

B E R T A N A M
KENTANG ORGANIK
DATARAN TINGGI



IRADHATULLAH RAHIM



IRADHATULLAH RAHIM

**BERTANAM
KENTANG ORGANIK
DATARAN TINGGI**



Sanksi Pelanggaran Hak Cipta

Undang-Undang Republik Indonesia No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta

Pasal 1 :

Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana

Pasal 113 :

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

BERTANAM KENTANG ORGANIK DATARAN TINGGI

©Iradhatullahrahim, 2023

Diterbitkan Pertama kali oleh

Penerbit Permata Ilmu (Anggota IKAPI No. 047/SSL/2023), 2023

Jln. Makassar IV Blok A/93 Bumi Sudiang Permai (BSP), Makassar

Tlp: 085396419243

E-mail: penerbitpermatailmu@gmail.com

Instagram: [penerbitpermatailmu](https://www.instagram.com/penerbitpermatailmu)

website: www.permatailmu.com

Penulis

Iradhatullah Rahim

Editor

Aslan Abidin

Desain Sampul

Idho' Lontara

Layout dan Tata Letak

Ridwan

Perpustakaan Nasional RI: Data Katalog Dalam Terbitan (KDT)

BERTANAM KENTANG ORGANIK DATARAN TINGGI

Makassar: Penerbit Permata Ilmu, 2023

xi+86.; 14,5 X 21 cm

ISBN: 978-623-98291-5-5

PENGANTAR PENULIS

Pengolahan lahan secara intensif dengan menambahkan bahan kimia sintetis ke lahan pertanian memang dapat mendorong produksi maksimal. Namun, kerja paksa terhadap lahan secara terus-menerus bisa menimbulkan degradasi yang mengancam keberlanjutan produktif lahan. Bahan organik lahan terkuras habis, tekstur tanah menjadi keras, kahat hara, dan miskin air, merupakan akibat buruk dari pertanian intensif yang dipraktikkan kebanyakan petani di Indonesia, termasuk di dataran tinggi Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan.

Buku ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan pada lahan dengan ketinggian 1.025 meter di atas permukaan laut di Enrekang. Wilayah tersebut merupakan sentra penghasil kentang yang menerapkan pertanian intensif dengan *input* kimia cukup tinggi. Padahal, sebagai wilayah produsen berbagai hasil pertanian, Enrekang juga menghasilkan banyak bahan organik limbah pertanian.

Penulis kemudian mencoba memanfaatkan limbah pertanian yang jumlahnya melimpah di Enrekang. Selain itu, juga memanfaatkan *mikoriza vesikular arbuskular* yang dapat membantu penyediaan fosfor

dan air untuk tanaman. Buku ini diharapkan menjadi bahan informasi dan acuan untuk pemanfaatan bahan organik di lahan intensif dataran tinggi ke arah pertanian ramah lingkungan.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas berbagai masukan saran dalam penulisan buku ini kepada Prof Anna K Pairunan dan Prof Nasruddin dari Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Demikianlah. Semoga buku ini bermanfaat. Terima kasih.

Makassar, Juli 2023

Penulis

Iraddhatullah Rahim

DAFTAR ISI

Pengantar Penulis.....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Bab 1 Pendahuluan.....	1
Alur Penelitian	
Kerangka Pemikiran.....	8
Bab 2 Karakteristik Tanaman Kentang.....	11
Karakteristik Tanaman Kentang.....	11
Pertanian Organik.....	14
Pupuk Organik.....	15
a. Pupuk Kandang.....	15
b. Limbah Pertanian.....	16
c. Pupuk Hijau.....	18
Bab 3 Pelaksanaan Kegiatan Penelitian....	27
Rancangan Penelitian.....	28
Model Statistika.....	29
Komponen Pengamatan.....	31
Pelaksanaan Percobaan.....	32
Analisis Data.....	35

Bab 4 Hasil Penelitian..... 36

Hasil	36
1. Aspek Fisiologis.....	36
2. Aspek Pertumbuhan.....	41
3. Kandungan P Jaringan.....	49
4. Aspek Produksi.....	51
Pembahasan.....	58
1. Aspek Filosofis.....	58
2. Kandungan P Jaringan Tanaman	62
3. Aspek Peertumbuhan dan Produksi.....	65

Bab 5.

Penutup..... 77

Daftar Pustaka..... 79

Tentang Penulis.....85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Bahan Kering Unsur Hara Berbagai Macam Pupuk Kandang...16	
Tabel 2. Hasil Analisis Sekam Padi: (Sutanto, 2002).....	17
Tabel 3. Kandungan Unsur Hara Pada Pertanaman Kopi dan Tanaman Naungan.....	18
Tabel 4. Analisis Hara Bokashi yang Digunakan Dalam Penelitian.....	28
Tabel 5. Rata-Rata Co_2 Internal Tanaman Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va pada Umur 42 Hst.....	37
Tabel 6. Rata-Rata Konduktan Stomata Dua Varietas Kentang dengan Berbagai Jenis Bokashi dan Mikoriza Va pada 42 Hst.....	38
Tabel 7. Rata-Rata Laju Transpirasi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va pada 42 Hst.....	39
Tabel 8. Rata-Rata Laju Fotosintesis Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va pada 42 Hst.....	40

Tabel 9. Rata-Rata Laju Tumbuh Pertanaman Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va pada 42 Hst.....	42
Tabel 10. Rata-Rata Indeks Luas Daun Dua Varietas Kentang yang Diberi Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va pada 42 Hst.....	45
Tabel 11. Rata-Rata Laju Asimilasi Netto Dua Varietas Kentang yang Diberi Berbagai Perlakuan Bokashi dan M ikoriza Va pada 42 Hst.....	47
Tabel 12. Rata-Rata Jumlah Umbi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va...	52
Tabel 13. Rata-Rata Diameter Umbi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va...	54
Tabel 14. Rata-Rata Bobot Umbi Per Tanaman Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va.....	55
Tabel 15. Rata-Rata Bobot Umbi Per Petak Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va...	56
Tabel 16. Rata-Rata Produksi Umbi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va...	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian.....	10
Gambar 2. Proses Infeksi Mikoriza Va dalam Jaringan Akar (Brundrett, 1991).....	22
Gambar 3. Aplikasi Inokulan Mikoriza Va dalam Lubang Tanam Saat Penanaman Kentang.....	34
Gambar 4. Pengambilan Data Secara Destruktif dengan Mencabut Tanaman untuk Pengamatan Dinamika Pertumbuhan Tanaman Kentang Umur 14, 21, dan 42 Hst.....	41
Gambar 5. Laju Tumbuh Pertanaman Kentang Varietas Granola pada Berbagai Jenis Bokasi dan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza Per Tanaman.....	43
Gambar 6. Laju Tumbuh Pertanaman Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi dan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza Per Tanaman.....	43
Gambar 7. Tanaman Kentang Teraplikasi Bahan Organik dan Mikoriza Umur 21 Hari Setelah Tanaman.....	44

Gambar 8. Indeks Luas Daun Kentang Varietas Granola pada Berbagai Jenis Bokasi dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.....	46
Gambar 9. Indeks Luas Daun Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi Dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza. Laju Asimilasi Netto (Lan).....	46
Gambar 10. Laju Assimilasi Netto Tanaman Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi Dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.....	48
Gambar 11. Laju Asimilasi Netto Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.....	49
Gambar 12. Kadar P dalam Jaringan Tanaman Dua Varietas Kentang pada Berbagai Jenis Bokasi dan Dosis Inokulan Mikoriza.....	50
Gambar 13. Pertanaman Kentang yang Diaplikasi Bahan Organik dan Mikoriza Va.....	51
Gambar 14. Pemanenan Tanaman Kentang Umur 90 Hst.....	53

BAB 1

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan secara berlebihan dalam pertanian tanpa diikuti prinsip dan usaha keperpihakan ekologis akan berakibat buruk bagi lingkungan. Pemberian *input* dan teknologi yang tidak ramah lingkungan bakal sangat merusak lahan dan lingkungan pertanian. Hal tersebut juga akan berdampak negatif bagi fisiologis, pertumbuhan, dan besarnya produksi tanaman, termasuk tanaman kentang.

Kentang adalah tanaman yang menghasilkan umbi sebagai hasil agronomis akhir. Kandungan 100 g umbi kentang mencapai kalori 83 kal, 2 g protein, 0,1 g lemak, 19,1 karbohidrat, 11 mg kalsium, 56 mg Fosfor, 0,70 zat besi, 0,11 mg vitamin B2, 17 mg vitamin C, dan 64 g air (Rukmana, 1997). Nilai gizi dan meluasnya industri makanan olahan menyebabkan tanaman ini sangat potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Besarnya tingkat konsumsi kentang di luar negeri juga membuat tanaman ini memiliki nilai ekspor tinggi.

Adapun pertanaman kentang umumnya terdapat di dataran tinggi dalam daerah Kabupaten Gowa, Bantaeng, dan Enrekang di Sulawesi Selatan (Sulsel).

Data Dirjen Tanaman Pangan dan Hortikultura (2001) menunjukkan produksi rata-rata kentang Sulsel tahun 1996 sebesar 10,72 ton/ha dan tingkat nasional 15,86 ton/ha. Sejak tahun 2000 produksi rata-rata kentang Sulsel sebesar 10,28 ton/ha serta rata-rata 13,38 ton/ha untuk tingkat nasional. Khusus untuk Enrekang dengan dataran tinggi, yang memang secara agroklimat cocok untuk pertanaman kentang, dapat mencapai produksi di tingkat petani sebesar 14,22 ton/ha (Anonim, 1989 *dalam* Karmin, 2003). Walau produksi kentang Sulsel telah melampaui produksi rata-rata nasional, namun jumlah itu masih lebih rendah dibanding potensi hasil kentang yang diusahakan secara intensif skala penelitian di Balithor Lembang, yaitu 30-40 ton/ha (Rukmana, 1997).

Rendahnya produksi kentang tersebut mungkin disebabkan penggunaan bahan kimia secara terus-menerus. Penyebab lain adalah adanya penyakit yang menyerang tanaman. Menurut Reijntjes dkk. (1999), pupuk buatan dapat mengganggu kehidupan dan keseimbangan tanah, meningkatkan dekomposisi bahan organik, degradasi struktur tanah, rentan yang tinggi terhadap kekeringan, menurunkan pH tanah, dan mengurangi ketersediaan fosfor.

Selain itu, penggunaan N, P, dan K terus menerus akan menyebabkan hilangnya unsur-unsur hara mikro bila tidak segera diganti. Penggunaan pestisida menyebabkan hama resisten, sehingga memaksa penggunaan pestisida dalam dosis tinggi. Padahal pestisida membunuh predator alami, tidak mudah

terurai, dan dapat terserap dalam rantai makanan (Surapati, 2004).

Kondisi tersebut diperparah oleh area lahan penanaman yang cocoknya di dataran tinggi. Sementara lahan dataran tinggi bergantung pada masukan bahan agrokimia untuk memperoleh penampilan dan hasil tanaman yang baik. Belum lagi bahan-bahan kimia tersebut berharga mahal dan fluktuatif tergantung situasi pasar.

Berbagai keadaan negatif dan tidak menguntungkan di atas mesti segera dihindari dengan melakukan pertanaman kentang dalam sistem pengelolaan lahan berkelanjutan. Sistem ini merupakan bentuk pengelolaan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan manusia sekaligus dengan mempertahankan produksi dan keseimbangan ekologis. Komponen dalam pengelolaan lahan berkelanjutan adalah 1) memelihara dan mempertinggi produksi, 2) menurunkan tingkat resiko produksi, 3) melindungi kualitas sumber daya alam dan mencegah degradasi tanah dan konservasi sumber daya tanah, 4) memelihara kelangsungan ekonomi, dan 5) dapat diterima secara sosial (Smyth dan Dumanski, 1995 *dalam* Carter 2001). Perhatian terhadap poin-poin pemikiran di atas akan mendorong aktivitas pengelolaan dan produksi pertanian ramah lingkungan dengan menggunakan bahan-bahan organik.

Pertanian organik menekan input bahan kimia dari pupuk dan pestisida serendah mungkin ke tanah pertanian. Bahan organik memelihara keberlanjutan

lahan dan mencegah degradasi lahan dengan memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sebagai sumber unsur hara dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Selain itu, sebab bahan-bahannya bersifat alami dan dapat diperoleh dari lingkungan sekitar, membuatnya berbiaya lebih murah sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Selain itu tersedianya bahan organik mempengaruhi aktivitas-aktivitas fisiologis pada tanaman.

Selama ini, sebutan lumbung pangan disematkan ke Sulsel. Itu dapat berarti bahwa wilayah ini juga menghasilkan banyak limbah pertanian. Limbah tersebut merupakan bahan baku pupuk organik potensial yang kaya hara, namun belum digarap secara optimal. Kebanyakan limbah pertanian hanya dibakar untuk dimusnahkan oleh petani, padahal dapat diolah untuk memelihara dan menyuburkan lahan pertanian.

Limbah kulit buah kakao, jerami padi, sekam, dedak, berangkas jagung, pupuk kandang, sisa pangkasan, daun, kulit tanduk kopi, sampai pupuk kandang, dapat diolah menjadi pupuk organik berkualitas tinggi. Hasil panen padi yang menghasilkan lima ton gabah akan menyerap dari dalam tanah 150 kg N, 20 kg P, dan 20 kg S. Hampir semua unsur K dan sepertiga N, P, dan S tinggal dalam jerami padi. Itu menunjukkan bahwa jerami padi mengandung hara makro yang baik. Sementara pupuk kandang kering dapat mengurangi kekurangan nitrogen dan pengaruh kenaikan temperatur selama proses dekomposisi (Sutanto, 2002).

Selain itu limbah tanaman kopi menghasilkan unsur hara makro dan mikro yang cukup tinggi. Daun kopi arabika, sisa pangkasan pulpa, dan perkamen buah kopi mengandung unsur N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, Mn, Zn, Cu, dan B (Indonesian Coffee and Cacao Research Institute, 2003). Dekomposisi bahan organik tersebut dapat dipercepat menggunakan bioaktivator yang mengandung empat jenis mikroorganisme; yaitu bakteri fototropik, bakteri asam laktat, ragi, dan *actinomyces*. Bahan organik yang telah difermentasi itulah yang kemudian disebut bokashi.

Penelitian yang dilakukan Karmin (2003) menunjukkan bahwa bokashi pupuk kandang dapat meningkatkan produksi kentang di Desa Baroko, Kabupaten Enrekang hingga 19,83 ton/ha. Jumlah produksi itu lebih tinggi dibandingkan produksi rata-rata petani Enrekang yang hanya mencapai 14,22 ton/ha. Letak ketinggian lebih dari 1000 m dpl Desa Baroko membuatnya sangat cocok untuk tanaman kentang, karena pada suhu rendah tanaman terangsang untuk membentuk polisakarida lebih banyak. Hal itu terjadi dikarenakan respirasi yang menurun (Jumin, 1992).

Selain bahan organik, penggunaan Mikoriza Vesikular Asburkular (Mikoriza VA) juga banyak digunakan untuk meningkatkan hasil pertanian yang ramah lingkungan. Jamur Mikoriza VA bersimbiosis mutualisme dengan perakaran tanaman melalui cara memperluas bidang perakaran yang memungkinkan bidang penyerapan hara juga meluas. Hifa jamur Mikoriza VA dapat menyebabkan akar menyerap

sumber P anorganik pada jarak yang jauh dari jangkauan rambut akar. Meningkatnya penyerapan P juga akan meningkatkan penyerapan unsur lain seperti Zn, Cu, dan S (Barea *dalam* Baon, 2001; Kabirun, 1990). Jamur Mikoriza VA mendapatkan C-organik dari tanaman inangnya.

Nurhalisyah (2003) melaporkan bahwa interaksi antara pupuk organik kasting dengan Mikoriza VA berpengaruh sangat nyata terhadap bobot umbi kentang. Produksi tertinggi terdapat pada dosis kasting 300 g/tanaman, dan inokulasi Mikoriza VA 5 g/tanaman. Selain meningkatkan produksi, mikoriza VA juga mempertinggi laju fotosintesis dan menurunkan resistensi mulut daun atau stomata (Rini, 2004).

Pengendalian penyakit pada pertanaman kentang digunakan pengendali hayati berupa bakteri antagonis yang sifatnya mematikan mikroba patogen. Laporan Aspiras dan De La Cruz (dalam Rahmat, 2003), menunjukkan bahwa makin tinggi populasi mikroorganisme dalam tanah, maka kehidupan biota semakin seimbang. Keadaan itu memberi kondisi yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman dan lebih memberi tekanan terhadap mikroba patogen. Hal itu mengakibatkan bakteri antagonis mengeluarkan toksin, bersaing tempat atau unsur hara dan atau menginduksi resistensi seperti bakteri *Pseudomonas* sp.

Bakteri antagonis ini membunuh mikroba patogen tanpa menimbulkan efek-efek negatif seperti yang ditimbulkan oleh pestisida kimia. *Pseudomonas*

fluorescens dan *Tricoderma harzianum* mengendalikan penyakit busuk batang dan *Aspergillus flavus* pada kacang tanah. *Bacillus thuringensis* mengendalikan *Spodoptera litura* dan *Flutella xylostella*, serta *Tricoderma viridae* mencegah penyakit layu fusarium pada tanaman tomat (Soesanto dkk., 2003, Nadrawati dkk., 1994, Ambar, 2003).

