

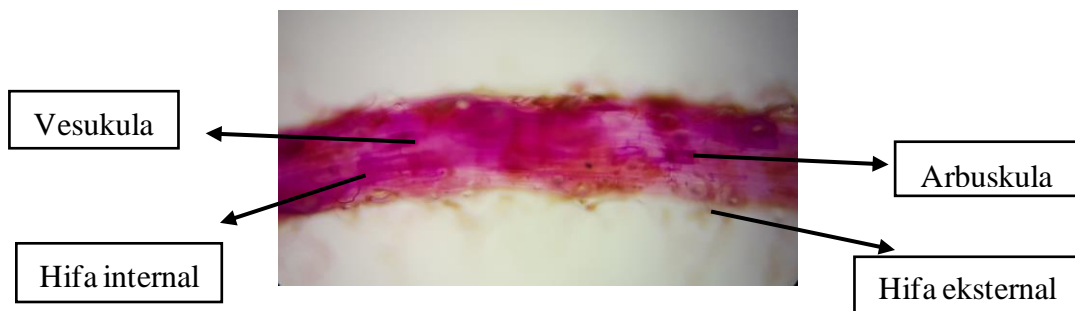
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perkembangan Mikoriza

#### 1. Inokulum Mikoriza

Inokulum mikoriza diperoleh dari tanah perakaran jagung di tanah Mediteran yang merupakan sumber mikoriza yang efektif. Hal ini sesuai dengan penelitian Ekaputri (2017) bahwa sumber mikoriza yang efektif digunakan yaitu *Indigenous* Mediteran Gunungkidul dengan menghasilkan 110,11 spora/gram dan persentase infeksi 100%. Persentase infeksi mikoriza *Indigenous* Mediteran Gunungkidul menghasilkan nilai nyata tertinggi (90%) pada varietas Mentega yang diujikan pada lahan Mediteran Gunungkidul (Agung\_Astuti, 2017). Secara alami mikoriza sudah ada di setiap perakaran tanaman, sesuai dengan pernyataan Sagala dkk. (2013) bahwa kemampuan asosiasi mikoriza hampir 90% di tanaman, yang mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara. Untuk membuktikan asosiasi mikoriza pada akar tanaman maka dilakukan pengamatan persentase infeksi mikoriza pada akar dan menghitung jumlah spora yang terdapat di sekitar perakaran tanaman singkong. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengidentifikasi organel mikoriza seperti arbuskul, vesikel, hifa internal dan eksternal yang terbentuk pada jaringan korteks akar tanaman dengan teknik pengecatan menggunakan larutan *Acid Fuhsin* sedangkan menghitung jumlah spora mikoriza dengan teknik penyaringan basah (dekantasi).

Pengamatan awal infeksi akar dan jumlah spora dilakukan untuk mengetahui tingkat kebutuhan aplikasi *crude inoculum* mikoriza dalam pemenuhan syarat aplikasinya. Visualisasi akar jagung yang terinfeksi mikoriza terdapat dalam gambar 2.



Gambar 1. Infeksi mikoriza pada akar tanaman jagung

Pada gambar 2 menunjukkan hifa eksternal seperti benang bercabang yang berada di luar akar, sedangkan hifa internal terdapat di dalam akar. Hifa terbentuk dari perkecambahan spora yang mencari eksudat akar tanaman sebagai bahan makanan MVA hingga menembus akar. Hifa tersebut akan berkembang di dalam dan di antara sel akar, hingga hifa menjadi tempat pertukaran unsur hara dengan fotosintat yang disebut arbuskula dan vesikula. Selain itu, MVA di dalam sel akar akan memproduksi jaringan hifa eksternal sehingga mampu memperluas bidang serapan dan meningkatkan penyerapan hara oleh tanaman, terutama Fosfat (P) dengan mendekatkan unsur hara dari zona *rhizosfer* pada tanaman inang. (Parapasan & Adryade, 2014).

Dari pengaplikasian *crude* inokulum mikoriza memiliki beberapa syarat dari persentase infeksi dan jumlah spora sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman inang. Pengaplikasian di dalam pot menurut Tjoronegoro dan Gunawan (2000) dalam Agung\_Astuti (2005) bahwa inokulum mikoriza di aplikasikan 10% dari media tanamnya yaitu 8 g dari 8 kg media tanam. Sedangkan di lahan terbuka di aplikasikan 20 g yaitu dengan syarat infeksi mikoriza pada akar sebesar 80-100% dan jumlah spora  $\pm 50-60$  spora/gram tanah. Walker *et al.* (1982) dalam Agung\_Astuti (2018) yang mengemukakan bahwa populasi spora di suatu lokasi digolongkan tinggi jika mencapai 14-1.661 spora/100 g tanah. mikoriza di aplikasikan bersamaan ketika penanaman.

Pengamatan sampel pada akar tanaman jagung di tanah Mediteran *indigenous* Gunungkidul sebagai inokulum mikoriza disajikan pada tabel 2.

Tabel 1. Persentase infeksi dan jumlah spora mikoriza pada akar tanaman jagung di Gunungkidul

Sampel	Persentase infeksi akar (%)	Jumlah spora (spora/100g)
Tanaman jagung 1	83,00	57,00
Tanaman jagung 2	80,00	49,00
Tanaman jagung 3	70,00	79,00
Rata-rata	77,67	61,67

#### a. Persentase Infeksi MVA

Persentase infeksi merupakan parameter yang diamati untuk mengetahui kesesuaian dengan syarat aplikasi *crude* inokulum mikoriza. Perakaran tanaman dinyatakan terinfeksi oleh mikoriza apabila di dalam akar terbentuk organel

mikoriza yaitu hifa eksternal, hifa internal, vesikula, dan arbuskula (Kusumastuti dkk., 2017). Keadaan organel sel tersebut mempengaruhi dalam melakukan penetrasi ke dalam tanah pada penyerapan unsur hara terutama organel vesikula. Semakin banyak vesikula maka bertambah panjang hifa eksternal.

Tabel 2 menunjukkan bahwa tanaman jagung yang di tanam pada tanah Mediteran Gunungkidul terdapat asosiasi dengan mikoriza yaitu adanya infeksi akar. Persentase infeksi pada perakaran tanaman jagung dari masing-masing sampel yaitu 1, 2, dan 3 dengan menghitung banyaknya akar yang terinfeksi. Hal tersebut menunjukkan persentase yaitu 83,00%, 80,00%, dan 70,00% sehingga menghasilkan rata-rata 77,67%. Pada pengambilan sampel perakaran jagung *indigenus* Gunungkidul menghasilkan persentase infeksi yang belum maksimal karena mikoriza masih berada dalam tahap perkembangan dari pertumbuhan. Pertumbuhan maksimal mikoriza pada lingkungan yang mendukung yaitu lahan kering dan tanaman inang yang sudah tua (Habte & Osorio, 2001). Hal tersebut belum memenuhi syarat infeksi mikoriza pada akar tanaman inangnya, sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Lukiwati dkk. (2001) dalam Agung Astuti (2017) yang menyatakan bahwa syarat minimal infeksi mikoriza pada akar sebesar 80-100%.

#### **b. Jumlah Spora**

Perhitungan jumlah spora bertujuan untuk mengetahui jumlah mikoriza yang mampu berkembangbiak di sekitar perakaran tanaman inang pada jenis media tanam yang berbeda yaitu menggunakan tanah Regosol. Proses terbentuknya spora terjadi dengan adanya tanaman inang yang menghasilkan perkecambahan spora. Hal ini dikarenakan mikoriza merupakan cendawan obligat yang kelangsungan hidupnya berasosiasi dengan akar tanaman melalui spora.

Tabel 2 menunjukkan bahwa inokulum *indigenus* Gunungkidul terdapat adanya spora mikoriza yang berasosiasi dengan perakaran tanaman jagung yang tanam di tanah Mediteran. Jumlah spora pada tanah sekitar perakaran jagung dari masing-masing sampel yaitu 1, 2, dan 3 yang dihitung dari banyaknya spora yang bulat. Hal tersebut menunjukkan jumlah spora yaitu

57,00 spora/100gram, 49,00 spora/100gram, dan 79,00 spora/100gram sehingga menghasilkan rata-rata 61,67 spora/100gram. Dari hasil pengamatan telah memenuhi syarat jumlah spora mikoriza pada akar tanaman inangnya, dari syarat jumlah spora yaitu  $\pm 50-60$  spora/gram. Berdasarkan penelitian sebelumnya Meitasari (2018) bahwa jumlah spora mikoriza dari pengambilan sampel tanah Mediteran mendapatkan 400-450 spora/100gram. Hal ini menunjukkan jumlah spora pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hasil tersebut diduga karena faktor lingkungan pada saat pengambilan sampel, dilakukan pada musim hujan dimana terdapat kecenderungan penurunan jumlah spora dengan bertambahnya jumlah curah hujan, fluktuasi kelembapan tanah juga dapat mempengaruhi pembentukan spora atau sporulasi (Nurhalimah dkk., 2014). Selain itu, pada saat musim hujan kemungkinan, air hujan akan membawa spora jamur MVA bergerak menjauh dari daerah *rhizosfer*, sehingga jumlah spora yang ditemukan sedikit (Musafa dkk., 2015).

Asosiasi mikoriza dengan tanaman menghasilkan ciri yaitu terdapat infeksi perakaran dan jumlah spora di tanah sekitar perakaran tanaman inang. Hasil pengamatan tersebut masih kurang memenuhi syarat aplikasi sebagai inokulum mikoriza yaitu standar persentase infeksi 80-100% dan jumlah spora  $\pm 50-60$  spora/gram. Apabila kurang terpenuhi syarat inokulasi menggunakan *crude* inokulum Mikoriza *Indigenous* Gunungkidul 2 kali lipatnya yaitu  $2 \times 20$  gram = 40 gram per tanaman.

## **2. Perkembangan Mikoriza pada Tanaman Singkong**

Uji efektivitas metode aplikasi mikoriza dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan mikoriza di dalam zona perakaran tanaman singkong Renek pada tanah Regosol. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi mikoriza terhadap perkembangan mikoriza (persentase infeksi dan jumlah spora).

Berdasarkan hasil sidik ragam, dari metode aplikasi inokulum mikoriza pada persentase infeksi mikoriza dan jumlah spora tersaji pada tabel 3.

Tabel 2. Perkembangan persentase infeksi dan jumlah spora mikoriza pada akar tanaman singkong Renek

Perlakuan	Minggu ke-					
	Persentase infeksi (%)			Jumlah spora (spora/100gram)		
	4	8	12	4	8	12
<i>Coating</i>	73,33a	98,33a	100,00a	51,67a	101,67a	106,67a
<i>Rhizosfer</i>	75,00a	96,67a	98,33a	47,00a	54,33b	74,00a
<i>Ring placement</i>	80,00a	96,67a	98,33a	52,67a	79,67ab	82,33a
Rerata	76,11	97,22	98,88	50,45	78,56	87,67

Keterangan: Rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji F, dan berbeda menunjukkan beda nyata DMRT hitung pada taraf kesalahan 5%.

#### a. Persentase Infeksi MVA

Perkembangan tanaman dapat dipengaruhi dari adanya asosiasi antara mikoriza dengan perakaran tanaman. Terbuktinya asosiasi mikoriza pada akar tanaman singkong Renek apabila terdapat adanya infeksi mikoriza pada perakaran, sehingga dilakukan pengamatan persentase infeksi mikoriza. Persentase infeksi dilakukan untuk mengetahui pengaruh metode aplikasi inokulum mikoriza *indigenous* Gunungkidul terhadap pertumbuhan tanaman singkong Renek di tanah Regosol. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kusumastuti dkk. (2017) bahwa akar tanaman dinyatakan terinfeksi oleh Mikoriza apabila dalam akar tersebut sudah terbentuk salah satu dari organel mikoriza yaitu hifa internal, hifa eksternal, vesikel dan arbuskul. Visualisasi akar singkong yang terinfeksi mikoriza terdapat pada gambar 2.

