber Kentang Varitas Margahayu”.

Dalam menyusun skripsi penulis menyadari masih banyak kekurangan mengingat keterbatasan waktu dan pengetahuan penulis. Namun dengan segala upaya, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kemudian dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberi izin penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Ketua Jurusan Biologi yang memudahkan jalan penulis dalam menyusun skripsi.
3. Ibu Noor Aini Habibah, S.Si., M.Si, dosen pembimbing I atas bimbingan, pengarahan dan dorongannya selama ini.
4. Bapak Drs. Sumadi, MS, pembimbing II untuk dukungan dan perhatiannya.
5. Ibu Dr. Enni Suwarsi R, M.Si, dosen penguji untuk waktu dan kesabaran yang sangat berarti, tanpanya penulisan skripsi ini tidak menjadi lebih baik.
6. Mbak Tika, Mbak Fitri, Mas Solikhin dan segenap pengurus Laboratoium Biologi FMIPA UNNES atas bantuannya.
7. Bapak Ibu dosen dan seluruh staf pengajar Jurusan Biologi, untuk ilmu yang diberikan pada penulis.
8. Bapak, Ibu, untuk dengan kasih sayang, doa dan dukungannya.
9. Teman-teman Bio ‘08, terima kasih untuk kebersamaan yang indah dan menyenangkan.
10. Mbak Umi, Mbak Aida, Mbak Ukhwatun, terimakasih untuk dukungan dan bimbingan di ruang kultur.

11. Teman-teman pengagum setia ruang kultur yang dingin, Agus, Agung, Nida, Hasna, Ambar salut atas bantuan dan kerjasamanya.
12. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini, maka segala kritik maupun saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan.

Semarang, April 2013

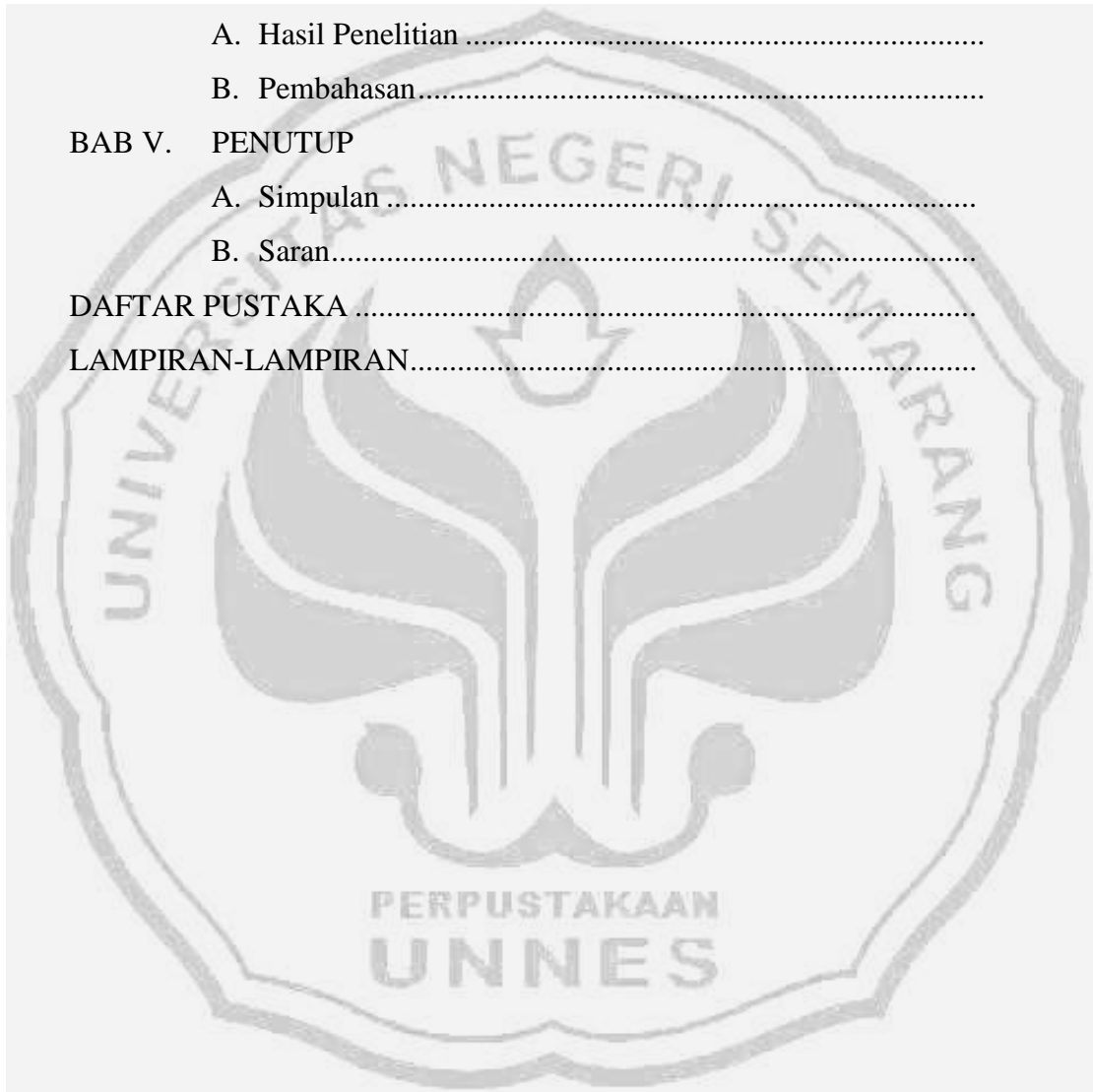
Penulis



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK .....	iii
PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Penegasan Istilah.....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS</b>	
A. Tinjauan Pustaka.....	6
B. Biologi Kentang <i>Varietas</i> Margahayu .....	6
B. Mikrotuber Kentang.....	6
C. Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Mikrotuber .....	8
a. Kandungan media.....	8
b. Konsentrasi karbohidrat .....	11
D. Fisiologi Pembentukan Mikrotuber .....	13
E. Hipotesis.....	23
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Lokasi Penelitian.....	25
B. Variabel Penelitian.....	25

C. Rancangan Penelitian.....	25
D. Alat dan Bahan.....	26
E. Prosedur Penelitian.....	27
F. Metode Analisa Data.....	27
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	34
B. Pembahasan.....	43
<b>BAB V. PENUTUP</b>	
A. Simpulan .....	56
B. Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>62</b>





## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
1. Kandungan pupuk Growmore dan Gandasil .....	10
2. Kombinasi perlakuan .....	26
3. Rekap pengambilan data hasil penelitian .....	31
4. Analisis Anava faktorial.....	32
5. Rerata pertambahan jumlah nodus dan daun, jumlah mikrotuber, dan berat mikrotuber pada tiap faktor kombinasi perlakuan.....	34
6. Ringkasan hasil Anava tiga jalan tiap faktor pada pertambahan jumlah nodus .....	35
7. Ringkasan hasil Anava tiga jalan tiap faktor pada pertambahan jumlah daun.....	36
8. Ringkasan hasil Anava tiga jalan tiap faktor pada jumlah mikrotuber.....	37
9. Ringkasan hasil Anava tiga jalan tiap faktor pada berat mikrotuber ....	38
10. Uji lanjut BNT interaksi dua faktor merk pupuk dan konsentrasi pupuk terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun .....	38
11. Uji lanjut BNT interaksi dua faktor merk pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap jumlah mikrotuber.....	39
12. Uji lanjut BNT interaksi dua faktor konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap pertambahan jumlah daun dan nodus.....	39
13. Uji lanjut BNT interaksi dua faktor konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap jumlah mikrotuber.....	40
14. Uji lanjut BNT interaksi tiga faktor terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun.....	40
15. Uji lanjut BNT interaksi tiga faktor terhadap jumlah mikrotuber.....	41
16. Uji lanjut BNT interaksi tiga faktor terhadap berat mikrotuber.....	41

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
1. Proses penyerapan nitrogen pada tanaman.....	16
2. Struktur <i>phytic acid</i> .....	17
3. Reaksi reduksi sulfat .....	19
4. Reaksi perubahan sulfit menjadi sistein dan metionin.....	19
5. Diagram alir kerangka berpikir .....	22
6. Denah percobaan .....	27
7. Media penelitian.....	29
8. Proses pembentukan mikrotuber dari eksplan satu nodus dan satu helai daun .....	30
9. Planlet kentang <i>varietas</i> Margahayu Gandasil 1 g/L + sukrosa 80 g/L,dan Growmore 0,5 g/L + sukrosa 80 g/L .....	42
10. Planlet kentang dengan konsentrasi pupuk 1 g/L.....	44
11. Mikrotuber dengan komposisi media Growmore 0,5 g/L + sukrosa 80 g/L dan mikrotuber dengan komposisi media Gandasil 1 g/L + sukrosa 80 g/L.....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

1. Rekap pengambilan data eksplan dengan satu nodus dan satu helaian daun terhadap merk pupuk, konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa dengan berbagai kombinasi perlakuan .....	62
2. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT pertambahan jumlah nodus dengan perhitungan SPSS 17 .....	64
3. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT pertambahan jumlah daun dengan perhitungan SPSS 17 .....	65
4. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT jumlah mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17.....	67
5. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT berat mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17.....	67
6. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi merk pupuk dan konsentrasi pupuk terhadap semua parameter dengan perhitungan SPSS 17.....	68
7. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi merk pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap semua parameter dengan perhitungan SPSS 17.....	69
8. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap semua parameter dengan perhitungan SPSS 17.....	70
9. Hasil Anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi semua faktor terhadap semua parameter dengan perhitungan SPSS 17 .....	79

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* Linn.) merupakan sumber makanan terbesar keempat di dunia setelah padi, gandum dan jagung (Wattimena 2000). Kentang merupakan tanaman pangan bernilai ekonomi tinggi yang dapat mendatangkan keuntungan bagi pengusaha industri makanan olahan, pedagang, dan petani yang membudidayakannya, sehingga kentang dianggap sebagai komoditas di dalam negeri dan diekspor.

Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya produksi kentang di Indonesia adalah mutu bibit yang kurang baik. Bibit kentang dari generasi yang sudah lanjut akan menghasilkan umbi kentang yang kurang bagus. Hal ini terutama disebabkan oleh infeksi virus yang semakin lanjut generasinya semakin menumpuk virusnya di dalam umbi bibit (Soelarso 1997).

Kendala utama produksi kentang di Indonesia adalah kurangnya ketersediaan bibit ukuran M (31-60 gram) (Maldonado *et al* 1998 dalam Arpiwi 2006). Sehingga salah satu cara memperoleh bibit kentang yang bermutu tinggi dapat dilakukan dengan memperbanyak tanaman secara *in vitro* atau kultur jaringan. Penggunaan teknik kultur jaringan dapat menghasilkan bibit dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang relatif singkat, selain itu tidak tergantung pada iklim dan musim serta kebutuhan bahan tanaman yang sedikit.

Usaha untuk meningkatkan produksi bibit kentang yang berkualitas dapat dilakukan melalui produksi umbi mikro (mikrotuber) yang dilakukan secara *in vitro*. Hasil memperbanyak ini mempunyai kelebihan yaitu bibit kentang mudah diangkut saat pengiriman, tidak membutuhkan tempat yang luas dalam penyimpanan dan bebas virus (Soelarso 1997).

Kultur jaringan adalah suatu teknik isolasi bagian-bagian tanaman seperti jaringan, organ, embrio yang dipelihara dan ditumbuhkan pada medium buatan yang steril agar mampu beregenerasi dan diferensiasi menjadi tanaman lengkap

(Zulkarnaen 2009). Teknik kultur jaringan ini diharapkan mampu menyediakan bibit kentang yang lebih efisien.

Keberhasilan kultur jaringan ini sangat tergantung oleh medium. Medium dalam kultur jaringan dibagi menjadi dua jenis yaitu media cair dan padat. Medium cair dinilai lebih efisien dan optimal karena tidak membutuhkan bahan pematat serta proses asimilasi unsur hara makronutrien dan mikronutrien dapat dilakukan oleh seluruh permukaan eksplan. Medium cair juga memiliki kelamahan yaitu harus tetap dijaga proses aerasinya. Secara umum kebutuhan tanaman hampir sama yaitu memerlukan vitamin, karbohidrat, asam amino, zat pengatur tumbuh, unsur hara makro dan mikro. Penggunaan medium yang paling sering digunakan dalam kultur jaringan adalah Murashige dan Skoog (MS). Akan tetapi penggunaan media MS ini sulit dilakukan dalam skala industri rumah tangga. Hal ini dikarenakan harga MS relatif mahal. Oleh karena itu perlu dicari alternatif lain yang dapat mengganti media MS tersebut dengan harga yang lebih murah antara lain dengan menggunakan pupuk dan air kelapa.

Kentang membutuhkan nutrisi untuk tumbuh dan berkembang. Jumlah unsur hara yang diperoleh dari media tanam sangat terbatas dan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan unsur hara yang diperoleh dari pupuk. Pemupukan melalui daun merupakan cara pemberian pupuk ke tanaman melalui penyemprotan daun. Pemupukan lewat daun dipandang lebih berhasil bila dibanding melalui akar. Selain di dalam pupuk daun terkandung unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman. Penyerapan hara berjalan lebih cepat dibanding pupuk yang diberikan lewat akar. Pada saat pemberian pupuk dalam bentuk cair, yang perlu diperhatikan adalah konsentrasi yang diberikan, karena setiap jenis tanaman mempunyai tingkat kebutuhan larutan pupuk yang berbeda. Selain itu, setiap macam larutan pupuk mempunyai kandungan unsur yang berbeda, sehingga pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman juga akan berbeda.

Konsentrasi dan jumlah nutrisi yang dibutuhkan dari setiap macam larutan penting untuk diketahui. Kurangnya kandungan unsur hara makro maupun mikro dapat mengakibatkan hambatan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman

serta produktivitasnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Pada beberapa merk pupuk seperti Growmore dan Gandasil mampu menjadi pengganti dari unsur hara dan makro pada MS. Menurut Amin (1994) dalam Sutarto (2003) penggunaan media alternatif pada tanaman menggunakan pupuk pelengkap cair atau pupuk daun efektif terhadap perbanyakan kentang dan jahe secara *in vitro*. Berdasarkan penelitian Waluyo (2005) media pupuk Hyponek 3 mg/l dan Vitabloom 6 mg/l menghasilkan pertumbuhan stek mikro kentang (*Solanum tuberosum L* ) yang lebih baik dengan menunjukkan rata-rata jumlah tunas dan jumlah daun yang lebih besar dari kombinasi perlakuan lainnya.

Pertumbuhan mikrotuber kentang juga dipengaruhi oleh ketersediaan sumber karbohidrat misalnya gula. Gula sangat diperlukan dalam *in vitro* sumber energi atau sebagai agen osmotik dan pada konsentrasi tinggi dapat merangsang pembentukan mikrotuber. Faktor yang penting dalam induksi mikrotuber secara *in vitro* antara lain suhu optimum sekitar 15-20°C tanpa cahaya, konsentrasi sukrosa 9% merupakan konsentrasi optimum pada media mikrotuber dan hormon pertumbuhan berupa sitokinin seperti Benzyladenine (BA) 5 mg/l, kinetin 10 mg/l, air kelapa 15% (Wattimena 1992).

Kentang yang digunakan pada penelitian ini adalah kentang varietas Margahayu. Kentang Varietas Margahayu merupakan hasil perkawinan silang antara kentang Granola dan Herta. Kentang ini mempunyai kelebihan yaitu lebih tahan terhadap serangan cendawan yang menyerang daun. Setelah umur 50 hari secara fisik tanaman kentang varietas margahayu lebih kuat dan kokoh daripada kentang varietas Granola.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan permasalahannya adalah:

1. Adakah pengaruh merk dan konsentrasi pupuk serta konsentrasi sukrosa dalam media cair terhadap pertumbuhan mikrotuber kentang *varietas* Margahayu ?
2. Adakah pengaruh interaksi faktor-faktor tersebut terhadap pertumbuhan mikrotuber kentang *varietas* Margahayu ?

3. Interaksi faktor apakah yang paling optimal pada pertumbuhan mikrotuber kentang *varietas* Margahayu ?

### C. Penegasan Istilah

#### a. Pupuk daun

Pupuk daun adalah nutrisi tumbuh yang diberikan melalui daun dengan cara penyemprotan atau menyiramkan ke daun yang terdiri atas unsur makro dan mikro. Dalam penelitian ini digunakan dua merk pupuk daun dengan yaitu *growmore* dan *gandasil*.

#### b. Medium cair sederhana

Medium kultur cair sederhana merupakan medium kultur yang dibuat menggunakan pupuk dan air kelapa tanpa menggunakan bahan pematat seperti agar.

#### c. Pertumbuhan optimal

Pertumbuhan optimal adalah pertumbuhan yang ditandai dengan jumlah daun, jumlah nodus, jumlah mikrotuber, dan berat mikrotuber paling tinggi.

#### e. Mikrotuber

Mikrotuber merupakan umbi mikro pada tanaman *in vitro* kentang yang muncul diatas atau permukaan media kultur *in vitro*.

### D. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh merk dan konsentrasi pupuk serta konsentrasi sukrosa dalam media cair pada proses pertumbuhan mikrotuber kentang *varietas* Margahayu.
2. Menganalisis pengaruh interaksi faktor-faktor tersebut terhadap pembentukan mikrotuber.
3. Menentukan interaksi faktor yang paling optimal pada induksi mikrotuber kentang *varietas* Margahayu

### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah dapat memberikan informasi kepada masyarakat khususnya dalam bidang pertanian tentang medium yang optimal untuk induksi kentang sehingga dapat diaplikasikan dalam pembibitan kentang, dan merangsang penelitian lanjut tentang mikrotuberisasi kentang *varietas* Margahayu.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

#### A. Tinjauan Pustaka

##### a. Biologi Kentang Varitas Margahayu

Kentang varietas Margahayu yang merupakan varietas unggul hasil rekayasa genetika Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian. Kentang Margahayu mampu berproduksi sebanyak 18-23 ton per hektar serta mampu beradaptasi dengan baik pada lahan dengan ketinggian 1000 – 2000 meter di atas permukaan laut (dpl). Kentang Varietas Margahayu memiliki kedudukan taksonomi menurut Woodland (1991) sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Solanales
Famili	: Solanaceae
Genus	: Solanum
Spesies	: <i>Solanum tuberosum</i> L
Varietas	: <i>Solanum tuberosum</i> L var. Margahayu

Sebagai bahan makanan, kentang diketahui memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Kentang mengandung karbohidrat, protein, asam amino essential dan vitamin yang lengkap. Menurut Niedderhauser (1993) dalam Warnita (2007), perbandingan protein dengan karbohidrat pada tanaman kentang lebih tinggi daripada tanaman serealia maupun tanaman umbi lainnya. Protein dalam kentang mengandung asam amino yang seimbang sehingga sangat baik untuk kesehatan manusia. Selain itu kandungan vitamin dalam kentang jauh lebih tinggi dibandingkan tanaman lainnya, seperti padi, gandum dan jagung.

##### b. Mikrotuber Kentang

Teknik perbanyakan tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L) saat ini telah diterapkan perbanyakan cepat secara *in vitro* baik dengan menanam stek atau

induksi umbi mikro. Perbanyakan *in vitro* (mikropropagasi) adalah contoh penerapan dalam perbanyakan kultur jaringan untuk beberapa jenis tanaman yang dapat diperbanyak secara vegetatif. Dalam perbanyakan ini salah satunya adalah produksi umbi mikro. Teknik ini dapat membantu pemecahan kegagalan proses aklimatisasi di *green house*. Selain itu umbi mikro ini mempunyai beberapa keuntungan yaitu bebas hama dan penyakit, lebih mudah dalam penyimpanan, transportasi, penanaman dan dalam memproduksinya tidak tergantung dari musim (Hoque *et al* 1996). Menurut Wattimena *et al* (1992), pembentukan umbi mikro secara *in vitro* mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan metoda konvensional adalah

- a. bahan tanaman yang dibutuhkan lebih sedikit,
- b. lingkungan tumbuh aseptik dan terkendali,
- c. kecepatan perbanyakan lebih tinggi,
- d. membutuhkan tepat/ruang yang relatif kecil untuk menghasilkan jumlah benih relatif besar,
- e. dapat diproduksi sepanjang tahun dan tidak tergantung dari musim.

Armini *et al* (1992) dalam Kusumaningrum (2007) menyatakan bahwa mikrotuber adalah umbi kecil dengan bobot basah 50-150 mg/umbi yang dihasilkan secara *in vitro* (aseptik). Wattimena (1992) dalam Kusumaningrum (2007) juga menyatakan bahwa kriteria mikrotuber berkualitas baik adalah mikrotuber dengan bobot basah lebih dari 100 mg per umbi dan atau berdiameter 5-10 mm serta mempunyai bahan kering lebih dari 14%. Menurut Wattimena (1986) dalam Kusumaningrum (2007) mikrotuber dapat tumbuh secara langsung dari ketiak tunas eksplan dan secara tidak langsung pada ketiak atau terminal tunas baru, sedangkan Appeldoorn (1999) dalam Kusumaningrum (2007) menyatakan bahwa mikrotuber dapat diinisiasi dari sub apikal stolon, tunas meristem, tunas apikal dan atau tunas aksilar. Mikrotuber biasanya hasil dari *microcuttings* dimana pertumbuhannya dirangsang oleh nutrisi, kondisi tertentu, baik internal maupun eksternal. Kondisi internal adalah zat pengatur tumbuh dan

alokasi produk metabolisme karbohidrat, sedangkan kondisi eksternal meliputi fotoperiode, suhu, kelembaban dan nutrisi.

Keberhasilan pembentukan umbi mikro secara *in vitro* pada awalnya tergantung pada kemampuan memproduksi umbi secara konvensional dan terbentuknya umbi mikro ini dimulai dari membengkaknya ujung stolon yang tumbuh dari ketiak daun. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan umbi mikro yaitu temperatur, waktu penyinaran atau fotoperiode, konsentrasi sumber karbohidrat, zat pengatur tumbuh yang dipergunakan dan kandungan nitrogen pada media tumbuh (Wang dan Hu 1982).