Pemberian bahan organik yang difermentasikan dari limbah pertanian diharapkan dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman. Penambahan Mikoriza VA pada tanaman kentang juga dapat meningkatkan produksi. Interaksi antara keduanya diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang kondusif dan berpengaruh positif pada pertumbuhan dan produksi kentang. Penggunaan bahan ramah lingkungan dapat menciptakan iklim mikro sekitar tanaman, yang juga sangat mempengaruhi aktivitas fisiologis tanaman.

Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan organik potensial yang jumlahnya cukup banyak di Kabupaten Enrekang. Lantas, sejauh mana pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik limbah pertanian dan inokulasi Mikoriza VA terhadap pertumbuhan, produksi, dan aktivitas fisiologis tanaman kentang?

Upaya menjawab pertanyaan di atas dilakukan dengan penelitian untuk mengungkap pengaruh varietas, jenis bokashi limbah pertanian, dan dosis inokulan Mikoriza VA terhadap aktivitas fisiologis,

dinamika pertumbuhan, dan produksi tanaman kentang. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan pemanfaatan limbah pertanian dan Mikoriza VA untuk pertanian berbasis organik.

Adapun hipotesis awal adalah: 1) Terdapat salah satu jenis bokashi limbah pertanian yang memberi hasil terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kentang. 2) Terdapat salah satu dosis mikoriza yang memberi hasil terbaik terhadap proses fisiologis, pertumbuhan, dan produksi kentang. 3) Interaksi antara jenis bokashi limbah pertanian dan Mikoriza VA memberi hasil terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi dua varietas tanaman kentang.

Kerangka Pemikiran

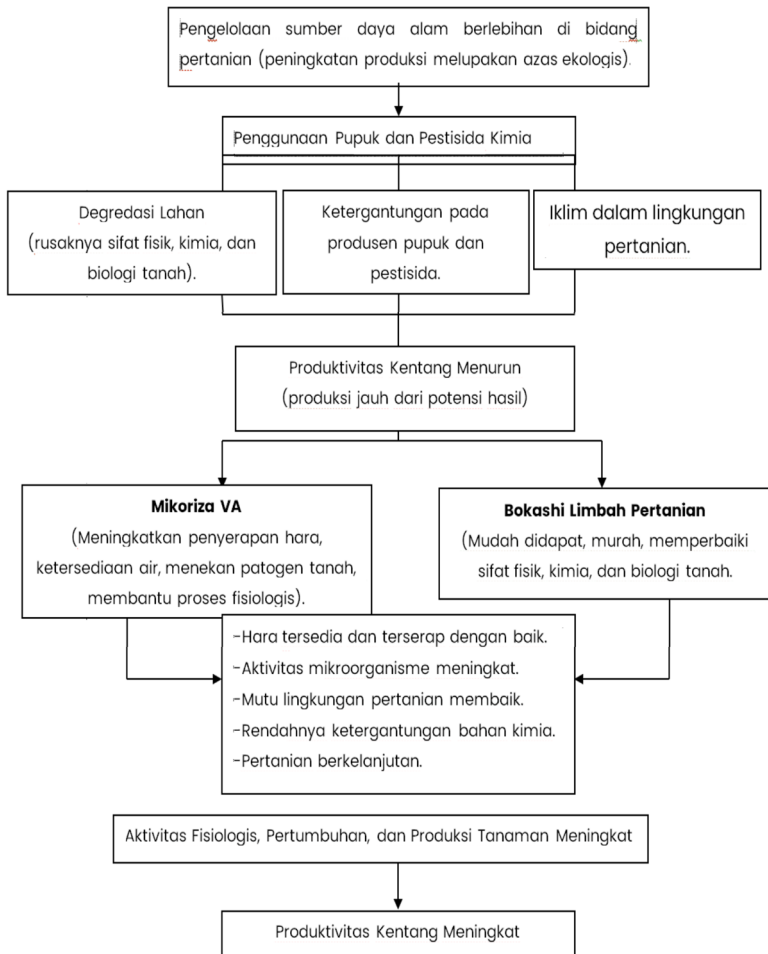
Penggunaan lahan secara berlebihan banyak dilakukan untuk memaksimalkan hasil tanaman. Masalahnya, hal itu dijalankan dengan mengabaikan keberpihakan terhadap azas-azas ekologis. Berbagai bahan kimia, baik berupa pupuk maupun pestisida, dikerahkan untuk memaksimalkan hasil tanaman. Perilaku tersebut berdampak mendegradasi kualitas lahan dan memperburuk lingkungan untuk aktivitas fisiologis tanaman.

Selain itu, bertani secara instan juga dapat menyebabkan ketergantungan terhadap berbagai produsen pertanian berbahan kimia. Perilaku ini akan terus berdampak bagi penurunan produktivitas lahan dan produksi komoditi tanaman semusim seperti kentang. Produksi yang diperoleh akan jauh lebih

rendah dari potensi hasil yang sebenarnya bisa dicapai oleh petani kentang.

Limbah pertanian yang jumlahnya melimpah sebenarnya mengandung hara potensial. Selain mudah diperoleh dan murah, juga dapat memperbaiki sifat fisik, biologi, dan kimia tanah. Hara bersifat lokal ini dapat pula mengurangi tingkat ketergantungan petani terhadap pasar pupuk dan pestisida buatan dari zat kimia.

Mikoriza VA merupakan cendawan yang bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman dalam penyerapan hara dan air, menekan patogen tanah, serta membantu aktivitas fisiologis tanaman. Interaksi antara bahan organik dan Mikoriza VA diharapkan menciptakan lingkungan berkualitas untuk mencapai produksi tanaman kentang yang lebih tinggi. Diagram alur kerangka pikir pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

BAB 2

KARAKTERISTIK TANAMAN KENTANG

Karakteristik Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* Linn.) termasuk dalam famili *solanaceae* semak dengan panjang batang 50 cm-150 cm. Daun berbentuk lonjong atau bulat lonjong dengan ujung runcing, memiliki anak daun primer, dan sekunder. Helaian daun tersusun dalam tangkai daun secara berhadap-hadapan (daun majemuk) yang menyirip ganjil (Rukmana, 1997).

Akar kentang berasal dari umbi. Tidak memiliki akar utama, tapi hanya akar halus atau akar serabut saja yang panjangnya dapat mencapai 60 cm. Dalam tanah, akar-akar banyak terdapat pada kedalaman 20 cm (Soelarso, 1997). Sedangkan kentang dari biji membentuk akar tunggang ramping dengan akar lateral yang banyak (Rubatzky dan Yamaguchi *dalam* Tusadiyah, 2001).

Stolon merupakan tunas lateral yang tumbuh dari ketiak daun di bawah permukaan tanah. Stolon tumbuh memanjang dan melengkung di bagian ujung dan membengkok membentuk umbi (Rukmana,

1997). Umbi kentang tumbuh di ujung akar stolon pada awal pertumbuhan umbi dan kemudian saat mulai aktif tumbuh, berfungsi menyimpan pati, air, dan nutrisi lainnya. Selanjutnya umbi menjadi organ yang dominan sebagai tempat penyimpan karbohidrat serta nutrisi anorganik yang mobil (Ashari, 1995). Tahap pembentukan umbi ada empat, yaitu induksi dan pertumbuhan awal stolon, pertumbuhan stolon (pemanjangan dan pembentukan cabang), terhentinya pertumbuhan membujur pada stolon, dan induksi pertumbuhan awal umbi yang menghasilkan pertumbuhan melebar pada umbi (Vreugdenhil dan Struik, 1989 dalam Salisbury dan Ross, 1995).

Kentang dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu kentang liar dan kentang budidaya. Kentang budidaya (*Solanum tuberosum* Linn.) terbagi atas tiga jenis, yaitu kentang kuning, kentang putih, dan kentang merah. Dua varietas kentang yang banyak ditanam di Kabupaten Enrekang adalah:

Varietas Granola. Varietas ini diintroduksi dari Jerman dengan potensi hasil mencapai 30–40 ton/ha. Kulit umbi dan daging berwarna kuning, mata umbi dangkal, dan sedikit, dengan bentuk umbi bulat (Rukmana, 1997). Berumur genjah (80–90 hari), tahan terhadap serangan beberapa jenis penyakit. Misalnya daya serang suatu penyakit terhadap kentang lain 30%, granola hanya 10% (Tusadiyah, 2001).

Varietas Donata. Varietas ini masuk dalam golongan kentang putih. Kulit umbi dan dagingnya

berwarna putih. Sementara bentuk umbi lonjong agak gepeng dengan sedikit mata umbi dan kedalaman mata dangkal (Soelarso, 1997).

Tanah yang cocok untuk tanaman kentang adalah tanah berdrainase baik, tekstur sedang, dan gembur. Kedalaman tanah 15 cm dengan ketersediaan air tidak boleh kurang dari 50% kapasitas lapang (Martodirejo dan Widada Agus Suryanto, 2001). Rasa umbi akan menjadi enak dan pulen dengan kandungan karbohidrat tinggi pada tanah lempung berpasir, pH tanah yang cocok 6-7. Tanah yang terlalu salin dan tanah sodik (banyak kandungan Na) mengganggu pertumbuhan umbi. Tanah salin membuat akar sukar mengambil air tanah dan tanah banyak Na menghalangi suplai air untuk tanaman (Ashari, 1995).

Kisaran suhu udara untuk pertumbuhan tanaman kentang adalah 8–30°C dengan suhu optimal 16°C–20°C. Suhu di bawah 10°C dan di atas 27°C akan menghambat pertumbuhan umbi. Temperatur tanah yang tinggi pada penanaman menyebabkan benih membusuk (Sys et al., 1993).

Curah hujan rata-rata bulanan adalah 200–300 mm atau rata-rata 1000 mm selama masa pertumbuhan. Pertumbuhan kentang pada periode awal sampai pertengahan, saat daun sedang aktif tumbuh adalah 40–60% dengan kelembaban udara tinggi antara 80–90%. Sedangkan pada periode pertengahan sampai akhir membutuhkan udara yang sedikit kering (Soelarso, 1997).

Pertanian Organik

Saat ini, terjadi pemanfaatan sumber daya alam secara besar-besaran untuk memenuhi kebutuhan manusia yang jumlahnya makin meningkat. Strategi pertanian lalu diarahkan untuk memperoleh produksi secara maksimal. Sebagaimana dikemukakan Soeriaatmaja (1997), strategi pertanian mempunyai empat tujuan, masing-masing: 1) Memperoleh produksi maksimal per unit luas tertentu dari daerah pertanian. 2) Melakukan tata cara bertani untuk memperoleh keuntungan maksimal. 3) Menekan sekecil-kecilnya ketidakmampuan dalam produksi pertanian. 4) Mencegah penurunan kapasitas produksi sistem pertanian.

Sistem pertanian ini sangat bergantung pada bahan kimia sintetik untuk mengendalikan organisme pengganggu yang sangat mengganggu keseimbangan ekosistem. Ledakan hama terjadi karena predator alami mati akibat penggunaan pestisida. Lahan juga cenderung rusak karena penggunaan pupuk dosis tinggi. Penelitian di Sumatera Utara menunjukkan sebahagian besar perairan Indonesia telah tercemar Nitrogen dari pupuk urea (Sinar Harapan, 2 November 2003).

Praktek pertanian intensif di satu sisi telah berakibat pada berkurangnya bahan organik, tanah menjadi padat, kurangnya porositas tanah, rendahnya nilai tukar kation tanah, daya ikat air, populasi dan aktivitas mikroba, serta secara keseluruhan berakibat rendahnya tingkat kesuburan tanah (Stoate dkk., 2001 *dalam* Nane,

2004). Pemikiran untuk kembali menggunakan bahan-bahan ramah lingkungan demi mencegah kerusakan berlanjut dikenal sebagai pertanian organik.

Pupuk Organik

Definisi pupuk organik menurut *International Organization for Standardization* (ISO) adalah bahan organik atau bahan karbon, umumnya berasal dari tumbuhan dan atau hewan atau mikroorganisme atau hasil metabolisme, atau setiap limbah yang berasal dari tumbuhan dan atau hewan, ditambahkan ke dalam tanah secara spesifik sebagai sumber hara, umumnya mengandung nitrogen (Sutanto, 2002).

Pupuk organik meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil, memperbaiki, dan mempertahankan tingkat kesuburan tanah. Walau kandungan haranya rendah, namun keistimewaannya adalah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pupuk organik dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain:

a. Pupuk Kandang

Pupuk kandang kering mengurangi pengaruh kenaikan temperatur selama proses dekomposisi dan terjadinya kekurangan nitrogen yang dibutuhkan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk kandang kering mempunyai kandungan N, P, dan K bervariasi yang dapat dilihat pada Tabel 1 (Susanto, 2002).

Tabel 1. Komposisi Bahan Kering Unsur Hara Berbagai Macam Pupuk Kandang

Jenis	Senyawa Organik (%)	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Kalium (%)
Kotoran kuda	22	1,5–1,7	3,6–3,9	4,0
Kotoran sapi	16	0,5–1,6	2,4–2,9	0,5
Kotoran kambing	64	0,7	0,4	-
Kotoran ayam	29	1,0–2,1	8,9–10,1	0,4

Bokashi pupuk kandang berpengaruh baik dan sangat nyata terhadap tinggi tanaman dan produksi umbi tanaman kentang varietas granola. Bokashi pupuk kandang ayam dapat menghasilkan produksi kentang sekitar 18 ton/ha dan bokashi pupuk kandang kambing sebesar 19,83 ton/ha. Sementara tanpa penggunaan bahan organik, produksi hanya 6,2 ton/ha (Karmin, 2003).

b. Limbah Pertanian

Limbah pertanian yang dapat digunakan antara lain jerami, sekam, dedak, dan kulit kopi. Setelah limbah tersebut mengalami dekomposisi akibat kegiatan mikroorganisme, maka akan menjadi penyedia unsur hara bagi tanaman. Hasil panen padi sebanyak lima ton gabah akan menyerap dari dalam tanah sebanyak 150 kg N, 20 kg P, dan 20 kg S. Hampir semua unsur K dan sepertiga N, P, K, dan S terdapat dalam jerami padi. Itu berarti jerami padi mengandung unsur hara makro yang baik (Sutanto, 2002).

Namun bila dipadukan dengan pupuk anorganik, hasilnya akan lebih baik lagi. Penelitian Goulding et al., (2001) menunjukkan bahwa bahan organik dikombinasikan dengan NP dan residu tanaman akan mencapai kandungan C organik 2,15 % dengan kadar P tersedia sebesar 107,2 mg/kg. Bila hanya menggunakan N dan P saja, maka kandungan C-organik hanya mencapai 1,63% dengan P tersedia 88 mg/kg. Penggunaan bahan organik di lahan pertanian juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan P sebesar 50% pada aplikasi P 20 kg/ha, sedangkan tanpa pupuk organik efisiensinya hanya 30% pada dosis yang sama.

Penelitian Goulding et al. (2001) menunjukkan pula bahwa pupuk organik dari limbah pertanian juga meningkatkan efisiensi penggunaan K hingga 100% pada dosis 70 kg K/ha. Adapun bila hanya dilakukan aplikasi pupuk biasa tanpa bahan organik, efisiensinya hanya 60% pada dosis yang sama. Sekam padi dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, yang menurunkan pengaruh negatif dan memperlebar ketersediaan optimal lengas tanah, serta memperbaiki sifat fisik tanah.

Tabel 2. Hasil Analisis Sekam Padi: (Sutanto, 2002).

Kandungan lengas	9,02%
Protein jenuh	3,27%
Lemak	1,18%
Karbohidrat	33,71%
Serat jenuh	35,68%
Abu	17,71%

Unsur hara juga dapat diperoleh dari serasah daun kopi, sisa pangkasan, sampai limbah buah kopi. Kandungan unsur hara dalam sisa tanaman kopi dan tanaman naungan dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Unsur Hara pada Pertanaman Kopi dan Tanaman Naungan.

Komponen	Unsur Hara					
1. Unsur Hara Makro (kg/ha/tahun)						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
Daun kopi Arabika	73,5	6	46,4	29	43,7	3,1
Pulpa dan perkamen buah kopi	17,8	3,2	45,8	2	6	1,6
Sisa pangkasan kopi	322	41	341	50	207	11
Daun kopi Arabika	28,7	4,8	21,8	6,6	18,8	
Sisa pangkasan Erythrina	182	48	187	45	183	
2. Unsur hara mikro (g/ha/tahun)						
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Daun kopi Arabika	751	78,7	160	200	97,5	
Pulpa dan perkamen buah	51	29,5	71,4	18,4	34,7	
Sisa pangkasan kopi	2805	438	154	232	351	

(Sumber: *Indonesian Coffee and Cacao Research Institute, 2003*)

c. Pupuk Hijau

Pupuk hijau merupakan sumber bahan organik yang banyak memasok N 109,1 kg/ha, 10,1 kg/ha P, dan 95,6 kg/ha K (Kunc, 1988). Penambahan N lewat pupuk hijau ini mampu menciptakan lingkungan kondusif bagi perkembangan mikroorganisme tanah dan mengembalikan unsur hara yang tercuci (Greenland dalam Sutanto, 2002).