Pada minggu ke 4 hasil sidik ragam persentase infeksi mikoriza pada tabel 3 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.a.1). Rerata persentase infeksi mikoriza akar pada minggu ke 4 adalah 76,11%, sedangkan penelitian Meitasari (2018) menyatakan bahwa infeksi akar dari faktor dosis aplikasi mikoriza dan bahan organik pada minggu ke 4 sekitar 92,33-93,33%. Apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut maka persentase infeksi mikoriza pada penelitian ini tergolong lebih rendah. Hal ini diduga karena perkembangan spora mikoriza *indigenous* Gunungkidul membutuhkan adaptasi lingkungan dan tidak langsung dapat menginfeksi ke seluruh perakaran tanaman singkong

Renek karena di tempat yang berbeda juga memiliki jenis spora yang berbeda sehingga persentase infeksi belum maksimal. Selain itu, diduga faktor lingkungan sangat mempengaruhi perkembangan infeksi akar terutama dari kelembapan dan kadar air, karena pada awal pertumbuhan masih memasuki musim penghujan. Berdasarkan penelitian Nurhalimah dkk. (2014) hasil nilai korelasi kelembapan dan kadar air dengan keberadaan mikoriza yaitu berkorelasi negatif. Apabila kadar air dan kelembapan sangat tinggi atau berlebihan dapat menghambat perkembangan mikoriza dari kondisi anaerob karena semua jamur pembentuk mikoriza adalah obligat aerob.

Pada minggu ke 8 hasil sidik ragam infeksi mikoriza pada tabel 3 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.a.2). Rerata infeksi mikoriza akar pada minggu ke 8 adalah 97,22%, sedangkan penelitian Meitasari (2018) menyatakan bahwa infeksi akar pada minggu ke 8 adalah 97,22%-100%. Hal tersebut menunjukkan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya dengan membuktikan adanya perkembangan presentasi infeksi mikoriza. Hal ini diduga terdapat jenis mikoriza yang dapat beradaptasi di tanah Regosol.

Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam infeksi mikoriza pada tabel 3 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.a.3). Rerata infeksi mikoriza akar pada minggu ke 12 adalah 98,89%, sedangkan penelitian Meitasari (2018) menyatakan bahwa infeksi akar pada minggu ke 12 adalah 100%. Apabila dibandingkan dengan persentase infeksi pada penelitian tersebut menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda. Tingginya nilai persentase infeksi dipengaruhi keadaan lingkungan karena minggu ke 12 termasuk musim kemarau. Hasil penelitian Nurhalimah dkk. (2014) bahwa semakin tinggi suhu kisaran 28-35°C didapatkan jumlah mikoriza juga semakin banyak. Hal ini karena pada suhu yang tinggi, aktivitas mikoriza akan semakin meningkat hingga jumlah mikoriza akan lebih banyak.

Pada persentase infeksi mikoriza pada tanaman singkong Renek menunjukkan kenaikan dari minggu ke 4 hingga minggu ke 12. Hal ini sesuai dengan penelitian Meitasari (2018) bahwa dari faktor dosis mikoriza mengalami peningkatan dari 92,33-100%, dan faktor bahan organik dari 90-100%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perkembangan mikoriza dari asosiasi spora

mikoriza dengan tanaman inang, yang diduga dari pengaruh faktor unsur hara. Menurut Saputra (2015) bahwa persentase infeksi jamur MVA pada suatu perakaran tanaman dapat dipengaruhi oleh faktor unsur hara yang terkandung didalam tanah, semakin tinggi unsur hara maka semakin rendah persentase akar yang dihasilkan dan sebaliknya. Dari pernyataan tersebut sesuai dengan keadaan penelitian ini, awal pertumbuhan tanaman singkong (setelah pemupukan) mempunyai persentase infeksi yang rendah pada minggu ke 4, sedangkan setelah lama pemupukan mengalami peningkatan persentase infeksi. Hal ini disebabkan pada unsur hara yang rendah peran jamur mikoriza membantu penyerapan unsur hara yang tidak tersedia, sedangkan pada tanah yang mempunyai unsur hara yang tinggi peran jamur mikoriza menjadi tidak optimal sebab unsur hara yang dibutuhkan telah tersedia pada *rhizosfer* (Saputra, 2015).

Hal ini sesuai pernyataan Ekaputri (2017) bahwa pembentukan eksudat akar dipengaruhi dari hasil fotosintat masing-masing varietas tanaman singkong sehingga menentukan mikroorganisme yang berkembang pada *rhizosfer*. Jumlah vesikel bertambah banyak dengan semakin tua umur tanaman dan hifa luaran pada setiap minggunya akan bertambah, sehingga mampu membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara.

#### **b. Jumlah Spora**

Selain dari persentase infeksi mikoriza, maka perlu adanya perhitungan jumlah spora, hal ini dikarenakan saling berkaitan. Keberadaan spora terbentuk dari infeksi akar terutama arbuskula yang menghasilkan spora baru. Pengamatan jumlah spora digunakan untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan mikoriza di dalam zona perakaran tanah. Pertumbuhan dan perkembangan spora dipengaruhi oleh metabolisme tanaman inangnya. Hal tersebut diduga karena dalam metode aplikasi *crude* inokulum mikoriza tanaman jagung dapat berasosiasi dengan perakaran tanaman singkong serta mampu meningkatkan pertumbuhan mikoriza. Mikoriza yang diaplikasikan ke dalam tanah dapat membentuk asosiasi dengan akar tanaman.

Pada minggu ke 4 hasil sidik jumlah spora mikoriza pada tabel 3 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.a.4). Rerata jumlah spora

mikoriza akar pada minggu ke 4 adalah 50,45 spora/100gram. Penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis pada minggu ke 4 sekitar 350 spora/100gram. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut, penelitian ini memiliki jumlah spora yang lebih rendah. Hal ini berkaitan dengan persentasi infeksi yang rendah pula, diduga karena perkembangan mikoriza membutuhkan waktu dalam beradaptasi lingkungan dan tidak semua jenis spora dapat adaptif di tanah Regosol. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saputra (2015) bahwa spora yang tidak ditemukan menunjukkan bahwa spora tersebut tertekan serta tidak dapat adaptif terhadap lingkungan hidup yang baru. Menurut Margaretha (2011) pembentukan spora baru berkurang ketika kelembapan tanah tinggi, akan tetapi kemampuan untuk berkolonisasi dengan tanaman inang meningkat. Sebaliknya pada kondisi kering pembentukan spora baru atau sporulasi akan meningkat sehingga persentase kolonisasi menurun.

Pada minggu ke 8 hasil sidik ragam jumlah spora mikoriza pada tabel 3 menunjukkan ada beda nyata (lampiran 3.a.5). Jumlah spora yang terbaik adalah metode aplikasi *coating* (101,67 spora/100gram) tidak beda nyata terhadap *ring placement* (79,67 spora/100gram), namun beda nyata terhadap *rhizosfer* (54,33 spora/100gram). Berdasarkan penelitian Meitasari (2018) jumlah spora minggu ke 8 sekitar 300-500 spora/100gram. Apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut, penelitian ini menghasilkan jumlah spora yang lebih rendah. Hal ini diduga perkembangan jumlah spora di tentukan dari jumlah spora sumber inokulum yang diaplikasikan. Penelitian ini diaplikasikan dengan jumlah spora yang rendah sehingga perkembangan spora mikoriza juga rendah.

Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam infeksi mikoriza pada tabel 3 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.a.6). Rerata jumlah spora mikoriza akar pada minggu ke 12 adalah 87,67 spora/100gram, sedangkan penelitian Meitasari (2018) menyatakan bahwa jumlah spora sekitar 500-700 spora/100gram. Apabila dilihat dari pengamatan sebelumnya menghasilkan peningkatan yang diduga karena kandungan air yang memicu kerja mikoriza yang optimal. Kandungan air tanah yang rendah menyebabkan kondisi lahan kering. Lahan yang kering sangat mendukung bagi perkembangan mikoriza,



dimana ketersediaan unsur hara yang rendah pada kondisi lahan kering tersebut akan mengoptimalkan perkembangan hifa mikoriza (Nurhalimah dkk., 2014).

Peningkatan jumlah spora dipengaruhi perkembangan persentase infeksi mikoriza karena merupakan hasil perkembangan arbuskula dalam mencukupi kebutuhan akan air dan unsur hara tanaman. Pada metode *coating* memiliki nilai tertinggi diduga karena tingkat kontak antara inokulum MVA dan akar yang lebih dekat. Hal ini berbeda dengan metode aplikasi *rhizosfer* dan *ring placement* yang memiliki kontak cukup jauh, sehingga penetrasi hifa ke dalam akar semakin terbatas sehingga tidak memberikan nilai rendah terhadap infeksi akar. Sehingga semakin tinggi nilai persentase infeksi maka diduga pula peningkatan pada jumlah spora. Hal ini sesuai hasil penelitian Jesika (2017) bahwa persentase infeksi perakaran tanaman tertinggi terdapat pada vegetasi singkong yang berada pada kemiringan lereng 3-8% (landai) sebanyak 80%.

### **B. Perkembangan Akar Tanaman Singkong Renek**

Perkembangan akar perlu diketahui karena merupakan faktor pengaruh utama terjadinya asosiasi mikoriza dengan tanaman inang. Selain itu, akar memiliki peran dalam pertumbuhan terutama pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk kebutuhan tanaman dapat dilihat melalui pengamatan panjang akar, proliferasi akar, berat segar akar, dan berat kering akar.

Jaringan hifa eksternal dari mikoriza akan memperluas bidang serapan air dan hara. Disamping itu, ukuran hifa yang lebih halus dari bulu-bulu akar memungkinkan hifa bisa menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro) sehingga hifa bisa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah. Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza, juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran masa seperti N, K dan S, sehingga serapan unsur tersebut juga makin meningkat (Majdid, 2009). Perkembangan akar pada berbagai perlakuan tersaji pada tabel 4.

Tabel 3. Rerata perkembangan akar singkong Renek pada minggu ke 12

Perlakuan	Parameter pengamatan			
	Panjang akar (cm)	Proliferasi akar (+)	Berat segar akar (g)	Berat kering akar (g)
<i>Coating</i>	57,33a	3,67	747,20a	130,86a
<i>Rhizosfer</i>	56,00a	4,00	575,30a	103,03a
<i>Ring placement</i>	59,33a	3,33	572,80a	102,27a
Rerata	57,55	3,67	631,77	112,05

Keterangan : Rerata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji F hitung pada taraf kesalahan 5%.

### 1. Panjang Akar

Panjang akar merupakan hasil perpanjangan sel-sel meristem ujung yang menghasilkan penambahan panjang akar dari respon akar terhadap ketersediaan air dan hara. Pengamatan panjang akar bertujuan untuk mengetahui kemampuan akar tanaman dalam menyerap air dan hara sehingga dapat menentukan jarak tanam. Semakin panjang perakaran, maka semakin banyak air dan hara yang diserap oleh tanaman sehingga dapat memenuhi kebutuhan hara untuk pertumbuhan dan produksi tanaman.

Pada tabel 4 hasil sidik ragam panjang akar singkong Renek menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.b.1). Rerata panjang akar pada minggu 12 adalah 57,55 cm. Berdasarkan penelitian Meitasari (2018) menyatakan bahwa rerata panjang akar minggu ke 12 faktor dosis mikoriza adalah sekitar 13,06-14,06 cm, sedangkan faktor jenis bahan organik sekitar 13,78-14,96 cm. Sedangkan, penelitian Widyawati (2018) menyatakan bahwa panjang akar faktor varietas singkong yaitu varietas Mentega (20,43 cm), varietas Kirik (18,52 cm) dan varietas Ketan (15,66 cm). Sedangkan faktor sumber inokulum mikoriza yaitu mikoriza komersial (19,47 cm) dan *indigenous* Gunungkidul (18,55 cm). Apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut maka panjang akar singkong pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Hal ini diduga berkaitan dengan tekstur tanah pada lahan penelitian. Tekstur tanah sangat berhubungan erat dengan perkembangan akar tanaman dan secara tidak langsung mempengaruhi persentase infeksi jamur MVA di dalam *rhizosfer* tanaman. Tekstur tanah pada jenis tanah Regosol sebagian besar di dominasi oleh pasir. Tekstur pasir mempunyai ukuran

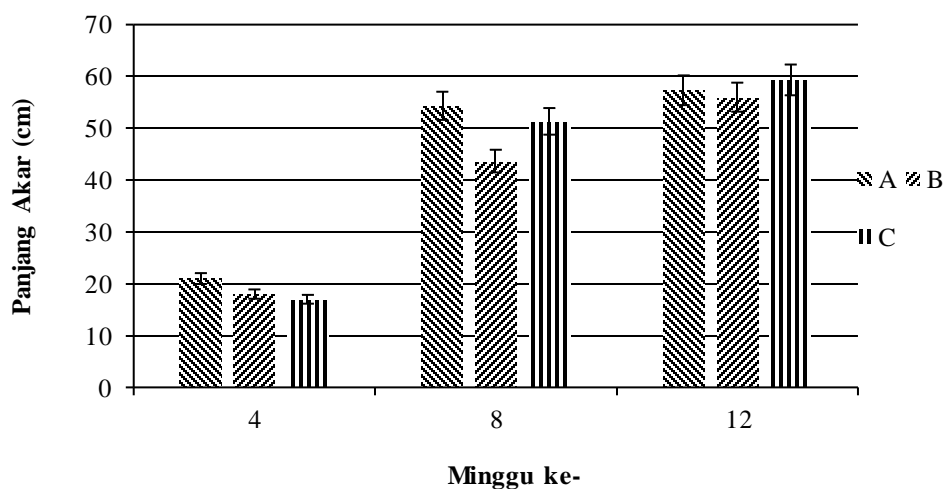
fraksi yang besar pada kondisi kering maupun lembab dan cenderung gembur sehingga menyebabkan akar lebih mudah menembus pori-pori tanah (Saputra, 2015).