### **c. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan mikrotuber**

Penambahan media cair berupa sukrosa pada satu media kultur *in vitro* ini memiliki keuntungan karena pada media cair memperluas bidang penyerapan pada eksplan. Pada media cair, eksplan harus selalu digoyang dengan *shaker* agar aerasinya terjaga atau dalam kondisi aerobik

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan umbi mikro yaitu temperatur, waktu penyinaran atau fotoperiode, konsentrasi sumber karbohidrat, zat pengatur tumbuh yang dipergunakan dan kandungan nitrogen pada media tumbuh (Wang dan Hu 1982).

#### **a. Kandungan Media**

Dalam medium kultur jaringan, nitrogen diperoleh dari nitrat, garam ammonium, dan asam amino. Nitrat adalah sumber N yang baik karena diserap kemudian dimetabolismekan oleh sel. Nitrat juga berfungsi dalam morfogenesis dan pertumbuhan vegetatif.

Pada awal perkembangan daun, aktifitas meristem daun menyebabkan terjadinya perpanjangan daun. Perpanjangan daun berikutnya terjadi sebagai akibat aktifitas meristem interkalar. Pelebaran daun (bifacial/dorsoventral) terjadi bila meristem tepi daun aktif melakukan pembelahan sel. Bila aktifitas meristem tepi tersebut terbatas hanya pada daerah-daerah tertentu saja, maka akan terbentuk daun yang berbagi menyirip atau majemuk menyirip. Jadi, pada dasarnya bentuk daun sangat tergantung dari perkembangannya, terutama pembelahan dan

pembesaran sel. Selain itu, adanya kematian sel pada daerah-daerah tertentu selama perkembangan daun berlangsung juga dapat menentukan bentuk akhir dari suatu daun. Perkembangan daun seperti inilah yang merupakan dasar bagi terbentuknya basal daun, ujung daun, tepi daun, dan bentuk geometri daun yang berbeda

Medium juga merupakan salah satu faktor yang penting dalam kultur jaringan. Media tumbuh dalam kultur jaringan harus dapat memenuhi kebutuhan eksplan. Media merupakan salah satu faktor yang penting dalam kultur jaringan. Media tumbuh pada sistem kultur jaringan harus dapat memenuhi kebutuhan eksplan. Dari hasil penelitian Gopal *et al* (2004) bahwa kualitas umbi mikro baik jumlah maupun beratnya sangat dipengaruhi oleh komposisi media tumbuh serta kualitas dari pertumbuhan plantlet yang akan diinduksi umbi mikro. Umumnya, media dalam kultur jaringan merupakan campuran air dan hara yang mengandung garam-garam anorganik, dan zat pengatur tumbuh. Garam-garam anorganik menyediakan unsur-unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan Na) dan unsur-unsur hara mikro (B, Co, Mn, I, Fe, Zn, dan Cu). Tanaman membutuhkan unsur hara untuk melakukan proses-proses metabolisme, terutama pada masa vegetatif. Diharapkan unsur yang terserap dapat digunakan untuk mendorong pembelahan sel dan pembentukan sel-sel baru guna membentuk organ tanaman seperti daun, batang, dan akar yang lebih baik sehingga dapat memperlancar proses fotosintesis (Rizqiani *et al* 2007)

Berbagai komposisi medium standar telah diformulasikan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman antara lain komposisi Knudson C, Heller, Nitsch dan Nitsch, Gamborg, Linsmaier dan Skoog (LS), Murashige dan Skoog serta *woody plant medium* (Lloyd dan McCown). Untuk tanaman kentang biasanya menggunakan media MS. Komposisi medium yang dikembangkan saat ini terdiri dari banyak sekali bahan kimia. Harga bahan kimia yang mahal menyebabkan harga medium menjadi mahal sehingga sulit untuk dikembangkan sebagai industri rumah tangga. Salah satu solusi untuk mengganti media MS yang relatif mahal adalah menggunakan pupuk daun

Pupuk daun adalah nutrisi tumbuh yang diberikan melalui daun dengan cara penyemprotan atau menyiramkan ke daun, yang terdiri atas unsur makro dan mikro (Sutedjo 1999). Keuntungan dari pupuk daun adalah di dalamnya terkandung unsur hara mikro. Pupuk yang digunakan adalah pupuk *Growmore* dan *Gandasil*. Pupuk daun termasuk pupuk majemuk dan terdapat unsur nitrogen (N), kalium (K), fosfat (P) yang bermanfaat untuk pertumbuhan pada tumbuhan sebagai unsur makro, golongan kedua yaitu unsur mikro antara lain Ca, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, B.

*Growmore* adalah pupuk daun lengkap dalam bentuk kristal berwarna biru, memiliki kandungan nitrogen 10 %, mudah larut dalam air. Dapat diserap dengan mudah oleh tanaman baik itu melalui penyemprotan daun maupun disiram ke dalam tanah, mengandung hara lengkap dengan konsentrasi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan untuk pupuk *Gandasil D* memiliki unsur berupa nitrogen 20%, fosfor 15%, kalium 15%, magnesium 1%.

Tabel 1 Kandungan pupuk *Growmore*, *Gandasil D*

Media	Unsur Hara Makro	Kadar %	Unsur Hara Mikro	Kadar %
Pupuk <i>Growmore</i> Daun	N (Nitrogen)	10	B	0,02
	P ( $P_2O_5$ )	15	Cu	0,05
	K ( $K_2O$ )	10	Fe	0,1
			Mn	0,05
			Mo	0,0005
			Zn	0,05
Pupuk <i>Gandasil D</i>	N (Nitrogen)	20	Mn, B, Co, Cu, Zn	Tidak
	P ( $P_2O_5$ )	55		diketahui
	K ( $K_2O$ )	15		

Penggunaan media *Hyponex* dengan penambahan 6-BAP 8,88 $\mu$ l dapat dimanfaatkan untuk multiplikasi kultur jaringan alokasia. Berdasarkan penelitian Khasanah (2011) merk dan konsentrasi pupuk daun berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun, luas daun, jumlah planlet anggrek serta pada pupuk *Hyponex* dengan konsentrasi 2 g/l berpengaruh pada pertumbuhan planlet.

## **b. Konsentrasi karbohidrat**

Karbohidrat yang diperlukan untuk proses pembentukan umbi mikro bersumber dari penambahan sukrosa, gula pasir atau sumber karbohidrat lainnya kedalam media tumbuh. Proses fotosintesis akan menghasilkan karbohidrat, terutama glukosa. Diantara berbagai karbohidrat yang penting yang dapat dibentuk oleh tumbuhan dari glukosa adalah selulosa, sukrosa dan pati/amilum. Amilum didalam tumbuhan banyak tersimpan dalam akar, umbi ataupun biji-bijian. Butir-butir amilum itu sebenarnya semula terdapat di dalam kloroplas daun sebagai hasil fotosintesis. Menurut Loveless (1994) pada kebanyakan tumbuhan dikotil juga monokotil, pati mulai terkumpul pada daun segera setelah terjadi proses fotosintesis yang berjalan cepat, sehingga pada tanaman dikotil mempunyai daun pati sedangkan daum monokotil mempunyai daun gula.

Menurut Hopkins (1995) amilum terdiri dari campuran amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polisakarida berantai lurus bagian dari butir-butir pati yang terdiri atas molekul-molekul glukosa -1,4-glikosidik. Amilosa merupakan bagian dari pati yang larut dalam air, dan bereaksi dengan Iod (I) menghasilkan perubahan warna kompleks merah ungu. Warna ini ditimbulkan oleh ikatan lemah diantara molekul pati/amilum dan Iodin. Amilopektin merupakan polisakarida bercabang bagian dari pati, terdiri atas molekul-molekul glukosa yang terikat satu sama lain melalui ikatan 1,4-glikosidik dengan percabangan melalui ikatan 1,6-glikosidik pada setiap 20-25 unit molekul glukosa. Amilopektin merupakan bagian dari pati yang tidak larut dalam air (Loveless 1994). Adanya amilum pada daun sebagai hasil fotosintesis dapat diuji keberadaannya. Adanya pati/amilum dalam daun lebih mudah dideteksi daripada adanya gula, sehingga tumbuhan berdaun

Hopkins (1995), menyatakan bahwa pembentukan karbohidrat terjadi pada tempat dimana cahaya menyinari bagian yang hijau karena bagian tersebut mengandung klorofil. Pembentukan pati terjadi melalui suatu proses yang melibatkan sumbangan berulang unit glukosa dari gula nukleotida serupa dengan UDPG yang disebut adenosin difosfoglukosa (ADPG). Pembentukan ADPG berlangsung dengan menggunakan ATP dan glukosa 1-p.

Amilum disusun di dalam kloroplas dan juga di dalam leukoplas sebagai tempat untuk menyimpan. Penyusunan amilum memerlukan bahan berupa glukosa-1-pospat serta bantuan enzim berupa posporilase amilum. Molekul glukosa-1-pospat dapat digandeng-gandengkan dengan pertolongan posporilase ini. Pada penggandengan itu terlepaslah molekul pospat (Salisbury dan Ross, 1995)

Menurut Salisbury dan Ross (1995) pembentukan pati atau amilum terjadi terutama melalui satu proses yang melibatkan sumbangan berulang unit glukosa dari gula nukleotida serupa dengan UDPG yang disebut adenosin difosfoglukosa (ADPG). Pembentukan ADPG berlangsung dengan menggunakan ATP dan glukosa 1-fosfat di kloroplas dan plastid lainnya. Reaksi berikut merangkum pembentukan pati dari ADPG :

$$\text{ADP} + \text{amilosa kecil (unit } n\text{-glukosa)} \rightarrow \text{amilosa (lebih besar dengan unit } n+1\text{glukosa)} + \text{ADP.}$$

Menurut Lakitan (2000) karbohidrat yang terbentuk pada tumbuhan dalam bentuk pati atau amilum. Pembentukan amilum pada umumnya berlangsung melalui proses yang sama secara berulang-ulang dengan menggunakan glukosa dari gula nukleosida yang disebut sebagai Adenosin Difosfat (ADPG). ADPG adalah produk dari reaksi defosforilasi hidrolisis ATP pada ATPase dengan penambahan molekul glukosa. Pembentukan ADPG berlangsung dalam kloroplas atau plastida lainnya menggunakan ATP dan glukosa-1-p :

$$(n\text{-glukosa) amilosa} \rightarrow (n+1 \text{ glukosa) amilosa ADPG} \rightarrow \text{ADP}$$

Pembentukan pati terjadi melalui suatu proses yang melibatkan sumbangan berulang unit glukosa dari gula nukleotida serupa dengan UDPG yang disebut adenosin difosfoglukosa, ADPG. Pembentukan ADPG berlangsung dengan menggunakan ATP dan glukosa-1-fosfat di kloroplas dan plastid. Molekul amilosa yang sedang tumbuh dengan unit glukosa yang mempunyai gugus reaksi C-4 pada ujungnya, bergabung dengan C-1 glukosa yang ditambahkan dari ADPG. Pati sintetase, yang mengkatalisis reaksi tersebut diaktifkan oleh K<sup>+</sup>. Cabang pada amilopektin antara C-6 pada rantai utama dan C-1 pada rantai

cabang dibentuk oleh berbagai isoenzim dari beberapa enzim yang secara ringkas disebut enzim percabangan.

Tingkat cahaya yang tinggi dan siang hari yang panjang, menguntungkan fotosintesis dan translokasi karbohidrat. Sehingga menyebabkan penimbunan satu atau lebih butir pati di kloroplas dan penyimpanan pati di amiloplas. Pembentukan pati di kloroplas diuntungkan oleh cahaya terang, sebab enzim yang membentuk ADPG secara alosetrik diaktifkan oleh 3-PGA dan dihambat secara alosetrik Pi (Preiss). Kandungan 3-PGA agak meningkat saat terang sewaktu penambahan CO<sub>2</sub> terjadi, tapi kandungan Pi agak turun karena ditambah ADP untuk membentuk ATP selama fosforilasi fotosintesis (Salisbury & Ross 1995).

Induksi umbi mikro setiap jaringan plantlet dapat digunakan sebagai eksplan dan bila diinduksi dengan tepat mempunyai kapasitas untuk memproduksi umbi mikro. Sumber karbohidrat pada penelitian kali ini adalah sukrosa, karena untuk pengumbian kentang di lapang, karbohidrat yang akan diakumulasikan ke dalam umbi merupakan hasil fotosintesis pada kondisi intensitas cahaya yang tinggi. Intensitas cahaya yang tinggi seperti dilapang tidak dapat diterapkan pada ruangan kultur. Dengan demikian sumber karbohidrat yang diterima berasal dari penambahan sukrosa.

Sukrosa merupakan sumber energi dalam media kultur jaringan, karena umumnya pada bagian tanaman atau eksplan yang dikulturkan tidak autotrof dan mempunyai laju fotosintesis sangat rendah (Yusnita 2003). Konsentrasi sukrosa yang sering digunakan berkisar 1-5% (10-15 g/l).

#### **d. Fisiologi pembentukan mikrotuber**

Pembentukan umbi mikro mempunyai empat tahap yaitu : induksi dan pertumbuhan awal stolon, pertumbuhan stolon (percabangan dan pembentukan cabang), berhentinya pertumbuhan meujur dan induksi serta pertumbuhan awal umbi yang menghasilkan pertumbuhan melebar pada ujung stolon membentuk umbi (Dobranszki *et al.*2008). Menurut Ivana *et al* (1997) bahwa pada inisiasi pengumbian diperlukan penekanan pertumbuhan vegetatif atau pengaturan stolon

Salah satu pembentukan mikrotuber kentang dipengaruhi oleh hormon. Diantara hormon-hormon pertumbuhan yang telah diketahui auksin tidak aktif



pada pembentukan umbi sedangkan giberelin menghambat pembentukan umbi dan mendukung pemanjangan stolon (Alberto 2005). Terbentuknya umbi mikro sangat dipengaruhi oleh varietas, di mana varietas/kultivar yang mudah berumbi akan mudah pula membentuk umbi mikro (Slimmon *et al* 1989). Sedangkan menurut Wattimena (1992) etilen menyebabkan peningkatan pertumbuhan radial dan menurunkan pemanjangan ujung sel-sel stolon dengan demikian juga pada jaringan yang lain. Konsentrasi rendah sitokinin merangsang pembentukan zat tepung pada umbi, tetapi tidak diketahui apakah sitokinin endogen secara normal mengontrol proses tersebut.

Menurut penelitian Imani *et al.* (2010) tentang pengaruh konsentrasi BAP terhadap induksi mikrotuber menyebutkan bahwa konsentrasi BAP 15 g/l yang ditambah sukrosa 60 g/l menghasilkan mikrotuber sebanyak 4 dengan ukuran 0,44 cm. Mikrotuber biasanya berdiameter antara 2-10 mm. Mikrotuber ketika ditanam ditanah akan memproduksi umbi mini dengan diameter 5-25 mm (Ahloowalia 1994)

#### 1. Gula

Pembentukan mikrotuber sangat dipengaruhi oleh konsentrasi sukrosa. Menurut Wang dan Hu (1982) konsentrasi untuk pengumbian kentang secara *in vitro* harus lebih tinggi dari konsentrasi yang digunakan. Dengan demikian karbohidrat yang dibutuhkan untuk pengumbian *in vitro* disediakan dari penambahan sukrosa di dalam media

Konsentrasi sukrosa yang tinggi digunakan sebagai sumber karbon yang bagus dalam mempermudah proses asimilasi dan merubah zat amilum dalam pertumbuhan mikrotuber (Khuri dan Moorby 1995). Menurut Kanwal *et al.* (2006) melaporkan bahwa pada medium MS dengan 8% sukrosa menghasilkan mikrotuber pada periode minimum yaitu 29-30 hari dan menghasilkan 5-6 mikrotuber per kultur serta rata-rata berat mikrotuber mencapai 0,115 gram. Selain itu Kanwal juga menambahkan pada medium MS yang mengandung sukrosa 3 dan 4% tidak ditemui umbi.

## 2. Air kelapa

Salah satu bagian dari hara makro dan mikro adalah ZPT. Dalam penelitian ini air kelapa merupakan alternatif pengganti ZPT karena mengandung sitokinin. Sitokinin berperan penting dalam pembelahan sel dan diferensiasi sel serta bermanfaat juga untuk pertumbuhan pucuk tanaman (Warisno 1998). Menurut Bey (2006) konsentrasi 200 ml/l air kelapa dapat mempercepat pembentukan *protocorm like body* (plb) *Phalaenopsis amabilis* BL.

Pupuk daun yang diberi penambahan air kelapa 30% menghasilkan planlet lebih tinggi, jumlah daun, jumlah tunas, dan jumlah akar cenderung meningkat dan warna daun semakin hijau. Menurut Setiawan (2006) perlakuan air kelapa dengan konsentrasi 20% adalah konsentrasi terbaik untuk polyembrio pecah dan perlakuan air kelapa dengan konsentrasi 15% memiliki jumlah embrio terbanyak. Menurut Maltatula (2003) penambahan air kelapa sebanyak 5% sampai 25% dapat memperbaiki perumbuhan tunas

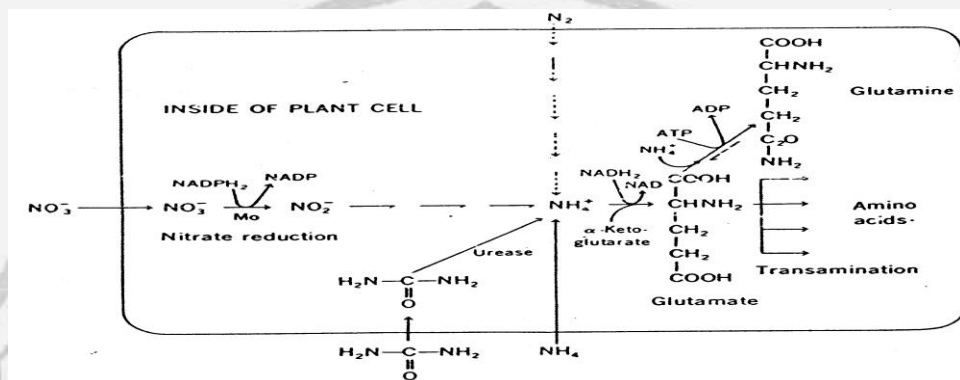
## 3. Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur penting bagi pertumbuhan tanaman terutama pada fase vegetatif. Pada fase tersebut terjadi tiga proses penting, yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel dan tahap pertama diferensiasi sel yang berhubungan dengan perkembangan akar, daun dan batang. Fungsi nitrogen dalam tanaman adalah sebagai komponen molekul klorofil, unsur protein, asam amino, komponen enzim, berpengaruh terhadap penggunaan karbohidrat dan merangsang penyerapan nutrisi yang lain (Tisdale *et al* 1985, diacu dalam Aristian 2010 ).

Pupuk daun mengandung unsur nitrogen dan mempunyai sifat larut dalam air. Menurut (Salisbury dan Ros 1995) tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk senyawa  $NO_3^-$  dan  $NH_4^+$ , dan bahan organik seperti asam amino dan sebagai urea.

Beberapa tumbuhan ketika tersedia ion ammonia dan tidak akan mengambil anion atau kation secara bersamaan tetapi tergantung pada pH. Jika larutan bersifat basa, tumbuhan akan menyerap, menghilangkan  $H^+$  dengan mengganti yang lebih rendah pH nya dengan membentuk asam nitrit ( $HNO_2$ ) dengan nitrat dibelakangnya. Sebaliknya, jika pHnya asam, tumbuhan akan menyerap (asimilasi

$\text{NO}_3^-$  terlihat pada Gambar 1). menghilangkan  $\text{OH}^-$  dengan mengganti pH yang lebih tinggi dengan membentuk amonium hidroksida ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Tumbuhan yang masih muda cenderung menyerap secara khusus  $\text{NH}_4^+$ , sedangkan tumbuhan yang sudah dewasa menyerap  $\text{NO}_3^-$  (Salisbury dan Ross 1995). Sedangkan asimilasi nitrogen terlihat pada skema di bawah ini:



Gambar 1 Proses penyerapan nitrogen pada tanaman (anonim 2005)

Berdasarkan skema diatas nitrat direduksi menjadi ammonium oleh serangkaian tahapan reaksi dengan melibatkan molybdenum sebagai komponen esensial.  $\text{NH}_4^+$  direduksi oleh  $\alpha$ -ketoglutarat menjadi glutamate, selanjutnya oleh amidasi diubah menjadi glutamine. Salah satu cadangan makanan bagi tanaman adalah asam amino dan amida. Asam amino merupakan komponen penyusun protein, protein berperan dalam pembentukan sel-sel baru, merangsang pembentukan jaringan atau organ lain sehingga mengakibatkan bertambahnya ukuran dan jumlah sel.

Selanjutnya adalah pengubahan ammonium menjadi bahan organik. Dalam tanaman ammonium selanjutnya diubah menjadi asam amino melalui proses asimilasi ammonium. Amonium dengan cepat diubah menjadi gugus amida dari glutamin. Perubahan dan reaksi-reaksi yang membentuk asam glutamate, asam aspartat, dan asparagin terlihat dalam Gambar 1.

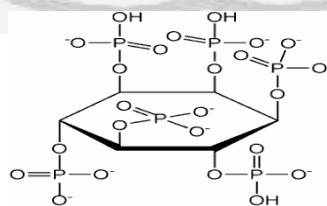
Glutamin dibentuk dengan menambahkan satu gugus  $\text{NH}_2$  ke gugus karboksil terjauh dari karbon alfa dari asam glutamate. Akibatnya terbentuk ikatan amida. Enzim yang diperlukan adalah glutamine sintase. Reaksi ini digerakkan

oleh ATP menjadi ADP dan  $iP$ . Pada reaksi 2 glutamat sintase memindahkan gugus amida dari glutamine ke karbon karbonil dari asam alfa ketoglutarat, menghasilkan dua molekul asam glutamate. Glutamine dapat membentuk asparagin, reaksi ini memerlukan enzim asparagin sintetase, dan digerakkan oleh hidrolisis ATP menjadi AMP dan  $P_iP$  (reaksi 3). Nitrogen dalam aspartat dapat berasal dari glutamate, tetapi keempat karbonnya asam oksaloasetat dibentuk dari fosforefenol piruvat (PEP) dan  $HCO_3^-$  dengan bantuan PEP karboksilase.