Secara tidak langsung nitrogen yang diabsorpsi oleh tanaman akan tersimpan sebagai senyawa organik di daun, sehingga setelah mengalami pelapukan dari daun-daun yang gugur akan menambah ketersediaan N karena proses-proses pelapukan senyawa N organik (Santoso, 1994). Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hijau adalah Gamal (*Gliricidia spium*), yang mempunyai kandungan N cukup tinggi.

Bokashi

Kata bokashi berasal dari bahasa Jepang yang berarti 'bahan organik yang difermentasikan'. Manfaat bokashi dalam pertanian adalah memperbaiki pertumbuhan tanaman, meningkatkan produksi, meningkatkan kesuburan tanah, dan menjaga kelestarian lingkungan (Wididana dan Higa, 1994).

Bokashi dibuat dengan memfermentasikan bahan organik dengan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4). EM4 merupakan kultur campuran dari mikroorganisme menguntungkan yang akan membantu memperbaiki kondisi biologis tanah dan penyerpan unsur hara. EM4 mengandung mikroorganisme fermentasi dan sintetik yang terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp), *Actinomyces* sp, *Streptomyces* sp, dan ragi (yeast).

Bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dari gula yang merupakan suatu zat yang dapat menyebabkan kemandulan (*sterilizer*), sehingga dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan meningkatkan percepatan perombakan

bahan-bahan organik. Bakteri ini mampu menekan pertumbuhan *Fusarium sp.* Bakteri fotosintetik membentuk zat-zat bermanfaat dari sekresi akar-akar tumbuhan, berupa asam amino, asam nukleik, zat bioaktif, dan gula yang mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Zat-zat tersebut berfungsi sebagai substrat untuk bakteri yang terus bertambah. *Actinomycetes* yang merupakan bentuk antara bakteri dan jamur yang menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino. Sedangkan ragi membentuk zat-zat anti bakteri dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam-asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik. Selain itu, bermanfaat sebagai pestisida hayati untuk meningkatkan kesehatan tanaman (Departemen Pertanian, 1996; Marsono dan Paulus Sigit, 2002).

Higa dan Kinjo (1991) menganalisa kandungan asam amino yang dihasilkan dari penginkubasian bahan organik dengan EM4 lebih tinggi dari kontrol. Fermentasi bahan organik oleh EM4 memberi pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman lobak. Perlakuan EM4 dalam tanah dapat pula meningkatkan ketersediaan kandungan P_2O_5 bagi tanaman (Wididana, 1996).

Adapun hasil penelitian Farid (2003) pada tanaman kapas transgenik Bt menunjukkan bahwa bokashi pupuk kandang memberi pengaruh yang nyata terhadap tanaman. Menambah tinggi tanaman, jumlah cabang monopodial dan simpodial, mempercepat pembentukan buku, mempercepat pembentukan kuncup bunga atau square hingga berbunga.

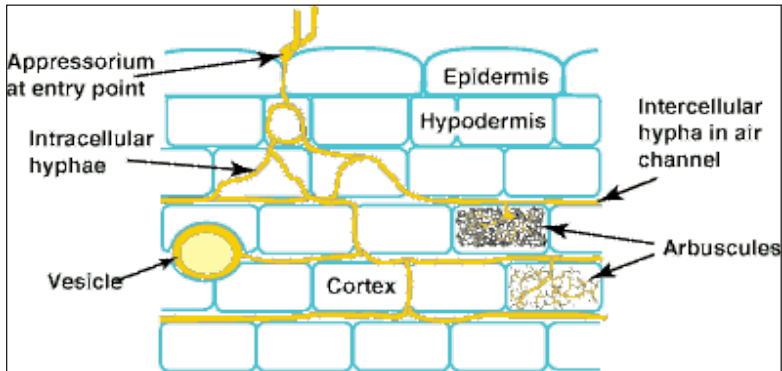
Mikoriza Veskular Asbuskular

Secara sederhana, mikoriza berarti jamur akar. Untuk daerah tropis, kebanyakan tanaman pertanian membentuk mikoriza dengan jamur Mikoriza Veskular Asbuskular (MVA) ordo *Glomales* dan *Zygomycetes*. Jamur ini merupakan endomikoriza, berpotensi meningkatkan efisiensi dan keefektifan serapan hara dari dalam tanah sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman serta memperbaiki struktur tanah, dengan cara bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman (Baon, 2001).

Mikoriza VA merupakan asosiasi antara tanaman golongan *Angiospermae*, *Gymnospermae*, dan paku-pakuan dengan jamur dari golongan *Endogonales*. Asosiasi ini membentuk struktur vesikular dan arbuskular dalam korteks akar. Arbuskular terbentuk dalam akar, merupakan hifa bercabang halus yang dapat meningkatkan dua sampai tiga kali luas permukaan plasmolema akar, dan digunakan untuk memindahkan nutrisi antara jamur dan tanaman. Arbuskular ini biasanya hanya berumur 4-15 hari sebelum terbentuk vesikel pada ujung-ujung hifa. Vesikel merupakan organ penyimpan dan sebagai reproduktif vegetatif. Bila korteks robek, vesikel dibebaskan dalam tanah, berkecambah, dan merupakan propagul efektif (Kabirun, 1990; Setiadi, 1990).

Proses infeksi Mikoriza VA dimulai dengan pembentukan apresorium (penebalan massa hifa yang kemudian menyempit seperti biji) pada permukaan

akar oleh hifa eksternal dari perkecambahan spora atau akar tanaman lain yang telah terinfeksi. Hifa masuk ke dalam akar menembus melalui celah antar epidermis, apresorium kemudian tersebar baik intraseluler maupun interseluler dalam korteks sepanjang akar. Setelah proses tersebut berlangsung, terbentuklah arbuskular, vesikular, dan akhirnya spora (Muzar, 2000 *dalam* Nurhalisyah, 2003).



Gambar 2. Proses Infeksi Mikoriza VA dalam Jaringan Akar (Brundrett, 1991).

Proses infeksi Mikoriza VA dipengaruhi oleh:

1. Kepekaan inang terhadap infeksi. Mikoriza VA tidak spesifik terhadap satu jenis inang, hanya tingkat efektivitasnya berbeda. Hal ini sangat tergantung pada tingkat kebutuhan fosfat dan anatomi tanaman.
2. Faktor iklim. Cahaya sebagai sumber energi berpengaruh terhadap tanaman inang yang menyediakan karbohidrat bagi Mikoriza VA.

Naungan yang berlebihan akan mengurangi infeksi akar, produksi spora, dan mengurangi respon tanaman terhadap mikoriza. Temperatur berpengaruh terhadap perkembangan spora, penetrasi hifa, dan perkembangan pada akar. Spora *Gigaspora* berkembang baik pada suhu 34°C, dan *Glomus* pada 20°C.

3. Faktor tanah. Aerasi buruk sangat mempengaruhi tingkat infeksi pada akar. Sedangkan pH yang dibutuhkan untuk berkembang biak adalah pH netral antara 5,6 dan 7. Kandungan fosfat dan nitrogen tinggi dalam tanah dan pemberian pestisida kimia cenderung menurunkan infeksi mikoriza (Setiadi, 1990).

Mikoriza VA dan Proses Fisiologi Tanaman

Mikoriza VA dapat memperbaiki hubungan air tanaman, mempertinggi laju fotosintesis, dan menurunkan resistensi stomata. Selain itu, dapat menyebabkan perubahan populasi mikrobial di *mycorrhizosphere* dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan serangga (Rini, 2004).

Mikoriza VA dan Ketersediaan Unsur Hara

Salah satu keuntungan yang didapat dari Mikoriza VA adalah kemampuannya dalam mengangkut hara. Penelitian yang dilakukan oleh Routin dan Dawson (1943) menunjukkan bahwa mikoriza dapat meningkatkan kapasitas penyerapan hara oleh

akar tanaman sebagai akibat bertambahnya asam karbonat dalam tanah.

Pertambahan ini akibat adanya aktivitas respirasi jamur yang berasosiasi dengan akar tanaman dalam bentuk mikoriza. Asam karbonat akan meningkatkan kapasitas absorpsi unsur-unsur hara oleh tanaman. Akibatnya, tanaman memperoleh kemudahan dalam menyerap unsur hara yang sebelumnya dalam keadaan terfiksasi dan tidak tersedia (Santoso, 1994).

Fosfor merupakan bagian penting dari pembentukan protein nukleo dan adenosin fosfat dalam sel. Nukleotida merupakan salah satu ikatan penting dalam sel yang mengandung P. Nukleotida adalah senyawa penyusun RNA, DNA, dan NADP. Kekurangan P akan menghambat pertumbuhan dan reaksi-reaksi sintesa metabolisme tanaman (Prawiranata et.al., 1981 *dalam* Santoso, 1994).

Hifa eksternal membentuk jalur yang penting untuk P melalui tanah dengan cara melewati daerah yang tidak mengandung P di sekitar akar dan menambah akses P, yang hanya didapat melalui proses difusi lambat jika tidak ada mikoriza. Transpor P melalui hifa, yaitu translokasi pada hifa menyeberangi interfase simbiotik. Hifa P dipengaruhi oleh total panjang hifa dan bentangannya dalam tanah. Fosfor terlarut kemudian dibebaskan oleh agen P, dan diambil secara kinetik oleh hifa. Fosfor melalui translokasi dipengaruhi area interfase dan oleh enzim interfase termasuk sistem transpor membran (Jakobsen, 1994).

Howelver et al. (1979) melaporkan bahwa mikoriza dapat meningkatkan tujuh kali lipat penyerapan P pada ubi kayu pada tanah steril, dibanding tanaman yang tidak bermikoriza. Pada tanah tidak steril penyerapan P hanya meningkat 50% pada pemupukan P 0,55 ton/ha, dibanding tanaman yang tidak bermikoriza (Santoso, 1994).

Fiksasi N bebas secara simbiotik merupakan cara efisien untuk menghasilkan N tersedia bagi tanaman, karena tidak terjadi kehilangan baik melalui pencucian maupun melalui denitrifikasi. Mengingat N mudah mengalami perubahan bila berada dalam tanah, sedangkan efisiensi pupuk N dalam tanah hanya berkisar antara 25-35% untuk kondisi tropik. Tanaman yang bersimbiotik dengan mikoriza, N menjadi meningkat karena fiksasi, juga meningkatkan mobilitas hara yang sebelumnya tidak mobil. Selain itu juga meningkatkan penyerapan unsur hara lainnya seperti K dan Fe (Santoso, 1994; Miller dan Jastrow, 1996).

Mikoriza VA dan Sifat Fisik Tanah

Tanah yang mengandung mikoriza tidak mengalami kerusakan akibat aliran air. Akibat adanya mikoriza, vegetasi di atas tanah yang menjadi inangnya menjadi rimbun dan subur, sehingga aliran air terhambat di permukaan tanah. Salah satu pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi adalah pengaruh akar dan kegiatan-kegiatan biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya

terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah (Sitana, 1989).

Miller dan Jastrow (1996) melaporkan bahwa kontribusi jamur Mikoriza VA untuk membentuk makroagregat tanah (diameter $> 0,25$ mm yang lebih stabil, meliputi 3 proses: 1) pertumbuhan hifa ke dalam matriks tanah untuk membentuk rangka struktur yang mempertahankan partikel primer tanah melalui penjeratan fisik, 2) kemudian oleh akar dan eksternal hifa, dengan kondisi yang baik, membentuk mikroagregat (diameter $< 0,25$ mm), 3) mikroagregat dan makroagregat yang lebih kecil ditangkap oleh eksternal hifa dan akar untuk membuat struktur makroagregat. Ketiga proses tersebut berjalan secara simultan.

Mikoriza VA dan Efisiensi Penggunaan Air

Mikoriza pada tanah meningkatkan efisiensi penggunaan air oleh tanaman sehingga pemborosan air dapat dikurangi. Mikoriza dapat meningkatkan nilai tegangan osmotik sel-sel akar tanaman pada tanah-tanah yang kadar airnya sangat rendah dan membuat tanaman dapat mempertahankan hidupnya. Bibit alpukat misalnya, mampu meningkatkan kemampuan penyerapan air dengan mikoriza (Sands dan Theodorou, 1978, dalam Santoso, 1994; Kabirun, 1990).

BAB 3

PELAKSANAAN

KEGIATAN PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanaman sayur milik petani di Dusun Buntu Ampang, Desa Baroko Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang. Lokasi tersebut berada pada ketinggian 1.025 meter di atas permukaan laut.

Bahan yang digunakan adalah benih dua varietas tanaman kentang, yaitu granola dan donata. Bahan lainnya adalah limbah pertanian (jerami, sekam, dedak, dan kulit kopi), gamal (*Gliricidia spium*), pupuk kandang ayam, EM4, inokulan Mikoriza AV, bakteri antagonis *Pseudomonas fluoresence*, *Basilius subtilis*, *Tricoderma*, dan air. Alat yang digunakan berupa Photosyntehtetic System CID 320 P, alat pencacah, oven, timbangan, label, selang, meteran, ember, dan cangkul. Analisis hara bokashi yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Hara Bokashi yang digunakan dalam Penelitian

No	Parameter	Bokashi Jerami	Bokashi PK Ayam	Bokashi Kulit Kopi
1.	pH H ₂ O	8,24	8,64	8,23
2.	C-Organik (%)	7,24	10,24	8,75
3.	N-Total (%)	0,21	3,25	1,85
4.	P ₂ O ₅ -tersedia (%)	1,23	5,89	0,27
5.	KTK (cmol/kg)	56,64	65,98	49,22
6.	K (cmol/kg)	0,37	2,22	2,26
7.	Na (Cmol/kg)	0,25	0,54	0,40
8.	Ca (cmol/kg)	1,42	1,97	2,95
9.	Mg (cmol/kg)	0,54	0,78	2,25
10.	SO ₄ (%)	0,20	0,44	0,15

Rancangan Penelitian

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Petak-Petak Terpisah (RPPT) dengan tiga faktor. Petak utama adalah varietas kentang (v), yaitu granola (v1) dan donata (v2). Anak petak adalah jenis bokashi (b), yaitu tanpa bokashi (b0), bokashi jerami (b1), bokashi pupuk kandang (b2), dan bokashi kulit kopi (b3). Anak-anak petak adalah dosis inokulan mikoriza (m), yaitu tanpa mikoriza (m0), 3 g per tanaman (m1), dan 6 g per tanaman (m2). Terdapat 24 kombinasi perlakuan:

v1b0m0	v2b0m0
v1b0m1	v2b0m1
v1b0m2	v2b0m2

v1b1m0	v2b1m0
v1b1m1	v2b1m1
v1b1m2	v2b1m2
v1b2m0	v2b2m0
v1b2m1	v2b2m1
v1b2m2	v2b2m2
v1b3m0	v2b3m0
v1b3m1	v2b3m1
v1b3m2	v2b3m2

Tiap perlakuan diulang tiga kali sehingga terdapat 72 petak percobaan.

Model Statistika

Model statistika untuk percobaan RPPT, yang terdiri dari tiga faktor, V sebagai faktor utama, B sebagai anak petak, dan M sebagai anak-anak petak:

$$Y_{ijkl} = \mu + K_l + V_i + \epsilon_{il} + B_j + (VB)_{ij} + \delta_{ijl} + M_k + (VM)_{ik} + (BM)_{jk} + (VBM)_{ijk} + \gamma_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Nilai pengamatan pada kelompok ke-1 yang memperoleh ke-I dari varietas, taraf ke-j dari bokashi, dan taraf ke-k dari mikoriza.

μ = Nilai rata-rata sesungguhnya.

K_l = Pengaruh aditif dari kelompok ke-l.

V_i = Pengaruh aditif dari taraf ke-I faktor varietas.

- ϵ_{il} = Pengaruh galat yang timbul pada kelompok ke-1 yang memperoleh taraf ke-I dari faktor varietas atau galat petak utama.
- B_j = Pengaruh aditif dari taraf ke-j faktor bokashi.
- $(VB)_{ij}$ = Pengaruh intraksi antara taraf ke-I dari varietas dan taraf ke-j dari bokashi.
- δ_{ijl} = Pengaruh galat yang timbul pada kelompok ke-1 yang memperoleh taraf ke-I dari varietas dan taraf ke-j dari bokashi, sering disebut galat anak petak.
- M_k = Pengaruh aditif dari taraf ke-k dari mikoriza.
- $(VM)_{ik}$ = Pengaruh interaksi antara taraf ke-I dari varietas dan taraf ke-k dari mikoriza.
- $(VBM)_{ijk}$ = Pengaruh interaksi antara taraf ke-I dari Varietas, taraf ke-j dari bokashi, dan taraf ke-k dari mikoriza.
- $(BM)_{jk}$ = Pengaruh interaksi antara taraf ke-j dari bokashi dan taraf ke-k dari mikoriza.
- Y_{ijkl} = Pengaruh galat yang timbul pada kelompok ke-1 yang memperoleh taraf ke-I dari varietas, taraf ke-j dari bokashi, dan taraf k dari mikoriza, sering disebut galat anak-anak petak.

Komponen Pengamatan

1. Aspek Fisiologis. Bagian ini diukur mulai umur 21 hari setelah tumbuh (hst) dan diulang tiap dua minggu, yaitu:

- CO_2 internal (ppm).
- Konduktan stomata ($\text{mmol.m}^{-2}\text{detik}^{-1}$).
- Laju fotosintesis ($\text{mmol.m}^{-2}\text{detik}^{-1}$).
- Laju transpirasi ($\text{mmol.m}^{-2}\text{detik}^{-1}$).