Meskipun metode aplikasi mikoriza tidak berpengaruh nyata pada pertumbuhan panjang akar singkong, tetapi nilai tertinggi dari panjang akar terdapat pada metode aplikasi *ring placement* (59,33 cm) dibandingkan dengan *coating* (57,33 cm) dan *rhizosfer* (56,00 cm). Hal ini berkaitan dengan nilai persentase infeksi dan jumlah spora pada *ring placement* yang cukup rendah sehingga sifat perakaran yang terus berkembang dan bercabang lebih cepat karena untuk meningkatkan tingkat serapan air dan unsur hara. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ai & Patricia (2013) bahwa pada saat kekurangan air, tanaman akan memanjangkan akarnya sampai ke lapisan tanah yang memiliki ketersediaan air yang cukup, sehingga tanaman tersebut dapat bertahan hidup. Peningkatan penyerapan unsur hara terjadi perluasan jangkauan penyerapan karena adanya hifa eksternal yang dapat mencapai 8 cm di luar sistem perakaran, eksploitasi sampai ke pori mikro karena kecilnya diameter hifa eksternal yang kurang dari 20% dari diameter bulu-bulu akar dan menambahkan luas permukaan sistem penyerapan.

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa panjang akar pada minggu ke 4 hingga 12 mengalami peningkatan. Hal ini diduga adanya pengaruh dalam pemberian mikoriza yaitu asosiasi akar dengan mikoriza sehingga mampu meningkatkan perluasan bidang serapan hara dan air. Mikoriza dapat meningkatkan nutrisi tanaman dan menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan seperti auksin dan giberelin. Auksin berfungsi untuk mencegah penuaan akar, sehingga akar dapat berfungsi lebih lama dan penyerapan unsur hara akan lebih banyak. Pada tanah ada sekitar 95-99% unsur P dijumpai tidak larut, sehingga tidak tersedia atau susah diserap oleh akar tanaman (Talanca, 2010).

Dilihat dari standar deviasi menunjukkan adanya garis sejajar pada minggu 12 yang membuktikan tidak ada perbedaan pengaruh pengaplikasian mikoriza. Meskipun metode aplikasi mikoriza tidak berpengaruh nyata pada pertumbuhan panjang akar singkong, tetapi metode aplikasi *coating* lebih dominan tertinggi pada nilai tertinggi pada minggu ke 4 dan 8 tetapi *ring placement* pada minggu 12.

Rata-rata pertambahan panjang akar tanaman selama 12 minggu disajikan pada gambar 3.



Gambar 2. Panjang akar singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

Pada minggu ke 4 bahwa *coating* paling tinggi dan berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*, meskipun *rhizosfer* dan *ring placement* sama. Pada minggu ke 8 bahwa *coating* paling tinggi dan berbeda dengan *rhizosfer*, meskipun *coating* dengan *ring placement* sama. Hal ini diduga bahwa dalam minggu ke 4 sampai ke 8 masih memasuki musim hujan dengan kelembapan tinggi sehingga asosiasi mikoriza lebih ke kolonisasi (infeksi akar) tetapi pada minggu ke 12 kelembapan tidak tinggi sehingga sporulasi tinggi. Dari tingginya sporulasi akan meningkatkan serapan dan pemanjangan akar berkurang. Hal ini di dukung pernyataan Goltapeh *et al.* (2008) dalam Margarettha (2011) bahwa pembentukan spora baru berkurang ketika kelembaban tanah tinggi, akan tetapi kemampuan untuk berkolonisasi dengan tanaman inang meningkat. Sebaliknya pada kondisi kering pembentukan spora baru atau sporulasi akan meningkat sehingga persentase kolonisasi menurun.

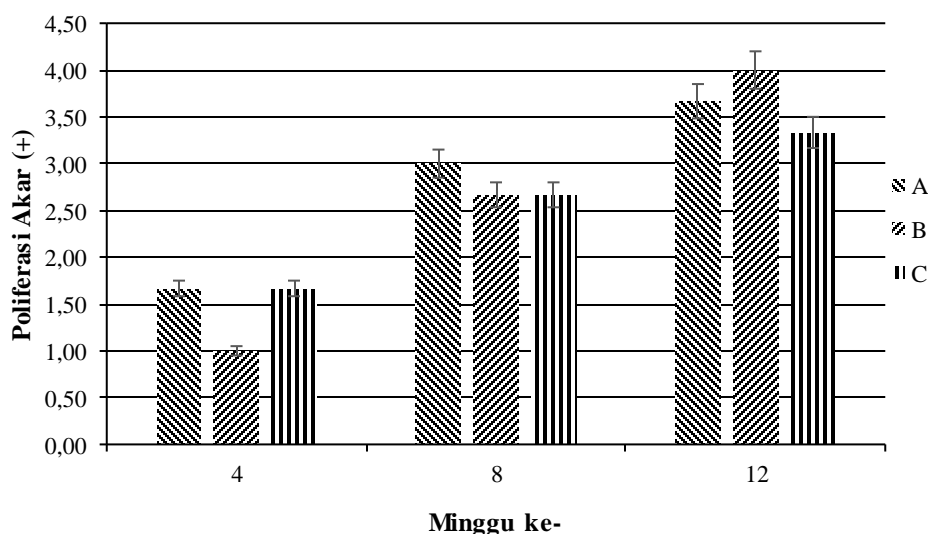
## 2. Proliferasi

Akar melakukan perkembangan di dalam tanah sebagai media tanam dengan cara penetrasi, baik secara lateral atau horizontal maupun vertikal. Mikoriza akan menginfeksi akar yaitu meningkatkan perkembangan akar dengan membentuk bulu-bulu akar yang berasal dari penonjolan sel epidermis akar paling luar yang

terbentuk di daerah ujung akar. Bulu-bulu akar mampu menyusup diantara partikel-partikel tanah sehingga memperluas permukaan kontak antara akar dan tanah. Proliferasi akar menggambarkan daerah perluasan akar, karena akar mengalami pertumbuhan (Wuryaningsih, 2010).

Pada minggu ke 12 hasil rerata proliferasi akar pada tabel 4 menunjukkan harkat rerata skor 3,67. Nilai rata-rata tertinggi terdapat pada aplikasi *rhizosfer* (4,00) dan terendah pada aplikasi *ring placement* (3,33). Penelitian Prakoso (2017) dalam pengaruh pengolahan tanah mikoriza pada minggu ke 10 menghasilkan nilai rata-rata tertinggi pada olah tanah konservasi ditambah mulsa organik yaitu 2,78 dan terendah pada perlakuan tanpa olah tanah yaitu 1,88. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka proliferasi akar pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Hal ini didukung dari faktor lingkungan dan aplikasi mikoriza.

Rata-rata perkembangan proliferasi singkong Renek selama 12 minggu disajikan pada gambar 4.



Gambar 3. Proliferasi akar singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa proliferasi akar singkong pada minggu ke 4 hingga ke 12 mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi simbiosis antara mikoriza dengan tanaman singkong. Kemampuan mikoriza dalam

menstimulasi perkembangan akar berkaitan dengan kemampuan tanaman menyediakan hifa akar dalam memperluas penyerapan unsur hara dan air pada tanaman singkong Renek. Mikoriza memanfaatkan senyawa unsur hara untuk memacu perkembangan percabangan akar dan panjang akar meskipun dalam kondisi cekaman kekeringan. Hal ini sesuai dengan perlakuan, karena perlakuan metode aplikasi dengan keadaan unsur hara dan pengairan yang sama sehingga perkembangan akar pada setiap perlakuan hampir sama. Sehingga membuktikan pembelahan sel pada akar relatif sama pada metode aplikasi mikoriza yang berbeda.

Pada minggu ke 4 dan 8 (gambar 4) menunjukkan bahwa metode aplikasi *coating* mampu memberikan pertumbuhan pada persebaran akar yang baik di bandingkan dengan metode aplikasi *rhizosfer* dan *ring placement*. Namun pada minggu ke 12 perlakuan *rhizosfer* memiliki proliferasi akar cenderung lebih tinggi dari perlakuan yang lain. Ai & Patricia (2013) menyatakan pada saat kekurangan air, akar akan tumbuh lebih panjang, lebih halus, memiliki banyak cabang. Kekurangan air pada beberapa tanaman akan meningkatkan distribusi akar yang lebih merata baik secara horizontal maupun secara vertikal.

Pemberian inokulum mikoriza mampu meningkatkan tingkat persebaran akar. Bahwa mikoriza mampu meningkatkan penyerapan unsur P yang bersifat tidak mudah tejerap oleh tanah. Peningkatan serapan P tersedia bagi tanaman sehingga meningkatkan volume jelajah akar tanaman dan memperbesar areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan miselium di sekeliling akar. Peranan secara fisik mikoriza tersebut mampu meningkatkan pemanjangan akar dan percabangan akar untuk menyerap unsur hara dan air meskipun dalam kondisi cekaman kekeringan (Arianto, 2015).

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza tidak menunjukkan adanya garis yang sejajar pada pengamatan minggu ke 4, 8, dan 12 (gambar 4). Pada minggu ke 4 bahwa *rhizosfer* paling rendah yang berbeda dengan *coating* dan *ring placement* yang membuktikan bahwa *coating* dan *ring placement* lebih banyak percabangan akar. Minggu ke 8 *coating* paling tinggi dari *rhizosfer* dan *ring placement*. Pada minggu ke 12 bahwa *coating* menghasilkan nilai tertinggi (747,2 g) dan beda nyata terhadap *rhizosfer* (575,3 g) dan *ring placement* (572,8 g). Hal ini membuktikan bahwa *rhizosfer* percabangan akar banyak. Proliferasi akar

terdapat asosiasi mikoriza yang baik pada aplikasi *coating* dengan ciri perkembangan infeksi dan jumlah spora.