Pemberian nitrogen yang berlebihan pada kentang menyebabkan pembentukan umbi akan berhenti dan dilanjutkan dengan pertumbuhan stolon (Jackson 1999). Media MS yang menghasilkan nitrat tinggi dapat menghasilkan berat tunas maksimum pada varietas Shilbilaty yaitu sebesar 104,25 mg (Rahman *et al* 2011). Konsentrasi nitrogen yang tinggi juga dapat menyebabkan rendahnya berat mikrotuber. Hal ini dapat dilihat pada penelitian sebelumnya bahwa konsentrasi nitrogen 90 mM/I menghasilkan berat 24,5 mg per tabung dibandingkan dengan nitrogen 60 mM/I yang mempunyai berat 145,75 mg (Yasmin *et al* 2011).

#### 4. Fosfor

Fosfor berfungsi dalam pembelahan sel, perkembangan akar, membantu mempercepat kematangan tanaman dengan mengurangi kelebihan penggunaan N. Unsur P selalu diserap tanaman sebagai  $H_2PO_4^-$  dan  $HPO_4^{2-}$ , dan disintesis untuk asam nukleat didalam inti sel. Sallisbury dan Ross (1995) menyatakan Ion  $HPO_4^{2-}$  diserap pada laju penyerapan yang hampir 10 kali lebih cepat daripada laju penyerapan ion  $H_2PO_4^-$ . Penyerapan ion fosfat tahap pertama diubah menjadi “*phytic acid*”.



Gambar 2 phytic acid (Anonim 2005)

Kemudian ion fosfat diubah menjadi fosfatida. Penyerapan ion fosfat mengakibatkan terjadinya asam nuklein, sedangkan penyusun asam nuklein adalah gula, basa, dan fosfat. Gula yang penting adalah ribose dan deoksiribosa, ribose terdapat pada RNA sedangkan deoksiribosa pada DNA. Fosfor organik dalam jumlah kecil berbentuk fitrat, lebih dari 40% bergabung dengan pati umbi kentang. Fitrat mempunyai peranan penting dalam pengumbian kentang (Rosmarkam & Yuwono 2002).

#### 5. Kalium

Kalium merupakan satu-satunya kation monovalen yang esensial bagi tanaman. Kalium berperan sebagai aktivator enzim, translokasi hasil asimilasi dan pembentukan protein serta tepung (karbohidrat). Kalium dalam jumlah yang cukup akan menjamin ketegaran tanaman dan merangsang pertumbuhan akar. Kalium cenderung meniadakan pengaruh buruk nitrogen serta dapat mempengaruhi kematangan yang dipercepat oleh fosfor (Soepardi 1983, diacu dalam Aristian 2010).

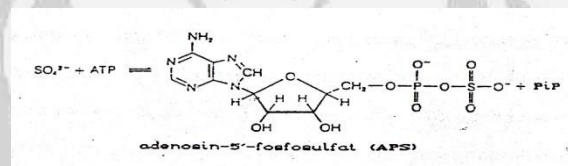
Irawati (2003) cara kerja hidrasi K kebalikan dengan Ca, K bekerja menggelembungkan sedangkan Ca menyusutkan. Pemupukan K pada tanah padat dapat meningkatkan berat akar dan menambah luas permukaan akar. Apabila kekurangan K, banyak proses yang tidak berjalan dengan baik, misalnya menurunnya kadar pati dan akumulasi kadar nitrogen dalam tanaman (Rosmarkam & Yuwono 2002). Medium yang mengandung kalium 40 mM dapat meningkatkan massa mikrotuber (Naik dan Sarkar 1998)

#### 6. Belerang atau sulfur

Belerang atau sulfur dibutuhkan tanaman dalam pembentukan asam amino sistin, sistein dan metionin. Disamping itu belerang atau sulfur merupakan bagian dari biotin, tiamin, ko-enzim A dan glutathionin. Diperkirakan 90% belerang atau sulfur dalam tanaman ditemukan dalam bentuk asam amino, yang salah satu fungsi utamanya adalah penyusun protein yaitu dalam pembentukan ikatan disulfida antara rantai-rantai peptida (Tisdale *et al* 1990, diacu dalam Aristian 2010). Belerang merupakan bagian (*constituent*) dari hasil metabolisme senyawa-senyawa kompleks. Belerang juga berfungsi sebagai aktivator, kofaktor

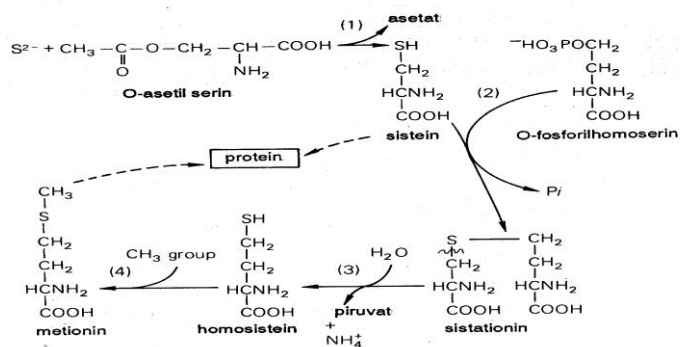
atau regulator enzim dan berperan dalam proses fisiologi tanaman. Selain fungsi yang dikemukakan di atas, peranan belerang dalam pertumbuhan dan metabolisme tanaman diantaranya: merupakan bagian penting dari ferodoksin, suatu kompleks Fe dan belerang yang terdapat dalam kloroplas dan terlibat dalam reaksi oksidoreduksi dengan transfer elektron serta dalam reduksi nitrat dalam proses fotosintesis.

Dalam semua sel tahap pertama asimilasi  $SO_4^{2-}$  adalah reaksi  $SO_4^{2-}$  dengan ATP menghasilkan adenosine-5'-fosfosulfat (APS) dan pirofosfat (PiP). PiP segera dihidrolisis dapat balik menjadi dua iP oleh enzim pirofosfatase, kemudian iP dapat digunakan dalam mitokondria atau kloroplas untuk regenerasi ATP. Adapun reaksi terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Reaksi reduksi sulfat (Salisbury 1995)

Sedangkan reaksi perubahan sulfid menjadi sistein dan metionin terlihat pada Gambar 3. Pertama penggantian gugus asetat di O-asetil serin dengan sulfide dikatalisi oleh sistein sintatase. Reaksi kedua pelepasan fosfat menjadi O-fosforilhomoserin dan menggabungkan atom belerang disistein ke gugus  $CH_2$  dikatalisis oleh enzim sistationin sintatase. Reaksi berikutnya dikatalisi oleh enzim sistationase menghidrolisis sistationin antara S dan karbon, selanjutnya piruvat dan  $NH_4^+$  dilepas. Homosistein diubah menjadi metionin sintetase menjadi metionin dengan menerima gugus metal pada reaksi 4.



Gambar 4 Reaksi perubahan sulfid menjadi sistein dan metionin (Salisbury 1995)

## 7. Kalsium (Ca)

Kalsium (Ca) diserap dalam bentuk ion  $Ca^{+2}$ , kalsium dibutuhkan pada saat pembentukan dinding primitif, Ca mempengaruhi hidrasi pada system misel air yaitu pada benang-benang makro molekul protein misel, dengan berpengaruhnya Ca pada hidrasi dengan sendirinya resorpsi terhadap nutrisi terpengaruhi. Daun-daun muda selain berkeriput mengalami perubahan warna, pada ujung dan tepi-tepinya klorosis (berubah menjadi kuning) dan warna ini menjalar di antara tulang-tulang daun, jaringan-jaringan daun pada beberapa tempat mati

Konsentrasi kalsium 10 mM dapat meningkatkan jumlah mikrotuber 19% pada varietas Russet Burbank, serta meningkatkan berat mikrotuber 20% pada varietas Binjete (Arvin *et al* 2005).

## 8. Magnesium

Magnesium (Mg) diserap tanaman dalam bentuk ion  $Mg^{+2}$ , kemudian ion tersebut diserap menjadi klorofil. Magnesium adalah aktivator yang berperan dalam transportasi energi beberapa enzim di dalam tanaman. Unsur ini sangat dominan keberadaannya di daun, terutama untuk ketersediaan klorofil. Jadi kecukupan magnesium sangat diperlukan untuk memperlancar proses fotosintesis. Unsur itu juga merupakan komponen inti pembentukan klorofil dan enzim di berbagai proses sintesis protein.

## 9. Besi

Besi (Fe) diserap tanaman dalam bentuk ion  $Fe^{+2}$ . Fe esensial bagi sintesa sel, bakteri tertentu mempunyai kemampuan dalam mengoksidasi garam-garam besi menjadi senyawa besi. Besi merupakan bagian dari sisi katalisis banyak enzim yang melakukan reaksi reduksi-oksidasi, ferro atau ferrit merupakan bagian dari heamin, dari sitokrom yang terdapat pada semua sel. Besi ditemukan dalam bentuk flavoprotein dan ferrodoksin.

Dalam tanaman, Fe berfungsi sebagai penyusun klorofil, protein, enzim, dan berperan dalam perkembangan kloroplas. Sitokrom adalah salah satu enzim yang mengandung Fe porfirin. Fungsi lain Fe ialah sebagai pelaksana pemindahan elektron dalam proses metabolisme. Proses tersebut misalnya reduksi  $N_2$ , reduktase sulfat, reduktase nitrat. Apabila tanaman mengalami kekurangan Fe, maka pembentukan klorofil bisa terhambat. Hal ini bisa berakibat penyusunan protein menjadi tidak sempurna. Selain itu, defisiensi Fe juga bisa menyebabkan kenaikan kadar asam amino pada daun dan penurunan jumlah ribosom secara drastis

## 10. Boron (B) dan Molybdenum (Mo)

Boron memiliki kaitan erat dengan proses pembentukan, pembelahan dan diferensiasi, dan pembagian tugas sel. Hal ini terkait dengan perannya dalam sintesis RNA, bahan dasar pembentukan sel. Boron diangkut dari akar ke tajuk tanaman melalui pembuluh xilem. Molybdenum diserap dalam bentuk ion molybdate ( $MoO_4^{-2}$ ). Molybdenum bertugas sebagai pembawa elektron untuk mengubah nitrat menjadi enzim. Unsur ini juga berperan dalam fiksasi nitrogen. Bila kandungan Mo pada tanaman terlalu tinggi, bisa mengakibatkan keracunan (toksis) pada tanaman itu sendiri, bahkan juga berbahaya bagi hewan yang memakannya.

## 11. Mangan (Mn) dan Klor (Cl)

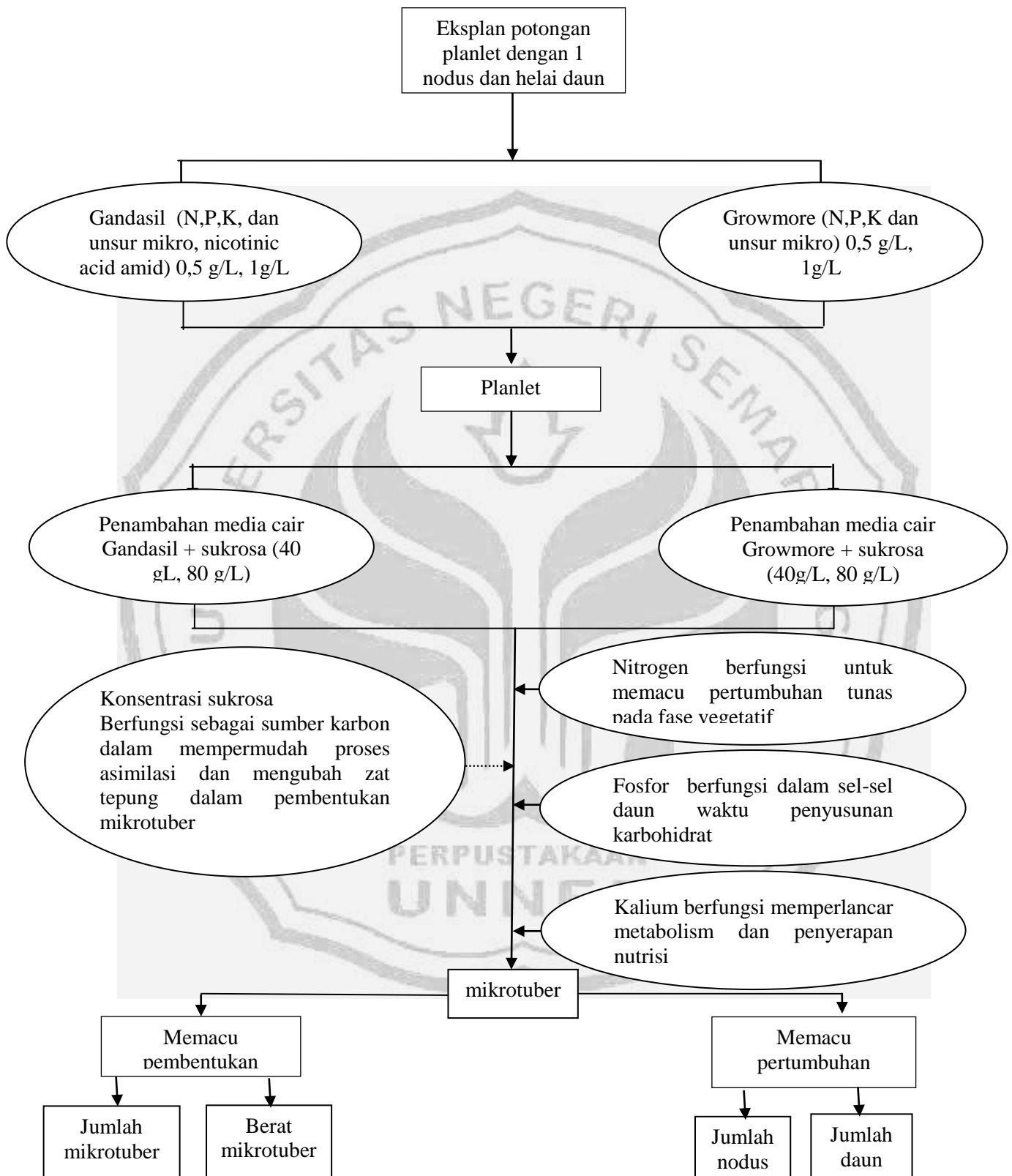
Mangan diserap tanaman dalam bentuk ion  $Mn^{+2}$ , Mn berperan dalam kemampuan katalisis dalam tanaman atau merupakan enzim aktivator dalam siklus krebs. Defisiensi Mangan Jaringan-jaringan pada bagian daun yang klorosis



mati sehingga praktis bagian-bagian tersebut mati, mengering, ada kalanya yang terus mengeriput dan ada pula yang jatuh sehingga daun tampak menggerigi. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, terutama pada tanaman sayuran tomat, seledri, kentang dan lain-lain, begitu juga pada tanaman

Klor diserap dalam bentuk  $Cl^{-2}$ , Cl dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang kecil. Klor berfungsi sebagai pemindah hara tanaman, meningkatkan osmose sel, mencegah kehilangan air yang tidak seimbang, dan memperbaiki penyerapan ion lain. Selain itu juga berperan dalam fotosistem II dari proses fotosintesis.





Gambar 5 Kerangka berpikir

## B. Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas maka dapat diambil hipotesis yaitu:

1. Merk dan konsentrasi pupuk serta konsentrasi sukrosa dalam media cair berpengaruh terhadap pertumbuhan mikrotuber kentang.
2. Interaksi dari faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan mikrotuber kentang.
3. Diantara interaksi yang berpengaruh, terdapat interaksi faktor yang paling optimal dalam pembentukan mikrotuber kentang.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada bulan April sampai Agustus 2012.

#### **B. Variabel Penelitian**

##### 1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: merk pupuk, konsentrasi pupuk, konsentrasi sukrosa.

##### 2. Variabel tergantung

Variabel tergantung dalam penelitian ini berupa pertumbuhan plantlet dan mikrotuber dengan parameter penambahan nodus, penambahan daun jumlah mikrotuber, berat mikrotuber.

##### 3. Variabel kendali

Variabel yang dikendalikan pengaruhnya adalah: suhu ruang tanam dan ruang inkubasi 24-26<sup>0</sup>C, cahaya 1000 lux atau setara dengan 1 lampu TL 40 Watt, penambahn air kelapa 100 ml/l.

#### **C. Rancangan Penelitian**

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari tiga faktor, Faktor pertama merk pupuk, faktor kedua konsentrasi pupuk dan faktor ketiga konsentrasi penambahan sukrosa. Masing-masing faktor terdiri dari dua taraf. Penentuan konsentrasi pupuk dan konsentrasi ini berdasarkan penelitian Sarwoko (2012) menyatakan induksi mikrotuber kentang optimal pada konsentrasi pupuk 0,5 g/L dan konsentrasi sukrosa 60 g/L. Menurut Wang dan Hu (1982) konsentrasi untuk pengumbian kentang harus lebih tinggi daripada konsentrasi yang digunakan, sehingga dilakukan variasi sebagai berikut:

1. Merek pupuk : Growmore dan Gandasil.
2. Konsentrasi pupuk : 0,5 g/l dan 1 g/l

## 3. Konsentrasi sukrosa: 40 g/l dan 80 g/l

Tabel 2 Kombinasi perlakuan

Perlakuan media pupuk	Konsentrasi pupuk (g/l)	Konsentrasi gula	
		G1	G2
J1	K1	J1K1G1	J1K1G2
	K2	J1K2G1	J1K2G2
J2	K1	J2K1G1	J2K1G2
	K2	J2K2G1	J2K2G2

## Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l  
 G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l  
 G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dengan 9 ulangan. Jumlah ulangan menurut (Zulkarnaen 2009) ditentukan menggunakan rumus:

$$(P-1) \times U \geq 15$$

Keterangan:

P: perlakuan

U: ulangan

Dari kombinasi perlakuan pada percobaan ini didapatkan 2(merek pupuk) x 2 (konsentrasi pupuk) x 2 (konsentrasi sukrosa) = 8 kombinasi perlakuan. Unit perlakuan berupa 1 botol yang ditanam 3 eksplan dengan 9 kali seri pengulangan, sehingga mendapatkan 72 unit perlakuan. Denah percobaan sebagai berikut

J2K2G1 (2)	J2K2G2 (2)	J2K1G1 (3)	J2K1G2 (3)	J1K2G2 (2)	J1K2G1 (2)
J1K1G1 (6)	J1K2G2 (7)	J1K1G1 (8)	J1K2G2 (9)	J2K2G1 (1)	J2K2G2 (3)
J1K2G1 (7)	J1K1G1 (7)	J1K2G2 (8)	J1K1G2 (8)	J1K2G1 (3)	J2K1G2 (2)
J2K1G2 (9)	J2K1G1 (9)	J2K1G2 (8)	J2K1G1 (7)	J1K1G2 (3)	J1K1G2 (3)
J2K1G1 (4)	J1K1G2 (5)	J1K1G2 (4)	J2K1G2 (4)	J2K1G1 (2)	J1K2G2 (3)
J1K2G2 (5)	J1K2G1 (5)	J1K1G2 (6)	J1K1G2 (6)	J2K2G2 (1)	J2K2G1 (3)
J2K2G1 (4)	J2K2G2 (6)	J2K1G1 (5)	J1K2G2 (6)	J2K1G2 (1)	J1K1G1 (3)
J1K2G1 (6)	J2K1G2 (5)	J2K2G2 (4)	J2K2G1 (6)	J1K1G1 (1)	J1K2G2 (4)
J2K2G1 (5)	J2K2G2 (5)	J2K1G1 (6)	J2K1G2 (6)	J1K2G2 (9)	J1K2G1 (1)
J1K1G2 (7)	J2K2G1 (8)	J1K2G1 (8)	J2K2G2 (9)	J1K1G1 (9)	J1K1G1 (1)
J2K2G1 (7)	J1K1G2 (9)	J2K2G1 (9)	J2K1G1 (8)	J1K1G1 (2)	J1K1G1 (3)
J2K2G2 (7)	J2K1G2 (7)	J2K2G2 (8)	J1K2G1 (9)	J1K1G1 (4)	J1K1G1 (5)

Gambar 6 Denah percobaan

## Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l  
 G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l  
 G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

#### **D. Alat Dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: beker glass, pipet, pengaduk, autoklaf, LAF, botol media, kompor gas, gelas ukur, neraca Ohaus dengan tingkat ketelitian, kertas pH, plastik, karet tali gunting, kertas label, pinset

Bahan yang digunakan adalah: eksplan dari kentang var. Margahayu steril, air kelapa muda yang berwarna hijau, aquades, larutan NaOH, larutan HCl, gula pasir, agar-agar, pupuk Growmore daun, pupuk Gandasil D

#### **E. Prosedur Penelitian**

##### **1. Persiapan Media**

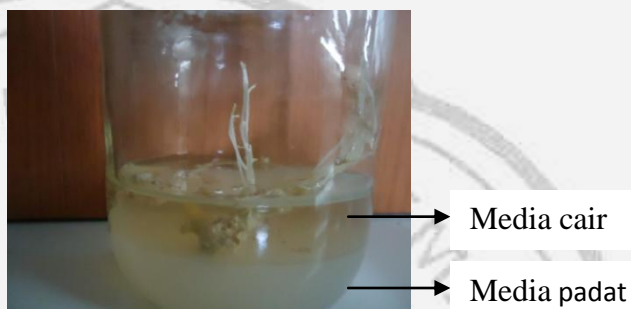
###### **a. Pembuatan Media Padat**

Alat dan bahan untuk pembuatan media gelas ukur, gelas beker, spatula, pH meter, dan kertas pH disiapkan terlebih dahulu. Pupuk dicampurkan dengan air kelapa 100 ml/l sebagai sumber hara dan substitusi ZPT, konsentrasi gula sesuai perlakuan 30g/l dimasukkan ke dalam media kemudian ditambahkan aquades hingga volume mencapai 1 liter dan mengaduknya hingga larutan tersebut menjadi homogen. Sambil mengaduk, dilakukan pengukuran pH dengan kertas pH. Bila larutan terlalu asam maka ditambahi dengan larutan NaOH 1 N dan bila terlalu basa maka ditambahi dengan larutan HCl 1 N hingga pH nya mencapai 5,8. Larutan media tersebut dipanaskan kemudian agar dimasukkan sebanyak 7-7,5 g diaduk hingga homogen. Setelah mendidih, media tersebut dituangkan ke dalam botol yang sudah steril dan sudah diberi label dengan keterangan perlakuan dan tanggal pembuatan kemudian menutup dengan plastik tahan panas dan ikat dengan karet pentil.