Aspek fisiologis diukur dengan menggunakan alat Portable Photosynthetic System CID 320 P.

2. Aspek Pertumbuhan. Bagian ini diukur mulai umur 21 hst dan diulang tiap dua minggu. yaitu:

- Indeks Luas Daun (*Leaf Area Index*). Sampel diambil pada 21 hst, 42 hst, dan 63 hst, serta dihitung dengan menggunakan rumus $\text{ILD} = \text{LD}/\text{G}$ (Watson dalam Sitompul, 1986).

LD = Luas Daun. G = Luas Tegakan.

- Laju Tumbuh Tanaman. Dihitung dengan rumus (Fisher dalam Nasaruddin, 2004). Sampel diambil pada 21 hst, 42 hst, dan 63 hst, dihitung dengan rumus: $[\text{W}_2 - \text{W}_1]/(\text{T}_2 - \text{T}_1) \times 1 (\text{1/G})$.

W1 dan W2 = Berat kering pada pengambilan contoh berurutan.

T1 dan T2 = Waktu pengambilan contoh berurutan.

G = Luas petakan.

- Laju Asimilasi Netto (LAN). Bagian diukur sejak 21 hst dan diulang tiap dua minggu dengan rumus:

$$\text{LAN} = [\text{W}_2 - \text{W}_1]/(\text{T}_2 - \text{T}_1) \times \ln \text{LD}_2 + \ln \text{LD}_1/(\text{T}_2 - \text{T}_1).$$

3. Analisis P dalam Jaringan. Dilakukan dengan mengambil satu sampel utuh dalam satu ulangan seminggu sebelum panen. Tanaman sampel dioven selama 24 jam dan dilakukan analisis jaringan di laboratorium.
4. Aspek Produksi:
 - Jumlah umbi per tanaman dihitung saat panen.
 - Bobot umbi per tanaman ditimbang saat panen.
 - Bobot umbi total per petak, yaitu bobot umbi per tanaman dikalikan jumlah tanaman dalam satu petak.
 - Bobot umbi per hektar, dikonversi ke dalam satuan ton/hektar.
5. Pengamatan data pendukung lainnya:
 - Analisis tanah sebelum dan setelah penelitian.
 - Analisis hara tiga jenis bokashi yang digunakan sebelum diaplikasikan.

Pelaksanaan Percobaan:

Persiapan Lahan

Lahan dibersihkan menggunakan cangkul dan linggis. Pengolahan lahan berlangsung 14 hari sebelum penanaman. Pada dua titik berbeda dalam lahan diambil sampel tanah untuk dianalisis. Kemudian dilakukan pembuatan bedengan sebanyak 72 petak. Petak berukuran 1 m x 5 m dengan tinggi sekitar 30 cm. Jarak antar bedengan 60 cm, dan jarak antar kelompok sebesar 1 m. Parit keliling kebun untuk pengaturan air sedalam 50 cm dengan lebar sekitar 30 cm.

Pembuatan Bokashi dan Aplikasinya

Bokashi yang dibuat adalah bokashi pupuk kandang. Komposisi bahan terdiri dari 190 kg pupuk kandang ayam, 40 kg sekam, dan 20 kg dedak. Bokashi jerami dengan bahan 190 kg jerami, 40 kg sekam, dan 20 kg dedak. Bokashi kulit kopi dengan bahan 175 kg kulit kopi, 40 kg sekam, 20 kg dedak, dan 25 kg gamal. Dosis yang digunakan adalah 10 ton/ha untuk setiap jenis bokashi. Cara pembuatan bokashi:

1. Larutan EM4 diencerkan dengan dosis 1 liter/10 air dan 1 kg pasir dibuat sehari sebelum pembuatan bokashi.
2. Semua bahan organik dicacah halus sepanjang 5 cm dan dicampur merata sesuai jenisnya.
3. Larutan EM4 yang telah diencerkan dicampur air, disiramkan perlahan dan merata pada bahan organik tadi sampai kandungan airnya mencapai 30%. Atau bila dikepal airnya tidak menetes dan adonan menggumpal.
4. Adonan dihamparkan di atas alas karung yang kering dengan tinggi sekitar 30 cm. Hamparan ditutup karung goni yang memungkinkan terjadi pertukaran udara.
5. Suhu gundukan dipertahankan dibawah 50°C. Bila mendekati suhu tersebut, maka adonan harus dibalik, terutama pada tiga hari pertama.
6. Setelah enam hari sesudah adonan berubah warna dan bau, karung penutup gundukan dibuka dan dikering-anginkan sehari sebelum dikarungkan.

7. Bokashi siap digunakan. Tiap jenis bokashi diambil sampelnya untuk dianalisis.

Bokashi yang telah jadi diaduk merata pada tanah bedengan dengan dosis 5 kg/petak. Pengaplikasian bokashi dilakukan seminggu sebelum penanaman.

Penanaman dan Perlakuan Mikoriza VA

Bibit kentang yang dipakai adalah yang telah melewati masa dormansi. Bibit tersebut direndam selama 15 menit dalam bakteri antagonis yang telah diencerkan dalam air. Pemberian inokulan Mikoriza VA dilakukan bersamaan dengan penanaman bibit kentang sesuai perlakuan (M0, M1, dan M2). Lubang tanam dibuat dengan jarak tanam 60 cm x 30 cm sedalam kurang lebih 10 cm. Lubang diisi inokulan Mikoriza VA sesuai perlakuan dan bibit kentang, lalu ditutup kembali dengan tanah. Setiap bedengan bersisi sebanyak 36 tanaman.



Gambar 3. Aplikasi Inokulan Mikoriza Va dalam Lubang Tanam Saat Penanaman Kentang.

Pemupukan

Pupuk dasar pada penelitian ini menggunakan pupuk dasar urea, SP 36, dan KCl masing-masing 200, 200, dan 100 kg/ha.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi penyiraman dua kali sehari saat pagi dan sore hari. Penyiraman sangat diperlukan pada fase awal pertumbuhan dan berangsur-angsur sikurangi, tetapi tanah tidak boleh sampai mengalami kekeringan. Penyulaman dilakukan untuk mengganti tanaman mati sampai 14 hari setelah tanam. Penyiangan dilakukan dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di area pertanaman kentang.

Penyakit pada kentang dicegah dengan menggunakan fungisida berupa bakteri *Pseudomonas fluorescense*, *Basilus subtilis*, dan *Tricoderma*. Bakteri tersebut disemprotkan dengan selang 20 hari pada masa vegetatif tanaman.

Panen

Tanaman kentang dipanen saat berumur 85 hari. Adapun ciri-ciri tanaman siap panen seperti daun menguning dan mengering, batang berubah kekuningan, dan kulit umbi tidak mudah lecet.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan analisis varians (uji F). Dilanjutkan dengan uji BNT bila terdapat pengaruh yang nyata. Analisis regresi digunakan untuk melihat hubungan antara umur tanaman dengan dinamika pertumbuhannya.

BAB 4

HASIL PENELITIAN

Hasil

1. Aspek Fisiologis:

a. CO₂ Internal

Analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dan mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap CO₂ internal, namun interaksi keduanya berpengaruh nyata. Bahkan interaksi antara varietas, bahan organik, dan mikoriza menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap CO₂ internal pada umur 21 hst dan 42 hst. Pada umur 63 hst hanya varietas yang berpengaruh nyata.

CO₂ internal tertinggi diperoleh pada interaksi perlakuan bokashi pupuk kandang ayam dengan mikoriza 3 g per tanaman pada varietas granola, tapi tidak berbeda dengan varietas donata yang diberi perlakuan sama pada umur 42 hst.

Pemberian mikoriza 3 g per tanaman menghasilkan rata-rata CO₂ internal tertinggi dibanding tanpa mikoriza dan pemberian mikoriza 6 g. Varietas donata

mencapai CO_2 internal tertinggi pada pemberian bokashi jerami dengan 6 g mikoriza.

Tabel 5. Rata-Rata CO_2 Internal Tanaman Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza VA pada Umur 42 hst.

Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP	
		Mikoriza (g/tan)	Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	BNT
							0,01
.....ppm.....							
Granola	0	614,10 ^b _q	608,57 ^{ab} _{pq}	592,23 ^a _p	591,97 ^a _p	23,12	
	3	612,97 ^a _p	613,90 ^a _p	616,73 ^a _p	613,43 ^a _p		
	6	613,20 ^a _p	613,67 ^a _p	614,03 ^a _p	610,90 ^a _p		
Donata	0	608,10 ^a _{pq}	613,83 ^a _q	612,73 ^a _{pq}	607,67 ^a _{pq}		
	3	612,33 ^{ab} _p	613,10 ^b _p	599,77 ^a _p	611,83 ^a _p		
	6	612,73 ^a _p	614,47 ^b _p	611,77 ^a _p	611,47 ^a _p		

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT.

b. Konduktan Stomata

Analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara ketiga perlakuan memperlihatkan pengaruh nyata terhadap konduktan stomata pada umur 21 dan 42 hst. Saat tanaman berumur 63 hst, hanya dosis mikoriza yang berpengaruh nyata. Konduktan stomata makin menurun dengan bertambahnya umur tanaman.

Tabel 6 menunjukkan bahwa konduktan stomata tertinggi umur 42 hst terdapat pada tanaman yang diberi bokashi jerami (b1) dan mikoriza 3 g (m1) pada varietas granola. Konduktan stomata tertinggi pada varietas donata diperoleh pada tanaman yang diberi bokashi kulit kopi (b3) dan 6 g mikoriza (m2).

Tabel 6. Rata-Rata Konduktan Stomata Dua Varietas Kentang dengan Berbagai Jenis Bokashi dan Mikoriza Va Pada 42 Hst.

Varietas	Dosis Mikoriza (g/tan)	Jenis Bokashi				NP BNT
		Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	0,01
.....mmol.m ⁻² detik ⁻¹						
Granola	0	14,92 ^b _p	11,53 ^{ab} _p	9,96 ^a _p	14,56 ^b _p	4,5
	3	13,45 ^a _p	19,95 ^b _q	14,50 ^a _q	12,66 ^a _p	
	6	14,28 ^a _p	13,15 ^a _p	14,52 ^a _q	12,76 ^a _p	
Donata	0	11,81 ^a _p	10,80 ^a _p	13,40 ^b _p	12,56 ^a _p	
	3	13,00 ^b _p	12,08 ^{ab} _p	8,92 ^a _p	11,67 ^a _p	
	6	11,01 ^a _p	13,69 ^a _p	12,41 ^a _{pq}	12,69 ^a _p	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT.

c. Laju Transpirasi

Analisis ragam menunjukkan interaksi antara varietas dan jenis bokashi berpengaruh nyata terhadap laju transpirasi umur 21 hst. Umur 42 hst interaksi antara ketiga perlakuan berpengaruh nyata, sedangkan pada 63 hst hanya mikoriza yang berpengaruh nyata. Tabel menunjukkan nilai rata-rata

laju transpirasi tertinggi pada varietas donata yang diberi bokashi jerami dan 3 g mikoriza pada umur 42 hst dan berbeda nyata dengan varietas granola pada perlakuan yang sama.

Tabel 7. Rata-Rata Laju Transpirasi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va Pada 42 Hst.

Varietas	Dosis Mikoriza (g/tan)	Jenis Bokashi				NP BNT 0,01
		Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	
.....mmol.m ⁻² detik ⁻¹						
Granola	0	3,01 ^a _{pq}	2,51 ^a _p	2,51 ^a _p	3,03 ^a _q	0,87
	3	2,99 ^a _{pq}	3,21 ^b _q	3,21 ^b _q	2,64 ^{ab} _p	
	6	3,13 ^a _q	2,84 ^{ab} _p	3,10 ^b _q	2,49 ^a _p	
Donata	0	2,64 ^a _{pq}	2,78 ^a _p	2,79 ^a _p	2,59 ^a _p	
	3	2,86 ^a _{pq}	5,52 ^b _r	5,16 ^b _r	2,75 ^a _p	
	6	2,36 ^a _p	2,39 ^a _p	3,09 ^b _p	2,69 ^{ab} _p	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT.

d. Laju Fotosintesis

Analisis ragam menunjukkan tidak terdapat perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap laju fotosintesis pada umur 21 hst. Interaksi antara varietas, jenis bokashi, dan dosis mikoriza berpengaruh nyata pada umur 42 hst. Sedangkan pada umur 63 hst hanya interaksi antara jenis bokashi dan dosis mikoriza yang berpengaruh nyata. Terdapat kecenderungan laju fotosintesis meningkat seiring meningkatnya waktu

sejak 21 hst, mencapai puncaknya pada umur 42 hst, dan menurun pada 63 hst.

Tabel 8 menunjukkan bahwa laju fotosintesis tertinggi pada varietas Granola (v1) diperoleh pada tanaman yang diberi bokashi pupuk kandang (b2) dengan 6 g mikoriza (m2) pada umur 42 hst, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang sama pada varietas donata. Demikian pula laju fotosintesis tertinggi pada varietas donata dicapai pada tanaman yang diberi bokashi pupuk kandang dan 6 g mikoriza pada umur 42 hst.

Tabel 8. Rata-Rata Laju Fotosintesis Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va Pada 42 Hst.

Varietas	Dosis Mikoriza (g/tan)	Jenis Bokashi				NP BNT 0,01
		Tanpa		Pupuk	Kulit	
		Bokashi	Jerami	kandang	kopi	
.....mmol.m ⁻² detik ⁻¹						
Granola	0	9,06 ^a _p	13,52 ^{ab} _r	9,52 ^a _{pq}	15,23 ^b _s	4,5
	3	9,46 ^a _p	11,37 ^a _p	12,98 ^{ab} _p	13,89 ^b _q	
	6	11,49 ^a _p	14,13 ^a _{pq}	15,23 ^a _r	14,80 ^a _{pq}	
Donata	0	9,80 ^a _{pq}	12,60 ^a _{pqr}	9,73 ^a _p	10,18 ^a _{pq}	
	3	12,51 ^a _{pq}	14,10 ^a _q	12,44 ^a _p	14,02 ^a _q	
	6	10,44 ^a _p	15,14 ^b _{qr}	11,62 ^{ab} _{pq}	15,21 ^b _s	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT.

2. Aspek Pertumbuhan

Analisis untuk mengetahui dinamika pertumbuhan tanaman kentang dilakukan dengan melakukan pengambilan data secara destruktif pada saat tanaman berumur 14 hari setelah tanam (hst), 21 hst, dan 42 hst.



Gambar 4. Pengambilan Data Secara Destruktif Dengan Mencabut Tanaman untuk Pengamatan Dinamika Pertumbuhan Tanaman Kentang Umur 14, 21, Dan 42 Hst.

a. Laju Tumbuh Tanaman Rata-Rata (LTP)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa interaksi antara bokashi dan mikoriza serta interaksi antara varietas, bokashi, dan mikoriza berpengaruh sangat nyata terhadap LTP tanaman kentang pada umur 21 hst. Pengamatan LTP pada umur 42 hst menunjukkan varietas berpengaruh sangat nyata, sedangkan interaksi antara ketiga perlakuan berpengaruh nyata. Pada umur 42 hst, ketiga perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap LTP tanaman kentang.

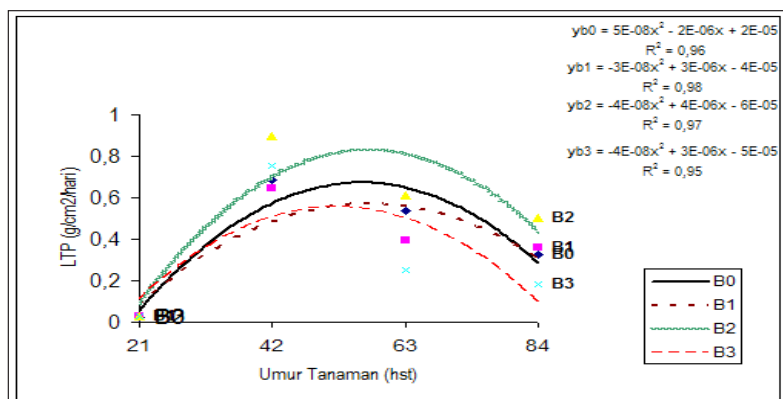
Tabel 9. Rata-Rata Laju Tumbuh Pertanaman Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va Pada 42 Hst.

Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP BNT
		Mikoriza (g/tan)	Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	
	g.m ⁻² hari ⁻¹					0,05
Granola	0	5,11 ^a _p	1,49 ^a _p	4,33 ^a _{pq}	1,69 ^a _p	12,5
	3	5,39 ^a _p	1,58 ^a _p	3,54 ^a _p	2,36 ^a _p	
	6	3,89 ^a _p	2,00 ^a _p	2,48 ^a _p	5,00 ^a _p	
Donata	0	14,54 ^a _{pq}	27,16 ^b _q	17,08 ^{ab} _q	18,25 ^{ab} _q	
	3	19,74 ^{ab} _q	24,20 ^b _q	12,26 ^a _q	12,54 ^a _{pq}	
	6	16,71 ^a _q	30,59 ^b _q	27,62 ^{ab} _q	18,97 ^a _q	

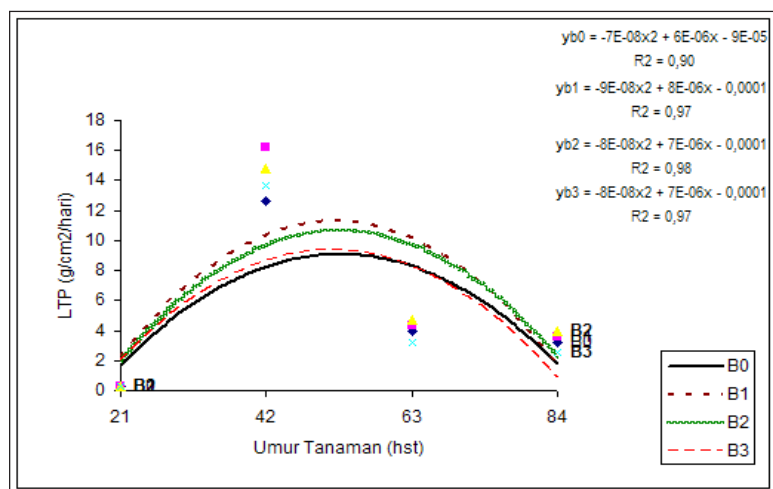
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT.

Tabel 9 menunjukkan laju tumbuh per tanaman tertinggi diperoleh pada tanaman yang diberi bokashi jerami dan 6 g mikoriza pada varietas donata. Hal itu berbeda nyata dengan varietas granola yang diberi perlakuan yang sama. Hubungan antara umur tanaman kentang dengan laju tumbuh per tanaman dapat dilihat pada gambar 5 dan 6. Gambar 5 menunjukkan tanaman yang diberi bokashi pupuk kandang (b2) dengan 6 g mikoriza mempunyai nilai LTP tertinggi pada varietas granola. Nilai LTP maksimum dicapai pada umur 50 hst dan mengalami penurunan sebesar 4.10^{-8} tiap penambahan satu satuan waktu. Varietas donata yang diberi 6 g mikoriza mencapai nilai LTP tertinggi pada pemberian bokashi jerami dengan persamaan $y_{b1} = 4.10$

$-5 + 3.10^{-6}x - 3.10^{-8}x^2$ dan $R^2 = 0,98$. LTP maksimum dicapai pada umur 44 hst, dan mengalami penurunan sebesar 9.10^{-8} tiap penambahan satu satuan waktu (Gambar 6).



Gambar 5. Laju Tumbuh Pertanian Kentang Varietas Granola pada Berbagai Jenis Bokasi dan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza Per Tanaman.



Gambar 6. Laju Tumbuh Pertanian Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi dan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza Per Tanaman.



Gambar 7. Tanaman Kentang Teraplikasi Bahan Organik dan Mikoriza Umur 21 Hari Setelah Tanaman.

b. Indeks Luas Daun (ILD)

Hasil analisis ragam indeks luas daun pada pengamatan pertama umur 21 hst, menunjukkan bahwa varietas dan interaksinya dengan bokashi dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap indeks luas daun tanaman kentang. Demikian pula pada umur 42 hst, varietas dan interaksinya dengan bokashi dan mikoriza memperlihatkan pengaruh nyata terhadap ILD.

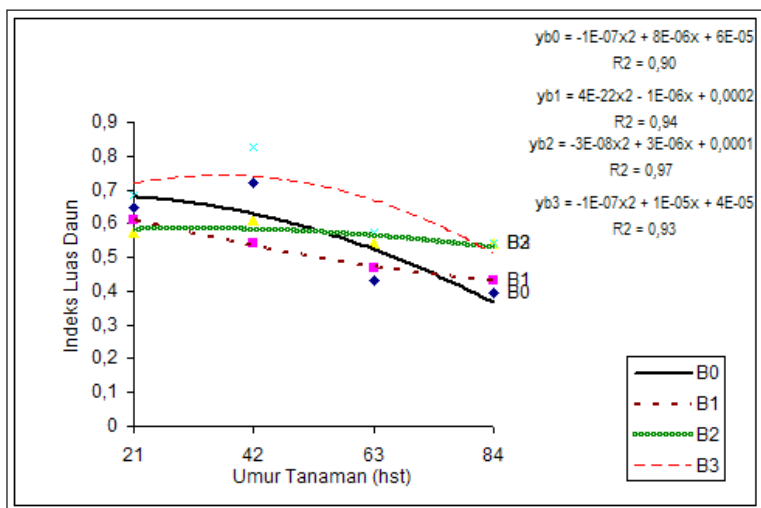
Pengamatan ILD terakhir pada umur 63 hst menunjukkan bokashi, mikoriza, serta interaksi antara varietas, bokashi, dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap ILD tanaman. Indeks luas daun tertinggi diperoleh pada varietas donata yang diberi bokashi jerami dengan 3 g mikoriza. Sebaliknya, berbeda nyata dengan perlakuan yang sama pada varietas granola (Tabel 10).

Tabel 10. Rata-Rata Indeks Luas Daun Dua Varietas Kentang Yang Diberi Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va Pada 42 Hst.

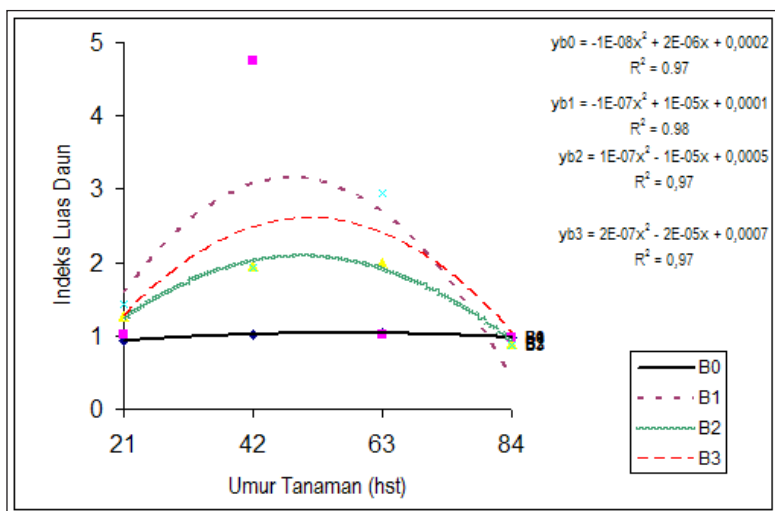
Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP BNT
		Mikoriza (g/tan)	Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	
0,05						
Granola	0	0,82 ^a _{pq}	0,19 ^a _p	0,42 ^a _p	0,13 ^a _p	3,4
	3	0,53 ^a _p	0,13 ^a _p	0,23 ^a _p	0,34 ^a _q	
	6	0,21 ^a _p	0,31 ^a _p	0,18 ^a _p	0,52 ^a _{pq}	
Donata	0	0,98 ^a _{pq}	2,86 ^{ab} _p	1,85 ^{ab} _p	4,47 ^b _q	
	3	3,97 ^{ab} _q	5,79 ^b _q	2,15 ^a _p	1,60 ^a _{pq}	
	6	1,54 ^a _p	4,59 ^{ab} _q	2,77 ^a _p	3,71 ^{ab} _q	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT

Korelasi antara umur tanaman (hari setelah tanam) dan indeks luas daun pada berbagai jenis bokashi dan dosis inokulan Mikoriza VA, dapat dilihat dari gambar 5 dan 6. Varietas granola (v1) memperoleh nilai ILD tertinggi pada tanaman yang diberi bokashi kulit kopi (B3), yang dicapai pada umur 50 hst dan mengalami penurunan sebesar 2.0^{-7} tiap penambahan satu satuan waktu (Gambar 8). ILD tertinggi pada varietas donata diperoleh oleh tanaman yang diberi bokashi jerami (Gambar 9).



Gambar 8. Indeks Luas Daun Kentang Varietas Granola pada Berbagai Jenis Bokasi Dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.



Gambar 9. Indeks Luas Daun Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.

c. Laju Asimilasi Netto (LAN)

Analisis ragam menunjukkan perlakuan mikoriza, bokashi, dan interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh nyata terhadap LAN tanaman. Demikian pula interaksi varietas dan mikoriza, serta interaksi varietas, bokashi, dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap tanaman pada umur 21 hst, Pengamatan kedua pada umur 42 hst menunjukkan interaksi varietas dan bokashi berpengaruh sangat nyata terhadap LAN tanaman. Interaksi ketiga perlakuan berpengaruh nyata terhadap LAN tanaman pada umur 63 hst.

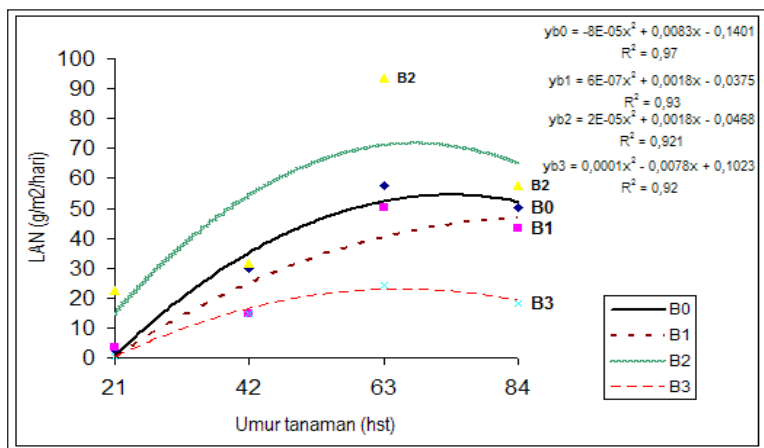
Tabel 11 menunjukkan LAN tertinggi diperoleh pada varietas donata yang diberi bokashi jerami dengan 6 g mikoriza, dan berbeda nyata dengan varietas granola yang diberi perlakuan sama.

Tabel 11. Rata-Rata Laju Asimilasi Netto Dua Varietas Kentang yang Diberi Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va Pada 42 Hst.

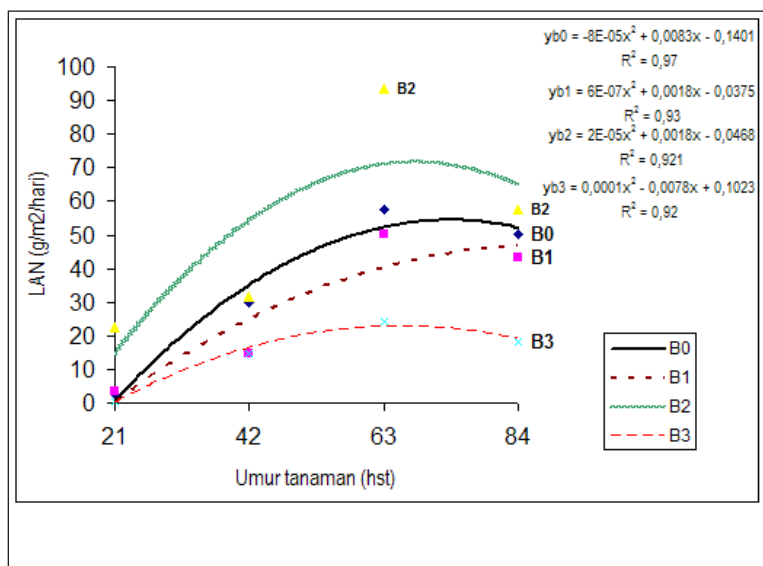
Varietas	Dosis Mikoriza (g/tan)	Jenis Bokashi				NP BNT
		Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	
g.m ⁻² hari ⁻¹						
Granola	0	75,10 ^{b_{qr}}	18,91 ^{a_p}	55,82 ^{a_q}	62,76 ^{a_{pq}}	50,32
	3	74,58 ^{a_{pq}}	40,10 ^{a_q}	71,15 ^{a_p}	26,58 ^{a_p}	
	6	83,05 ^{a_p}	40,18 ^{a_p}	88,13 ^{a_p}	40,87 ^{ab_p}	
Donata	0	83,41 ^{a_{qr}}	112,02 ^{c_q}	101,57 ^{a_{pq}}	109,62 ^{c_q}	
	3	75,91 ^{a_q}	127,44 ^{b_q}	97,34 ^{a_{pq}}	94,94 ^{a_{pq}}	
	6	86,66 ^{a_p}	139,28 ^{b_q}	105,92 ^{ab_q}	74,64 ^{a_{pq}}	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT.

Korelasi antara umur tanaman dengan laju asimilasi netto pada berbagai dosis mikoriza terlihat pada gambar 10 dan 11. Tanaman kentang varietas granola yang diberi bokashi pupuk kandang dengan 6 g mikoriza mencapai LAN tertinggi dibandingkan tanaman yang diberi jenis bokashi lainnya. Titik LTP maksimum dicapai pada umur 63 hst dan mengalami penurunan sebesar 2.10^{-5} tiap penambahan satu satuan waktu (Gambar 10). Pada varietas donata, tanaman yang diberi bokashi jerami (b1) mencapai nilai ILD tertinggi dibandingkan tanaman yang diberi jenis bokashi lain (Gambar 11).



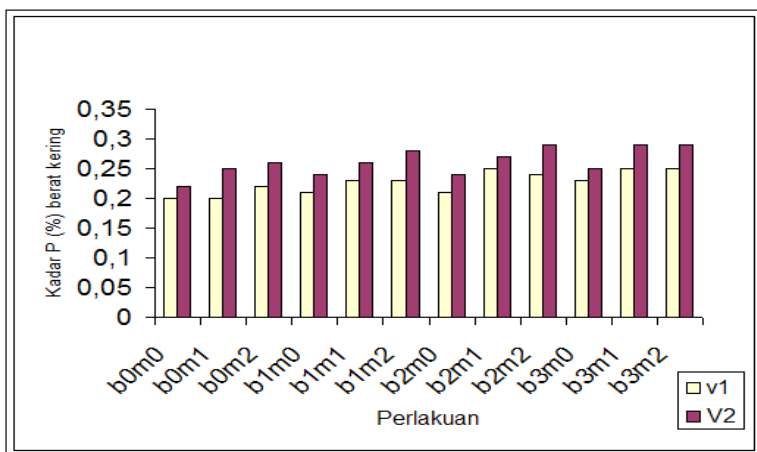
Gambar 10. Laju Asimilasi Netto Tanaman Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi Dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.



Gambar 11. Laju Asimilasi Netto Kentang Varietas Donata pada Berbagai Jenis Bokasi dengan Pemberian 6 G Inokulan Mikoriza.

3. Kandungan P Jaringan

Analisis kadar P berat kering dalam jaringan tanaman dilakukan pada saat panen. Kandungan P digambarkan pada gambar 12.



Gambar 12. Kadar P dalam Jaringan Tanaman Dua Varietas Kentang pada Berbagai Jenis Bokasi dan Dosis Inokulan Mikoriza.

Gambar 12 menunjukkan kandungan P pada varietas donata (v2) lebih tinggi dibanding pada granola (v1). Pada V1, kandungan P tertinggi terdapat pada perlakuan bokashi pupuk kandang yang diberi 3 g inokulan mikoriza (b2m1) yaitu 0,25%. Jumlah ini sama dengan perlakuan b3m1 dan b3m2. Kandungan P terendah terdapat pada perlakuan tanpa bokashi pada M0 dan M1, yaitu 0,20%.

Hal yang sama terjadi pada donata (v2), kandungan P pada tertinggi terdapat pada b2m1, yaitu 0,29%. Jumlah tersebut sama dengan b3m1 dan b3m2. P terendah terdapat pada tanpa perlakuan bokashi dan mikoriza (b0m0), yaitu 0,22%.



Gambar 13. Pertanaman Kentang yang Diaplikasi Bahan Organik dan Mikoriza Va.

4. Aspek Produksi

a. Jumlah Umbi

Analisis ragam menunjukkan varietas berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi kentang. Sedangkan perlakuan jenis bokashi dan dosis inokulan mikoriza tidak memberi pengaruh. Namun interaksi antara ketiganya memberi pengaruh yang sangat nyata. Demikian pula dengan interaksi antara varietas dan jenis bokashi, pengaruhnya nyata terhadap jumlah umbi kentang.

Tabel 12. Rata-Rata Jumlah Umbi Dua Varietas Kentang Pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va.

Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP BNT
	Mikoriza (g/tan)	Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	0,05
.....satuan.....						
Granola	0	1,11 ^a _p	2,36 ^b _p	1,28 ^a _p	1,50 ^a _p	1,9
	3	1,66 ^a _p	1,58 ^{ab} _p	1,35 ^a _p	1,14 ^a _p	
	6	1,38 ^a _p	1,39 ^a _p	1,96 ^a _p	1,26 ^a _p	
Donata	0	6,58 ^b _q	5,42 ^a _q	6,42 ^a _q	6,92 ^a _q	
	3	6,00 ^{ab} _q	5,29 ^a _q	6,29 ^{ab} _q	7,13 ^b _q	
	6	5,46 ^a _q	4,96 ^a _q	6,17 ^{ab} _q	7,29 ^b _q	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada baris (a,b,c) dan kolom sama (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 0,05.