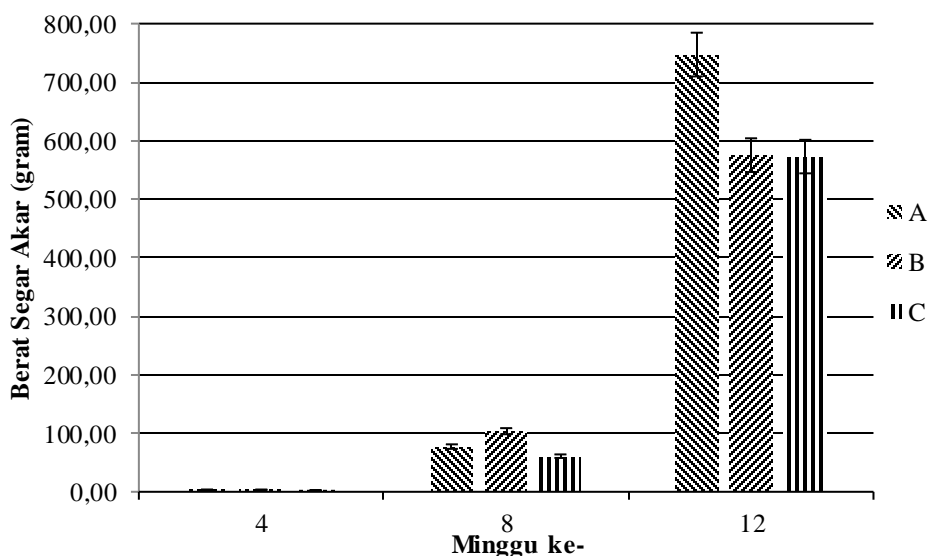
### 3. Berat Segar Akar

Akar merupakan bagian organ tanaman yang diutamakan untuk memasok kebutuhan tanaman terutama air, mineral dan bahan penting untuk pertumbuhan tanaman. Berat segar memiliki keterkaitan dengan pengambilan air dan unsur hara tanaman. Berat segar akar merupakan berat akar yang masih memiliki kandungan air sangat tinggi yang menjadi komponen penyusun utama. Kapasitas pengambilan air dan nutrisi oleh akar dapat diketahui melalui metode pengukuran berat segar akar. Panjang akar mempengaruhi berat segar akar, semakin panjang akar dan semakin rumit akar maka serapan air atau unsur hara akan meningkat sehingga berat segar akar meningkat.

Pada tabel 4 hasil sidik ragam berat segar akar singkong Renek menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.b.2). Rerata berat segar akar pada minggu ke 12 adalah 631,77 g. Berdasarkan penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis pada minggu ke 12 sekitar 7,22-11,17 g, dan faktor jenis bahan organik sekitar 5,84-10,99 g. Sedangkan hasil penelitian Widayawati (2018) bahwa berat segar akar dari faktor macam mikoriza sekitar 8,62-10,83 g, dan varietas singkong sekitar 9,09-10,25 g. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka berat segar akar pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan asosiasi mikoriza yang dihasilkan dari persentase infeksi dan jumlah spora. Hingga peningkatan penyerapan air dan unsur hara dari terbentuknya hifa di perakaran tanaman singkong Renek. Selain itu terkait faktor jenis tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman singkong Renek yang menghasilkan panjang akar yang lebih tinggi sehingga mendukung terbentuknya berat segar yang tinggi.

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa rerata berat segar akar pada minggu ke 4 hingga ke 12 mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan pada semua perlakuan mendapatkan unsur hara dan air yang cukup untuk perkembangan akar. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa seiring bertambahnya umur tanaman singkong maka berat segar akar tanaman semakin meningkat. Selain itu, panjang

Rata-rata perkembangan berat segar akar singkong Renek selama 12 minggu disajikan pada gambar 5.



Gambar 4. Berat segar akar singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

akar mempengaruhi berat segar akar, semakin tinggi panjang akar dan semakin rumit akar maka berat segar akar semakin meningkat (Mulyadi, 2018).

Pemberian mikoriza tersebut diperkirakan dapat memperbaiki kondisi media juga mendukung penyerapan hara. Kelangsungan simbiosis antara tanaman dan mikoriza akan berpengaruh terhadap proses metabolisme tanaman dapat mempengaruhi pembentukan akar baru. Banyaknya akar yang baru dengan permeabilitas membran yang tinggi akan menguntungkan bagi proses kolonisasi akar oleh mikoriza. Mikoriza juga mempunyai kandungan auksin yang tinggi yang memungkinkan peningkatan penumbuhan akar (Musafa dkk., 2015). Selain itu, perbaikan fisik tanah mempengaruhi peningkatan kepadatan perakaran terutama dari pengolahan lahan dan pemberian pupuk (Prasetyo dkk., 2014).

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan adanya garis yang sejajar dari pengamatan minggu ke 4 (gambar 5). Meskipun pada minggu ke 8 dan 12 membuktikan adanya pengaruh metode aplikasi mikoriza terhadap berat segar akar. Pada minggu ke 8 bahwa *rhizosfer* paling tinggi yang berbeda dengan *coating* dan *ring placement*. Pada minggu ke 12 bahwa *coating* menghasilkan nilai



tertinggi (747,2 g) dan beda terhadap *rhizosfer* (575,3 g) dan *ring placement* (572,8 g). Hal ini membuktikan bahwa *coating* menghasilkan berat segar akar yang tinggi selaras dengan poliferasi akar meskipun nilai panjang akar rendah. Sedangkan pada nilai berat segar *rhizosfer* dan *ring placement* sama, pada *rhizosfer* nilai tertinggi pada proliferasi dan *ring placement* nilai pada panjang akar.

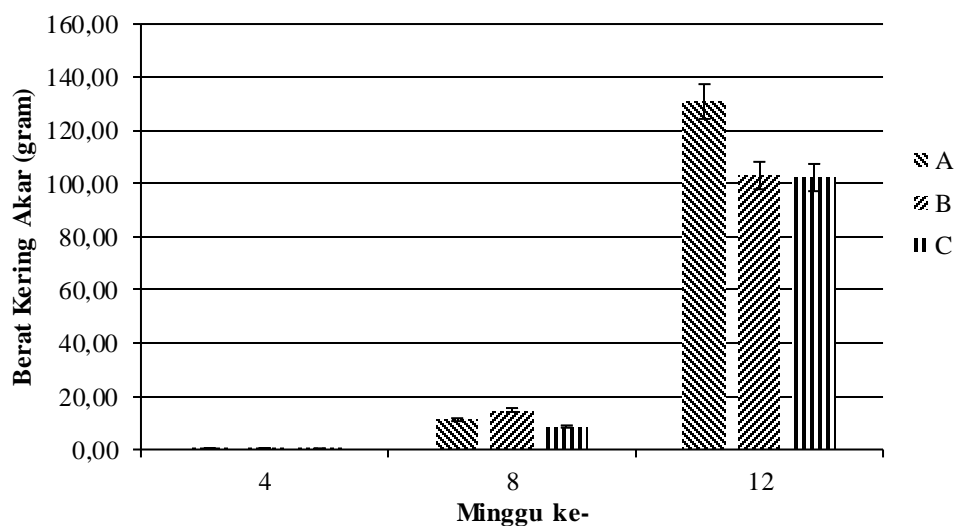
#### 4. Berat Kering Akar

Berat kering akar adalah hasil akumulasi bahan kering (fotosintat) pada proses fotosintesis. Berat kering akar juga merupakan indikator banyaknya fotosintat yang terbentuk guna absorpsi nutrisi atau unsur hara dari tanah. Berat kering akar sangat tergantung pada volume akar dan jumlah akar tanaman itu sendiri. Semakin banyak volume akar dan jumlah akar maka semakin tinggi absorpsi pada tanaman.

Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam berat kering akar pada tabel 4 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.b.3). Rerata berat kering akar pada minggu ke 12 adalah 112,05 g. Penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis pada minggu ke 12 sekitar 0,96-1,73 g dan faktor jenis bahan organik sekitar 1,05-1,54 g. Sedangkan hasil penelitian Widyawati (2018) berat dari faktor macam mikoriza sekitar 1,42-1,94 g, dan faktor varietas singkong sekitar 1,46-1,86 g. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka berat kering akar pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Berat kering akar tanaman singkong menunjukkan pengaruh yang selaras dengan hasil berat segar akar tanaman singkong. Semakin tinggi berat segar akar menyebabkan penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih maksimal sehingga proses fotosintesis berjalan dengan lancar dan hasil fotosintat (berat kering akar) juga tinggi. Hal ini disebabkan unsur hara yang diserap serta adanya cahaya matahari akan meningkatkan laju fotosintesis yang memberikan kontribusi terhadap penambahan berat kering pada seluruh organ tanaman termasuk akar (Triyono & Bahri, 2017).

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa berat kering akar pada minggu ke 4 hingga 12 mengalami peningkatan. Pada minggu ke 4 mikoriza masih membutuhkan waktu untuk menginfeksi masuk melalui akar tanaman terbukti dari rendahnya hasil fotosintat yang ada di akar. Tetapi pada minggu ke 4 mulai mengalami peningkatan hasil fotosintat cukup tinggi yang dihasilkan oleh tanaman.

Perkembangan berat kering akar singkong Renek selama 12 minggu disajikan pada gambar 6.



Gambar 5. Berat kering akar singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

Sinar matahari yang cukup serta penyerapan unsur hara dan air yang cukup menyebabkan peningkatan pada berat kering akar. Hal ini dikarenakan cahaya adalah sebagai sumber fotosintat yang nantinya akan berpengaruh terhadap penambahan berat kering akar (Mulyadi, 2018). Pengeringan akar untuk menghilangkan kadar air ditunjukkan untuk mengetahui seberapa banyak hasil dari fotosintesis tanaman yang disimpan pada akar berfungsi sebagai penampung hasil fotosintat.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar pengamatan minggu ke 4 (gambar 6). Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza dalam berat kering akar. Tetapi pada minggu ke 8 *rhizosfer* paling tinggi dan *ring placement* paling rendah, *rhizosfer* dan *ring placement* berbeda dengan *coating*. Sedangkan minggu ke 12 menunjukkan bahwa *coating* (130,86 g) menghasilkan nilai yang lebih tinggi terhadap *rhizosfer* (103,03 g) dan *ringplacement* (102,27 g). Nilai tersebut selaras dengan nilai berat segar akar.

### C. Pertumbuhan Tanaman Singkong Renek

Tanaman selama masa hidupnya menghasilkan biomassa yang digunakan untuk membentuk bagian-bagian tubuhnya. Perkembangan tanaman menjadi bagian hasil biomassa yang berupa hasil fotosintesis. Pertumbuhan tanaman yang baik yaitu faktor lingkungan yang mempengaruhi tanaman diantaranya adalah ketersediaan air, unsur hara, iklim dan adanya hama dan penyakit. Tingkat efektivitas aplikasi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dapat dilihat dari perkembangan tinggi tanaan, berat segar tajuk, berat kering tajuk, jumlah daun serta luas daun. Tanaman singkong dalam fase vegetatif awal, MVA masih aktif melakukan pertumbuhan sehingga membutuhkan energi yang diambil dari tanaman inangnya. Akan tetapi, pada saat aktif melakukan pertumbuhan MVA juga aktif melakukan penyerapan unsur hara P melalui hifa eksternalnya dan dipertukarkan dengan energi dari tanaman dalam bentuk gula sederhana yang digunakan untuk pertumbuhan serta perkembangan tanaman tersebut (Malik dkk., 2017). Hasil rerata pertumbuhan dan perkembangan tanaman singkong tersaji pada tabel 5.

Tabel 4. Rerata pertumbuhan tanaman singkong Renek pada minggu ke 12

Perlakuan	Parameter Pengamatan				
	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)	Luas daun (cm <sup>2</sup> )	Berat segar tajuk (g)	Berat kering tajuk (g)
<i>Coating</i>	128,78a	62,22a	22.556a	858,40a	166,56a
<i>Rhizosfer</i>	136,33a	61,44a	18.741a	667,10a	139,30a
<i>Ring placement</i>	136,33a	63,44a	16.162a	626,80a	132,01a
Rerata	133,81	62,37	19.153	717,43	145,96

Keterangan : Rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak beda nyata pada uji F hitung pada taraf kesalahan 5%.