###### **b. Pembuatan Media Cair**

Alat dan bahan untuk pembuatan media gelas ukur, gelas beker, spatula, pH meter, dan kertas pH disiapkan terlebih dahulu. Pupuk dicampurkan dengan air kelapa 100 ml/l sebagai sumber hara dan substitusi ZPT, konsentrasi gula sesuai perlakuan 40g/l, 80g/l dimasukkan ke dalam media kemudian ditambahkan aquades hingga volume mencapai 1 liter dan diaduk hingga larutan tersebut menjadi homogen. Sambil mengaduknya, pH diukur dengan menggunakan kertas

pH. Bila larutan terlalu asam maka ditambahkan dengan larutan NaOH 1 N dan bila terlalu basa maka ditambahkan dengan larutan HCL 1 N hingga pH nya mencapai 5,8. Larutan media tersebut dipanaskan hingga mendidih, Media tersebut dituangkan kedalam botol yang sudah steril dan sudah diberi label dengan keterangan perlakuan dan tanggal pembuatan kemudian menutup dengan plastik tahan panas dan ikat dengan karet pentil.



Gambar 7 media penelitian

## 2. Sterilisasi Media

Media yang akan disterilisasi, dimasukkan kedalam *autoclave* kemudian disterilisasi pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 20 menit. Media yang telah steril diambil dan didiamkan sebentar kemudian ditaruh ke dalam ruangan kultur dan ditunggu selama 4 sampai 5 hari agar dapat diketahui media tersebut terkontaminasi atau tidak.

## 3. Penanaman Eksplan

Eksplan yang steril dipindahkan ke media perlakuan di dalam LAF, sebelumnya LAF disterilisasi dengan sinar UV, setiap botol terdiri atas 3 eksplan planlet kentang masing-masing muncul 1 nodus dan 1 daun.

## 4. Inkubasi

Inkubasi eksplan dilakukan di ruangan steril dengan suhu dan cahaya terkontrol. Dalam tahap ini eksplan yang sudah ditanam di media disimpan di rak penyimpanan dengan suhu ruang inkubasi terjaga sehingga mendukung perkembangan eksplan. Suhu yang digunakan dalam pembentukan mikrotuber secara *in vitro* adalah  $20-23^{\circ}\text{C}$  selanjutnya diberi perlakuan kondisi terang dengan cahaya lampu TL 40 watt



## 5. Penambahan media cair

Penambahan media cair dilakukan setelah eksplan mampu membentuk planlet selama 1,5 bulan. Planlet yang telah tumbuh tersebut diberikan perlakuan berupa penambahan media cair dengan konsentrasi sukrosa 40 g/l dan 80 g/l. Dalam tahap ini planlet diinkubasi pada ruangan dengan suhu 20-23<sup>0</sup>C selanjutnya diberikan pelakuan kondisi gelap atau tanpa cahaya.



Gambar 8 Proses pembentukan mikrotuber dari eksplan satu nodus dan satu helai daun, (1) sumber eksplan planlet kentang *var.* Margahayu pada media MS, (2) eksplan satu nodus dengan satu daun, (3) subkultur eksplan di media padat, (4) pertumbuhan vegetatif planlet kentang, (5) penambahan media cair dengan variasi sukrosa, (6) Mikrotuber kentang *var.* Margahayu.

## F. Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data

Data berupa pertumbuhan mikrotuber kentang, pengambilan data dihitung pada akhir penelitian setelah 2 bulan setelah ditanam dengan parameter sebagai berikut;

- a. Pertambahan nodus, dihitung pertambahan nodus pada setiap plantlet dibandingkan jumlah pada awal penanaman.
- b. Pertambahan daun, dihitung pertambahan daun pada setiap plantlet dibandingkan jumlah pada awal penanaman.
- c. Jumlah mikrotuber, dihitung semua mikrotuber pada setiap plantlet > 1 mm

- d. Berat mikrotuber, diperoleh dari penimbangan dengan kriteria diameter  $> 1$  mm

Tabel 3 Rekap pengambilan data jumlah nodus dan daun pada tiap taraf kombinasi perlakuan

Kombinasi Taraf	Parameter			
	rerata jumlah nodus	rerata jumlah daun	rerata jumlah mikrotuber	rerata berat mikrotuber
J1K1G1				
J1K1G2				
J1K2G1				
J1K2G2				
J2K1G1				
J2K1G2				
J2K2G1				
J2K2G2				

Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l  
 G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l  
 G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

Data yang sudah didapatkan dilakukan analisis menggunakan uji ANAVA tiga jalan untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Apabila pada suatu perlakuan atau kombinasi perlakuan  $F$  hitung  $> F$  tabel maka pengaruhnya signifikan, sebaliknya jika  $F$  hitung  $< F$  table maka pengaruh tidak signifikan

Tabel 4 Analisis Ragam RAL Faktorial

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Fh	Ftab 5% 1%
Perlakuan Gula					
Ulangan					
Faktor gula (A)					
Galat (a)					
Perlakuan      Konsentrasi					
Pupuk					
Faktor Konsentrasi Pupuk					
(B)					
A X B					
Galat (b)					
Perlakuan Merk Pupuk					
Faktor Merk Pupuk C					
A X B					
B X C					
A X B X C					
Galat (c)					
Umum					

#### a. Galat

Galat Baku atau standard error untuk perbedaan antara rata-rata perlakuan dihitung dengan formula berikut:

- 1) Perbandingan dua rata-rata Faktor A

$$SED = S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{3KTG}{rbc}}$$

- 2) Perbandingan dua rata-rata Faktor B

$$SED = S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{3KTG}{rac}}$$

3) Perbandingan dua rata-rata Faktor C

$$SED = S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{3KTG}{rab}}$$

4) Perbandingan interaksi dua rata-rata faktor AxBxC

$$SED = S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{3KTG}{r}}$$

#### 4. Uji BNT (Beda Nyata Terkecil)

Bila hasil Anava atau uji F signifikan dilanjutkan uji BNT yang bertujuan untuk menentukan perbedaan pengaruh antar perlakuan atau interaksi perlakuan, serta menentukan perlakuan atau interaksi yang optimal pada induksi mikrotuber kentang *varietas* Margahayu

Uji benda nyata terkecil (BNT) menurut Gomes (1995) dinyatakan dengan rumus ;

$$BNT_{\alpha} = t_{1/2\alpha; dbGalat} \sqrt{\frac{2KTGalat}{Ulangan}}$$

Bila selisih nilai dari dua perlakuan atau interaksi perlakuan lebih besar dari BNT maka keduanya dinyatakan mempunyai perbedaan pengaruh yang signifikan. Selisih nilai dari dua perlakuan atau interaksi perlakuan yang memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan interaksi perlakuan lain, maka perlakuan atau interaksi perlakuan tersebut dinyatakan paling optimal pada induksi mikrotuber kentang *varietas* Margahayu.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Pengaruh merk pupuk, konsentrasi pupuk, dan konsentrasi sukrosa terhadap pembentukan mikrotuber dengan parameter pertambahan jumlah nodus, daun, dan jumlah mikrotuber, serta berat mikrotuber beserta interaksinya disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5 Rerata pertambahan jumlah nodus, pertambahan jumlah daun, jumlah mikrotuber, dan berat mikrotuber pada berbagai kombinasi perlakuan

Parameter	Konsentrasi sukrosa	Merk Pupuk			
		Growmore		Gandasil	
		0,5	1	0,5	1
pertambahan jumlah nodus	40	13,5	8	11,8	7
	80	6,4	11,8	14,8	6,4
pertambahan jumlah daun	40	11,8	7,4	12,1	7,4
	80	7,5	10	16	6,4
jumlah mikrotuber	40	0	0	0	0
	80	0,04	0,16	0,11	0,07
berat mikrotuber (g)	40	0	0	0	0
	80	0,6	0,3	0,2	0,3

Untuk mengetahui apakah merk pupuk, konsentasi pupuk, dan konsentrasi sukrosa serta interaksi dari faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap jumlah nodus, jumlah daun, jumlah mikrotuber berat mikrotuber maka data diuji dengan anava tiga jalan. Apabila hasil uji dari suatu perlakuan signifikan, maka diuji lanjut BNT. Ringkasan hasil anava tiga jalan disajikan dalam Tabel 6, 7, 8, dan 9.

1. Pengaruh merk dan konsentrasi pupuk, serta konsentrasi sukrosa terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun, serta jumlah dan berat mikrotuber

Berdasarkan hasil penelitian, untuk mengetahui pengaruh merk dan konsentrasi pupuk, serta konsentrasi sukrosa terhadap semua parameter maka disajikan pada tabel dibawah.

Tabel 6 Ringkasan hasil anava tiga jalan untuk tiap faktor terhadap pertambahan jumlah nodus

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	325.433	7	80.71	5.117	0.820
Intercept	7220.014	1	7220.014	379.169	0.000
Merk pupuk (A)	0.125	1	0.125	0.007	0.936 <sup>ns</sup>
Konsentrasi pupuk (B)	203.347	1	203.347	10.679	0.002**
Konsentrasi sukrosa (C)	0.681	1	0.681	0.036	0.851 <sup>ns</sup>
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk (AB)	400.153	3	133.384	8.524	0.000**
Merk pupuk X Konsentrasi sukrosa (AC)	36931	3	12.31	0.573	0.635 <sup>ns</sup>
Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa (BC)	253.279	3	84.426	4.609	0.005**
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk X Konsentrasi gula (ABC)	737.653	7	105.379	8.858	0.000**
Error	1122.551	64	17.383		
Total	8719	72			
Corrected Total	1498.986	71			

Keterangan

\*\*= sangat signifikan

\* = signifikan

ns = tidak signifikan

Pada hasil uji anava tiga jalan didapatkan bahwa konsentrasi pupuk, interaksi antara merk pupuk dan konsentrasi pupuk, interaksi antara konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa, serta interaksi antara ketiga faktor tersebut berpengaruh sangat signifikan terhadap parameter pertambahan jumlah nodus..

Tabel 7 Ringkasan hasil anava tiga jalan untuk tiap faktor terhadap penambahan jumlah daun

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	368.479	7	406.91	30.471	0.080
Intercept	7001.398	1	7001.398	482.963	0.000
Merk pupuk (A)	29.389	1	29.389	2.072	0.159 <sup>ns</sup>
Konsentrasi pupuk (B)	296.056	1	296.056	20.422	0.000**
Konsentrasi sukrosa (C)	1.389	1	1.389	0.0960	0.758 <sup>ns</sup>
Merk pupuk x Konsentrasi pupuk (AB)	493.5	3	133.384	8.254	0.000**
Merk pupuk X Konsentrasi sukrosa (AC)	55.278	3	18.426	0.997	0.400 <sup>ns</sup>
Konsentrasi pupuk X konsentrasi sukrosa (AC)	286.839	3	95.613	6.338	0.001*
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa (ABC)	679.944	7	105.379	9.826	0.000**
Error	944.130	64	11.101		
Total	8314	72			
Corrected Total	1312.611	71			

Keterangan

\* \*= sangat signifikan

\* = signifikan

ns = tidak signifikan

Pada hasil uji anava tiga jalan didapatkan bahwa konsentrasi pupuk, interaksi antara merk pupuk dan konsentrasi pupuk, interaksi antara konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa, serta interaksi antara ketiga faktor tersebut berpengaruh sangat signifikan terhadap parameter penambahan jumlah daun.

Tabel 8 Ringkasan hasil anava tiga jalan untuk tiap faktor terhadap jumlah mikrotuber

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.000	7	3.313	9.44	0.876
Intercept	2.722	1	2.772	7.625	0.007
Merk (A)	0.222	1	0.222	0.625	0.433 <sup>ns</sup>
Konsentrasi (B)	0.056	1	0.056	0.156	0.694 <sup>ns</sup>
Sukrosa (C)	2.722	1	2.722	7.625	0.007**
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk (AB)	0.500	3	0.167	0.423	0.737 <sup>ns</sup>
Merk pupuk X Konsentrasi sukrosa (AC)	3.167	3	1.056	2.977	0.038*
Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa (BC)	2.951	3	0.984	2.75	0.049*
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa (ABC)	3.772	7	0.532	2.445	0.033*
Error	24.610	64	0.399		
Total	30.000	72			
Corrected Total	27.278	71			

Keterangan

\* \*\*= sangat signifikan

\* = signifikan

ns = tidak signifikan

Pada hasil uji anava tiga jalan didapatkan bahwa konsentrasi sukrosa, interaksi antara merk pupuk dan konsentrasi gula, interaksi antara konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa, serta interaksi antara ketiga faktor tersebut berpengaruh sangat signifikan terhadap parameter penambahan jumlah mikrotuber.



Tabel 9 Ringkasan hasil anava tiga jalan untuk tiap faktor terhadap berat mikrotuber

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.026	7	0.032	6.780	0.610
Intercept	0.023	1	0.023	4.775	0.032
Merk pupuk (A)	0.001	1	0.001	0.209	0.649
Konsentrasi pupuk (B)	0.002	1	0.002	0.393	0.533
Konsentrasi sukrosa (C)	0.023	1	0.023	4.775	0.032*
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk (AB)	0.012	3	0.004	0.764	0.518
Merk pupuk X Konsentrasi sukrosa (AC)	0.025	3	0.008	1.726	0.170
Konsentrasi pupuk X Konsentrasi gula (BC)	0.029	3	0.01	2.028	0.118
Merk pupuk X Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa (ABC)	0.046	7	0.007	2.370	0.042*
Error	0.328	64	0.005		
Total	0.378	72			
Corrected Total	0.375	71			

Keterangan

\* \*= sangat signifikan

\* = signifikan

ns = tidak signifikan

Pada hasil uji anava tiga jalan didapatkan bahwa konsentrasi gula dan interaksi antara ketiga faktor tersebut berpengaruh sangat signifikan terhadap parameter berat mikrotuber.

## 2. Uji lanjut merk dan konsentrasi pupuk, serta konsentrasi sukrosa terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun, serta jumlah dan berat mikrotuber

Berdasarkan hasil penelitian untuk pengaruh tiap faktor terhadap semua parameter didapatkan konsentrasi pupuk 1 g/l optimal untuk parameter pertambahan jumlah nodus dan daun, sedangkan parameter jumlah dan berat mikrotuber optimal pada konsentrasi sukrosa 80 g/l

Berdasarkan hasil uji anava diatas, maka semua interaksi yang optimal terhadap parameter tertentu dilakukan uji lanjut BNT yang tersaji pada Tabel 10, 11, 12, 13, 14, 15, dan 16.

Tabel 10 Hasil uji lanjut BNT interaksi antara merk pupuk dan konsentrasi pupuk terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun

Perlakuan Merk pupuk X Konsentrasi pupuk	Rerata pertambahan jumlah nodus	Rerata pertambahan jumlah daun
Gandasil dan 0,5g/L	13,38 <sup>a</sup>	14,05 <sup>a</sup>
Growmore dan 0,5g/L	10 <sup>b</sup>	9,72 <sup>b</sup>
Growmore dan 1g/L	9,94 <sup>bc</sup>	8,72 <sup>bc</sup>
Gandasil dan 1g/L	6,72 <sup>c</sup>	6,94 <sup>c</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi a

Tabel 10 menunjukkan hasil uji BNT interaksi merk pupuk dan konsentrasi pupuk terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun. Berdasarkan tabel diatas pertambahan jumlah nodus dan daun optimal pada interaksi antara merk pupuk Gandasil dengan konsentrasi 0,5 g/l.

Tabel 11 Hasil uji lanjut BNT antara interaksi merk pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap jumlah mikrotuber

Perlakuan Merk pupuk X Konsentrasi gula	Rerata jumlah mikrotuber
Growmore dan 80g/L	0,5 <sup>a</sup>
Gandasil dan 80g/L	0,27 <sup>ab</sup>
Growmore dan 40g/L	0 <sup>b</sup>
Gandasil dan 40g/L	0 <sup>bc</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi a

Dari hasil uji lanjut BNT untuk interaksi antara merk pupuk dengan konsentrasi sukrosa pada parameter jumlah mikrotuber diperoleh hasil bahwa pada kombinasi merk pupuk Growmore dan Gandasil dengan konsentrasi sukrosa 80 g/L optimal terhadap parameter jumlah mikrotuber. Hal ini dapat dibuktikan pada Tabel 11 .

Tabel 12 Hasil uji lanjut BNT interaksi antara konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap pertambahan jumlah daun dan nodus

Perlakuan Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa	Rerata pertambahan jumlah nodus	Rerata pertambahan jumlah daun
0,5g/L dan 40g/L	12,72 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
0,5g/L dan 80g/L	10,66 <sup>b</sup>	11,77 <sup>b</sup>
1g/L dan 80g/L	9,6 <sup>bc</sup>	8,22 <sup>bc</sup>
1g/L dan 40g/L	7,5 <sup>c</sup>	7,44 <sup>c</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi a

Dari hasil uji lanjut BNT terhadap parameter pertambahan jumlah nodus didapatkan bahwa kombinasi pupuk dengan konsentrasi 0,5g/L dengan konsentrasi sukrosa 40 g/L memacu pertumbuhan nodus dan daun optimal. Hal ini didasarkan pada Tabel 12 yang merupakan tabel uji lanjut untuk kombinasi perlakuan yang optimal pada parameter tersebut

Tabel 13 Hasil uji lanjut BNT interaksi antara konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap jumlah mikrotuber

Perlakuan Konsentrasi pupuk X Konsentrasi sukrosa	Rerata jumlah mikrotuber
0,5g/L dan 40g/L	0,44 <sup>a</sup>
0,5g/L dan 80g/L	0,33 <sup>ab</sup>
1g/L dan 80g/L	0 <sup>b</sup>
1g/L dan 40g/L	0 <sup>bc</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi a

Dari hasil uji BNT untuk parameter jumlah mikrotuber diperoleh hasil bahwa kombinasi konsentrasi pupuk 0,5 g/L dan gula 40 g/l, 80 g/L optimal dalam memacu munculnya mikrotuber. Asumsi diambil berdasarkan Tabel 13 yang menunjukkan nilai rerata tertinggi.

Tabel 14 Hasil uji lanjut BNT interaksi tiga faktor terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun

Perlakuan Merk X Konsentrasi X Gula	Rerata pertambahan jumlah nodus	Rerata pertambahan jumlah daun
Gandasil 0,5 g/L dan 80 g/L	14,8 <sup>a</sup>	16,0 <sup>a</sup>
Gandasil 0,5 g/L dan 40 g/L	13,5 <sup>b</sup>	12,1 <sup>b</sup>
Growmore 0,5 g/L dan 40 g/L	11,8 <sup>bc</sup>	11,8 <sup>bc</sup>
Growmore 1 g/L dan 80 g/L	11,8 <sup>c</sup>	10,0 <sup>c</sup>
Growmore 0,5 g/L dan 80 g/L	8,0 <sup>cd</sup>	7,5 <sup>cd</sup>
Growmore 1 g/L dan 40 g/L	7,0 <sup>d</sup>	7,4 <sup>d</sup>
Gandasil 1 g/L dan 40 g/L	6,62 <sup>d</sup>	7,4 <sup>de</sup>
Gandasil 1 g/L dan 80 g/L	6,4 <sup>e</sup>	6,4 <sup>e</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi

Dari hasil uji lanjut BNT interaksi perlakuan ketiga faktor tersebut maka dapat disimpulkan bahwa interaksi optimal terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun adalah interaksi antara merk pupuk berupa Gandasil D dengan konsentrasi 0,5 g/L, dan dilakukan penambahan sukrosa dengan konsentrasi 80 g/L.

Tabel 15 uji lanjut BNT interaksi tiga faktor terhadap jumlah mikrotuber

Perlakuan Merk X Konsentrasi X Gula	Rerata jumlah mikrotuber
Growmore 0,5 g/L dan 80 g/L	0,60 <sup>a</sup>
Growmore 1 g/L dan 80 g/L	0,33 <sup>b</sup>
Gandasil 1 g/L dan 80 g/L	0,33 <sup>b</sup>
Gandasil 0,5 g/L dan 80 g/L	0,22 <sup>bc</sup>
Growmore 0,5 g/L dan 40 g/L	0 <sup>c</sup>
Growmore 1 g/L dan 40 g/L	0 <sup>cd</sup>
Gandasil 0,5 g/L dan 40 g/L	0 <sup>d</sup>
Gandasil 1 g/L dan 40 g/L	0 <sup>de</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi

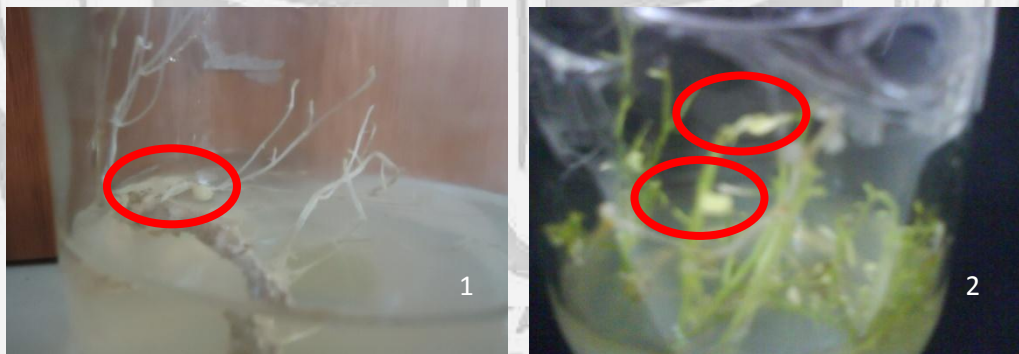
Dari hasil uji lanjut BNT interaksi perlakuan ketiga faktor tersebut maka dapat disimpulkan bahwa interaksi optimal yang terjadi pada perlakuan merk pupuk berupa Growmore dengan konsentrasi 0,5 g/L, dan dilakukan penambahan sukrosa dengan konsentrasi 80 g/L.