Hasil Uji BNT (0,05) menunjukkan jumlah umbi rata-rata tertinggi terdapat pada kentang varietas donata yang diberi bokashi kulit kopi (b3) dan 6 g mikoriza (m2). Jumlah umbi tersebut berbeda nyata dengan kentang varietas dranola pada perlakuan yang sama (Tabel 12).



Gambar14. Pemanenan Anaman Kentang Umur 90 Hst.

b. Diameter Umbi

Analisis ragam pada diameter umbi menunjukkan varietas memberi pengaruh nyata terhadap diameter umbi. Hal yang sama terjadi pada interaksi antara varietas dengan jenis bokashi dan dosis inokulan mikoriza.

Tabel 13. Rata-Rata Diameter Umbi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va.

Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP BNT
		Mikoriza	Tanpa	Pupuk	Kulit	
		(g/tan)	Bokashi	Jerami	kandang	
.....cm.....						
Granola	0	2,43 ^a _p	2,95 ^{ab} _p	3,07 ^b _p	2,54 ^a _p	0,76
	3	2,66 ^a _p	2,60 ^a _p	2,73 ^a _p	2,65 ^a _p	
	6	2,67 ^a _p	2,92 ^a _p	3,23 ^b _{pq}	2,67 ^a _p	
Donata	0	3,61 ^a _q	4,33 ^b _q	3,83 ^{ab} _{qr}	3,78 ^{ab} _q	
	3	3,77 ^a _q	3,81 ^a _q	4,19 ^{ab} _r	4,21 ^b _q	
	6	3,67 ^a _q	4,08 ^{ab} _q	4,33 ^b _r	3,94 ^{ab} _q	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 0,01.

Tabel 13 menunjukkan diameter umbi tertinggi terdapat pada kentang varietas donata yang diberi bokashi pupuk kandang (b2) dan 6 g mikoriza (m2). Hal itu berbeda nyata dengan perlakuan yang sama pada varietas granola maupun dengan perlakuan lainnya.

c. Bobot Umbi Per Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap bobot umbi per tanaman. Sedangkan varietas dan jenis bokashi berpengaruh sangat nyata. Interaksi antara varietas dan jenis bokashi

berpengaruh nyata terhadap bobot umbi per tanaman. Interaksi antara varietas, bokashi, dan mikoriza berpengaruh nyata terhadap bobot umbi per tanaman.

Tabel 14. Rata-Rata Bobot Umbi Per Tanaman Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi Dan Mikoriza Va.

Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP BNT
	Mikoriza (g/tan)	Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	0,05
	g/tanaman.....					
Granola	0	19,72 ^a _p	41,25 ^a _p	33,17 ^a _p	19,70 ^a _p	66,6
	3	22,98 ^a _p	22,42 ^a _p	24,95 ^a _p	20,22 ^a _p	
	6	19,33 ^a _p	23,56 ^a _p	44,38 ^a _p	17,98 ^a _p	
Donata	0	91,54 ^a _q	174,58 ^b _q	227,08 ^b _q	195,63 ^b _q	
	3	189,17 ^a _r	206,46 ^a _q	303,42 ^b _r	231,58 ^a _q	
	6	222,17 ^a _r	195,25 ^a _q	220,92 ^a _q	195,83 ^a _q	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 0,05.

Tabel 14 menunjukkan bahwa bobot umbi per tanaman tertinggi terdapat pada kentang varietas donata yang diberi bokashi pupuk kandang (b2) dan mikoriza 3 g. Bobot umbi pada perlakuan tersebut berbeda nyata dengan varietas granola pada perlakuan yang sama maupun dengan perlakuan lainnya.

d. Bobot Umbi Per Petak

Analisis ragam menunjukkan varietas, bokashi, dan interaksi antara keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap bobot umbi per petak, sedangkan mikoriza tidak. Namun interaksi antara ketiga perlakuan tersebut menunjukkan pengaruh yang nyata.

Bobot umbi per petak tertinggi diperoleh pada varietas donata yang diberi bokashi pupuk kandang dan 3 g mikoriza. Berbeda nyata dengan varietas granola yang diberi perlakuan yang sama.

Tabel 15. Rata-Rata Bobot Umbi Per Petak Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va.

Varietas	Dosis	Jenis Bokashi				NP BNT
		Mikoriza (g/tan)	Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi
.....g.petak ¹						
Granola	0	710,00 ^a _p	1481,31 ^a _p	1194,00 ^a _p	709,29 ^a _p	2104
	3	827,17 ^a _p	804,00 ^a _p	898,07 ^a _p	727,93 ^a _p	
	6	696,00 ^a _p	848,29 ^a _p	1597,50 ^a _p	647,36 ^a _p	
Donata	0	6895,50 ^a _q	6285,00 ^a _q	8175,00 ^b _q	7042,50 ^{ab} _q	
	3	6810,00 ^a _q	7432,50 ^a _q	10923,00 ^b _r	8337,00 ^a _q	
	6	7998,00 ^a _q	7029,00 ^a _q	7953,00 ^a _q	7050,00 ^a _q	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) pada taraf uji BNT 0,05.

e. Bobot Umbi Per Hektar

Hasil analisis ragam bobot umbi per hektar menunjukkan varietas dan jenis bokashi berpengaruh sangat nyata. Sedangkan mikoriza tidak berpengaruh. Interaksi antara varietas dan jenis bokashi berpengaruh nyata terhadap produksi kentang per hektar. Demikian pula interaksi keduanya dengan mikoriza. Produksi tertinggi terdapat pada kentang varietas donata yang diberi bokashi pupuk kandang dan mikoriza 3 g. Produksi pada perlakuan ini berbeda nyata dibandingkan perlakuan yang sama pada varietas granola maupun pada perlakuan lainnya.

Tabel 16. Rata-Rata Produksi Umbi Dua Varietas Kentang pada Berbagai Perlakuan Bokashi dan Mikoriza Va.

Varietas	Dosis Mikoriza (g/tan)	Jenis Bokashi				NP BNT 0,05
		Tanpa Bokashi	Jerami	Pupuk kandang	Kulit kopi	
		ton.ha ⁻¹				
Granola	0	1,10 ^a _p	2,29 ^a _p	1,84 ^a _p	1,09 ^a _p	3,23
	3	1,28 ^a _p	1,25 ^a _p	1,39 ^a _p	1,12 ^a _p	
	6	1,07 ^a _p	1,31 ^a _p	2,47 ^a _q	1,00 ^a _p	
Donata	0	10,54 ^{ab} _q	9,70 ^a _q	12,62 ^b _q	10,87 ^{ab} _q	
	3	10,51 ^a _q	11,47 ^a _q	16,86 ^b _r	12,87 ^a _q	
	6	12,34 ^b _q	10,84 ^a _q	12,27 ^a _q	10,68 ^a _q	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (a,b,c) dan kolom (p,q,r) berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 0,05.

Pembahasan

1. Aspek Fisiologis

Secara umum, varietas granola dan donata tidak menyebabkan perbedaan respons fisiologis. Hal tersebut terlihat dari selisih nilai-nilai CO_2 internal yang tidak jauh. CO_2 internal mulai meningkat pada 21 hst, tertinggi pada 42 hst, dan mulai menurun pada 63 hst. Pada umur 21 hst, daun yang dibentuk masih merupakan daun muda dan jumlahnya masih terbatas, sehingga jumlah stomata untuk difusi CO_2 juga terbatas.

Tanaman C3 seperti kentang, CO_2 ditambat oleh RuBp yang dengan bantuan enzim Rubisco diubah menjadi karbohidrat (Salisbury dan Ross, 1995). Kandungan CO_2 internal tertinggi pada umur 21 hst dari granola dan donata diperoleh pada tanaman yang diberi perlakuan bokashi jerami.

Jerami merupakan bahan organik yang porous dan mudah menyerap air, memperlancar sirkulasi udara, dan menjaga kelembaban media tanam. Keadaan itu membuat tanaman tidak mengalami kekurangan air selama masa pertumbuhan. Hal ini diduga menyebabkan konsentrasi CO_2 internal yang tinggi.

Air digunakan untuk membasahi tumbuhan dan mempertahankan tekanan turgor pada stomata. Kondisi ini berpengaruh terhadap difusi CO_2 ke dalam kloroplas (Gardner dkk., 1991). Jerami dapat mensubstitusi pupuk kalium (Arafah dan Sirappa, 2003), sedangkan kalium dapat menyebabkan elastisitas stomata (Gardner dkk., 1991), yang mengatur difusi CO_2 ke kloroplas.

CO₂ internal meningkat tajam pada umur 42 hst. Peningkatan ini diduga karena pada umur 21-50 hst terjadi pertumbuhan daun yang cepat (Salisbury dan Ross, 1995). CO₂ internal tertinggi terdapat pada tanaman yang diberi bokashi pupuk kandang dengan 6 g mikoriza pada granola dan 3 g pada donata. Kandungan hara yang cukup tinggi pada bokashi pupuk kandang dibanding jenis bokashi lain (Lampiran 3) diduga menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman. Hal tersebut ditandai dengan banyaknya daun yang terbentuk, menyebabkan permukaan untuk melakukan difusi CO₂ juga tinggi.

Dosis mikoriza yang lebih banyak menyebabkan jumlah air yang bisa diserap tanaman lebih banyak. Mikoriza selain meningkatkan penyerapan hara, juga meningkatkan penyerapan air (Kabirun, 1990). Semakin tinggi tingkat penyerapan air, makin tinggi tekanan turgor sehingga CO₂ internal meningkat. CO₂ internal yang tinggi terkait dengan konduktan stomata rendah.

Oberbauer et al., (*dalam* Zakaria, 1999) menemukan konduktan stomata dari dua spesies tanaman yang mengalami penurunan dengan meningkatnya CO₂ internal. Konduktan stomata terendah umur 21 hst dan 42 hst pada donata diperoleh oleh tanaman yang diberi bokashi pupuk kandang dengan 6 g mikoriza. Tingginya CO₂ internal pada perlakuan tersebut menstimulir stomata untuk menutup.

Konduktan stomata menunjukkan respons stomata terhadap beberapa faktor, baik itu faktor eksternal

maupun internal. Penutupan sebahagian stomata pada kandungan CO_2 internal tinggi disebabkan oleh reaksi antara CO_2 dan H_2O yang mengakibatkan terbentuknya asam karbonat (HCO_3). Asam ini menyebabkan turgiditas sel pengiring menurun, sehingga stomata menutup (Nasaruddin, 2004).

Laju transpirasi rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan bokashi jerami pada granola dan kulit kopi pada donata (Tabel 7). Konduktan stomata yang cukup tinggi pada perlakuan tersebut seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 6, menyebabkan transpirasi yang tinggi. Laju transpirasi tertinggi umur 42 hst, baik pada granola maupun donata terdapat pada tanaman yang diberi bokashi pupuk kandang dengan 3 g mikoriza. Saat konduktan stomata rendah, secara proporsional menurunkan laju transpirasi (Zakaria, 1999). Hal tersebut juga menyebabkan laju transpirasi terendah terdapat pada pemberian bokashi pupuk kandang karena konduktan stomata yang cukup rendah (Tabel 6).

Kandungan hara tinggi pada pupuk kandang dan kemampuan mikoriza menyerap unsur hara menyebabkan pembentukan bagian vegetatif, termasuk pembentukan daun, menjadi optimal. Banyaknya daun terbentuk terkait dengan luasnya permukaan daun yang melakukan transpirasi.

Peningkatan CO_2 internal terbukti mengurangi laju transpirasi 25-50% serta meningkatkan efisiensi penggunaan air per satuan lembaran daun tanaman

C3 (Bewrbauer dkk, 1985; Cure dan Acock, 1986 *dalam* Zakaria, 1999). Transpirasi merupakan proses fisiologi berlangsung melalui stomata dan lenti sel, meliputi 99% dari seluruh air yang digunakan untuk tumbuhan (Zakaria, 1999; Gardner et al, 1991).

Laju fotosintesis pada umur 21 hst masih rendah, tapi terus meningkat sampai umur 42 hst, dan terjadi penurunan pada umur 63 hst. Umur 21 hst, daun sebagai organ utama yang melakukan fotosintesis belum terbentuk secara sempurna. Perkembangan daun pada awalnya meningkat secara eksponensial, tetapi ukuran daun awal relatif kecil menyebabkan tingkat penyerapan radiasi matahari relatif rendah. Perkembangan luas daun selanjutnya terus meningkat diikuti peningkatan penyerapan energi cahaya matahari (Nasaruddin, 2004).

Laju fotosintesis pada umur 42 hst, baik pada Granola maupun Donata tertinggi pada bokashi pupuk kandang ayam tanpa mikoriza. Bahan organik hasil fermentasi ini dapat menyediakan berbagai unsur hara makro dan mikro (Tabel Lampiran 3) yang dibutuhkan tanaman untuk berfotosintesis didukung oleh aktivitas mikoriza dalam penyerapan hara. Hal tersebut menyebabkan laju fotosintesis tinggi. Selain itu CO_2 internal yang tinggi (Tabel 5) menyebabkan laju fotosintesis yang tinggi pada perlakuan ini. Peningkatan konsentrasi CO_2 internal dalam mesofil daun akan mengakibatkan kenaikan laju fotosintesis sampai mencapai titik tertentu (Gerik dan Faver, 1994 *dalam* Zakaria, 1999).

Umur 63 hst, laju fotosintesis menurun akibat tanaman memasuki fase penuaan. Perlakuan bokashi dan perlakuan mikoriza berpengaruh nyata terhadap laju fotosintesis pada fase ini. Bokashi jerami pada granola dan bokashi pupuk kandang pada donata memberi laju fotosintesis tertinggi. Hal ini disebabkan media tanam yang diberi jerami menyerap banyak air, sedangkan yang diberi bokashi pupuk kandang mengandung hara yang lebih banyak. Fotosintesis sangat dipengaruhi oleh air dan keadaan hara.

Jumlah air yang kurang menyebabkan penurunan turgiditas sel yang menyebabkan stomata tertutup. Penutupan stomata mengurangi pengambilan CO_2 dan selanjutnya menurunkan laju fotosintesis. Pada kondisi hara yang cukup, kebutuhan hara baik daun tua maupun daun muda tetap terpenuhi sehingga aktivitas fotosintesis tetap berjalan normal sepanjang tidak terdapat faktor pembatas lainnya (Nasaruddin, 2004) .

Kandungan K yang cukup tinggi pada bokashi jerami (Tabel Lampiran 4) dapat menyebabkan laju fotosintesis tinggi. Kalium berperan dalam mengatur keseimbangan ion-ion dalam sel, terutama proses membuka dan menutup stomata. Ini terkait dengan penyerapan CO_2 dan akhirnya mempengaruhi laju fotosintesis (Subhan dan Kartika, 2000).

2. Kandungan P Jaringan Tanaman

Analisis jaringan yang dilakukan menunjukkan kandungan P pada donata lebih tinggi dibandingkan pada granola. Ternyata varietas donata lebih responsif

terhadap ketersediaan hara. Hal tersebut diduga karena donata sebagai varietas lokal yang banyak dipakai petani setempat telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan Kabupaten Enrekang.

Laju fotosintesis tinggi yang menyebabkan pertumbuhan yang lebih baik pada donata sehingga kandungan P dalam jaringan juga tinggi. Faktor genetik juga mungkin mengatur tingkat respons terhadap kandungan unsur hara yang menyebabkan perbedaan kandungan P dalam kedua varietas tersebut. Hardjowigeno (*dalam* Nasaruddin dan Lengkong 2001) menyatakan bahwa unsur hara yang dibutuhkan untuk menyusun bagian-bagian tanaman berbeda untuk setiap jenis tanaman maupun antar varietas tanaman.

Fosfor merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa penting molekul pentransfer energi ADP dan ATP, NAD, NADPH, dan senyawa informasi genetik DNA dan RNA. Perpindahan P dari tanah ke akar sebagian besar melalui difusi (Gardner et al., 1991; Kabirun, 2001).

Jumlah P terendah dalam jaringan terdapat pada tanaman yang tidak diberi bokashi dan mikoriza baik pada granola maupun pada donata. Bahan organik menghasilkan senyawa yang dapat menyebabkan P tersedia dengan cara bereaksi dengan unsur lain yang mengikat P. Fosfor tersedia bagi tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- dan $\text{HPO}_4^{=}$.

Penggunaan pupuk organik dapat pula memperbaiki struktur tanah dan menambah daya hisap air (Priyadi

dkk., 2003), dengan cara mengikat dan merenggangkan agregat sehingga memperbesar jumlah pori butir agregat tanah (Pairunan dkk., 1987). Pengaruh langsung dari kandungan air dalam tanah adalah kecepatan bergerak P ke permukaan akar, terutama kecepatan difusi (Koide 1991 *dalam* Kabirun 2001).

Kandungan P tertinggi dalam jaringan kedua varietas kentang yang digunakan, terdapat pada perlakuan bokashi pupuk kandang dengan 3 g mikoriza dan bokashi kulit kopi, baik pada 3 g maupun 6 g mikoriza. Hasil analisis bokashi menunjukkan jumlah P yang tertinggi terdapat pada bokashi pupuk kandang ayam. Hal tersebut memungkinkan bagi tanaman untuk memperoleh P yang lebih tinggi. Sedangkan dengan bokashi kulit kopi diduga akar tidak mengalami kesulitan berdifusi karena kandungan air dalam tanah cukup tinggi dengan adanya porositas yang diciptakan oleh tekstur kasar kulit kopi.