#### 1. Tinggi Tanaman

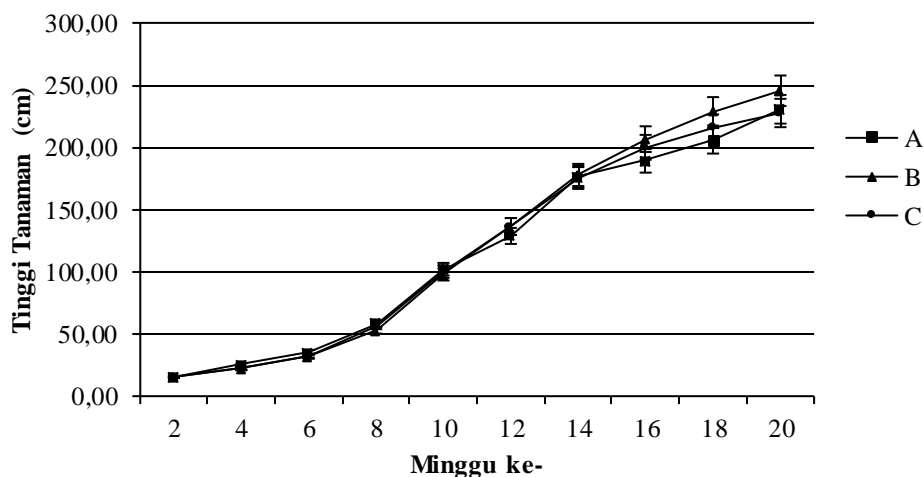
Tinggi tanaman merupakan salah satu ciri tanaman dalam mengalami pertumbuhan karena akan mengalami perubahan dalam bertambahnya jumlah maupun ukuran. Menurut Sastrahidayat (2011) pengamatan tinggi tanaman dibuat dari batas terbawah pertumbuhan sampai batas teratas pertumbuhan tanaman yaitu batang teratas tanaman. Pertambahan tinggi tanaman merupakan proses terjadi pembelahan (peningkatan) dan pembesaran sel. Untuk dapat tumbuh tanaman memerlukan sintesis protein yang merupakan hasil metabolisme.

Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam pada tabel 5 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.c.1). Rerata tinggi tanaman pada minggu ke 12 adalah 133,81 cm. Sedangkan penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis pada minggu ke 12 sekitar 22,08-23,60 cm dan faktor jenis bahan organik sekitar 20,47-24,65 cm. Menurut penelitian Widyawati (2018) bahwa pada faktor macam mikoriza sekitar 22,10-28,51 cm, dan varietas singkong sekitar 21,24-28,06 cm. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka tinggi tanaman pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan parameter sebelumnya yang meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama dari asosiasi mikoriza dengan tanaman singkong. Meningkatnya tinggi tanaman diduga akibat pengaplikasian mikoriza sehingga kondisi perakaran tanaman yang semakin baik. Kondisi perakaran yang lebih baik tentunya menyebabkan unsur hara yang tersedia dalam tanah mudah diserap oleh tanaman dengan bantuan mikoriza (Margharetha, 2011).

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman pada minggu ke 0 hingga 20 mengalami peningkatan. Pada minggu ke 0 hingga minggu ke 6 mengalami perlambatan dalam pertumbuhan tinggi tanaman yaitu fase lambat atau *lag phase*. Pada *lag phase* tanaman singkong tersebut mengalami pertumbuhan lambat karena jumlah sel masih sedikit dan belum aktif dalam melakukan pembelahan sel. Selanjutnya, pada minggu ke 6 hingga 14 tanaman mengalami fase pertumbuhan tinggi tanaman dengan pesat. Pada pertumbuhan yang pesat tersebut disebut dengan *exponential phase*, yaitu fase pertumbuhan tanaman secara pesat. Hal ini dikarenakan tanaman aktif melakukan pembelahan sel, terutama pada ujung sel meristem apikal untuk membentuk batang dan daun, serta penambahan panjang akar untuk menguatkan tanaman, sehingga tinggi tanaman mengalami kenaikan dengan pesat. Selain itu, mikoriza juga berperan dalam menstimulus pembentukan hormon pertumbuhan tanaman, seperti sitokinin dan auksin. Hormon sitokinin dan auksin ini berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel, sehingga menyebabkan peningkatan tinggi tanaman (Talanca, 2010).

Pada saat tanaman berumur 2-10 minggu kenampakan dari tinggi tanaman singkong masih relatif sama antara satu dengan yang lain, tanaman mulai menunjukkan perbedaan tinggi tanaman ketika berumur 12-14 minggu meskipun

Rerata perkembangan tinggi tanaman setiap 2 minggu berdasarkan perlakuan metode aplikasi mikoriza disajikan pada gambar 7.



Gambar 6. Tinggi tanaman singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

perbedaan hanya sebagian kecil dari perlakuan. Pada umur 16-20 minggu mempunyai tinggi tanaman yang beragam, walaupun belum terbentuk tinggi tanaman dengan perbedaan yang nyata.

Asosiasi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatnya penyerapan unsur hara terutama penyerapan unsur Fosfor (P). Peningkatan penyerapan unsur fosfat di ikuti peningkatan penyerapan unsur lain karena akan membentuk ATP (*Adenosin Tri-Phospat*), yang berguna untuk penyerapan hara mineral (Fakuara, 1988 dalam Sastrahidayat, 2011). Mikoriza dapat membantu dalam penyerapan air sehingga panjang batang tetap dapat tumbuh optimal dan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan dosis mikoriza. Mikoriza membantu penyerapan air dengan bantuan hifa-hifa eksternal sehingga dapat memperluas daerah penyerapan air oleh akar.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan minggu ke 20 terdapat garis yang sejajar pada *coating* dan *ring placement*, meskipun berbeda dengan *rhizosfer* dan *rhizosfer* paling tinggi. Hal ini membuktikan bahwa parameter tinggi tanaman berkaitan dengan parameter perkembangan akar seperti panjang

akar, poliferasi, berat segar akar, dan berat kering akar. Hal tersebut saling berkaitan di karenakan tinggi tanaman dipengaruhi oleh unsur hara yang terserap oleh tanaman dari akar dan proses fotosintesis pada daun.

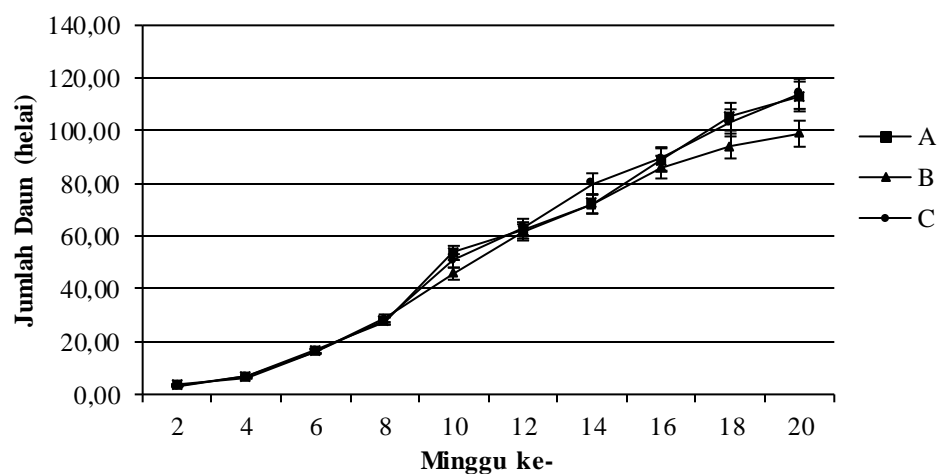
## **2. Jumlah Daun**

Keberadaan daun dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat penting karena berperan dalam pengambilan zat-zat makanan, pengolahan zat-zat makanan, penguapan air, dan pernafasan. Keperluan untuk menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi asimilat melalui proses fotosintesis tanaman. Pertumbuhan daun dipengaruhi dari faktor ketersediaan air karena apabila tanaman kekurangan atau minimum air maka akan mengalami kelayuan dan rontok daun. Pengamatan jumlah daun berfungsi untuk mengetahui pengaruh fotosintesis yang terjadi pada tanaman (Wabsoh, 2005).

Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam jumlah daun pada tabel 5 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.c.2). Rerata jumlah daun pada minggu ke 12 adalah 108,63 helai. Penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis mikoriza pada minggu ke 12 sekitar 17,86-22,92 helai, dan faktor bahan organik sekitar 16,39-22,94 helai. Sedangkan hasil penelitian Widyawati (2018) bahwa jumlah daun dari faktor macam mikoriza sekitar 23,49-26,74 helai dan faktor varietas singkong sekitar 20,72-26,31 helai. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka jumlah daun pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Hal ini diduga berkaitan dengan asosiasi yang berkembang pada perakaran tanaman singkong Renek. Keadaan air dan unsur hara yang diserap oleh tanaman singkong mampu mencukupi kebutuhan tanaman singkong untuk tumbuh. Frekuensi penyiraman berpengaruh terhadap berat kering sehingga mempengaruhi laju pertumbuhan. Ketersediaan air yang mencukupi membantu tanaman untuk melakukan fotosintesis dan metabolisme sel lainnya sehingga terakumulasi hasil fotosintat yang digunakan untuk pertumbuhan (Kuswandi & Sugiyanto, 2015).

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa jumlah daun tanaman singkong Renek pada minggu ke 4 hingga 12 mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan pengaruh dari kebutuhan unsur hara yang sudah terpenuhi dan didistribusikan ke bagian vegetatif tanaman yang akan digunakan untuk pembentukan daun selama masa vegetatif tanaman berlangsung, selain itu unsur hara dan kebutuhan air yang

Rerata perkembangan jumlah daun setiap 2 minggu berdasarkan perlakuan metode aplikasi mikoriza disajikan pada gambar 8.



Gambar 7. Jumlah daun tanaman singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

tercukupi akan memaksimalkan proses fotosintesis yang akan berpengaruh terhadap banyaknya jumlah daun. Hal ini sesuai dengan fungsi mikoriza yaitu adanya cendawan mikoriza sangat meningkatkan efisiensi penyerapan mineral dari tanah (Anastasia, 2014).

Pada saat tanaman berumur 2-8 minggu setelah tanam kenampakan dari jumlah daun tanaman singkong masih relatif sama antara satu dengan yang lain, tanaman mulai menunjukkan perbedaan jumlah daun ketika berumur 10 minggu setelah tanam. Pada umur 10-20 minggu mempunyai jumlah daun yang beragam dan terus mengalami peningkatan dari setiap pengamatan serta belum terbentuk tinggi tanaman dengan perbedaan yang nyata.

Hal ini di dukung dari hasil penelitian Mulyadi (2018) bahwa karakter jumlah daun memiliki korelasi negatif dengan tinggi tanaman dan diameter batang. Saat umur tanaman 20 minggu jumlah daun tanaman ubi kayu mulai mengalami penurunan dengan bertambahnya umur ubi kayu, sehingga tidak sejalan dengan peningkatan tinggi tanaman dan diameter batang. Pada umur mulai 20 minggu daun tanaman ubi kayu mulai mengalami penuaan daun dan mempercepat laju gugur

daun, sedangkan tinggi tanaman dan diameter batang terus mengalami penambahan.

Pemberian metode aplikasi mikoriza tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun khususnya pada tanaman yang masih muda. Jumlah daun dipengaruhi unsur hara pada tanah tersebut dan yang paling utama dipengaruhi oleh faktor genetik dari tanaman tersebut. Semakin banyak daun semakin tinggi fotosintesis yang terjadi. Daun berfungsi sebagai organ utama fotosintesis pada tumbuhan, efektif dalam penyerapan cahaya dan cepat dalam pengambilan CO<sub>2</sub> (Triyono & Bahri, 2017). Nitrogen dibutuhkan untuk membentuk senyawa penting seperti klorofil, asam nukleat, dan enzim sedangkan unsur hara mikro berfungsi terutama dalam pembentukan daun dan klorofil pada daun. Apabila pembentukan daun tersebut terganggu maka proses fotosintesis akan terganggu juga dan pertumbuhan tanaman terganggu, sedangkan jika terjadi kekurangan nitrogen, tanaman akan tumbuh lambat dan kerdil. Hal ini dikarenakan daun tumbuh di setiap ruas batang tanaman, dimana semakin tinggi tanaman maka jumlah daunnya pun semakin banyak (Triyono & Bahri, 2017).

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan minggu ke 20 terdapat garis yang sejajar pada *coating* dan *ring placement*, meskipun berbeda dengan *rhizosfer* dan *rhizosfer* paling rendah. Parameter jumlah daun berkaitan dengan parameter lainya seperti berat segar akar, berat kering akar dan tinggi tanaman. Hal tersebut saling berkaitan dikarenakan jumlah daun dipengaruhi oleh unsur hara yang terserap oleh tanaman dari akar. Semakin tinggi nilai parameter berat akar dan tinggi tanaman maka akan semakin tinggi juga perkembangan dan pertumbuhan tanaman.