Tabel 16 Hasil uji lanjut BNT interaksi tiga faktor terhadap berat mikrotuber

Perlakuan Merk X Konsentrasi X Gula	Rerata
Gandasil 1 g/L dan 80 g/L	0,070 <sup>a</sup>
Growmore 0,5 g/L dan 80 g/L	0,040 <sup>b</sup>
Gandasil 0,5 g/L dan 40 g/L	0,016 <sup>b</sup>
Gandasil 0,5 g/L dan 80 g/L	0,011 <sup>b</sup>
Growmore 0,5 g/L dan 40 g/L	0 <sup>bc</sup>
Growmore 1 g/L dan 40 g/L	0 <sup>c</sup>
Gandasil 0,5 g/L dan 40 g/L	0 <sup>cd</sup>
Gandasil 1 g/L dan 40 g/L	0 <sup>d</sup>

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama, berbeda signifikan pada uji BNT 0,05. Hasil paling optimal ditunjukkan dengan angka tertinggi yang diikuti dengan notasi

Untuk uji lanjut BNT interaksi ketiga faktor terhadap berat mikrotuber maka dapat diambil keputusan bahwa interaksi antara merk pupuk Gandasil konsentrasi 1 g/L, dengan penambahan konsentrasi sukrosa 80 g/L optimal terhadap parameter berat mikrotuber meskipun jumlah mikrotuber yang terbentuk hanya sedikit.



Gambar 9 Mikrotuber pada planlet kentang *varietas* Margahayu, (1) Planlet kentang *varietas* Margahayu Gandasil 1 g/L + sukrosa 80 g/L, (2) Growmore 0,5 g/L + sukrosa 80 g/L, (Gambar yang dilingkari adalah mikrotuber)

## B. Pembahasan

### 1. Pertambahan jumlah nodus dan daun

#### a. Pengaruh konsentrasi pupuk terhadap pertambahan jumlah nodus

Konsentrasi pupuk berpengaruh terhadap pertambahan jumlah nodus. Hal ini dapat dilihat dari ringkasan hitung anava tiga jalur dihasilkan nilai sig  $0,02 < 0,05$ . Hal ini berarti dalam penelitian ini untuk konsentrasi merk pupuk

berpengaruh sangat signifikan terhadap petambahan jumlah nodus dan daun sedangkan untuk merk pupuk dan konsentrasi sukrosa tidak berpengaruh.

Konsentrasi pupuk berpengaruh dalam pembentukan jumlah nodus dikarenakan dalam pembentukan nodus diperlukan membutuhkan unsur hara makro dan mikro. Variabel merk pupuk dalam penelitian ini tidak mempengaruhi pertambahan jumlah nodus karena untuk kedua merk dalam penelitian ini dianggap memiliki unsur hara makro dan mikro yang relatif sama, sehingga dalam penelitian ini yang mempengaruhi hanyalah perbedaan konsentrasi yang mempengaruhi pertambahan jumlah nodus.

Konsentrasi pupuk 1 g/L adalah konsentrasi yang optimal untuk pertambahan jumlah nodus. Faktor utama yang menyebabkan pertambahan jumlah nodus adalah perbedaan konsentrasi kadar N. Nitrogen berperan penting dalam morfogenesis (pertumbuhan akar dan tunas). Kandungan nitrogen pada pupuk Growmore adalah 10 % sedangkan pada pupuk Gandasil D 20%.

Perbedaan kandungan tersebut yang diduga memacu pertambahan jumlah nodus dalam penelitian ini, meskipun kandungan N dalam media pupuk tersebut lebih kecil dibandingkan dengan kandungan pada media MS. Hal ini menyebabkan perbedaan konsentrasi pupuk mempunyai peranan besar dalam pertambahan jumlah nodus, sehingga semakin tinggi konsentrasi pupuk yang diberikan maka semakin cepat pula pertambahan jumlah nodus. Jika tanaman kekurangan unsur N, maka tanaman terlihat kerdil dan pembentukan klorofil menurun sehingga daun tampak berwarna kuning atau klorosis (Batchelor 1981). Menurut Yusnita (2003) umumnya total nitrogen yang digunakan sedikit lebih besar untuk kultur tunas dibandingkan kultur kalus dan sel.

#### b. Pengaruh konsentrasi pupuk terhadap pertambahan jumlah daun

Dari hasil uji anava diambil asumsi bahwa terdapat beda yang nyata konsentrasi pupuk terhadap parameter pertambahan jumlah nodus, sehingga asumsi yang diambil adalah konsentrasi pupuk mempengaruhi pertambahan jumlah daun berdasarkan nilai sig.  $0,00 < 0,05$ .

Konsentrasi pupuk dalam hal ini sangat berpengaruh pada variabel pertambahan jumlah nodus dikarenakan perbedaan konsentrasi pupuk dalam suatu

media tanam akan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan tunas. Menurut Karjadi dan Bukori, (2007), semakin banyak tunas yang terbentuk, maka tunas atau nodus yang terbentuk juga akan semakin banyak

Pada penelitian ini didapatkan pertambahan daun optimal pada konsentrasi pupuk 1 g/L. Dalam pembentukan daun faktor utama yang berperan adalah nitrogen, karena unsur N pada tanaman berfungsi dalam pembentukan daun, tunas dan akar. Dalam jaringan tumbuhan N dibentuk menjadi protein dan senyawa organik lain. Menurut penelitian Sarwoko (2011) dinyatakan konsentrasi nitrogen yang tinggi akan memacu pertumbuhan nodus dan daun, akan tetapi menghambat pembentukan mikrotuber. Pemberian pupuk Growmore dan Gandasil D dengan konsentrasi meningkat maka akan memacu semakin cepat pertambahan jumlah nodus. Hal ini dapat dilihat penelitian sebelumnya bahwa konsentrasi nitrogen 90 nM/L menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi di bawahnya (Yasmin *et al* 2011)

Dalam medium kultur jaringan, nitrogen diperoleh dari nitrat, garam ammonium, dan asam amino. Nitrat adalah sumber N yang baik karena diserap kemudian dimetabolismekan oleh sel. Nitrat merupakan unsur penting dalam pertumbuhan tanaman. Nitrogen merupakan unsur penting bagi pertumbuhan tanaman terutama pada fase vegetatif. Pada fase tersebut terjadi tiga proses penting, yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel dan tahap pertama diferensiasi sel yang berhubungan dengan perkembangan akar, daun dan batang.



Gambar 10 Planlet kentang dengan konsentrasi pupuk 1 g/L

- c. Pengaruh interaksi merk pupuk dengan konsentrasi pupuk terhadap parameter pertambahan jumlah nodus dan jumlah daun

Berdasarkan dari ringkasan uji anava yang terdapat pada Tabel 6 diketahui bahwa interaksi antara merk pupuk dengan konsentrasi pupuk berpengaruh signifikan terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun, sehingga interaksi antara merk pupuk dan konsentrasi pupuk berpengaruh terhadap pertambahan jumlah nodus dan pertambahan jumlah daun.

Interaksi merk dan konsentrasi pupuk sangat mempengaruhi kecepatan pertambahan jumlah nodus. Berdasarkan tabel kemasan kedua merk pupuk tersebut memiliki kandungan unsur mikro dan konsentrasi yang berbeda. Hal ini dapat memacu perbedaan yang sangat signifikan terhadap kecepatan pertumbuhan nodus dan daun. Berdasarkan hasil uji lanjut BNT didapatkan hasil bahwa pupuk Gandasil D dengan konsentrasi 0,5 g/L memunculkan kondisi yang optimal terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun. Menurut Sarwoko (2012) interaksi antara merk dan konsentrasi pupuk mempengaruhi kecepatan pertumbuhan tunas, pertumbuhan tunas optimal pada interaksi antara merk pupuk Gandasil D dengan konsentrasi 2 g/L

Pupuk Gandasil dengan konsentrasi 0,5 g/L dinilai lebih optimal untuk pertambahan jumlah nodus dan daun hal ini dikarenakan kandungan unsur N lebih tinggi sebesar 20% dibandingkan dengan kandungan unsur N yang terdapat pada pupuk Growmore yaitu 10%. Menurut Jackson (1999) pemberian nitrogen yang berlebihan pada kentang menyebabkan pembentukan umbi akan berhenti dan dilanjutkan dengan stolon. Penggunaan pupuk nitrogen yang tinggi menekan tingkat inisiasi umbi (Ewing 1987). Pada tabel kemasan pupuk Gandasil D memiliki unsur mikro Mn yang tidak terdapat pada kemasan pupuk Growmore.

Tanaman yang kekurangan unsur Mn akan mengalami klorosis dan mati. Kenampakan tanaman yang kekurangan unsur Mn juga akan kerdil terutama untuk tanaman sayur-sayuran. Gandasil D dengan konsentrasi 1 g/L kurang optimal untuk pertambahan jumlah nodus dan daun dikarenakan unsur makro dan mikro yang terdapat dalam pupuk Gandasil D sudah cukup tinggi, apabila diberikan perlakuan dengan konsentrasi tinggi akan berperan antagonis terhadap



eksplan sehingga dapat menyebabkan kematian eksplan itu sendiri atau dapat menghambat pertumbuhan

d. Pengaruh interaksi konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap parameter pertambahan jumlah nodus dan jumlah daun

Berdasarkan ringkasan hasil anava yang terdapat dalam Tabel 6 menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa berpengaruh signifikan pada parameter pertambahan jumlah nodus dan daun. Asumsi yang diambil adalah interaksi konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap pertambahan nodus dan daun. Pengaruh tersebut ditimbulkan dari perbedaan konsentrasi pupuk serta konsentrasi sukrosa.

Konsentrasi pupuk yang tinggi akan terus memacu pertumbuhan vegetatif berupa pemanjangan nodus serta memungkinkan memunculkan daun yang terus menerus. Konsentrasi sukrosa sangat berpengaruh karena, apabila konsentrasi sukrosa tinggi maka akan mensintesis amilum dan memacu pertumbuhan mikrotuber.

Berdasarkan hasil uji lanjut BNT untuk parameter jumlah nodus dan parameter jumlah daun konsentrasi pupuk 0,5 g/L dan konsentrasi sukrosa 40 g/L optimal terhadap pertambahan jumlah nodus dan daun.

Interaksi konsentrasi pupuk 0,5 g/L dengan konsentrasi sukrosa 40 g/L optimal dikarenakan, konsentrasi pupuk 0,5 g/L dengan merk pupuk adalah kondisi yang tepat untuk planlet kentang. Pupuk yang digunakan dalam penelitian ini mengandung unsur hara makro dan unsur hara mikro sebagai pengganti media MS yang umum digunakan. Kelebihan unsur mikro dalam dalam tumbuhan menyebabkan tumbuhan mengalami keracunan atau metaboliseme tidak berjalan optimal.

Unsur mikro dalam tumbuhan berfungsi sebagai aktivator enzim dalam metabolisme tumbuhan. Konsentrasi 40 g/L optimal karena penumpukan sukrosa dalam jaringan tumbuhan kentang akan diubah menjadi amilum dan disimpan sebagai cadangan makanan dalam bentuk mikrotuber, sehingga apabila konsentrasi sukrosa terlalu tinggi akan menyebabkan terhambatnya pemanjangan meristem apikal dan membentuk mikrotuber.

Menurut Dahlia (2010) pertumbuhan tunas apikal berlawanan dengan pertumbuhan tunas lateral. Air kelapa dalam media yang merupakan sebagai pengganti ZPT sitokinin pada penelitian ini yang bertugas untuk menghambat dominansi apikal, sehingga pertumbuhan tunas apikal. Konsentrasi sukrosa yang rendah tidak akan memacu pertumbuhan mikrotuber pada stolon, sehingga bila terjadi penghambatan pertumbuhan tunas apikal maka tidak akan membentuk mikrotuber.

e. Pengaruh interaksi merk pupuk, konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap parameter jumlah nodus dan daun

Ringkasan uji anava pada Tabel 6 menunjukkan bahwa interaksi merk pupuk, konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap penambahan jumlah nodus dan daun. Hal tersebut disebabkan perbedaan unsur hara mikro yang terdapat pada kedua merk pupuk tersebut salah satunya unsur B pada merk pupuk Growmore. Boron memiliki kaitan erat dengan proses pembentukan, pembelahan dan diferensiasi, dan pembagian tugas sel. Hal ini terkait dengan perannya dalam sintesis RNA, bahan dasar pembentukan sel. Boron diangkut dari akar ke tajuk tanaman melalui pembuluh xylem. Konsentrasi pupuk sendiri mempengaruhi kandungan unsur tersebut dalam media tanam *in vitro*. Kekurangan unsur B sendiri berpengaruh pada titik tumbuh (tunas atau akar) berhenti, klorosis daun, daun termuda mati, ruas memendek

Hasil uji lanjut BNT menunjukkan interaksi optimal terhadap penambahan jumlah nodus dan daun adalah perlakuan dengan merk pupuk Gandasil D, konsentrasi 0,5 g/L, serta penambahan sukrosa dengan konsentrasi 80 g/L,

Pupuk Gandasil D memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk Growmore. Kandungan unsur makro dan mikro yang tinggi inilah merangsang sel akan terus berdiferensiasi sehingga memacu cepatnya penambahan jumlah nodus dan daun. Sebagai contoh unsur N merupakan salah satu unsur esensial yang berperan sebagai pemanjangan nodus dan daun pada fase vegetatif dalam pertumbuhan tanaman kentang. Konsentrasi 0,5 g/L adalah konsentrasi yang optimal terhadap peubah penambahan jumlah nodus dan daun.

Kandungan unsur hara mikro yang tinggi dalam pupuk Gandasil D dapat menyebabkan terganggunya metabolisme tanaman kentang apabila di berikan dalam konsentrasi yang tinggi. Kelebihan unsur hara mikro dalam suatu tanaman akan mengganggu sistem metabolisme pada tanaman dan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan pada tanaman, sehingga pada konsentrasi 1 g/L menghambat pertumbuhan. Konsentrasi sukrosa yang optimal terhadap interaksi perlakuan tersebut adalah 80 g/L. Menurut Pada pupuk Gandasil D memiliki kandungan unsur hara mikro dan makro yang cukup tinggi oleh karena itu diperlukan konsentrasi sukrosa yang tinggi pula.

Tanaman kentang dalam kultur *in vitro* belum mampu melakukan fotosintesis oleh karena itu untuk menguraikan dan mentransportasikan unsur hara makro dan mikro yang tinggi dalam kandungan pupuk Gandasil diperlukan energi yang tinggi. Energi tanaman kentang dalam kultur *in vitro* diperoleh dari penambahan sukrosa, sehingga konsentrasi sukrosa yang tinggi akan menghasilkan energi yang lebih besar dan memacu cepatnya pertumbuhan jumlah nodus dan daun

2. Induksi mikrotuber dengan parameter jumlah mikrotuber dan berat mikrotuber
  - a. Pengaruh konsentrasi sukrosa terhadap pembentukan mikrotuber

Berdasarkan hasil uji lanjut konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah mikrotuber. Hal ini dapat dilihat dari ringkasan hitung anava tiga jalur yang menghasilkan nilai signifikansi 0,32. Hal ini berarti dalam penelitian ini untuk konsentrasi sukrosa berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan jumlah mikrotuber sedangkan untuk merk pupuk dan konsentrasi pupuk tidak berpengaruh.

Konsentrasi sukrosa sangat berpengaruh dalam pembentukan mikrotuber hal ini disebabkan karena akumulasi sukrosa yang terdapat dalam jaringan tanaman kentang akan ditransformasikan ke stolon dan merupakan tahapan awal pembentukan mikrotuber. Perbedaan konsentrasi sukrosa sangat mempengaruhi jumlah mikrotuber yang terbentuk (Nikmah *et al* 2012).

Pada penelitian ini konsentrasi yang optimal untuk pembentukan mikrotuber adalah 80 g/L, hal ini disebabkan pada pembentukan mikrotuber

diinduksi oleh konsentrasi sukrosa yang tinggi. Menurut Wang dan Hu (1982) konsentrasi sukrosa untuk pengumbian kentang secara *in vitro* harus lebih tinggi dari konsentrasi sukrosa yang umum digunakan. Konsentrasi sukrosa berpengaruh dalam pembentukan mikrotuber karena karbohidrat yang akan diakumulasikan ke dalam umbi berasal dari perlakuan yang diberikan berupa konsentrasi sukrosa 40g/L dan 80 g/L, sedangkan pada kondisi normal dihasilkan melalui proses fotosintesis. Semakin tinggi konsentrasi sukrosa yang diberikan ke dalam media kultur *in vitro* kentang maka akan memacu pertumbuhan mikrotuber kentang semakin cepat. Secara visual terlihat bahwa peningkatan konsentrasi gula akan meningkatkan jumlah dan kualitas umbi mikro varietas Granola (Karjadi *et al* 2007).

Menurut Donnelly *et al* (2003) gula sangat diperlukan dalam *in vitro* sebagai sumber energi atau sebagai agen osmotik dan pada konsentrasi tinggi dapat merangsang pembentukan mikrotuber

b. Pengaruh konsentrasi sukrosa terhadap parameter berat mikrotuber

Berdasarkan uji BNT konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap berat mikrotuber. Asumsi ini diambil berdasarkan nilai sig.  $0,032 < 0,05$ . Hal ini dapat berarti bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara konsentrasi sukrosa terhadap parameter berat mikrotuber sedangkan untuk kombinasi merk pupuk dan konsentrasi pupuk tidak berpengaruh terhadap berat mikrotuber.

Perbedaan konsentrasi sukrosa sangat mempengaruhi berat mikrotuber karena mikrotuber sendiri merupakan cadangan makanan pada tanaman kentang *in vitro*. Umumnya umbi terbentuk akibat kebutuhan energi yang bersumber dari sukrosa telah melampaui laju fotosintesis, sehingga kelebihan sukrosa akan merangsang sintesis amilum dan membentuk mikrotuber. Peningkatan sukrosa mendorong terbentuknya umbi secara *in vitro* pada kentang (Zakaria 2010).

Dalam penelitian ini konsentrasi 80 g/l adalah konsentrasi yang optimal untuk meningkatkan berat mikrotuber. Konsentrasi sukrosa sangat berperan dalam memacu pertumbuhan mikrotuber serta berat mikrotuber. Menurut Ewing dan Struik (1992) induksi mikrotuber sebagian besar diakibatkan oleh konsentrasi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Irmani *et al* (2010) tentang pengaruh BAP dan sukrosa terhadap induksi mikrotuber kentang menyebutkan bahwa konsentrasi BAP 15 g/L yang ditambah sukrosa 60 g/L dapat menghasilkan jumlah mikrotuber sebanyak 4 dengan ukuran 0,44 cm. Untuk sumber BAP dalam penelitian ini diperoleh dari air kelapa. Menurut Sarwoko (2011) semakin tinggi konsentrasi sukrosa yang diberikan terhadap induksi mikrotuber dalam media substitusi MS berupa pupuk akan memacu cepatnya pembentukan mikrotuber dan menghasilkan berat yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini menyebutkan bahwa konsentrasi sukrosa 60 g/L optimal untuk pembentukan dan berat mikrotuber. Semakin tinggi konsentrasi sukrosa yang diberikan kepada eksplan mikrotuber kentang maka diduga akan menambah berat mikrotuber kentang, tetapi dalam penelitian ini tidak dapat diketahui berapa konsentrasi yang optimal. .

c. Pengaruh interaksi merk pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap parameter jumlah mikrotuber

Berdasarkan ringkasan uji anava yang terdapat dalam tabel diatas diketahui bahwa terdapat pengaruh signifikan interaksi antara merk pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap peubah jumlah mikrotuber. Asumsi yang diambil adalah bahwa interaksi merk pupuk dengan konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap pembentukan mikrotuber.

Interaksi merk pupuk dan konsentrasi sukrosa berpengaruh pada jumlah mikrotuber karena kandungan unsur hara dari merk pupuk yang berbeda serta perbedaan kandungan sukrosa mempengaruhi kecepatan induksi mikrotuber. Menurut Srilestari (2005), pada media yang banyak mengandung sukrosa akan lebih pekat dari pada yang sedikit mengandung sukrosa. Media dengan konsentrasi pekat berarti banyak terdapat molekul-molekul, sehingga arah gerakan difusi ialah ke tempat yang kekurangan molekul atau yang berkonsentrasi rendah. Keadaan demikian menyebabkan sel-sel pada jaringan eksplan yang ditumbuhkan pada media dengan penambahan sukrosa tinggi dapat lebih cepat menerima unsur-unsur hara yang diperlukan bagi perkembangannya (Zakaria 2010).

Hasil dari uji lanjut BNT menunjukkan bahwa merk pupuk Growmore dan Gandasil D dengan konsentrasi sukrosa 80 g/L optimal terhadap pembentukan mikrotuber. Pupuk Growmore dengan konsentrasi sukrosa 80 g/L optimal untuk pembentukan mikrotuber. Hal ini disebabkan untuk pembentukan mikrotuber dibutuhkan pupuk dengan kadar N yang relatif sama. Pupuk Growmore memiliki kandungan unsur N 10%, lebih sedikit dibandingkan dengan pupuk Gandasil D yang memiliki kandungan unsur N 20%. Konsentrasi nitrogen yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikrotuber. Sukrosa berperan penting dalam pembentukan mikrotuber karena sukrosa dalam media kultur *in vitro* digunakan sumber energi karena pada kultur tumbuhan tidak mampu melakukan fotosintesis sehingga energi diperoleh dari sukrosa. Hopkins (1995) menyatakan bahwa pembentukan karbohidrat terjadi pada tempat dimana cahaya menyinari bagian yang hijau karena bagian tersebut mengandung klorofil.

Konsentrasi sukrosa 80 g/L optimal terhadap pembentukan mikrotuber kentang karena, konsentrasi yang berlebihan pada kentang akan disimpan dalam bentuk umbi. Konsentrasi sukrosa yang tinggi digunakan sebagai sumber karbon yang bagus dalam mempermudah proses asimilasi dan merubah zat amilum dalam pertumbuhan mikrotuber (Khuri dan Moorby 1995). Sukrosa yang tidak diubah menjadi energi pada kentang akan diubah menjadi amilum yang disimpan dalam bentuk mikrotuber yaitu umbi mikro yang berasal dari pembengkakkan ujung stolon yang tumbuh dari ketiak daun. Menurut Lakitan (2000) karbohidrat yang terbentuk pada tumbuhan dalam bentuk pati atau amilum

d. Pengaruh interaksi konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa terhadap parameter jumlah mikrotuber

Ringkasan uji anava menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa berbeda signifikan terhadap pembentukan mikrotuber. Hal ini berarti interaksi antara konsentrasi pupuk dengan konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap pembentukan mikrotuber. Pengaruh tersebut ditimbulkan dari perbedaan konsentrasi pupuk serta konsentrasi sukrosa. Konsentrasi pupuk yang tinggi akan terus memacu pertumbuhan vegetatif. Konsentrasi sukrosa yang tinggi dalam kandungan media yang memiliki air kelapa yang digunakan sebagai

pengganti ZPT sitokinin menghambat proses pertumbuhan tunas apikal serta memacu pertumbuhan mikrotuber. Menurut Ivana *et al* (1997) bahwa pada inisiasi pengumbian diperlukan penekanan pertumbuhan vegetatif atau pengaturan stolon.