Mikoriza juga berperan sangat penting. Difusi ion fosfat yang lambat dalam tanah dan penyerapan fosfat yang cepat oleh akar menyebabkan terjadinya daerah pengosongan (*depletion zone*) di sekitar akar. Tanaman yang bersimbiosis dengan jamur MVA, daerah penyerapan akar diperluas oleh misellium eksternal, sehingga penyerapan hara terutama P menjadi lebih besar. Kecepatan masuknya P ke dalam hifa jamur MVA dapat mencapai 6 kali lebih cepat daripada kecepatan masuknya P melalui rambut akar (Bolan, 1991; Sanders dan Tinker, 1973 *dalam* Kabirun, 2001).

3. Aspek Pertumbuhan dan Produksi

Korelasi LTP dengan umur tanaman merupakan pertambahan berat kering tanaman per cm² lahan per hari dengan periode dua mingguan. Pertambahan diukur saat terjadi pertumbuhan (pembentukan bagian-bagian vegetatif), fase pembentukan umbi, dan fase pembesaran dan penyempurnaan umbi pada lahan yang diberi berbagai jenis bokashi dan dosis inokulan mikoriza.

LTP pada granola (Tabel 9) umumnya lebih rendah dibandingkan pada donata. Diduga karena umbi granola yang dipakai sebagai bibit merupakan umbi mini, sedangkan bibit donata merupakan umbi biasa. Umbi merupakan tempat penyimpanan karbohidrat, protein, lemak, dan mineral yang merupakan bahan baku bagi embrio. Diduga benih berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan lebih banyak dan embrionya lebih besar (Sutopo, 2004). Hal ini dapat menyebabkan LTP granola lebih rendah dibanding donata.

LTP tertinggi pada varietas donata terdapat pada bokashi jerami dengan 6 g mikoriza. Jerami adalah bahan organik yang bertekstur kasar dibanding pupuk kandang, sehingga media tumbuh atau tanah menjadi lebih porous. Membuat kadar oksigen lebih tinggi dan pertumbuhan akar menjadi baik. Sistem perakaran yang baik memungkinkan tanaman memiliki pertumbuhan yang baik pula.

Rochayati dkk (*dalam* Arafah dan Sirappa, 2003) menjelaskan 80% kalium yang diserap tanaman berada dalam jerami, sehingga penggunaan jerami sebagai

sumber kalium cenderung lebih efektif. Hasil penelitian juga menunjukkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi di Mattoanging, Kabupaten Maros, lebih tinggi pada perlakuan yang menggunakan jerami.

Kalium berperan penting dalam fotosintesis karena secara langsung meningkatkan pertumbuhan dan translokasi hasil fotosintesis dari daun. Kebutuhan kalium sangat penting saat fase vegetatif karena diserap sebagian besar diserap untuk pertumbuhan dan sisanya ditransfer ke buah (Gardner et al., 1991). Selain itu, mikoriza membantu perakaran menyerap air yang mengisi pori pada tanah.

Secara umum LTP pada kentang membentuk pola yang sama seperti terlihat pada Gambar 5 sampai 6. LTP meningkat seiring bertambahnya waktu atau umur tanaman. LTP meningkat sejak umur 21-50 hst dan menurun setelah itu. Saat itu pertumbuhan vegetatif mulai berhenti dan lebih diarahkan ke pembesaran umbi. LTP terus menurun pada umur 84 hst dan terjadi penyempurnaan dan pematangan umbi, daun mulai menguning dan mati. Fase penuaan dicirikan oleh laju pertumbuhan yang menurun. Saat tumbuhan sudah mencapai kematangan dan mulai menua (Salisbury dan Ross, 1995).

Kurva pertumbuhan untuk tanaman yang P-nya cukup berbentuk sigmoid dan menunjukkan empat fase ontogenik setelah pemunculan. Pertama, vegetatif pra umbi (sejak muncul hingga 28 hari). Kedua, pemunculan umbi, pembengkakan, dan pertumbuhan daun cepat (28-50 hari). Ketiga, lanjutan pertumbuhan

umbi dan hilangnya daun. Keempat, matinya batang (50-80 hari) (Gardner et al, 1991).

Gambar 5 menunjukkan LTP granola yang tidak diberi mikoriza terlihat bahwa tanpa pemberian bahan organik, nilai LTP-nya lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal yang sama terlihat pada donata (Gambar 6). LTP maksimum pada kedua varietas terjadi pada sekitar 42-63 hst, karena saat itu tanaman sedang aktif melakukan pertumbuhan vegetatif seperti pembentukan daun, pembesaran batang, pembentukan dan penebalan stolon. Laju fotosintesis yang tinggi pada umur 42 hst menyebabkan laju pertumbuhan yang cepat dan tinggi pula.

Pemberian mikoriza menghasilkan nilai LTP yang lebih tinggi dibanding tanpa pemberian mikoriza. Interaksi antara mikoriza dosis 3 g maupun 6 g dengan bokashi pupuk kandang pada granola dan dengan bokashi jerami pada donata memberi nilai LTP tertinggi (Gambar 6 dan 8). Pupuk kandang ayam merupakan pupuk panas yang cepat terurai dan tersedia bagi tanaman. Setyamidjaya (*dalam* Sennang dan Sengin, 2002) menyatakan bahwa pupuk panas adalah pupuk yang penguraiannya oleh mikroorganisme berlangsung cepat sehingga cepat diserap oleh tanaman. Tingkat kesuburan yang lebih tinggi oleh pupuk kandang membuat pertumbuhan batang dan daun yang lebih cepat dengan tajuk yang melebar.

Nilai LTP pada dosis 3 g dan 6 g memberi pengaruh yang berbeda, seperti terlihat pada gambar 5 dan 7

pada granola, serta gambar 8 dan 10 pada donata. LTP maksimum dicapai pada umur 42-63 hst. Saat itu merupakan puncak pertumbuhan tanaman kentang (Soelarso, 1997). Kentang bertunas kira-kira 10 hst, pembentukan bunga dan umbi berlangsung sampai umur 65 hst. Setelah itu pertumbuhan berhenti dan dilanjutkan dengan pembesaran dan penyempurnaan umbi.

Laju pertumbuhan lambat pada awalnya, tapi kemudian meningkat terus. Tiga fase utama dalam pertumbuhan tanaman. Pertama, fase logaritmik berupa laju pertumbuhan lambat pada awalnya kemudian meningkat terus. Kedua, fase linier dengan pertambahan ukuran yang berlangsung secara konstan, laju maksimal selama beberapa waktu. Ketiga adalah fase terakhir atau penuaan yang dicirikan oleh laju pertumbuhan yang menurun. Fase saat tumbuhan sudah mencapai kematangan dan tanaman mulai menua (Salisbury dan Ross, 1995). Ketiga fase utama tersebut jelas terlihat pada laju pertumbuhan yang ditunjukkan oleh kedua varietas (Gambar 5--6). Fase logaritmik terjadi pada 21-42 hst, fase linier pada sekitar 43 hst, dan fase laju penuaan pada 63-84 hst.

Indeks luas daun merupakan perbandingan luas daun total dengan luas tanah yang ditutupi (Watson, 1947 *dalam* Sitompul, 1995). ILD donata lebih tinggi dibanding pada granola. Diduga hal ini terjadi karena nilai LTP pada donata lebih tinggi. Laju pertumbuhan menunjukkan laju pertumbuhan vegetatif tanaman termasuk daun, sehingga nilai LTP yang tinggi pada donata menunjukkan banyaknya daun yang terbentuk.

Tanaka (1966) menggambarkan adanya hubungan *Leaf Area Index* (Indeks Luas Daun) atau ILD dengan fotosintesis dengan hasil bahan kering tanaman. Tajuk tanaman menunjukkan peningkatan nilai *Crop Growth Rate* (Laju Tumbuh Pertanaman) bersama meningkatnya ILD, sampai tercapai nilai ILD tinggi saat terjadi penyerapan radiasi matahari maksimal. Daun menyumbang sekitar 70% dari berat kering (Jumin, 2002).

Pada granola terlihat bahwa nilai ILD semakin menurun seiring bertambahnya umur tanaman. Tanpa pemberian mikoriza, ILD tertinggi dicapai pada umur 21-42 hst, baik dengan tanpa pemberian bokashi maupun dengan pemberian bokashi jerami dan kulit kopi. Nilai ILD tertinggi pada bokashi pupuk kandang terjadi pada umur 42-63 hst (Gambar 8).

Soelarso (1997) menyatakan pertumbuhan batang paling aktif pada kentang terjadi sekitar 25-30 hari setelah bertunas dan terhenti setelah umur 45-50 hari setelah bertunas. Umur 75-80 hari setelah bertunas daun menguning dan mati. Kentang bertunas sekitar 10 hari setelah tanam.

ILD tertinggi pada varietas donata terdapat pada tanaman yang diberi bokashi kulit kopi dan mikoriza 6 g dengan (Gambar 9). Walau kulit kopi kurang mengandung unsur hara makro, tetapi mengandung hara mikro yang cukup lengkap. Pulpa dan perkamen buah kopi mengandung 51,0 Fe; 29,5 Mn; 71,4 Zn; 18,4 Cu; dan 34,7 B (g/ha) (*Indonesian Coffee and*

Cacao Research Institute, 2003). ILD yang tinggi pada tanaman yang diberi bokashi kulit kopi menyebabkan nilai LAN juga cukup tinggi.

Tanah di tempat penelitian yang cenderung netral (Lampiran 1) menyebabkan kandungan unsur mikro rendah. Unsur hara mikro sangat berpengaruh pada saat pertumbuhan. Kandungan hara mikro yang rendah terutama berpengaruh pada kandungan klorofil dan kondisi daun. Tanaman yang mengalami kekurangan Fe, kemungkinan pembentukan klorofil daun rendah. Ferrum merupakan penyusun porfirin yang merupakan prekursor klorofil. Demikian pula Mg yang merupakan inti klorofil di samping sebagai kofaktor enzim dalam berbagai reaksi fotosintesis (Nasaruddin, 2004).

Laju asimilasi netto menunjukkan laju penimbunan berat kering per satuan luas daun per hari yang diukur sejak 21 hst dengan interval dua minggu. Gambar 10 dan 11 menunjukkan trend kedua varietas pada berbagai dosis mikoriza ini meningkat seiring bertambahnya umur sampai batas tertentu dan kemudian nilai LAN menurun. Umur 21- 42 hst merupakan waktu saat tanaman kentang aktif memproduksi organ-organ vegetatif seperti daun. Soelarso (1997) melaporkan pertumbuhan vegetatif kentang terjadi pada 10-50 hari setelah bertunas. Kentang bertunas sekitar 10-12 hari setelah tanam. Nilai LAN semakin menurun pada umur 63-84 hst. Saat itu LTP juga lebih rendah dan daun-daun mulai mengering, sehingga tidak memungkinkan melakukan fotosintesis yang menghasilkan asimilat.

Secara umum interaksi antara varietas, jenis bokashi, dan dosis mikoriza berpengaruh nyata terhadap seluruh komponen produksi yang diukur. (Arafah dan Sirappa 2003), menyatakan penggunaan bahan organik secara tunggal tidak akan banyak memberi pengaruh yang berarti terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Kandungan hara pada bahan organik jumlahnya sedikit dan tidak mencukupi kebutuhan tanaman.

Mengkombinasikan bahan organik dengan mikoriza dapat meningkatkan penyerapan hara bagi tanaman. Ada tiga alasan mikoriza menambah penyerapan hara, yaitu: 1) Mengurangi jarak nutrien yang memasuki akar tanaman, 2) Meningkatkan rata-rata penyerapan hara dan konsentrasi pada permukaan penyerapan, dan 3) Mengubah secara kimia sifat-sifat hara sehingga memudahkan penyerapan ke dalam akar (Suhardi, 1989).

Jumlah umbi kentang varietas donata pada berbagai bokashi lebih tinggi dibandingkan pada granola. Hal ini diduga karena asal bibit yang digunakan berbeda. Bibit granola yang digunakan adalah bibit Generasi 1 (G-1) yang merupakan turunan pertama dari bibit induk (G-0) dan diperoleh dari hasil pembiakan di laboratorium. Bibit granola B-1 kemudian menurunkan bibit G-2 dan dikembangkan lagi menjadi bibit G-3. Turunan dari G-3 inilah yang dikenal sebagai benih sebar yang banyak digunakan petani sebagai bibit. Hal ini diduga menjadi penyebab masih rendahnya jumlah umbi granola dibanding

donata yang bibitnya sudah merupakan benih sebar G-4.

Jumlah umbi tertinggi pada varietas donata terdapat pada dosis 6 g mikoriza dengan bokashi kulit kopi. Kulit kopi memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur hara mikro yang secara tidak langsung langsung berpengaruh terhadap umbi. Tanah pada lokasi penelitian yang cenderung netral (Lampiran 1), menyebabkan tanah kekurangan hara mikro tertentu (Gardner dkk., 1991), sehingga pemberian bokashi kulit kopi sangat membantu menutupi kekurangan tersebut. Selain itu, pemberian daun lamtoro pada bokashi kulit kopi membuatnya mengandung N dan K yang tinggi, masing-masing 4,0% dan 2,5% (Sutanto, 2002), yang sangat berguna untuk pembentukan umbi.

Rata-rata diameter umbi donata lebih besar dari granola. Hal tersebut disebabkan ukuran dan bobot umbi donata yang digunakan sebagai bibit lebih besar dibanding donata. Sutopo (2004) menyatakan berat benih menentukan besarnya kecambah pada saat permulaan dan ukuran umbi saat dipanen. Bibit granola merupakan umbi mini dengan diameter yang tidak lebih dari 3 cm.

Diameter umbi tertinggi granola terdapat pada interaksi bokashi pupuk kandang dengan pemberian 6 g mikoriza. Perlakuan ini juga berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Pupuk kandang ternyata berpengaruh dalam pembelahan dan pembesaran umbi, sehingga umbi juga bertambah ukurannya. Hal ini dimungkinkan

karena tanaman yang diberi perlakuan pupuk kandang ayam mempunyai organ vegetatif yang lebih tinggi. Nurhalisyah 2003, menyatakan pertumbuhan vegetatif yang baik merupakan petunjuk lebih banyaknya sel-sel penyusun organ tanaman. Sel-sel mampu membelah dan berdiferensiasi sehingga bagian-bagian tanaman terbentuk secara lengkap.

Selain itu dengan tingkat hara yang rendah dalam tanah (Lampiran 1), mikoriza sangat berperan penting dalam pembentukan dan penyempurnaan umbi. Fosfor dan kalium sangat berguna untuk pembentukan umbi, sedangkan hifa eksternal pada mikoriza dapat membantu akar tanaman mengambil P dari dalam tanah (Kabirun, 2001). Bobot umbi tertinggi pada kedua varietas dicapai pada pemberian bokashi pupuk kandang yaitu 2,47 ton/ha pada granola dan 16,86 ton/ha pada donata. Bokashi kandang ayam mempunyai kandungan hara yang cukup tinggi dibanding jenis bokashi lainnya (Tabel Lampiran 1).

Kandungan hara yang tinggi dalam bokashi pupuk kandang ayam terutama P (Gambar 21) memungkinkan laju fotosintesis yang tinggi pula. Tingkat efisiensi fotosintesis dibatasi oleh suhu ekstrim, kekurangan air, kekurangan unsur hara, dan teknologi budidaya (Jumin, 2002). Unsur P sangat dibutuhkan dalam fotosintesis. Hasil fotosintesis berupa karbohidrat diakumulasi menjadi umbi. Pupuk kandang ayam telah terbukti memberikan produksi kentang yang lebih tinggi di Baroko, Kabupaten Enrekang (Karmin, 2003) dan Kanreapia, Kabupaten Gowa (Padjung, 1998).

Kombinasi bahan organik dengan mikoriza juga menunjukkan peningkatan produksi pada tanaman. Penggunaan bahan organik dan mikoriza menghasilkan produksi yang cukup tinggi pada tanaman perkebunan dan semusim. Bahan organik dan MVA meningkatkan produksi pada kopi yang mempunyai sistem perakaran dangkal, demikian pula kombinasi kascing dan MVA pada kentang (*Indonesian Coffee and Cacao Research*, 2003; Nurhalisyah, 2003).

Bahan organik mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta ketersediaan hara. Simbiosis dengan mikoriza menyebabkan tanaman dapat memenuhi kebutuhannya untuk tumbuh. Jamur MVA membentuk makroagregat tanah yang lebih stabil (Miller and Jastrow, 1996), mengurangi pengaruh buruk fraksi liat (Pairunan dkk, 1985), menyebabkan perkembangan akar stabil dan dapat memenuhi fungsinya menyerap air dan hara walaupun dalam kondisi tanah kompak berkepadatan sedang (Gusli, 2002).

Kondisi yang optimum demikian mendorong tanaman melakukan fotosintesa yang menghasilkan asimilat yang disimpan dalam sink. Sink adalah jaringan yang tidak aktif berfotosintesa, misalnya buah, biji, dan umbi (Jumin, 2002). Penimbunan asimilat pada kentang dilakukan pada umbi.