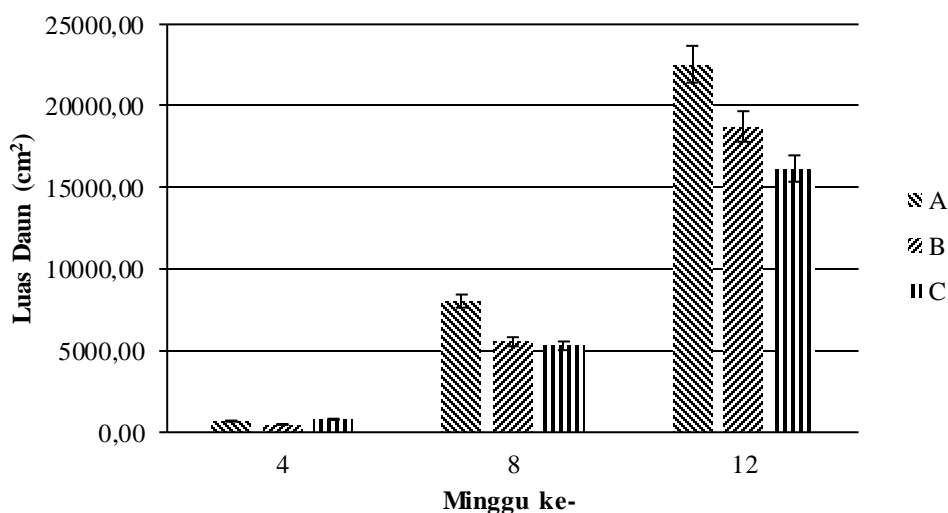
### **3. Luas Daun**

Pengamatan luas daun pada tanaman singkong berdasarkan fungsi daun sebagai penerima cahaya dan alat fotosintesis, karena laju fotosintesis persatuan tanaman sebagian besar ditentukan oleh luas daun. Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam luas daun pada tabel 5 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.c.3). Rerata luas daun pada minggu ke 12 adalah 19.153 cm<sup>2</sup>. Penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis pada minggu ke 12 sekitar 1.285,8-1.888 cm<sup>2</sup> dan faktor bahan organik sekitar 1.352,9-1.983,1 cm<sup>2</sup>. Sedangkan hasil



penelitian Widyawati (2018) luas daun faktor macam mikoriza sekitar 1.796,9 - 2.195,7 cm<sup>2</sup>, dan varietas singkong sekitar 1.584,7-2.166,3 cm<sup>2</sup>. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka luas daun pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun yang dihasilkan.

Rerata perkembangan luas daun setiap minggu ke 4, 8, dan 12 berdasarkan perlakuan metode aplikasi mikoriza disajikan pada gambar 9.



Gambar 8. Luas daun tanaman singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa luas daun pada minggu ke 4 hingga ke 12 mengalami peningkatan. Peningkatan luas daun yang sangat terlihat mulai minggu ke 8 hingga minggu ke 12 yaitu metode aplikasi *coating* lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan metode aplikasi *rhizosfer* dan *ring placement*. Hal ini dapat diduga karena metode aplikasi *coating* memberikan pengaruh yang tinggi terhadap pertumbuhan tanaman singkong Renek memicu luas daun yang tinggi dibanding yang lain.

Perlakuan sumber mikoriza berpengaruh terhadap luas daun karena mikoriza dapat meningkatkan nutrisi tanaman dan menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan seperti auksin dan giberelin. Giberelin berfungsi untuk merangsang pembesaran dan pembelahan sel, terutama merangsang pertumbuhan primer

sehingga mempengaruhi baik tinggi tanaman, maupun jumlah daun. Semakin banyak jumlah daunnya maka semakin luas daun singkong. Menurut Mulyadi (2018) bahwa luas daun tiap tanaman bergantung pada jumlah tunas dan cabang produktif, jumlah daun yang tumbuh/terbentuk, luas daun dan durasi daur daun hidup, dan perilaku helaian daun. Luas helaian daun pertanaman meningkat sekitar 20 cm<sup>2</sup> pada saat tanaman berumur 2-4 minggu setelah tanam menjadi sekitar 600 cm<sup>2</sup> pada saat tanaman berumur 12-24 minggu, selanjutnya helaian daun semakin luas dan akhirnya dorman.

Luas daun dukung adanya asosiasi mikoriza yang mampu meningkatkan lebih dari 50% kebutuhan N tumbuhan. Hal ini karenakan unsur nitrogen pembentuk klorofil, protoplasma, protein dan asam-asam nukleat. Hifa cendawan mikoriza arbuskula mampu memanfaatkan N anorganik secara efisien dan mentransfernya ke dalam tanah dalam jarak 10–30 cm. Nitrogen menyebabkan penambahan luas daun karena N tersedia dapat menghasilkan protein yang lebih banyak sehingga daun dapat berkembang lebih lebar. Kekurangan unsur hara N akan menyebabkan terganggunya pertumbuhan vegetatif yang akhirnya mempengaruhi laju fotosintesis persatuan luas. Berkurangnya laju fotosintesis akan menyebabkan sempitnya daun yang terbentuk.

Nitrogen menyebabkan penambahan luas daun karena N tersedia dapat menghasilkan protein yang lebih banyak sehingga daun dapat berkembang lebih lebar. Kekurangan unsur hara N akan menyebabkan terganggunya pertumbuhan vegetatif yang akhirnya mempengaruhi laju fotosintesis persatuan luas. Berkurangnya laju fotosintesis akan menyebabkan sempitnya daun yang terbentuk (Margaretha, 2011). Mikoriza juga mempengaruhi hormon dan mempercepat fotosintesis (Bowen, 1982 *in* Sastrahidayat, 2011).

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari pengamatan minggu ke 4. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap luas daun. Pada minggu ke 8 dan 12 tidak sejajar (gambar 9). Minggu ke 8 bahwa *coating* tertinggi yang berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement* meskipun *rhizosfer* dan *ring placement* sama. Minggu ke 12 menunjukkan bahwa *coating* tertinggi yang berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*, nilai *ring placement* paling rendah. Hal

tersebut membuktikan *coating* paling tinggi dalam jumlah daun dan luas daun, dan sama pada *rhizosfer*, tetapi *ring placement* lebih tinggi dalam tinggi tanaman dan terendah pada keadaan daun.

Hal ini menunjukkan bahwa pemberian mikoriza dari berbagai macam metode aplikasi terhadap varietas singkong Renek tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Parameter luas daun berkaitan dengan parameter lainnya seperti jumlah daun, berat segar akar, berat kering akar dan tinggi tanaman. Hal tersebut saling berkaitan dikarenakan luas daun akan meningkat dengan adanya peningkatan jumlah daun. Selain itu, keadaan daun sangat dipengaruhi adanya peningkatan pertumbuhan vegetatif lainnya yaitu pertumbuhan akar dan tanaman.

#### **4. Berat Segar Tajuk**

Berat segar tajuk mengindikasikan akumulasi fotosintat dalam tanaman dan menunjukkan kandungan air yang berada pada jaringan tajuk. Berat segar tanaman menunjukkan aktivitas metabolisme tanaman serta nilai berat basah tanaman dipengaruhi oleh kandungan air jaringan, unsur hara dan hasil metabolisme. Salah satu fungsi dari adanya mikoriza pada tanaman yaitu adanya giberelin yang meningkatkan ukuran sel dan meningkatkan jumlah sel sehingga akan meningkatkan berat tanaman.

Pada minggu ke 12 hasil sidik ragam berat segar tajuk pada tabel 5 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.c.4). Rerata berat segar tajuk pada minggu ke 12 adalah 717,43 g. Penelitian Meitasari (2018) dalam pengaplikasian mikoriza faktor dosis pada minggu ke 12 sekitar 61,40-84,29 g, dan faktor bahan organik 68,554-80,46 g. Sedangkan penelitian Widyawati (2018) dari faktor macam mikoriza menghasilkan berat segar tajuk sekitar 92,79-111,88 g, dan faktor varietas singkong sekitar 90,30-112,73 g. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka berat segar tajuk pada penelitian ini tergolong lebih tinggi karena adanya asosiasi mikoriza di lingkungan lahan yang kering. Hal tersebut diduga karena akumulasi fotosintat dalam tanaman dan menunjukkan kandungan air yang berada pada jaringan tajuk. Nitrogen merupakan unsur paling penting dalam proses fotosintesis, karena Nitrogen merupakan unsur pembentuk kloroplas yang merupakan tempat hidup zat hijau daun yaitu klorofil. Semakin banyak Nitrogen

yang diserap maka kloroplas yang dibentuk semakin banyak dan proses fotosintesis lebih cepat.

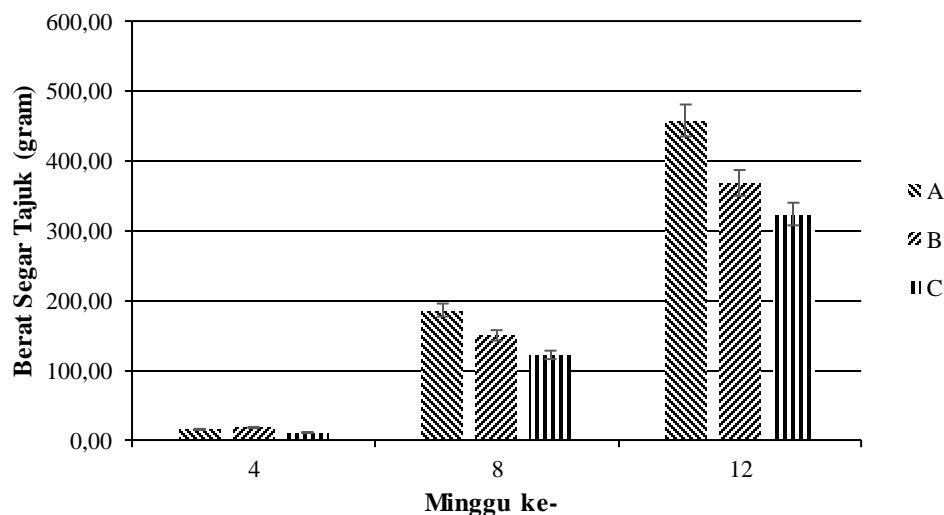
Berdasarkan penelitian Arianto (2018) bahwa berat segar tajuk dari metode pengolahan tanah dan pengaplikasian mikoriza menghasilkan sekitar 744,4-1277,8 g. Hal ini menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman pada penelitian ini masih rendah jika di bandingkan penelitian tersebut karena adanya serangan OPT yang melebihi ambang batas dan perlu dilakukan pengendalian dengan pestisida. Penyerangan hama tersebut tinggi karena minggu ke 12 memasuki musim kemarau yang meningkatkan persebaran hama tungau merah. yaitu tungau merah yang menyerang pada organ daun.

Menurut Paparas & Reshi (2014) bahwa pertumbuhan akar yang baik akibat inokulasi MVA dapat meningkatkan pertumbuhan tajuk melalui tinggi tanaman kopi, diameter batang, dan jumlah daun. Mikoriza dapat meningkatkan ketahanan tanaman pada kondisi kekurangan air melalui peningkatan penyerapan hara, transpirasi daun, dan efisiensi penggunaan air sehingga terjadi penurunan nisbah akar terhadap tajuk tanaman. Keadaan itu menunjukkan bahwa fotosintesis tanaman meningkat dan fotosintat lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan tajuk (Wardhika, 2015). Pertambahan bobot basah tajuk adalah akibat proses metabolisme yang normal dengan persediaan air yang cukup. Air sangat diperlukan dalam berbagai metabolisme sel dan proses fotosintesis yang hasilnya diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Kuswandi & Sugiyanto, 2015).

Prinsip kerja dari hifa mikoriza adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang mengandung Mikoriza tersebut akan mampu meningkatkan kapasitas bidang penyerapan unsur hara (Nurbaity dkk., 2009). Berat segar tajuk adalah gabungan dari perkembangan dan penambahan jaringan tanaman seperti jumlah daun, dan tinggi tanaman yang dipengaruhi oleh kadar air dan kandungan unsur hara yang ada di dalam sel-sel jaringan tanaman.

Pada gambar 10 menunjukkan bahwa berat segar tajuk pada minggu ke 4 hingga ke 12 mengalami peningkatan. Perlakuan metode aplikasi *coating* menghasilkan nilai berat segar tajuk paling tinggi dibandingkan dengan *rhizosfer* dan *ring placement* yang terlihat mulai minggu ke 8 dan 12, karena dalam asosiasi

Rerata perkembangan berat segar tajuk setiap minggu ke 4, 8, dan 12 berdasarkan perlakuan metode aplikasi mikoriza disajikan pada gambar 10.