Berdasarkan ringkasan hasil uji BNT diperoleh hasil bahwa konsentrasi pupuk 0,5 g/L dan konsentrasi sukrosa 40 g/l atau 80 g/ L optimal terhadap pembentukan mikrotuber. Konsentrasi pupuk yang dibutuhkan dalam pembentukan mikrotuber adalah konsentrasi yang rendah dalam perlakuan ini (0,5 g/L). Unsur yang berperan dalam pembentukan mikrotuber salah satunya adalah unsur N.

Kandungan unsur N yang tinggi dalam media kultur *in vitro* akan menghambat terbentuknya mikrotuber karena, sel akan terus menerus membelah sehingga tidak akan terjadi pembengkakan stolon yang memicu pertumbuhan mikrotuber Pada fase vegetatif terjadi tiga proses penting, yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel dan tahap pertama diferensiasi sel yang berhubungan dengan perkembangan akar, daun dan batang. Konsentrasi sukrosa dalam pembentukan mikrotuber diperlukan konsentrasi sukrosa yang tinggi. Konsentrasi sukrosa yang rendah hanya akan memenuhi kebutuhan energi pada tanaman kentang itu sendiri, karena sumber karbohidrat yang dibutuhkan berasal dari sukrosa karena tidak mungkin tanaman dalam botol *in vitro* melakukan fotosintesis.

Menurut Anderson dan Beardall (1991) hasil fotosintesis di daun yang umumnya dikirim ke organ lain dalam bentuk sukrosa. Untuk itu konsentrasi sukrosa yang tinggi akan merangsang tanaman kentang mengubah kelebihan sukrosanya menjadi amilum. Cadangan makanan berupa amilum akan di trasportasikan pada ujung stolon dan membentuk mikrotuber

e. Pengaruh interaksi merk pupuk, konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap parameter jumlah mikrotuber dan berat mikrotuber

Hasil uji anava interaksi ketiga faktor menunjukkan bahwa interaksi merk pupuk, konsentrasi pupuk, konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap jumlah dan berat mikrotuber.

Interaksi ketiga faktor tersebut mempengaruhi pertumbuhan dan berat mikrotuber karena proses pertumbuhan mikrotuber dalam tanaman kentang

berkaitan dengan unsur hara makro dan mikro serta kandungan sukrosa yang terdapat dalam media tanam. Menurut Sarwoko (2012) jumlah mikrotuber ditemukan optimal pada interaksi merk pupuk Growmore dengan konsentrasi 0,5 g/L dan konsentrasi gula 60 g/L. Pertumbuhan mikrotuber dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor luar dan dalam

Faktor dalam yang mempengaruhi induksi mikrotuber yaitu kandungan unsur hara terutama unsur N, kandungan sukrosa, ZPT. Fotoperiode, temperatur dinilai sebagai faktor luar yang turut mempengaruhi induksi mikrotuber (Wang dan Hu 1982).

Hasil uji lanjut BNT kombinasi perlakuan terhadap jumlah mikrotuber pada tabel diatas dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan kedua (P2) menunjukkan hasil yang paling optimal. Dalam hal ini juga dapat berarti bahwa kombinasi pupuk Growmore dengan konsentrasi 0,5 g/L, dan penambahan 80 g/L konsentrasi sukrosa adalah optimal untuk pembentukan mikrotuber.

Pupuk Growmore memiliki kandungan unsur N yang lebih sedikit dibandingkan dengan pupuk Gandasil D. Kondisi seperti ini menyebabkan pembentukan mikrotuber optimal pada pupuk tersebut. Pembentukan mikrotuber sangat dipengaruhi oleh kandungan unsur N dalam media kultur, karena dalam suatu media kultur *in vitro* kentang, kandungan unsur N yang tinggi akan menghambat pembentukan mikrotuber. Unsur N berperan pada fase vegetatif dalam pemanjangan nodus dan batang, apabila dalam media tersebut mengandung N yang tinggi maka tidak akan terjadi pembengkakan stolon karena sel-selnya terus berdiferensiasi dan polimerisasi, sehingga merk pupuk yang optimal untuk pembentukan mikrotuber adalah Growmore.

Konsentrasi pupuk Growmore yang optimal terhadap pembentukan mikrotuber adalah konsentrasi yang rendah (0,5 g/L), karena konsentrasi tinggi secara otomatis kandungan unsur N dalam media tersebut pun akan tinggi. Unsur N dalam konsentrasi yang tinggi akan mempercepat pertumbuhan jumlah nodus dan daun, tetapi menghambat pembentukan mikrotuber. Unsur mikro B diduga cukup berpengaruh dalam induksi mikrotuber. Growmore menurut tabel kemasan memiliki kandungan 0,02%, sedangkan pada pupuk Gandasil tidak memiliki



kandungan unsur tersebut. Unsur B dalam jumlah kecil berperan sebagai agen pengangkutan gula (Salisbury dan Ross 1995). Konsentrasi sukrosa 80 g/L adalah konsentrasi yang optimal terhadap pembentukan mikrotuber. Konsentrasi sukrosa yang tinggi pada kultur *in vitro* kentang akan menyebabkan tanaman kultur tersebut kelebihan sukrosa.

Tanaman dalam kultur memperoleh energi melalui penambahan sukrosa yang terdapat dalam media. Kelebihan sukrosa pada kultur *in vitro* kentang yang tidak di ubah menjadi energi akan disimpan menjadi amilum pada ujung stolon. Stolon itu kemudian akan membengkak dan membentuk mikrotuber. Menurut Dobranszki *et al* (2008) pembentukan umbi mikro mempunyai empat tahap yaitu : induksi dan pertumbuhan awal stolon, pertumbuhan stolon (percabangan dan pembentukan cabang), berhentinya pertumbuhan mebujur dan induksi serta pertumbuhan awal umbi yang menghasilkan pertumbuhan melebar pada ujung stolon membentuk umbi

Hasil uji BNT kombinasi perlakuan terhadap berat mikrotuber menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan kedelapan (P8) menunjukkan hasil yang optimal atau dapat dikatakan bahwa merk pupuk Gandasil D dengan konsentrasi 1 gr/L, dan dengan penambahan 80 g/L sukrosa terbentuk mikrotuber dengan berat yang optimal. Pengambilan keputusan ini didasarkan pada banyaknya nilai signifikansi ( $< 0,05$ ) yang terdapat dalam Tabel 23.

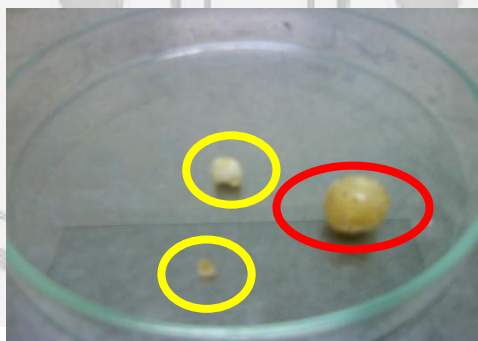
Pupuk Gandasil D memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk gandasil. Unsur K yang terdapat pada pupuk Gandasil D lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk Growmore. Kandungan kalium pada pupuk Gandasil D adalah 15% sedangkan pada Growmore hanya 10%.

Kalium berperan untuk memperlancar metabolisme dan mempengaruhi penyerapan nutrisi. Apabila tanaman kekurangan kalium akan menyebabkan terjadinya kumulasi karbohidrat, menurunnya kadar pati, dan akumulasi senyawa nitrogen dalam tanaman (Rosmarkam dan Yuwono 2002). Pada mikrotuber, Medium yang mengandung kalium 40 mM dapat meningkatkan massa mikrotuber (Naik dan Sarkar 1998). Konsentrasi yang tinggi pada pupuk

Gandasil (1 g/L) juga mempengaruhi berat mikrotuber, karena dengan meningkatnya konsentrasi pupuk menyebabkan meningkatnya kandungan unsur hara makro yang terdapat pada media kultur kentang *in vitro*. Unsur Kalsium yang tinggi juga mempengaruhi berat mikrotuber yang dihasilkan, sehingga konsentrasi 1 gr/L pupuk Gandasil dapat meningkatkan jumlah mikrotuber.

Menurut Arvin *et al* (2005) Konsentrasi kalsium 10 mM dapat meningkatkan berat mikrotuber 20% pada varietas Binjte. Konsentrasi sukrosa 80 gr/L pada pupuk Gandasil D dengan konsentrasi 1 g/L optimal terhadap peubah berat mikrotuber. Konsentrasi sukrosa yang tinggi dalam media kultur kentang *in vitro* mempengaruhi berat mikrotuber karena sukrosa yang tidak diubah menjadi energi akan diubah menjadi amilum dan ditrasportasikan ke ujung stolon dan membentuk mikrotuber. Pupuk Gandasil 1 g/L memiliki unsur hara mikro dan makro yang tinggi. Tingginya jumlah unsur hara tersebut diimbangi dengan tingginya konsentrasi sukrosa sebagai sumber energi tanaman kultur *in vitro*.

Pemberian pupuk dengan kadar Kalium tinggi dapat meningkatkan luas daun, menurunkan jumlah umbi, serta cenderung meningkatkan bobot umbi (Ani 2004). Berat mikrotuber yang tinggi akibat adanya akumulasi dari konsentrasi sukrosa yang tinggi serta kandungan kalium dan kalsium yang tinggi dalam media kultur *in vitro* kentang varietas Margahayu.



Gambar 9 Mikrotuber dengan komposisi media Growmore 0,5 g/L + sukrosa 80 g/L (kuning), mikrotuber dengan komposisi media Gandasil 1 g/L + sukrosa 80 g/L (merah)

## BAB V PENTUTUP

### A. Simpulan

Berdasarkan uraian pembahasan tersebut, dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi pupuk berpengaruh signifikan pada penambahan jumlah nodus dan daun, konsentrasi sukrosa berpengaruh signifikan pada pembentukan dan berat mikrotuber, tetapi merk pupuk tidak berpengaruh signifikan pada pertumbuhan mikrotuber kentang *varietas* Margahayu.
2. Interaksi antara merk dan konsentrasi pupuk berpengaruh signifikan pada penambahan jumlah nodus dan daun, interaksi antara merk pupuk dan konsentrasi sukrosa berpengaruh signifikan pada jumlah mikrotuber, interaksi konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa berpengaruh signifikan pada penambahan jumlah nodus, daun dan jumlah mikrotuber, Interaksi antara ketiga faktor tersebut berpengaruh signifikan pada semua parameter terhadap induksi mikrotuber kentang *varietas* Margahayu.
3. Interaksi merk pupuk Growmore dengan konsentrasi 0,5 g/L, konsentrasi sukrosa 80g/L optimal terhadap pembentukan mikrotuber, sedangkan interaksi yang optimal untuk berat mikrotuber kentang *varietas* Margahayu adalah pupuk Gandasil D dengan konsentrasi 1 g/L, konsentrasi sukrosa 80 g/L. kentang *varietas* Margahayu.

### B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk menghasilkan dalam waktu yang cepat sebaiknya menggunakan media pupuk Growmore dengan konsentrasi 0,5 g/ L dengan penambahan konsentrasi sukrosa 80 g/L, dan perlu ditambahkan faktor atau variabel yang lain berupa ZPT untuk menghasilkan mikrotuber yang lebih optimal lagi.

Berdasarkan hasil penelitian maka disarankan menggunakan media Growmore 0,5 g/L dengan penambahan sukrosa 80 g/L pada induksi mikrotuber kentang *varietas* Margahayu untuk menghasilkan mikrotuber optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahloowalia B S. 1994. Production and Performance of Potato Minutubers *Journal International Anatomic Energy Agency*, vol 3: 163-172
- Alberto J. 2000. Perbanyak Cepat Tanaman Dengan Teknik Kultur Jaringan. Bogor. On line at <http://www.scrib.com/2011/biotek-3.pdf>. [accessed 17 Juni 2012]
- Anderson J W & Beardall J. 1991. Molecular Activities of Plant Cell An Introduction to Plant Biochemistry *Oxford Journal Blackwell Scientific*: 384.
- Ani N. 2004. Pengaruh Konsentrasi Paclobutrazol dan Urea pada Stek Kentang terhadap Produksi Tuberlet Varietas Granola. *Jurnal Penelitian Pertanian* (2): 29-35.
- Aristian A K. 2010. Pertumbuhan Dan Produksi tanaman Jarak (*Jatropha curcas* L) Pada Berbagai Taraf Dosis Pemukan Nitrogen dan Kalium (*skripsi*). Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Arvin M, Habib A, Danielle J & Donnelly. 2005. Effect of Calcium Concentrations in Medium on Microtuberization of Potato (*Solanum tuberosum* L). *Iranian Journal of Biotechnology* 3 (2): 235-240
- Batchelor P S. 1981. Orchid Culture Watering. *Journal Amer Orchid Soc.* 50 (8): 945-952
- Bey Y, Syafii W & Sutrisna. 2006. Pengaruh Pemberian Giberelin (Ga<sub>3</sub>) dan Air Kelapa Terhadap Perkecambahan Biji Angrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* BI) secara *In Vitro*. *Jurnal Biogenesis* Vol 2 (2): 41-46.
- Dahlia. 2001. *Petunjuk Praktikum Fisiologi Tumbuhan*. UM Press: Malang
- Dobranzki J, Tabori K M & Hudak I. 2008. In Vitro Tuberization in Hormone Free System on Solidified Medium and Dormancy of Potato Microtubers. Hungary : *J. Agricultural Sciences and Engineering* (50) 106-110.
- Donnelly D J, Coleman W K & Coleman S E. 2003. Potato Mikrotuber Production and Performance. *American Journal Potato Research* 80: 103-115.
- Ewing E E. 1987. The Role of Hormones in Potato (*Solanum tuberosum* L) Tuberization. *American Journal Potato Research* 28: 515- 535
- Ewing E E & Struik P C. 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. In: *J. Janick (ed), Horticultural Review*. (14):89-198.

- Fatkhusna E. 2008. Efektivitas Jenis Pupuk Daun Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sirih Merak (*Piper crocatum*) (skripsi). Surakarta: UMS.
- Gomez & Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian* (edisi kedua). Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Gopal, Anjali J C & Debabrata S. 2004. In Vitro Production Of Microtubers For Conservation Of Potato Germplasm Effect of Genotype, Abscisic Acid, and Sucrose. *In Vitro Cell. Dev. J. Biol. Planta* 40: 485 - 490.
- Hopkins W B. 1995. *Introduction to Plant Physiology*. John Willey and Sons. Inc, New York
- Hoque M I, Mila N B, Khan M D S & Sarker R H. 1996. Shoot Regeneration and In Vitro Microtuber Formation in Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Bangladesh J Bot.* 25:87-93.
- Imani A A, Qhrmanzadeh R, Azimi J & Janpoor J. 2010. The Effect of Various Concentration of 6-Benzylaminopurine (BAP) and Sucrose on In Vitro Potato (*Solanum tuberosum*) Microtuber Induction. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environ. Sci*, 8 (4): 457-459.
- Ivana M, Lidiya S, Milos O, Oksana Z, Tatyana K, Josef E, Jaroslava O, Svetlana G, Yurin R & Nina A. 1997. Growth Pattern, Tuber Formation and Hormonal Balance *in vitro* Potato Plants Carrying *ipt* Gene. *Plant Growth Regulation*. J. 21 : 27-36.
- Jackson S. 1999. Multiple Signaling Pathways Control Tuber Induction in Potato. *Journal Horticulture Research International American Society of Plant Physiologist* Vol 7: 119-122.
- Kanwal A, Ali A & Shoaib K. 2006. *In Vitro* Microtuberization of Potato (*Solanum Tuberosum* L.) Cultivar Kuroda A New Variety in Pakistan. *International Journal of Agriculture & Biolgy* Vol. 8 (3): 223-229.
- Karjadi A K & Buchory. 2007. Pengaruh Konsentrasi BAP dan Sumber Karbohidrat Gula Terhadap Induksi Umbi Mikro Kentang. *Jurnal Agronomi* 6 (3): 197-205
- Khasanah U. 2011. Pemanfaatan Pupuk Daun, Air Kelapa, dan Bubur Pisang Sebagai Kombinasi Medium Kultur Jaringan Untuk Mengoptimalkan Planlet Anggrek *Dendrobium kelemense* (Skripsi). 2011. Semarang Universitas Negeri Semarang.

- Khuri S & Moorby J. 1995. Investigation into the Role of Sucrose in Potato cv. Estima Microtuber Production *in vitro*. *Jurnal Annal of Botany* 75 (3): 203-205.
- Kusumaningrum I S. 2007. Evaluasi Pertumbuhan In Vitro dan Produksi Umbi Mikro Beberapa Klon Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Hasil Persilangan Kultivar Atlantik dan Granola (*Skripsi*). Program Studi Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Lakitan B. 2000. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT Karya Grafindo Persada.
- Lingga, Pinus dan Marsono. 2007. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Loveless. 1994. *Prinsip-prinsip Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropis*: Jakarta Gramedia.
- Maltatula A J. 2003. Substitusi Media MS dengan Air Kelapa dan Gandasil –D pada Kultur Jaringan Krisan. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNPATTI Ambon. *Jurnal Euglena* 9 (4): 14-28.
- Naik P S & Sarkar D. 1998. Effect of Potassium and Ammonium Nitrate Media on *In Vitro* Growth Response of Potato (*Solanum tuberosum* L). *International Journal of Biosciences (IJB)* Vol. (1). No 2: 40-45
- Ni'mah F, Ratnasari E & Budiprama L S. 2012. Pengaruh Pemberian Berbagai Kombinasi Konsentrasi Sukrosa dan Kinetin terhadap Induksi Umbi Mikro Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Kultivar Granola Kembang secara *In-Vitro*: *Jurnal Lentera Bio*. Vol 1, No 1: 41-48
- Rahman M, Haider S, Hossain M & Islam R. 2011. Effect Of Potassium And Ammonium Nitrate Media On *In Vitro* Growth Response Of Potato (*Solanum tuberosum* L). *International Journal of Biosciences (IJB)* Vol. (2), No 2: 50-78
- Rosmarkam A & Yuwono W N. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Kanisius
- Rizqiani N F, Ambarwati E & Yuwono W N. 2007. Pengaruh Dosis Dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Buncis (*Phaseolus vulgaris* L) Dataran Rendah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* vol 7. No 1 P : 43-53.
- Salisbury F B & Ross C W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*. Bandung: ITB Press.

- Sarwoko D T. 2011. Penggunaan Pupuk Daun dengan Penambahan Konsentrasi Gula dalam Medium Kultur Untuk Memacu Pertumbuhan Tunas dan Pembentukan Mikrotuber Kentang pada Keadaan Gelap (*Skripsi*). Universitas Negeri Semarang.
- Setiawan E P. 2006. Pengaruh Konsentrasi Air Kelapa dan Caesin Hydrolysat pada Kulur Embrio Mangga (*Mangifera indica* L) dalam Media B5 Modifikasi (*Skripsi*). Malang: Universitas Muhammadiyah Malang
- Slimmon T; Machado & R. Coffins. 1989. The Effect of Light on In Uitro Microtuberization of Potato Cultivars. *Amer. Pot J.* vol 66: 182-185
- Soelarso R B. 1997. *Budidaya Kentang Bebas Penyakit*. Kanisius. Yogyakarta.
- Srilestari R. 2005. Induksi Embrio Somatik Kacang Tanah Pada Berbagai Macam Vitamin Dan Sukrosa. (*Skripsi*) Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sutarto I, Supriatna N & Yuliasti. (2003). Penggunaan Media Alternatif pada Kultur *In Vitro* Jahe (*Zingiber officinale* Rosc) Varietas Gajah. *Jurnal Agronomi* 31: 1-7.
- Sutedjo M. 1999. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Waluyo D. 2005. Studi Macam Konsentrasi Pupuk Majemuk pada Pertumbuhan Stek Mikro Kentang (*Solanum tuberosum* L) Secara *in vitro* (*Skripsi*) Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wang P & C Hu. 1982. In Vitro Mass Tuberation and Virus Free Seed Potato Production in Taiwan. *Jurnal Amer Potato.* 59: 33-37.
- Warisno. 2002. *Membidik Peluang Usaha Mudah dan Praktis membuat Nata de Coco*. Jakarta: Agromedia
- Warnita. 2007. Pertumbuhan dan Hasil Delapan Genotipe Kentang Di Sumatera Barat. *Agrosia Volume 10* (1): 200-210.
- Wattimena G A. 1992. *Bioteknologi Tanaman*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. IPB. Bogor.
- Woodland D W. 1991. *Contemporary Plant Systematics*. Prentice-Hall Inc. New York.
- Yasmin S, Ahmed N, Rashid M, Parveen S & Zeba N. 2011. Effect Of Nitrogen And Pottasium On *In Vitro* Development Of Microtuber Of Potato (*Solanum Tuberosum* L). *J. Expt. Biosci* 2 (1):107-112.

Yusnita .2003. *Kultur Jaringan Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien*  
Jakarta: Agromedia.