Produksi kentang 16,86 ton/ha yang dicapai pada penelitian ini walaupun masih rendah dibanding potensi hasil kentang yang diusahakan secara intensif, yaitu 20-30 ton/ha (Rukmana, 1997), namun telah melampaui produksi rata-rata kentang Sulsel (10,28

ton/ha) dan tingkat nasional (13,38 ton/ha), serta produktivitas petani kentang Kabupaten Enrekang yang mencapai 14,22 ton/ha (Dirjen Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2001; Karmin, 2003).

Penerapan bahan organik pada tanah yang telah diolah secara intensif bisa saja menghasilkan produksi yang lebih rendah dibanding secara konvensional. Hal tersebut dimungkinkan karena degradasi lahan terjadi setelah diolah bertahun-tahun bila dibandingkan pada tanah yang baru dibuka (Suropati, 2004). Pertanian organik di lahan yang diolah intensif lebih diarahkan ke perbaikan kualitas lingkungan.

Hal menarik dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan kulit kopi yang selama ini hanya dibakar oleh petani di Enrekang, ternyata dapat dimanfaatkan sebagai sumber hara lokal potensial yang murah dan mudah diperoleh. Produksi kentang yang didapat dari bokashi kulit kopi ini tidak jauh berbeda dengan produksi dari bokashi jerami dan bokashi pupuk kandang. Hasil pengamatan selama penelitian juga menunjukkan rendahnya, bahkan hampir tidak adanya, serangan hama dan penyakit pada tanaman kentang. Adapun gangguan yang sangat ditakuti petani adalah hama *Lyriomiza* dan penyakit layu bakteri. Penyakit layu bakteri disebabkan *Pseudomonas solanaceae* dapat menyebabkan kematian 10-30%, kadang-kadang sampai 40% tanaman kentang (Soelarso, 1997).

Terbungkusnya permukaan akar oleh mikoriza menyebabkan akar terhindar dari serangan hama dan

penyakit. Infeksi patogen jadi terhambat. Mikoriza juga juga menciptakan lingkungan yang tidak cocok untuk patogen, selain itu ada cendawan mikoriza yang dapat mematikan patogen (Harran dan Anshari, 1992). Hal tersebut dapat menyebabkan kentang terbebas dari penyakit utamanya seperti tular tanah dan layu bakteri. Penggunaan bakteri antagonis sebelum penanaman berperan menciptakan tanaman kentang yang sehat. Bakteri antagonis mengeluarkan toksin, bersaing tempat atau unsur hara dan atau menginduksi resistensi seperti bakteri *Pseudomonas* sp (Aspiras dan De La Cruz *dalam* Rahmat (2003).

BAB 5

PENUTUP

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan: Pertama, dari aspek fisiologis, bokashi jerami memberi hasil tertinggi terhadap CO_2 internal, konduktan stomata, dan laju transpirasi. Sedangkan laju fotosintesis tertinggi terdapat pada perlakuan bokashi pupuk kandang. Kedua, dari segi dinamika pertumbuhan, bokashi jerami dan 6 g mikoriza memberi hasil tertinggi bagi laju tumbuh pertanaman, indeks luas daun, dan laju asimilasi netto.

Ketiga, kandungan P tertinggi terdapat pada perlakuan bokashi pupuk kandang dengan 3 g mikoriza. Keempat, terdapat interaksi antara varietas, jenis bokashi, dan dosis mikoriza, dalam semua komponen produksi dan fisiologis kecuali pada fotosintesis. Kelima, bobot umbi tertinggi diperoleh pada pemberian bokashi pupuk kandang dengan 3 g mikoriza sebesar 16,86 ton/ha pada varietas donata.

Agar dapat memaksimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman kentang, penggunaan bahan-bahan organik sebaiknya tidak dilakukan secara tunggal, tetapi dikombinasikan beberapa jenis bahan organik.

Penggunaan bokashi pupuk kandang dengan mikoriza sangat dianjurkan untuk meningkatkan produksi kentang berbasis organik. Untuk mendapatkan produksi yang lebih tinggi, sebaiknya penerapan pertanian organik dilakukan pada lahan yang baru dibuka.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, P.M., 1993. *Tropical Soils and Fertilizer Use*. Aintermediate Tropical Agriculture Series. Malaysia
- Ambar, A.A., 2003. Efektivitas Waktu Inokulasi *Trichoderma viridae* dalam Mencegah Penyakit Layu *Fusarium* Tomat di Rumah Kaca. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, Vol. 7 (1) hal. 23-26, Yogyakarta.
- Arafah dan M.P. Sirappa, 2003. Introduksi Bahan Organik Jerami dalam Pengelolaan Tanaman Terpadu dan Sumberdaya Terpadu Padi Sawah. *Jurnal Agrivigor*, Vol. 3 (3) hal. 204-213, Makassar.
- Ashari, S., 1995. *Hortikultura, Aspek Budidaya*. UI Press. Jakarta.
- Baon, J.B., 2001. Bioteknologi Mikoriza Kelestarian Sumberdaya Alam di Perkebunan, Mitos, Kenyataan Ilmiah, dan Tantangannya. *Makalah*, disajikan dalam Seminar Dies Natalis ke-50 Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Brundrett, 1991. Mycorrhizae Symbiosis. (on line)(<http://www.ssffp.csiro.au/research/mycorrhizae>. Diakses 20 Agustus 2004).
- Carter, H., 2001. *The Influence of Organic and Inorganic Fertilization on Development of Indigenous VA Fungi*. In D.J. Read, D.H. Lewis, A.H. Fitter and I.J. Alexander (Eds). *Mycorrhizas in Ecosystems*. pp.126-131.

- Departemen Pertanian. Badan Pendidikan dan Latihan Pertanian, 1996. Buku Pintar P4K Seri 35. Pedoman Penggunaan EM bagi Negara-Negara Asia-Pasific Nature Agriculture Network Jakarta.
- Dirjen Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2001. Profil Pertanian Indonesia. <http://www.deptan.go.id>. Diakses 3 Juli 2004.
- Farid Bdr, 2003. Pertumbuhan dan Produksi Kapas Transgenik *Bt* pada Berbagai Jenis dan Dosis Bokashi. *Jurnal Agrivigor*, Vol. 3 (3) hal. 275-280, Makassar.
- Gardner F.P., Pearce R.B, dan Mitchell R.L., 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press, Jakarta.
- Gusli, S., 2002. Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Tanah kompak Berkepadatan Sedang Diaplikasi Mikoriza. *Jurnal Agrivigor*, Vol. 2 (2), Makassar.
- Goulding, K.W.T, D.V. Murphy, A. Macdonald, E.A. Stockdale, J.L. Gaunt, L. Blake, G.Ayaga, and P.Brookes, 2001. *The Role of Soil Organic Matter and Manures in Sustainable Nutrient Cycling. Sustainable Management of Soil Organic Matter*. CAB International R.M. Ress, B.C. Ball, C.D. Campbell and C.A. Watson (Eds).
- Gomez A.K., dan Gomez A.A., 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Edisi Kedua. UI Press, Jakarta.
- Harran, S., dan Ansori N., 1992. Bioteknologi Pertanian 2. PAU-IPB, Bogor.
- Indonesian Coffee and Cacao Research Institute, 2003. *Coffee Nutrient*. (on line) (<http://www.iccri.net>. Diakses 31 Agustus 2005).
- Jakobsen I, 1994. *Phosphorus Transport by External Hyphae of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae*. In Read D.J, Lewis D.H, Fitter A.H, Alexander I.J (Eds). *Mycorrhizas in Ecosystem*. CAB International.

- Jumin, H.B., 1992. *Ekologi Tanaman; Suatu Pendekatan Fisiologis*. Rajawali Press, Jakarta.
- , 2002. *Agroekologi. Suatu Pendekatan Fisiologis*. PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Kabirun, S, 1990. *Endomikoriza. Kursus Singkat Ekologi Mikoriza*. PAU-Bioteknologi, Yogyakarta.
- S., 2001. *Peranan Mikoriza Vesikular Arbuskular dalam Penyerapan Fosfor pada Padi Gogo di Tanah Mineral Masam*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Karmin, 2003. Pengaruh Jenis Bokashi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum L.*). Skripsi tidak Diterbitkan. Jurusan Agronomi Fakultas Pertanian Peternakan dan Perikanan UMPAR, Parepere.
- Marsono dan Sigit P., 2002. *Pupuk Akar, Jenis, dan Aplikasi*. Penerbit Swadaya, Jakarta.
- Martodirejo, S. dan Widada, 2001. *Terobosan Teknologi Pemupukan dalam Era Pertanian Organik: Budidaya Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Miller and Jastrow, 1996. *Vesikular-Arbuskular Mycorrhizae and Biochemical Cycling. Mycorrhizae and Plant Health*. APS Press. Minnesota. Pfleger E.L. and R.G. Lindemen (Eds).
- Nadrawati, Jesmandt Sitomorang, Eddy Mahrab., 1992. Isolasi *Bacillus thuringensis* di Provinsi D.I Yogyakarta dan Uji Patogenesisnya terhadap *Spodoptera litura* dan *Plutella xylostella* Curt.: Berkala Penelitian Pascasarjana UGM, Jilid 7 (1B), Yogyakarta.
- Naemah, D., Sri Widyastuti, Sunardi, 2003. Pengaruh *Trichoderma* terhadap Pertumbuhan Mikoriza pada akar *Pinus Merkusii* Jugggh et de Vriese. *Agrosains, BPPS Ilmu-Ilmu Pertanian UGM*, Vol. 16 (2). Yogyakarta.

- Nane, N.M., 2000. Efektivitas Pemupukan Bokashi Pupuk Kandang terhadap Produktivitas Beberapa Varietas Bawang Merah. Pascasarjana Unhas, Makassar.
- Nasaruddin, 2004. Fotoresintesis, Respirasi, Metabolisme Hara, dan Analisis Pertumbuhan. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Unhas, Makassar.
- dan JG. Lengkong, 2001. Peningkatan Produksi Kakao (*Theobroma cacao*) dan Penekanan Serangan Penggerek Buah Kakao melalui Pemangkasan dan Pemupukan Kalium. *Jurnal Agrivigor*, Vol. 2 (2), Agustus 2002, Makassar:
- Nurhalisyah, 2003. Pertumbuhan dan Produksi Kentang var. Granola pada Pemberian Pupuk Organik Kascing dan Inokulasi Mikoriza Vesikular Arbuskular. Pascasarjana Unhas, Makassar.
- Padjung, R., 1998. Perbaikan Sifat Fisik Tanah dan Sustainabilitas Produksi Sayuran Dataran Tinggi dengan Pupuk Kandang Ayam. Makassar.
- Pairunan, A.K, J.L. Nanere, Arifin, SSR Samosir, R.Tangkaisari, J.R.L. Mace, B. Ibrahim, H.Asmadi, 1987. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Cetakan II. Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Timur, Makasar.
- Rahmat, J., 2003. Pengaruh Berbagai Faktor Epidemi dan Bakteri Antagonis terhadap Tingkat Serangan Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Tanaman Lada. Pascasarjana Unhas, Makassar.
- Reijntjes, C., Bertus Haverkort dan A.W. Bayer, 1999. *Pertanian Masa Depan. Pertanian Berkelanjutan dengan Input Luar Rendah*. Kanisius, Yogyakarta.
- Rini, M.V., 2004. Potensi Penggunaan Cendawan Mikoriza Arbuskular dalam Pengembangan Budidaya Tebu di Lahan Kering. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.

- Rukmana, R., 1997. *Kentang Budidaya dan Pasca Panen*. Kanisius, Yogyakarta.
- Salisbury, F.B dan Ross W.R., 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Penerbit ITB, Bandung.
- Santoso, B., 1994. *Mikoriza, Peranan dan Hubungannya dengan Kesuburan Tanah*. Yayasan Pembina Fakultas Pertanian, Unibraw, Malang.
- Sinar Harapan, 2 Nopember 2003. Pertanian Organik Gerakan Bawah Tanah Petani Melawan Revolusi Hijau. (on line) ([www.google.com.search](http://www.google.com/search). Diakses 4 November 2003).
- Sitanala, A., 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.
- Sitompul, 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sennang, R.S, dan E.L. Sengin, 2002. Pengaruh Pupuk Kandang dan Konsentrasi EM4 terhadap Pertumbuhan dan Produksi Polong Muda Kacang Tunggak (*Vigna unguicula* L.). *Jurnal Agrivigor*, Vol. 2, Nomor 2, hal. 47-50, Makassar.
- Setiadi, Y., 1990. Proses Pembentukan VA Mikoriza: Kursus Singkat Teknologi Mikoriza. Bogor 11 Desember 1989–7 Januari 1990.
- Soeriatmadja, 1997. *Ilmu Lingkungan*. Penerbit ITB, Bandung.
- Soelarso, B., 1997. *Budidaya Kentang Bebas Penyakit*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sutopo, L., 2004. *Teknologi Benih*. Edisi Revisi. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Subhan dan N. Kartika, 2000. Penggunaan Pupuk Cair Fosfo-N dan Dosis Pupuk NPK terhadap Hasil dan Kualitas Buah Tomat. *Jurnal Agrivigor*, Vol. 2 (2), hal.98-104, Makassar.

- Suhardi, 1989. Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular. PAU-Bioteknologi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sutanto, R., 2002. *Penerapan Pertanian Organik, Pemasarakatan dan Pengembangannya*. Kanisius, Yogyakarta.
- Suropati, U., 2004. Pengelolaan Hama Penyakit Terpadu. *Bahan Kuliah*, Makassar.
- Sys, C., E. Van Ranst, Debaveye and Beernaert, 1993. Land Evaluation Part III. Crop Requirements. Agricultural Publication. NT.
- Tusadiyah, H., 2003. Kontribusi Tingkat Erosi Tanah dan Pengelolaan Pertanaman terhadap Produksi Kentang dan Kubis di Bulutana, Malino. Pascasarjana Unhas, Makassar.
- Wilarso, S., 1990. Pedoman Praktikum VA Mikoriza. Disampaikan pada Kursus Singkat Teknologi Mikoriza Kerjasama PAU Bioteknologi IPB-PAU Bioteknologi UGM. Bogor.
- Wididana, G.N, dan Higa, 1996. Peranan Effective Microorganisms 4 dalam Meningkatkan Kesuburan dan Produktivitas Tanah. Jakarta.
- Zakaria, B., 1999. Aktivitas Fotosintesis dan Rubisco Tanaman yang Diberi Metanol pada Berbagai Tingkat Cekaman Air. Kasus pada Tanaman Kapas di Lahan Sawah Tadah Hujan. Pascasarjana Unhas, Makassar.

TENTANG PENULIS



Iradhatullah Rahim,

menamatkan SD, SMP, dan SMA di Kota Parepare, Sulawesi Selatan. Melanjutkan studi S1, S2, dan S3 Ilmu Pertanian di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 1999 sampai sekarang menjadi tenaga pengajar di Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare. Pernah menjadi wartawan *Harian Parepos*. Sekarang *chief editor* di *Jurnal Galung Tropika* dan *reviewer* beberapa jurnal nasional seperti *Bioscience*, *Agroplanta*, dan *Agricola*, serta jurnal internasional seperti *IJAS*, *Biodiversitas*, dan *Vegetos*. Merupakan salah seorang tutor Relawan Jurnal Indonesia (RJI). Menjadi Finalis Riset Sobat Bumi Pertamina Foundation 2004. Bidang konsentrasi penelitian penulis adalah pemanfaatan limbah pertanian dengan inokulasi mikroba pada berbagai jenis lahan marginal. Meraih beberapa hibah untuk penelitian seperti hibah DRTPM Dikti, Riset Keilmuan Rispro LPDP, dan *Matching Fund*. Mendapat insentif Uber HKI 2016, 2019, dan insentif penulisan paten 2022 dari Dikti. Penulis telah mempublikasikan sejumlah karya ilmiah di sejumlah prosiding, jurnal nasional, dan internasional. Penulis saat ini juga menjabat Ketua

IRADHATULLAH RAHIM

BERTANAM KENTANG ORGANIK DATARAN TINGGI

Limbah tanaman sisa panen mencapai jumlah jutaan ton setiap tahun. Biomassa tersebut dapat berupa jerami, sekam, berangkasan jagung, sampai kulit buah. Limbah pertanian tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal, memiliki kandungan hara dan bahan organik yang dapat mengembalikan kesuburan tanah dan menyokong aktivitas metabolisme tanaman

Buku ini ditulis berdasarkan hasil penelitian budidaya tanaman kentang di dataran tinggi dengan memanfaatkan limbah pertanian dan jamur akar (mikoriza). Membahas bagaimana aktivitas fisiologis, pertumbuhan, dan produksi kentang yang dibudidayakan dengan memanfaatkan berbagai limbah pertanian. Juga mengungkapkan hasil pengamatan terhadap interaksi dengan mikoriza pada berbagai konsentrasi.

Buku ini diharapkan menjadi salah satu referensi bagi dalam pengelolaan dan pemanfaatan bahan organik di lahan pertanian.



Penerbitan © 2023 CV Permata Ilmu Makassar
Jln. Makassar IV Blok A/93
Bumi Sudiang Permai (BSP), Makassar

 081336485641  www.permatailmu.com  [permatailmu](https://www.instagram.com/permatailmu)  [permatailmu](https://www.facebook.com/permatailmu)  permatailmu@gmail.com

ISBN 978-623-98291-5-5



Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
(LPPM) Universitas Muhammadiyah Parepare.