Gambar 9. Berat segar tajuk tanaman singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

perakaran tanaman singkong terjadi pada saat sudah terbentuknya perakaran, dan semakin lama pertumbuhan maka semakin tinggi asosiasi mikoriza terhadap perakaran tanaman singkong Renek. Hal ini sesuai dengan teori dari Nurbaity dkk. (2009) yang menyatakan bahwa air merupakan bagian yang sangat penting bagi tanaman dan menyusun 80-90% bobot segar jaringan-jaringan tanaman.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari pengamatan minggu ke 4. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap berat segar. Pada minggu ke 8 dan 12 tidak sejajar (gambar 10). Minggu ke 8 bahwa *coating* tertinggi yang berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*, nilai *ring placement* terendah. Minggu ke 12 menunjukkan bahwa *coating* tertinggi yang berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*, nilai *ring placement* paling rendah. Hal tersebut membuktikan *coating* paling tinggi dalam berat segar yang didukung dari jumlah daun dan luas daun, dan sama pada *rhizosfer*, tetapi *ring placement* lebih tinggi dalam tinggi tanaman dan terendah pada keadaan daun sehingga berat segar tajuk juga rendah.

## 5. Berat Kering Tajuk

Berat kering tajuk dan akar menunjukkan tingkat efisiensi metabolisme dari tanaman yang dibutuhkan tanaman. Unsur hara akan membantu penyusunan jaringan-jaringan baru dan juga penambahan ukuran tanaman salah satunya yaitu tinggi tanaman, sehingga tanaman perlu diamati untuk mengetahui pertumbuhan vegetatif tanaman (Wuryaningsih dkk., 2010). Berat kering tajuk merupakan hasil dari penimbunan hasil bersih asimilasi CO<sub>2</sub> sepanjang pertumbuhan. Faktor utama yang mempengaruhi berat kering adalah radiasi matahari yang diabsorpsi dan efisiensi pemanfaatan energi tersebut untuk fiksasi CO<sub>2</sub> (Triyana & Bahri, 2017).

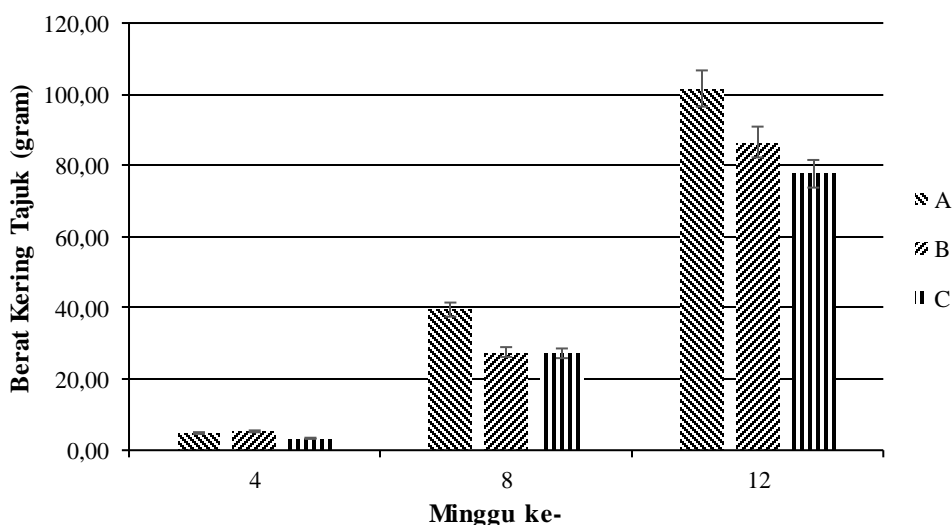
Pada tabel 5 hasil sidik ragam berat kering akar singkong Renek tidak ada beda nyata (lampiran 3.c.5), menghasilkan nilai rata-rata yaitu 145,96 g. Berdasarkan penelitian Meitasari (2018) menyatakan bahwa berat kering akar minggu ke 12 dalam perlakuan dosis mikoriza yaitu sekitar 13,77-15,96 g dan jenis pupuk yaitu sekitar 12,15-15,89 g. Apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut maka panjang akar singkong pada penelitian ini tergolong lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Arianto (2018) bahwa berat kering tajuk menghasilkan nilai tertinggi yaitu 223,29 g dan nilai terendah yaitu 84,84 g. Hal tersebut menghasilkan nilai rata-rata tengah dari penelitian sebelumnya.

Hal ini diduga pada tanaman singkong *coating* melakukan asosiasi perakaran yang tinggi sehingga memiliki tingkat penyerapan unsur hara maupun air yang lebih tinggi karena hasil dari asosiasi mikoriza menghasilkan hifa eksternal yang memperluas daerah penyerapan. Perbedaan berat kering tajuk tersebut diduga disebabkan perbedaan kemampuan daya serap akar pada masing-masing tanaman, baik penyerapan unsur hara maupun air.

Hal ini menunjukkan bahwa pemberian mikoriza dari berbagai metode aplikasi terhadap tanaman singkong Renek yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Berat kering tajuk yang tertinggi pada metode aplikasi *coating*, sedangkan terendah pada *ring placement* pada tanaman singkong Renek. Semakin besar nilai berat segar tajuknya maka semakin besar pula nilai berat pada kering tajuk, dikarenakan berat segar tajuk di dapatkan dari biomassa tanaman yang memiliki sifat stabil meskipun sudah dilakukan pengovenan dan kering angin.

Terdapat selisih antara berat segar dan berat kering tajuk karena sebagian besar kandungan pada tanaman adalah air. Menurut penelitian Kuswandi & Sugiyanto (2015) pada tanaman tomat dari berat kering tajuk sekitar 1/5 dari berat segar. Hal ini menunjukkan bahwa air menjadi komponen di dalam sel dan jaringan yang akan menguap saat dikeringkan. Selain itu, air juga berperan dalam menghasilkan massa tanaman yang tampak pada hasil pengukuran kering tajuk.

Rerata perkembangan berat kering tajuk setiap minggu ke 4, 8, dan 12 berdasarkan perlakuan metode aplikasi mikoriza disajikan pada gambar 11.



Gambar 10. Berat kering tajuk tanaman singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa berat kering tajuk pada minggu ke 4 hingga ke 12 mengalami peningkatan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa berat kering tajuk sejalan dengan berat segar tajuk, jika berat segar suatu tanaman tinggi maka akan diperoleh berat kering yang tinggi pula karena berat kering tajuk merupakan biomasa tanaman bagian atas permukaan tanah yang besar kecilnya ditentukan oleh komponen bagian tajuk itu sendiri seperti tinggi tanaman dan jumlah daun.

Pada minggu ke 4 berat kering tajuk yang diamati menunjukkan angka yang relatif sama pada semua perlakuan namun pada minggu ke 8 dan minggu ke 12 semua perlakuan menunjukkan angka yang cukup berbeda, yaitu perlakuan *coating* menunjukkan berat kering tajuk yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *rhizosfer* dan *ring placement*. Hal ini dikarenakan penyerapan unsur hara dan air pada tanaman singkong dipengaruhi dari adanya asosiasi antara mikoriza dengan tanaman singkong, sehingga menghasilkan hifa eksternal bercabang yang meningkatkan ruang serap perakaran.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari pengamatan minggu ke 4. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap berat kering tajuk. Pada minggu ke 8 dan 12 tidak sejajar (gambar 11). Minggu ke 8 bahwa tertinggi yang berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*, nilai *ring placement* terendah. Minggu ke 12 menunjukkan bahwa *coating* tertinggi yang berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*, nilai *ring placement* paling rendah. Hal tersebut selaras dengan berat segar tajuk.

Peningkatan berat kering tanaman dipengaruhi oleh pertumbuhan vegetatif tanaman itu sendiri seperti tinggi tanaman dan luas daun. Hasil penelitian Adetya dkk. (2018) dalam Margaretha 2011 bahwa *C. frutescens* di tanah pasir yang diberi pupuk mikoriza memperlihatkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan *C. frutescens* tanpa mikoriza dengan media yang sama. Adanya pengaruh pemberian pupuk mikoriza sejalan dengan kemampuan mikoriza dalam meningkatkan berat kering tanaman padi sebesar dua kali lipat dibandingkan padi tanpa mikoriza.

#### **D. Hasil Singkong Renek**

Hasil singkong merupakan tujuan utama dari budidaya tanaman singkong. Pada penelitian ini, singkong Renek dipanen pada umur 20 Minggu Setelah Tanam (HST). Adapun parameter yang diamati dari hasil ubi singkong meliputi jumlah ubi per tanaman, panjang ubi, diameter ubi, berat ubi per tanaman, berat per ubi dan hasil ubi. Rerata hasil tanaman singkong Renek berdasarkan perlakuan metode aplikasi mikoriza disajikan pada tabel 6.



Tabel 5. Rerata hasil singkong Renek pada minggu ke 20

Perlakuan	Parameter pengamatan					
	Jumlah ubi pertanaman	Panjang ubi (cm)	Diameter ubi (cm)	Berat ubi (kg)	Berat per ubi (g)	Hasil ubi (ton/ha)
<i>Coating</i>	14,00a	17,12b	3,14a	2,72a	194,89a	27,16a
<i>Rhizosfer</i>	10,89b	19,72a	3,51a	2,61a	240,35a	26,10a
<i>Ring placement</i>	12,00b	16,84b	3,43a	2,44a	202,77a	24,40a
Rerata	12,29	17,89	3,36	2,59	212,67	25,89

Keterangan : Rerata yang diikuti dengan huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji F, dan berbeda menunjukkan beda nyata DMRT hitung pada taraf kesalahan 5%.

### 1. Jumlah Ubi Pertanaman

Jumlah ubi per tanaman singkong Renek merupakan salah satu indikator dalam menentukan berapa banyak hasil ubi yang dapat dihasilkan pada setiap tanaman singkong. Selain itu dapat menentukan hasil perluasan penyerapan unsur yang dibutuhkan tanaman. Jumlah ubi akar merupakan jumlah akar yang telah mengalami penebalan hasil dari fotosintat yang telah dirubah menjadi pati.

Pada minggu ke 20 hasil sidik ragam jumlah ubi per tanaman pada tabel 6 menunjukkan ada beda nyata (lampiran 3.d.1) jumlah ubi pertanaman yang terbaik adalah metode aplikasi *coating* (14,00 ubi) berbeda nyata terhadap *rhizosfer* dan *ring placement*, tetapi *ring placement* (12,00 ubi) tidak beda nyata terhadap *rhizosfer* (10,89 ubi). Sesuai dengan pernyataan Sulistiana (2012) bahwa pemberian aplikasi *coating* memberikan pengaruh nyata terhadap uji perecambahan spora. Pada pengaplikasian *rhizosfer* dan *ring placement* di duga menghasilkan nilai yang tinggi apabila di aplikasikan saat terjadi pertumbuhan perakaran tanaman karena terdapat jarak dari inokulum mikoriza dengan pertumbuhan perakaran. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan tingkat penyerapan unsur-unsur dari dalam tanah yang dibutuhkan tanaman. Hal ini di karenakan pada metode aplikasi *coating* lebih mengefisiensikan penggunaan pupuk hayati dengan pelapisan media tumbuh akar yang lebih luas.