Zakaria, D. 2010. Pengaruh Konsentrasi Sukrosa dan BAP (Benzil Amino Purine)  
dalam Media Murashige Skoog (MS) terhadap Pertumbuhan dan  
kandungan Reserpin Kalus Pule Pandak (*Rauwolfia verticillata* Lour.)  
(*Skripsi*) Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Zulkarnain. 2009. *Kultur Jaringan Tanaman*. Jakarta: Bumi Aksara





**Lampiran I Rekap pengambilan data eksplan dengan satu nodus dan satu helaian daun terhadap merk pupuk, konsentrasi pupuk, dan konsentrasi sukrosa dengan berbagai kombinasi perlakuan**

Tabel pertambahan jumlah nodus pada tiap kombinasi perlakuan

Kombinasi taraf	Jumlah Nodus Ulangan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J1K1G1	19	16	15	15	13	7	16	14	7
J1K1G2	8	8	6	6	6	6	6	5	7
J1K2G1	7	7	5	6	8	16	9	7	7
J1K2G2	14	9	7	23	12	15	10	8	9
J2K1G1	9	10	8	18	7	13	21	12	9
J2K1G2	18	8	10	16	16	16	16	20	14
J2K2G1	8	5	8	8	7	7	7	7	8
J2K2G2	7	9	5	10	7	7	4	3	5

Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l  
 G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l  
 G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

Tabel pertambahan jumlah daun pada tiap kombinasi perlakuan

Kombinasi taraf	Jumlah daun Ulangan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J1K1G1	21	14	11	15	10	7	12	11	6
J1K1G2	10	9	7	7	8	7	4	7	9
J1K2G1	7	7	4	6	8	13	7	9	6
J1K2G2	8	9	7	14	16	13	6	9	8
J2K1G1	9	10	7	18	7	13	20	16	9
J2K1G2	18	13	12	16	16	18	17	19	15
J2K2G1	7	4	6	8	7	9	7	9	10
J2K2G2	8	8	6	9	7	8	4	3	4

Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l

- G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l  
 G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

Tabel jumlah mikrotuber pada tiap kombinasi perlakuan

Kombinasi taraf	Jumlah mikrotuber Ulangan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J1K1G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1K1G2	2	1	0	0	0	0	3	0	0
J1K2G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1K2G2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
J2K1G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2K1G2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
J2K2G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2K2G2	1	0	0	0	0	2	0	0	0

## Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l  
 G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l  
 G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

Tabel berat mikrotuber pada tiap kombinasi perlakuan

Kombinasi taraf	Berat mikrotuber Ulangan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Perlakuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
J1K1G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1K1G2	0,09	0,2	0	0	0	0	0,07	0	0
J1K2G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1K2G2	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0
J2K1G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2K1G2	0	0,02	0	0	0	0	0	0,08	0
J2K2G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2K2G2	0,52	0	0	0	0	0,16	0	0	0

## Keterangan

- J1 : Merk pupuk Growmore  
 J2 : Merk pupuk Gandasil D  
 K1 : Konsentrasi pupuk Growmore 0,5 g/l  
 K2 : Konsentrasi pupuk Gandasil D 1 g/l

G1 : Konsentrasi sukrosa 40 g/l

G2 : Konsentrasi sukrosa 80 g/l

**Lampiran II Hasil anava tiga jalan dan uji BNT pertambahan jumlah nodus dengan perhitungan SPSS 17**

Between-Sub jects Factors			
		Value Label	N
Merek Pupuk	1	Merek Growmore	36
	2	Merek Gandasil	36
Konsentrasi Pupuk	1	Kons Pupuk 0,5 g/l	36
	2	Kons Pupuk 1 g/l	36
Konsentrasi Sukrosa	1	Kons Sukrosa 40 g/l	36
	2	Kons Sukrosa 80 g/l	36

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable:Jumlah Nodus					
Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	204.153 <sup>a</sup>	3	68.051	3.574	.018
Intercept	7220.014	1	7220.014	379.169	.000
Merk	.125	1	.125	.007	.936
Konsentrasi	203.347	1	203.347	10.679	.002
Gula	.681	1	.681	.036	.851
Error	1294.833	68	19.042		
Total	8719.000	72			
Corrected Total	1498.986	71			

a. R Squared = .136 (Adjusted R Squared = .098)

**Lampiran III Hasil anava tiga jalan dan uji BNT pertambahan jumlah daun dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
Merek Pupuk	1	Merek Growmore	36
	2	Merek Gandasil	36
Konsentrasi Pupuk	1	Kons Pupuk 0,5 g/l	36
	2	Kons Pupuk 1 g/l	36
Konsentrasi Sukrosa	1	Kons Sukrosa 40 g/l	36
	2	Kons Sukrosa 80 g/l	36

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:Jumlah Daun

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	326.833 <sup>a</sup>	3	108.944	7.515	.000
Intercept	7001.389	1	7001.389	482.963	.000
Merk	29.389	1	29.389	2.027	.159
Konsentrasi	296.056	1	296.056	20.422	.000
Gula	1.389	1	1.389	.096	.758
Error	985.778	68	14.497		
Total	8314.000	72			
Corrected Total	1312.611	71			

a. R Squared = .249 (Adjusted R Squared = .216)

**Lampiran IV Hasil anava tiga jalan dan uji BNT jumlah mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
Merek Pupuk	1	Merek Growmore	36
	2	Merek Gandasil	36
Konsentrasi Pupuk	1	Kons Pupuk 0,5 g/l	36
	2	Kons Pupuk 1 g/l	36
Konsentrasi Sukrosa	1	Kons Sukrosa 40 g/l	36
	2	Kons Sukrosa 80 g/l	36

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Jumlah mikrotuber

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.000 <sup>a</sup>	3	1.000	2.801	.046
Intercept	2.722	1	2.722	7.625	.007
Merk	.222	1	.222	.622	.433
Konsentrasi	.056	1	.056	.156	.694
Gula	2.722	1	2.722	7.625	.007
Error	24.278	68	.357		
Total	30.000	72			
Corrected Total	27.278	71			

a. R Squared = .110 (Adjusted R Squared = .071)

**Lampiran V Hasil anava tiga jalan dan uji BNT berat mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
Merek Pupuk	1	Merek Growmore	36
	2	Merek Gandasil	36
Konsentrasi Pupuk	1	Kons Pupuk 0,5 g/l	36
	2	Kons Pupuk 1 g/l	36
Konsentrasi Sukrosa	1	Kons Sukrosa 40 g/l	36
	2	Kons Sukrosa 80 g/l	36

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Berat mikrotuber

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.026 <sup>a</sup>	3	.009	1.792	.157
Intercept	.023	1	.023	4.775	.032
Merk	.001	1	.001	.209	.649
Konsentrasi	.002	1	.002	.393	.533
Gula	.023	1	.023	4.775	.032
Error	.329	68	.005		
Total	.378	72			
Corrected Total	.355	71			

a. R Squared = .073 (Adjusted R Squared = .032)

**Lampiran VI Hasil anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi merk pupuk dan konsentrasi pupuk terhadap parameter jumlah nodus, jumlah daun, jumlah mikrotuber, berat mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		N
Merk Pupuk X	11	18
Konsentrasi Pupuk	12	18
	21	18
	22	18

**Multivariate Tests<sup>c</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	.899	144.637 <sup>a</sup>	4.000	65.000	.000
	Wilks' Lambda	.101	144.637 <sup>a</sup>	4.000	65.000	.000
	Hotelling's Trace	8.901	144.637 <sup>a</sup>	4.000	65.000	.000
	Roy's Largest Root	8.901	144.637 <sup>a</sup>	4.000	65.000	.000
MXK	Pillai's Trace	.524	3.548	12.000	201.000	.000
	Wilks' Lambda	.525	3.958	12.000	172.265	.000
	Hotelling's Trace	.812	4.308	12.000	191.000	.000
	Roy's Largest Root	.681	11.408 <sup>b</sup>	4.000	67.000	.000

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + MXK

## Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Jmlh nodus	400.153 <sup>a</sup>	3	133.384	8.254	.000
	Jmlh daun	493.500 <sup>b</sup>	3	164.500	13.656	.000
	Jmlh mikrotuber	.500 <sup>c</sup>	3	.167	.423	.737
	Brt mikrotuber	.012 <sup>d</sup>	3	.004	.764	.518
Intercept	Jmlh nodus	7220.014	1	7220.014	446.802	.000
	Jmlh daun	7001.389	1	7001.389	581.233	.000
	Jmlh mikrotuber	2.722	1	2.722	6.913	.011
	Brt mikrotuber	.023	1	.023	4.574	.036
MXK	Jmlh nodus	400.153	3	133.384	8.254	.000
	Jmlh daun	493.500	3	164.500	13.656	.000
	Jmlh mikrotuber	.500	3	.167	.423	.737
	Brt mikrotuber	.012	3	.004	.764	.518
Error	Jmlh nodus	1098.833	68	16.159		
	Jmlh daun	819.111	68	12.046		
	Jmlh mikrotuber	26.778	68	.394		
	Brt mikrotuber	.344	68	.005		
Total	Jmlh nodus	8719.000	72			
	Jmlh daun	8314.000	72			
	Jmlh mikrotuber	30.000	72			
	Brt mikrotuber	.378	72			
Corrected Total	Jmlh nodus	1498.986	71			
	Jmlh daun	1312.611	71			
	Jmlh mikrotuber	27.278	71			
	Brt mikrotuber	.355	71			

a. R Squared = .267 (Adjusted R Squared = .235)

b. R Squared = .376 (Adjusted R Squared = .348)

c. R Squared = .018 (Adjusted R Squared = -.025)

d. R Squared = .033 (Adjusted R Squared = -.010)



## Post Hoc Tests

### Merk Pupuk X Konsentrasi Pupuk

#### Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Merk Pupuk X Konsentrasi Pupuk	(J) Merk Pupuk X Konsentrasi Pupuk	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Jmlh nodus	11	12	0.06	1.34	0.967	-2.62	2.73
		21	-3.39*	1.34	0.014	-6.06	-0.72
		22	3.28*	1.34	0.017	0.6	5.95
	12	11	-0.06	1.34	0.967	-2.73	2.62
		21	-3.44*	1.34	0.012	-6.12	-0.77
		22	3.22*	1.34	0.019	0.55	5.9
	21	11	3.39*	1.34	0.014	0.72	6.06
		12	3.44*	1.34	0.012	0.77	6.12
		22	6.67*	1.34	0	3.99	9.34
	22	11	-3.28*	1.34	0.017	-5.95	-0.6
		12	-3.22*	1.34	0.019	-5.9	-0.55
		21	-6.67*	1.34	0	-9.34	-3.99
Jmlh daun	11	12	1	1.157	0.39	-1.31	3.31
		21	-4.33*	1.157	0	-6.64	-2.02
		22	2.78*	1.157	0.019	0.47	5.09
	12	11	-1	1.157	0.39	-3.31	1.31
		21	-5.33*	1.157	0	-7.64	-3.02
		22	1.78	1.157	0.129	-0.53	4.09
	21	11	4.33*	1.157	0	2.02	6.64
		12	5.33*	1.157	0	3.02	7.64
		22	7.11*	1.157	0	4.8	9.42
	22	11	-2.78*	1.157	0.019	-5.09	-0.47
		12	-1.78	1.157	0.129	-4.09	0.53
		21	-7.11*	1.157	0	-9.42	-4.8
Jmlh mikrotuber	11	12	0.17	0.209	0.428	-0.25	0.58
		21	0.22	0.209	0.292	-0.2	0.64
		22	0.17	0.209	0.428	-0.25	0.58
	12	11	-0.17	0.209	0.428	-0.58	0.25
		21	0.06	0.209	0.791	-0.36	0.47
		22	0	0.209	1	-0.42	0.42

## Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Merk Pupuk X Konsentrasi Pupuk	(J) Merk Pupuk X Konsentrasi Pupuk	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
	21	11	-0.22	0.209	0.292	-0.64	0.2	
		12	-0.06	0.209	0.791	-0.47	0.36	
		22	-0.06	0.209	0.791	-0.47	0.36	
	22	11	-0.17	0.209	0.428	-0.58	0.25	
		12	0	0.209	1	-0.42	0.42	
		21	0.06	0.209	0.791	-0.36	0.47	
	Brt mikrotuber	11	12	0.0117	0.02369	0.624	-0.0356	0.0589
			21	0.0144	0.02369	0.544	-0.0328	0.0617
			22	-0.0178	0.02369	0.456	-0.0651	0.0295
12		11	-0.0117	0.02369	0.624	-0.0589	0.0356	
		21	0.0028	0.02369	0.907	-0.0445	0.0501	
		22	-0.0294	0.02369	0.218	-0.0767	0.0178	
21		11	-0.0144	0.02369	0.544	-0.0617	0.0328	
		12	-0.0028	0.02369	0.907	-0.0501	0.0445	
		22	-0.0322	0.02369	0.178	-0.0795	0.0151	
22	11	0.0178	0.02369	0.456	-0.0295	0.0651		
	12	0.0294	0.02369	0.218	-0.0178	0.0767		
	21	0.0322	0.02369	0.178	-0.0151	0.0795		

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .005.

**Lampiran VII Hasil anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi merk pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap parameter jumlah nodus, jumlah daun, jumlah mikrotuber, berat mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		N
Merk Pupuk X	11	18
Konsentrasi Sukrosa	12	18
	21	18
	22	18

**Multivariate Tests<sup>c</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	0.856	96.586 <sup>a</sup>	4	65	0
	Wilks' Lambda	0.144	96.586 <sup>a</sup>	4	65	0
	Hotelling's Trace	5.944	96.586 <sup>a</sup>	4	65	0
	Roy's Largest Root	5.944	96.586 <sup>a</sup>	4	65	0
MXG	Pillai's Trace	0.285	1.761	12	201	0.057
	Wilks' Lambda	0.738	1.746	12	172.265	0.061
	Hotelling's Trace	0.324	1.717	12	191	0.066
	Roy's Largest Root	0.171	2.863 <sup>b</sup>	4	67	0.03

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + MXG

PERPUSTAKAAN  
UNNES

## Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Jmlh nodus	36.931 <sup>a</sup>	3	12.31	0.573	0.635
	Jmlh daun	55.278 <sup>b</sup>	3	18.426	0.997	0.4
	Jmlh mikrotuber	3.167 <sup>c</sup>	3	1.056	2.977	0.038
	Brnt mikrotuber	.025 <sup>d</sup>	3	0.008	1.726	0.17
Intercept	Jmlh nodus	7220.014	1	7220.014	335.802	0
	Jmlh daun	7001.389	1	7001.389	378.654	0
	Jmlh mikrotuber	2.722	1	2.722	7.677	0.007
	Brnt mikrotuber	0.023	1	0.023	4.762	0.033
MXG	Jmlh nodus	36.931	3	12.31	0.573	0.635
	Jmlh daun	55.278	3	18.426	0.997	0.4
	Jmlh mikrotuber	3.167	3	1.056	2.977	0.038
	Brnt mikrotuber	0.025	3	0.008	1.726	0.17
Error	Jmlh nodus	1462.056	68	21.501		
	Jmlh daun	1257.333	68	18.49		
	Jmlh mikrotuber	24.111	68	0.355		
	Brnt mikrotuber	0.33	68	0.005		
Total	Jmlh nodus	8719	72			
	Jmlh daun	8314	72			
	Jmlh mikrotuber	30	72			
	Brnt mikrotuber	0.378	72			
Corrected Total	Jmlh nodus	1498.986	71			
	Jmlh daun	1312.611	71			
	Jmlh mikrotuber	27.278	71			
	Brnt mikrotuber	0.355	71			

a. R Squared = .025 (Adjusted R Squared = -.018)

b. R Squared = .042 (Adjusted R Squared = .000)

c. R Squared = .116 (Adjusted R Squared = .077)

d. R Squared = .071 (Adjusted R Squared = .030)

## Post Hoc Tests

### Merk Pupuk X Konsentrasi Sukrosa

#### Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Merk Pupuk X Konsentrasi Sukrosa	(J) Merk Pupuk X Konsentrasi Sukrosa	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Jmlh nodus	11	12	1.61	1.546	0.301	-1.47	4.7
		21	1.33	1.546	0.391	-1.75	4.42
		22	0.11	1.546	0.943	-2.97	3.2
	12	11	-1.61	1.546	0.301	-4.7	1.47
		21	-0.28	1.546	0.858	-3.36	2.81
		22	-1.5	1.546	0.335	-4.58	1.58
	21	11	-1.33	1.546	0.391	-4.42	1.75
		12	0.28	1.546	0.858	-2.81	3.36
		22	-1.22	1.546	0.432	-4.31	1.86
	22	11	-0.11	1.546	0.943	-3.2	2.97
		12	1.5	1.546	0.335	-1.58	4.58
		21	1.22	1.546	0.432	-1.86	4.31
Jmlh daun	11	12	0.89	1.433	0.537	-1.97	3.75
		21	-0.11	1.433	0.938	-2.97	2.75
		22	-1.56	1.433	0.282	-4.42	1.3
	12	11	-0.89	1.433	0.537	-3.75	1.97
		21	-1	1.433	0.488	-3.86	1.86
		22	-2.44	1.433	0.093	-5.3	0.42
	21	11	0.11	1.433	0.938	-2.75	2.97
		12	1	1.433	0.488	-1.86	3.86
		22	-1.44	1.433	0.317	-4.3	1.42
	22	11	1.56	1.433	0.282	-1.3	4.42
		12	2.44	1.433	0.093	-0.42	5.3
		21	1.44	1.433	0.317	-1.42	4.3
Jmlh mikrotuber	11	12	-.50*	0.198	0.014	-0.9	-0.1
		21	0	0.198	1	-0.4	0.4
		22	-0.28	0.198	0.166	-0.67	0.12
	12	11	.50*	0.198	0.014	0.1	0.9
		21	.50*	0.198	0.014	0.1	0.9

## Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Merk Pupuk X Konsentrasi Sukrosa	(J) Merk Pupuk X Konsentrasi Sukrosa	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
	21	22	0.22	0.198	0.267	-0.17	0.62	
		11	0	0.198	1	-0.4	0.4	
		12	-.50*	0.198	0.014	-0.9	-0.1	
	22	22	-0.28	0.198	0.166	-0.67	0.12	
		11	0.28	0.198	0.166	-0.12	0.67	
		12	-0.22	0.198	0.267	-0.62	0.17	
	Brt mikrotuber	11	12	-0.0283	0.02322	0.227	-0.0747	0.018
			21	0	0.02322	1	-0.0463	0.0463
			22	-0.0433	0.02322	0.066	-0.0897	0.003
		12	11	0.0283	0.02322	0.227	-0.018	0.0747
			21	0.0283	0.02322	0.227	-0.018	0.0747
			22	-0.015	0.02322	0.521	-0.0613	0.0313
21		11	0	0.02322	1	-0.0463	0.0463	
		12	-0.0283	0.02322	0.227	-0.0747	0.018	
		22	-0.0433	0.02322	0.066	-0.0897	0.003	
22	11	0.0433	0.02322	0.066	-0.003	0.0897		
	12	0.015	0.02322	0.521	-0.0313	0.0613		
	21	0.0433	0.02322	0.066	-0.003	0.0897		

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .005.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

UNNES

**Lampiran VIII Hasil anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi konsentrasi pupuk dan konsentrasi sukrosa terhadap parameter jumlah nodus, jumlah daun, jumlah mikrotuber, berat mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		N
Konsentrasi Pupuk X Konsentrasi Gula	11	19
	12	18
	21	18
	22	17

**Multivariate Tests<sup>c</sup>**

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	
Intercept	Pillai's Trace	0.879	118.301 <sup>a</sup>	4	65	0.000
	Wilks' Lambda	0.121	118.301 <sup>a</sup>	4	65	0.000
	Hotelling's Trace	7.28	118.301 <sup>a</sup>	4	65	0.000
	Roy's Largest Root	7.28	118.301 <sup>a</sup>	4	65	0.000
KXG	Pillai's Trace	0.528	3.576	12	201	0.000
	Wilks' Lambda	0.551	3.628	12	172.265	0.000
	Hotelling's Trace	0.679	3.604	12	191	0.000
	Roy's Largest Root	0.405	6.783 <sup>b</sup>	4	67	0.000

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + KXG

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Jmlh nodus	253.279 <sup>a</sup>	3	84.426	4.609	0.005
	Jmlh daun	286.839 <sup>b</sup>	3	95.613	6.338	0.001
	Jmlh mikrotuber	2.951 <sup>c</sup>	3	0.984	2.75	0.049
	Brt mikrotuber	.029 <sup>d</sup>	3	0.01	2.028	0.118
Intercept	Jmlh nodus	7142.024	1	7142.024	389.865	0
	Jmlh daun	6920.755	1	6920.755	458.787	0
	Jmlh mikrotuber	2.857	1	2.857	7.985	0.006
	Brt mikrotuber	0.025	1	0.025	5.184	0.026
KXG	Jmlh nodus	253.279	3	84.426	4.609	0.005
	Jmlh daun	286.839	3	95.613	6.338	0.001
	Jmlh mikrotuber	2.951	3	0.984	2.75	0.049
	Brt mikrotuber	0.029	3	0.01	2.028	0.118
Error	Jmlh nodus	1245.707	68	18.319		
	Jmlh daun	1025.772	68	15.085		
	Jmlh mikrotuber	24.327	68	0.358		
	Brt mikrotuber	0.326	68	0.005		
Total	Jmlh nodus	8719	72			
	Jmlh daun	8314	72			
	Jmlh mikrotuber	30	72			
	Brt mikrotuber	0.378	72			
Corrected Total	Jmlh nodus	1498.986	71			
	Jmlh daun	1312.611	71			
	Jmlh mikrotuber	27.278	71			
	Brt mikrotuber	0.355	71			

a. R Squared = .169 (Adjusted R Squared = .132)

b. R Squared = .219 (Adjusted R Squared = .184)

c. R Squared = .108 (Adjusted R Squared = .069)

d. R Squared = .082 (Adjusted R Squared = .042)



## Post Hoc Tests

### Konsentrasi Pupuk X Konsentrasi Gula

#### Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Konsentrasi Pupuk X	(J) Konsentrasi Pupuk X	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Jmlh nodus	11	12	1.86	1.408	0.191	-0.95	4.67
		21	5.03*	1.408	0.001	2.22	7.84
		22	3.35*	1.429	0.022	0.5	6.2
	12	11	-1.86	1.408	0.191	-4.67	0.95
		21	3.17*	1.427	0.03	0.32	6.01
		22	1.49	1.448	0.307	-1.4	4.38
	21	11	-5.03*	1.408	0.001	-7.84	-2.22
		12	-3.17*	1.427	0.03	-6.01	-0.32
		22	-1.68	1.448	0.251	-4.56	1.21
	22	11	-3.35*	1.429	0.022	-6.2	-0.5
		12	-1.49	1.448	0.307	-4.38	1.4
		21	1.68	1.448	0.251	-1.21	4.56
Jmlh daun	11	12	0.01	1.277	0.993	-2.54	2.56
		21	4.35*	1.277	0.001	1.8	6.89
		22	3.55*	1.297	0.008	0.97	6.14
	12	11	-0.01	1.277	0.993	-2.56	2.54
		21	4.33*	1.295	0.001	1.75	6.92
		22	3.54*	1.314	0.009	0.92	6.16
	21	11	-4.35*	1.277	0.001	-6.89	-1.8
		12	-4.33*	1.295	0.001	-6.92	-1.75
		22	-0.79	1.314	0.549	-3.41	1.83
	22	11	-3.55*	1.297	0.008	-6.14	-0.97
		12	-3.54*	1.314	0.009	-6.16	-0.92
		21	0.79	1.314	0.549	-1.83	3.41
Jmlh mikrotuber	11	12	-.44*	0.197	0.027	-0.84	-0.05
		21	0	0.197	1	-0.39	0.39
		22	-0.35	0.2	0.082	-0.75	0.05
	12	11	.44*	0.197	0.027	0.05	0.84
		21	.44*	0.199	0.029	0.05	0.84
		22	0.09	0.202	0.652	-0.31	0.5

## Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Konsentrasi Pupuk X Konsentrasi Gula	(J) Konsentrasi Pupuk X Konsentrasi Gula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
	21	11	0	0.197	1	-0.39	0.39	
		12	-.44*	0.199	0.029	-0.84	-0.05	
		22	-0.35	0.202	0.086	-0.76	0.05	
	22	11	0.35	0.2	0.082	-0.05	0.75	
		12	-0.09	0.202	0.652	-0.5	0.31	
		21	0.35	0.202	0.086	-0.05	0.76	
	Brt mikrotuber	11	12	-0.0256	0.02277	0.266	-0.071	0.0199
			21	0	0.02277	1	-0.0454	0.0454
			22	-.0488*	0.02312	0.038	-0.095	-0.0027
12		11	0.0256	0.02277	0.266	-0.0199	0.071	
		21	0.0256	0.02308	0.272	-0.0205	0.0716	
		22	-0.0233	0.02342	0.324	-0.07	0.0235	
21		11	0	0.02277	1	-0.0454	0.0454	
		12	-0.0256	0.02308	0.272	-0.0716	0.0205	
		22	-.0488*	0.02342	0.041	-0.0956	-0.0021	
22	11	.0488*	0.02312	0.038	0.0027	0.095		
	12	0.0233	0.02342	0.324	-0.0235	0.07		
	21	.0488*	0.02342	0.041	0.0021	0.0956		

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .005.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

**Lampiran IX Hasil anava tiga jalan dan uji BNT kombinasi merk pupuk, konsentrasi pupuk, konsentrasi sukrosa terhadap peubah jumlah nodus, jumlah daun, jumlah mikrotuber, berat mikrotuber dengan perhitungan SPSS 17**

**Between-Subjects Factors**

		Value Label	N
Perlakuan	1	P1	9
	2	P2	9
	3	P3	9
	4	P4	9
	5	P5	9
	6	P6	9
	7	P7	9
	8	P8	9

**Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>**

	F	df1	df2	Sig.
Jml Nodus	1.074	7	64	.251
Jml Daun	1.270	7	64	.145
Jml Tuber	1.769	7	64	.098
Berat Tuber	1.602	7	64	.079

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Perlakuan

**Multivariate Tests<sup>c</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	0.921	177.479 <sup>a</sup>	4	61	0.000
	Wilks' Lambda	0.079	177.479 <sup>a</sup>	4	61	0.000
	Hotelling's Trace	11.638	177.479 <sup>a</sup>	4	61	0.000
	Roy's Largest Root	11.638	177.479 <sup>a</sup>	4	61	0.000
Perlakuan	Pillai's Trace	1.019	3.126	28	256	0.000
	Wilks' Lambda	0.266	3.506	28	221.361	0.000
	Hotelling's Trace	1.808	3.842	28	238	0.000
	Roy's Largest Root	1.187	10.854 <sup>b</sup>	7	64	0.000

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept + Perlakuan

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Jml Nodus	737.653 <sup>a</sup>	7	105.379	8.858	.000
	Jml Daun	679.944 <sup>b</sup>	7	97.135	9.826	.000
	Jml Tuber	3.722 <sup>c</sup>	7	.532	2.445	.033
	Berat Tuber	.046 <sup>d</sup>	7	.007	2.370	.042
Intercept	Jml Nodus	7220.014	1	7220.014	606.936	.000
	Jml Daun	7001.389	1	7001.389	708.254	.000
	Jml Tuber	2.722	1	2.722	7.396	.008
	Berat Tuber	.023	1	.023	4.788	.032
Perlakuan	Jml Nodus	737.653	7	105.379	8.858	.000
	Jml Daun	679.944	7	97.135	9.826	.000
	Jml Tuber	3.722	7	.532	2.445	.033
	Berat Tuber	.046	7	.007	2.370	.042
Error	Jml Nodus	761.333	64	11.896		
	Jml Daun	632.667	64	9.885		
	Jml Tuber	23.556	64	.368		
	Berat Tuber	.309	64	.005		
Total	Jml Nodus	8719.000	72			
	Jml Daun	8314.000	72			
	Jml Tuber	30.000	72			
	Berat Tuber	.378	72			
Corrected Total	Jml Nodus	1498.986	71			
	Jml Daun	1312.611	71			
	Jml Tuber	27.278	71			
	Berat Tuber	.355	71			

a. R Squared = ,492 (Adjusted R Squared = ,437)

b. R Squared = ,518 (Adjusted R Squared = ,465)

c. R Squared = ,136 (Adjusted R Squared = ,042)

## Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Jml Nodus	737.653 <sup>a</sup>	7	105.379	8.858	.000
	Jml Daun	679.944 <sup>b</sup>	7	97.135	9.826	.000
	Jml Tuber	3.722 <sup>c</sup>	7	.532	2.445	.033
	Berat Tuber	.046 <sup>d</sup>	7	.007	2.370	.042
Intercept	Jml Nodus	7220.014	1	7220.014	606.936	.000
	Jml Daun	7001.389	1	7001.389	708.254	.000
	Jml Tuber	2.722	1	2.722	7.396	.008
	Berat Tuber	.023	1	.023	4.788	.032
Perlakuan	Jml Nodus	737.653	7	105.379	8.858	.000
	Jml Daun	679.944	7	97.135	9.826	.000
	Jml Tuber	3.722	7	.532	2.445	.033
	Berat Tuber	.046	7	.007	2.370	.042
Error	Jml Nodus	761.333	64	11.896		
	Jml Daun	632.667	64	9.885		
	Jml Tuber	23.556	64	.368		
	Berat Tuber	.309	64	.005		
Total	Jml Nodus	8719.000	72			
	Jml Daun	8314.000	72			
	Jml Tuber	30.000	72			
	Berat Tuber	.378	72			
Corrected Total	Jml Nodus	1498.986	71			
	Jml Daun	1312.611	71			
	Jml Tuber	27.278	71			
	Berat Tuber	.355	71			

a. R Squared = ,492 (Adjusted R Squared = ,437)

b. R Squared = ,518 (Adjusted R Squared = ,465)

c. R Squared = ,136 (Adjusted R Squared = ,042)

d. R Squared = ,130 (Adjusted R Squared = ,035)

		Perlakuan			
Dependent Variable	Perlakuan			95% Confidence Interval	
		Mean	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
Jml Nodus	P1	13.556	1.15	11.259	15.852
	P2	6.444	1.15	4.148	8.741
	P3	8	1.15	5.703	10.297
	P4	11.889	1.15	9.592	14.186
	P5	11.889	1.15	9.592	14.186
	P6	14.889	1.15	12.592	17.186
	P7	7	1.15	4.703	9.297
	P8	6.444	1.15	4.148	8.741
Jml Daun	P1	11.889	1.048	9.795	13.983
	P2	7.556	1.048	5.462	9.649
	P3	7.444	1.048	5.351	9.538
	P4	10	1.048	7.906	12.094
	P5	12.111	1.048	10.017	14.205
	P6	16	1.048	13.906	18.094
	P7	7.444	1.048	5.351	9.538
	P8	6.444	1.048	4.351	8.538
Jml Tuber	P1	0	0.202	-0.404	0.404
	P2	0.667	0.202	0.263	1.071
	P3	-5.55E-17	0.202	-0.404	0.404
	P4	0.333	0.202	-0.071	0.737
	P5	0	0.202	-0.404	0.404
	P6	0.222	0.202	-0.182	0.626
	P7	0	0.202	-0.404	0.404
	P8	0.333	0.202	-0.071	0.737
Berat Tuber	P1	0	0.023	-0.046	0.046
	P2	0.04	0.023	-0.006	0.086
	P3	-2.78E-17	0.023	-0.046	0.046
	P4	0.017	0.023	-0.03	0.063
	P5	-1.39E-17	0.023	-0.046	0.046
	P6	0.011	0.023	-0.035	0.057
	P7	-1.39E-17	0.023	-0.046	0.046
	P8	0.076	0.023	0.029	0.122

## Post Hoc Tests

### Perlakuan

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable	LSD	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Jml Nodus	P1		P2	7.11*	1.626	0.000	3.86	10.36
			P3	5.56*	1.626	0.001	2.31	8.8
			P4	1.67	1.626	0.309	-1.58	4.91
			P5	1.67	1.626	0.309	-1.58	4.91
			P6	-1.33	1.626	0.415	-4.58	1.91
			P7	6.56*	1.626	0.000	3.31	9.8
			P8	7.11*	1.626	0.000	3.86	10.36
			P2	P1	-7.11*	1.626	0.000	-10.36
	P3	P1	-1.56	1.626	0.342	-4.8	1.69	
	P4	P1	-5.44*	1.626	0.001	-8.69	-2.2	
	P5	P1	-5.44*	1.626	0.001	-8.69	-2.2	
	P6	P1	-8.44*	1.626	0.000	-11.69	-5.2	
	P7	P1	-0.56	1.626	0.734	-3.8	2.69	
	P8	P1	0	1.626	1	-3.25	3.25	
	P3	P1	-5.56*	1.626	0.001	-8.8	-2.31	
	P2	P1	1.56	1.626	0.342	-1.69	4.8	
	P4	P1	-3.89*	1.626	0.02	-7.14	-0.64	
	P5	P1	-3.89*	1.626	0.02	-7.14	-0.64	
	P6	P1	-6.89*	1.626	0.000	-10.14	-3.64	
	P7	P1	1	1.626	0.541	-2.25	4.25	
	P8	P1	1.56	1.626	0.342	-1.69	4.8	
	P4	P1	-1.67	1.626	0.309	-4.91	1.58	
	P2	P1	5.44*	1.626	0.001	2.2	8.69	
	P3	P1	3.89*	1.626	0.02	0.64	7.14	
P5	P1	0	1.626	1	-3.25	3.25		
P6	P1	-3	1.626	0.07	-6.25	0.25		
P7	P1	4.89*	1.626	0.004	1.64	8.14		
P8	P1	5.44*	1.626	0.001	2.2	8.69		

## Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan				95% Confidence Interval		
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound	
P5		P1	-1.67	1.626	0.309	-4.91	1.58	
		P2	5.44*	1.626	0.001	2.2	8.69	
		P3	3.89*	1.626	0.02	0.64	7.14	
		P4	0	1.626	1	-3.25	3.25	
		P6	-3	1.626	0.07	-6.25	0.25	
		P7	4.89*	1.626	0.004	1.64	8.14	
		P8	5.44*	1.626	0.001	2.2	8.69	
P6		P1	1.33	1.626	0.415	-1.91	4.58	
		P2	8.44*	1.626	0	5.2	11.69	
		P3	6.89*	1.626	0	3.64	10.14	
		P4	3	1.626	0.07	-0.25	6.25	
		P5	3	1.626	0.07	-0.25	6.25	
		P7	7.89*	1.626	0	4.64	11.14	
		P8	8.44*	1.626	0	5.2	11.69	
P7		P1	-6.56*	1.626	0	-9.8	-3.31	
		P2	0.56	1.626	0.734	-2.69	3.8	
		P3	-1	1.626	0.541	-4.25	2.25	
		P4	-4.89*	1.626	0.004	-8.14	-1.64	
		P5	-4.89*	1.626	0.004	-8.14	-1.64	
		P6	-7.89*	1.626	0	-11.14	-4.64	
		P8	0.56	1.626	0.734	-2.69	3.8	
P8		P1	-7.11*	1.626	0.000	-10.36	-3.86	
		P2	0	1.626	1	-3.25	3.25	
		P3	-1.56	1.626	0.342	-4.8	1.69	
		P4	-5.44*	1.626	0.001	-8.69	-2.2	
		P5	-5.44*	1.626	0.001	-8.69	-2.2	
		P6	-8.44*	1.626	0.000	-11.69	-5.2	
		P7	-0.56	1.626	0.734	-3.8	2.69	
Jml Daun	LSD	P1	P2	4.33*	1.482	0.005	1.37	7.29
			P3	4.44*	1.482	0.004	1.48	7.41
			P4	1.89	1.482	0.207	-1.07	4.85
			P5	-0.22	1.482	0.881	-3.18	2.74
			P6	-4.11*	1.482	0.007	-7.07	-1.15
			P7	4.44*	1.482	0.004	1.48	7.41



## Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan				95% Confidence Interval	
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
		P8	5.44*	1.482	0.000	2.48	8.41
	P2	P1	-4.33*	1.482	0.005	-7.29	-1.37
		P3	0.11	1.482	0.94	-2.85	3.07
		P4	-2.44	1.482	0.104	-5.41	0.52
		P5	-4.56*	1.482	0.003	-7.52	-1.59
		P6	-8.44*	1.482	0.000	-11.41	-5.48
		P7	0.11	1.482	0.94	-2.85	3.07
		P8	1.11	1.482	0.456	-1.85	4.07
	P3	P1	-4.44*	1.482	0.004	-7.41	-1.48
		P2	-0.11	1.482	0.94	-3.07	2.85
		P4	-2.56	1.482	0.089	-5.52	0.41
		P5	-4.67*	1.482	0.002	-7.63	-1.71
		P6	-8.56*	1.482	0.000	-11.52	-5.59
		P7	0	1.482	1	-2.96	2.96
		P8	1	1.482	0.502	-1.96	3.96
	P4	P1	-1.89	1.482	0.207	-4.85	1.07
		P2	2.44	1.482	0.104	-0.52	5.41
		P3	2.56	1.482	0.089	-0.41	5.52
		P5	-2.11	1.482	0.159	-5.07	0.85
		P6	-6.00*	1.482	0.000	-8.96	-3.04
		P7	2.56	1.482	0.089	-0.41	5.52
		P8	3.56*	1.482	0.019	0.59	6.52
	P5	P1	0.22	1.482	0.881	-2.74	3.18
		P2	4.56*	1.482	0.003	1.59	7.52
		P3	4.67*	1.482	0.002	1.71	7.63
		P4	2.11	1.482	0.159	-0.85	5.07
		P6	-3.89*	1.482	0.011	-6.85	-0.93
		P7	4.67*	1.482	0.002	1.71	7.63
		P8	5.67*	1.482	0.000	2.71	8.63

## Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan				95% Confidence Interval	
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Jml Tuber	P6	P1	4.11*	1.482	0.007	1.15	7.07
		P2	8.44*	1.482	0.000	5.48	11.41
		P3	8.56*	1.482	0.000	5.59	11.52
		P4	6.00*	1.482	0.000	3.04	8.96
		P5	3.89*	1.482	0.011	0.93	6.85
		P7	8.56*	1.482	0.000	5.59	11.52
		P8	9.56*	1.482	0.000	6.59	12.52
	P7	P1	-4.44*	1.482	0.004	-7.41	-1.48
		P2	-0.11	1.482	0.94	-3.07	2.85
		P3	0	1.482	1	-2.96	2.96
		P4	-2.56	1.482	0.089	-5.52	0.41
		P5	-4.67*	1.482	0.002	-7.63	-1.71
		P6	-8.56*	1.482	0.000	-11.52	-5.59
		P8	1	1.482	0.502	-1.96	3.96
	P8	P1	-5.44*	1.482	0.000	-8.41	-2.48
		P2	-1.11	1.482	0.456	-4.07	1.85
		P3	-1	1.482	0.502	-3.96	1.96
		P4	-3.56*	1.482	0.019	-6.52	-0.59
		P5	-5.67*	1.482	0.000	-8.63	-2.71
		P6	-9.56*	1.482	0.000	-12.52	-6.59
		P7	-1	1.482	0.502	-3.96	1.96
LSD	P1	P2	-.67*	0.286	0.023	-1.24	-0.1
		P3	0	0.286	1	-0.57	0.57
		P4	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24
		P5	0	0.286	1	-0.57	0.57
		P6	-0.22	0.286	0.44	-0.79	0.35
		P7	0	0.286	1	-0.57	0.57
		P8	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24
	P2	P1	.67*	0.286	0.023	0.1	1.24
		P3	.67*	0.286	0.023	0.1	1.24
		P4	0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9
		P5	.67*	0.286	0.023	0.1	1.24
		P6	0.44	0.286	0.125	-0.13	1.02

## Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan				95% Confidence Interval	
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
		P7	.67*	0.286	0.023	0.1	1.24
		P8	0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9
	P3	P1	0	0.286	1	-0.57	0.57
		P2	-.67*	0.286	0.023	-1.24	-0.1
		P4	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24
		P5	0	0.286	1	-0.57	0.57
		P6	-0.22	0.286	0.44	-0.79	0.35
		P7	0	0.286	1	-0.57	0.57
		P8	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24
		P4	P1	0.33	0.286	0.248	-0.24
	P2		-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24
	P3		0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9
	P5		0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9
	P6		0.11	0.286	0.699	-0.46	0.68
	P7		0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9
	P8		0	0.286	1	-0.57	0.57
P5	P1		0	0.286	1	-0.57	0.57
	P2	-.67*	0.286	0.023	-1.24	-0.1	
	P3	0	0.286	1	-0.57	0.57	
	P4	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24	
	P6	-0.22	0.286	0.44	-0.79	0.35	
	P7	0	0.286	1	-0.57	0.57	
	P8	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24	
	P6	P1	0.22	0.286	0.44	-0.35	0.79
P2		-0.44	0.286	0.125	-1.02	0.13	
P3		0.22	0.286	0.44	-0.35	0.79	
P4		-0.11	0.286	0.699	-0.68	0.46	
P5		0.22	0.286	0.44	-0.35	0.79	
P7		0.22	0.286	0.44	-0.35	0.79	
P8		-0.11	0.286	0.699	-0.68	0.46	
P7		P1	0	0.286	1	-0.57	0.57
	P2	-.67*	0.286	0.023	-1.24	-0.1	
	P3	0	0.286	1	-0.57	0.57	
	P4	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24	
	P5	0	0.286	1	-0.57	0.57	

## Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval			
						Lower Bound	Upper Bound		
		P6	-0.22	0.286	0.44	-0.79	0.35		
		P8	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24		
	P8	P1	0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9		
		P2	-0.33	0.286	0.248	-0.9	0.24		
		P3	0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9		
		P4	0	0.286	1	-0.57	0.57		
		P5	0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9		
		P6	0.11	0.286	0.699	-0.46	0.68		
		P7	0.33	0.286	0.248	-0.24	0.9		
	Berat Tuber	LSD	P1	P2	-0.04	0.03275	0.226	-0.1054	0.0254
				P3	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
				P4	-0.0167	0.03275	0.613	-0.0821	0.0488
				P5	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
				P6	-0.0111	0.03275	0.736	-0.0765	0.0543
P7				0	0.03275	1	-0.0654	0.0654	
P8				-0.0756*	0.03275	0.024	-0.141	-0.0101	
P2				P1	0.04	0.03275	0.226	-0.0254	0.1054
		P3	0.04	0.03275	0.226	-0.0254	0.1054		
		P4	0.0233	0.03275	0.479	-0.0421	0.0888		
		P5	0.04	0.03275	0.226	-0.0254	0.1054		
		P6	0.0289	0.03275	0.381	-0.0365	0.0943		
		P7	0.04	0.03275	0.226	-0.0254	0.1054		
		P8	-0.0356	0.03275	0.282	-0.101	0.0299		
		P3	P1	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654	
P2			-0.04	0.03275	0.226	-0.1054	0.0254		
P4			-0.0167	0.03275	0.613	-0.0821	0.0488		
P5			0	0.03275	1	-0.0654	0.0654		
P6			-0.0111	0.03275	0.736	-0.0765	0.0543		
P7			0	0.03275	1	-0.0654	0.0654		
P8			-0.0756*	0.03275	0.024	-0.141	-0.0101		
P4			P1	0.0167	0.03275	0.613	-0.0488	0.0821	
		P2	-0.0233	0.03275	0.479	-0.0888	0.0421		
		P3	0.0167	0.03275	0.613	-0.0488	0.0821		
		P5	0.0167	0.03275	0.613	-0.0488	0.0821		
		P6	0.0056	0.03275	0.866	-0.0599	0.071		

## Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan				95% Confidence Interval	
			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
		P7	0.0167	0.03275	0.613	-0.0488	0.0821
		P8	-0.0589	0.03275	0.077	-0.1243	0.0065
	P5	P1	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
		P2	-0.04	0.03275	0.226	-0.1054	0.0254
		P3	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
		P4	-0.0167	0.03275	0.613	-0.0821	0.0488
		P6	-0.0111	0.03275	0.736	-0.0765	0.0543
		P7	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
		P8	-.0756*	0.03275	0.024	-0.141	-0.0101
		P6	P1	0.0111	0.03275	0.736	-0.0543
	P2		-0.0289	0.03275	0.381	-0.0943	0.0365
	P3		0.0111	0.03275	0.736	-0.0543	0.0765
	P4		-0.0056	0.03275	0.866	-0.071	0.0599
	P5		0.0111	0.03275	0.736	-0.0543	0.0765
	P7		0.0111	0.03275	0.736	-0.0543	0.0765
	P8		-0.0644	0.03275	0.053	-0.1299	0.001
	P7		P1	0	0.03275	1	-0.0654
		P2	-0.04	0.03275	0.226	-0.1054	0.0254
		P3	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
		P4	-0.0167	0.03275	0.613	-0.0821	0.0488
		P5	0	0.03275	1	-0.0654	0.0654
		P6	-0.0111	0.03275	0.736	-0.0765	0.0543
		P8	-.0756*	0.03275	0.024	-0.141	-0.0101
		P8	P1	.0756*	0.03275	0.024	0.0101
P2	0.0356		0.03275	0.282	-0.0299	0.101	
P3	.0756*		0.03275	0.024	0.0101	0.141	
P4	0.0589		0.03275	0.077	-0.0065	0.1243	
P5	.0756*		0.03275	0.024	0.0101	0.141	
P6	0.0644		0.03275	0.053	-0.001	0.1299	
P7	.0756*		0.03275	0.024	0.0101	0.141	

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,005.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.