Berdasarkan penelitian Nugroho (2019) bahwa jumlah ubi singkong Renek yang dihasilkan pada minggu ke 20 yaitu 8,67 buah dan umur minggu ke 32 yaitu 9,00 buah. Hasil penelitian ini menghasilkan jumlah ubi yang lebih banyak dibandingkan dengan penelitian tersebut. Hal ini diduga dari adanya asosiasi

mikoriza *indigenus* Gunungkidul terhadap tanaman singkong Renek di tanah Regosol. Hasil dari asosiasi mikoriza terhadap tanaman singkong akan menghasilkan perluasan penyerapan tanaman serta terbentuknya sifat dalam perbanyak sel tumbuh. Parameter jumlah ubi berkaitan dengan parameter sebelumnya yaitu perkembangan akar (panjang akar, proliferasi, berat segar akar, dan berat kering akar) dan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat segar tajuk, dan berat kering tajuk). Hal tersebut saling berkaitan dikarenakan apabila mikoriza berasosiasi dengan perakaran tanaman maka akan membentuk hifa yang memperluas penyerapan unsur hara dan air untuk tanaman. Dari hasil peningkatan penyerapan unsur yang dibutuhkan tanaman akan meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama perkembangan vegetatif. Dari hasil perkembangan vegetatif akan menghasilkan peningkatan hasil singkong terutama jumlah ubi tanaman, di bandingkan dengan yang lain (tanpa sosiasi mikoriza dengan perakaran tanaman). Hal ini mengalami peningkatan, sehingga dapat dilihat bahwa penambahan diameter parenkim ubi akar menunjukkan fotosintat yang disimpan pada ubi akar semakin besar sehingga ukuran ubi akar yang terbentuk besar (Mulyadi, 2018).

Hal tersebut dikarenakan banyaknya ubi singkong dipengaruhi oleh hasil fotosintat tanaman singkong dari hasil pengembangan vegetatif tanaman singkong. Semakin besar fotosintat yang dihasilkan maka semakin banyak jumlah ubi yang dihasilkan. Hal ini selaras dengan pernyataan Mulyadi (2018) menyatakan bahwa jumlah ubi dipengaruhi oleh kondisi atau jumlah daun yang berkorelasi dengan aktivitas fotosintesis yang tinggi. Kondisi dan jumlah daun dipengaruhi dari adanya peningkatan penyerapan hara (asosiasi antara mikoriza dengan tanaman inang).

## **2. Panjang Ubi**

Panjang ubi tanaman singkong merupakan indikasi hasil perpanjangan sel-sel di belakang meristem ujung. Semakin panjang perkembangan ubi, maka semakin banyak air dan hara yang diserap oleh tanaman sehingga kebutuhan hara untuk pertumbuhan dan produksi tanaman semakin meningkat.

Pada tabel 6 hasil sidik ragam panjang ubi singkong Renek menunjukkan ada beda nyata (lampiran 3.d.2). Panjang ubi singkong yang pada minggu 20 terbaik adalah metode aplikasi *rhizosfer* (19,72 cm) beda nyata terhadap *coating* dan *ring*

*placement*, namun *coating* (17,12 cm) tidak beda nyata *ring placement* (16,84 cm). Hal ini dikarenakan tingkat asosiasi mikoriza dengan tanaman sangat rendah, sehingga perakaran tanaman memanjang untuk mencari unsur hara dan air. Hal ini setara dengan peningkatan panjang akar dengan panjang ubi singkong Renek.

Berdasarkan penelitian Nugroho (2019) bahwa panjang ubi tanaman singkong pada umur panen minggu ke 20 yaitu 18,01 cm sedangkan panen minggu ke 32 bulan yaitu 31,06 cm. Apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut menghasilkan nilai panjang ubi yang hampir sama pada umur panen minggu ke 20. Hal ini berkaitan dengan kesesuaian panjang akar pada tanaman singkong Renek. Hal ini di sebabkan adanya pengaruh pengaplikasian mikoriza yang semakin berkembang dengan ciri perkembangan infeksi dan spora.

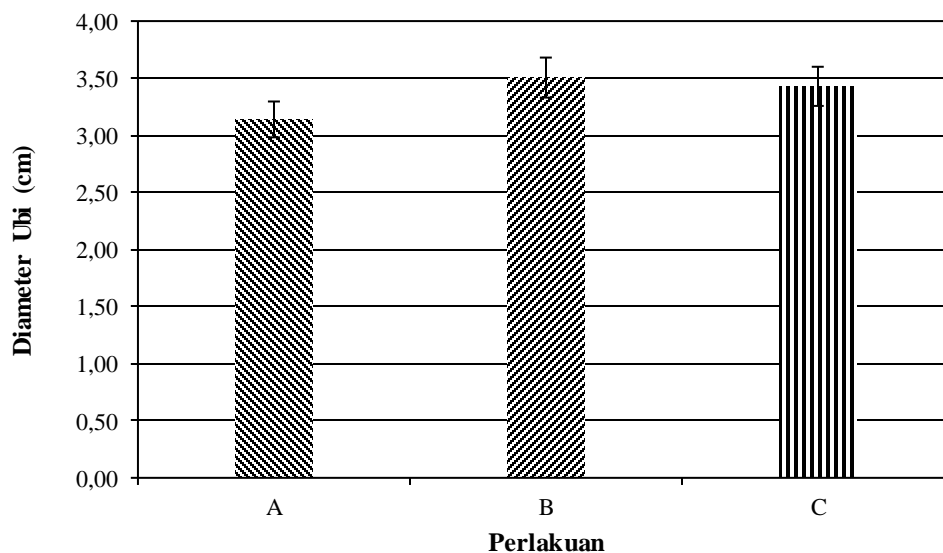
### 3. Diameter Ubi

Pengamatan diameter ubi tanaman singkong bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ubi yang dihasilkan dari hasil fotosintesis yang dilakukan tanaman singkong selama proses pertumbuhan dan perkembangannya.

Pada tabel 6 hasil sidik ragam diameter ubi singkong Renek tidak ada beda nyata (lampiran 3.d.3), menghasilkan nilai rata-rata yaitu 3,36 cm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan aplikasi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman singkong Renek. Perlakuan metode aplikasi *Rhizosfer* memiliki nilai diameter lebih baik dibandingkan lainnya. Hal tersebut diduga sifat-sifat fisiologi akar yang memiliki sifat memanjang dan berkembang di beberapa bagian akar yang akan membentuk ubi yang ada pada perlakuan tersebut lebih baik dibandingkan dengan lainnya. Hal ini dapat dilihat dari parameter sebelumnya yang menyatakan bahwa nilai terendah jumlah spora pada perakaran tanaman singkong yaitu metode aplikasi *rhizosfer*. Sehingga dari perkembangan spora mikoriza yang rendah dapat memacu pertumbuhan akar yang tidak merata dalam penyerapan unsur hara karena kurangnya pertumbuhan hifa eksternal.

Gambar 12 menunjukkan bahwa metode aplikasi mikoriza *Indigenous* Gunungkidul memiliki nilai diameter ubi yang tidak jauh beda. Telihat dari metode aplikasi *rhizosfer* menghasilkan nilai diameter paling tinggi (3,51 cm), *ring placement* 3,43 cm, serta *coating* 3,14 cm. Hal ini diduga di sebabkan penyerapan air dan unsur hara tanaman akibat asosiasi mikoriza. Unsur N dan P merupakan dua

Rerata diameter ubi dari singkong Renek berdasarkan metode aplikasinya tersaji pada pada gambar 12.



Gambar 11. Rerata diameter ubi singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

unsur hara yang paling banyak diperlukan tanaman dan merupakan pembatas pertumbuhan dan hasil tanaman. Pada fase pembentukan ubi, Nitrogen berperan penting dalam sintesa protein. Apabila proses sintesa protein berlangsung dengan baik, maka akan berkorelasi positif terhadap peningkatan ukuran tongkol baik panjang, berat, maupun diameter ubi (Wardhika, 2015).

Berdasarkan penelitian Nugroho (2019) bahwa diameter akar tanaman singkong pada umur minggu ke 20 mencapai sekitar 4,2 cm dan minggu ke 32 mencapai 6,47 cm. Diameter akar pada penelitian ini memiliki nilai hampir sama apabila dibandingkan dengan penelitian tersebut. Semakin meningkatnya umur panen tanaman singkong Renek maka semakin meningkat pula diameter ubi yang didapatkan. Hal ini di karenakan ubi pada tanaman singkong yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh besarnya pembelahan sel yang terjadi pada organ ubi itu sendiri. Unsur hara yang ada akan memenuhi kebutuhan sel untuk proses pembelahan sel. Pembelahan sel ini memungkinkan peningkatan air dan fotosintat yang dihasilkan dari hasil fotosintesis juga lebih banyak sehingga diameter ubi akan lebih besar.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari *coating* dengan *ring placement*. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap diameter ubi. Nilai *coating* paling rendah dan berbeda dengan *rhizosfer* dan *ring placement*. Hal tersebut membuktikan *rhizosfer* paling besar diameter ubi dan *coating* paling kecil.

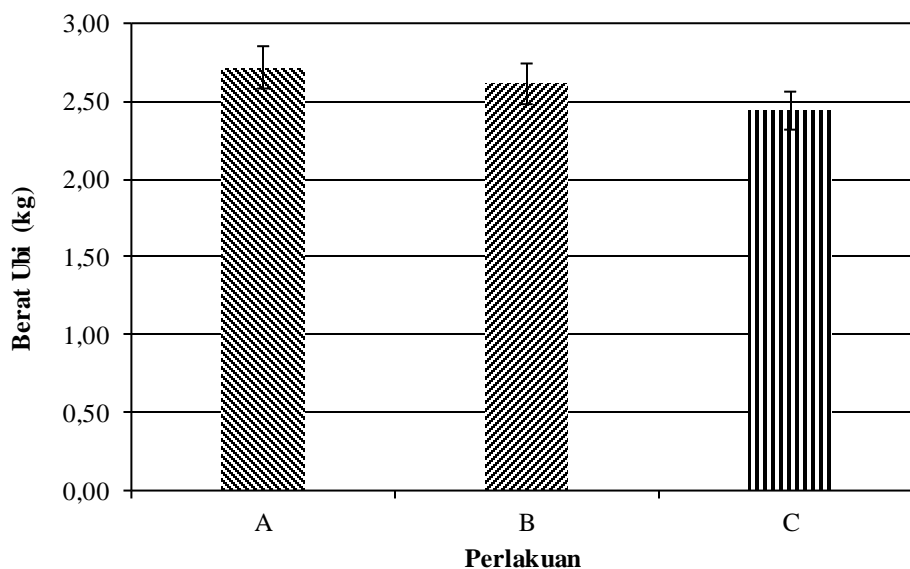
#### **4. Berat Ubi Per tanaman**

Berat ubi merupakan hasil produktivitas dari setiap tanaman. Hal tersebut dapat menggambarkan kualitas lahan yang digunakan. Semakin berat ubi pertanaman yang diperoleh, maka semakin tinggi juga hasil produktivitas lahan yang digunakan dalam konversi ton/ha.

Pada minggu ke 20 hasil sidik ragam berat ubi pada tabel 6 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.d.4). Rerata berat ubi pada minggu ke 20 adalah 2,59 kg/tanaman. Hasil panen juga dapat menggambarkan kualitas lahan yang digunakan. Semakin tinggi hasil panen yang diperoleh, maka semakin tinggi juga produktivitas lahan yang digunakan. Dari hasil panen tersebut masih memiliki nilai cukup rendah jika di dibandingkan dengan penelitian Nugroho (2019) bahwa produksi singkong Renek dari berbagai umur panen di dapatkan nilai tertinggi pada umur panen 8 bulan (7,60 kg/tanaman) dan hasil terendah pada umur panen 5 bulan (4,90 kg/tanaman). Hal ini diduga karena serangan OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) yaitu tungau yang mengakibatkan penurunan produksi fotosintat tanaman. Hal ini dikarenakan serangan tungau merah akan menurunkan hingga 95% dari hasil ubi singkong dengan serangan tertinggi di musim kemarau (Prihandana, 2018).

Pada gambar 13 menunjukkan bahwa berat ubi pada minggu 20 mengalami perbedaan yaitu nilai tertinggi terdapat pada aplikasi *coating* yaitu 2,72 kg, metode aplikasi *rhizosfer* 2,61 kg, serta metode aplikasi *ring placement* 2,44 kg. Apabila dibandingkan dengan penelitian Nugroho (2019) bahwa umur panen singkong Renek pada minggu ke 20 yaitu 4,90 kg, dan umur panen minggu ke 32 yaitu 7,60 kg. Hal tersebut membuktikan bahwa pertumbuhan tanaman singkong Renek pada penelitian ini masih mengalami pertumbuhan yang belum maksimal. Hal ini di karenakan terjadi serangan OPT. Pada tanaman singkong menunjukkan korelasi

Rerata hasil panen ubi dari singkong Renek berdasarkan metode aplikasinya tersaji pada pada gambar 13.



Gambar 12. Rerata berat ubi singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

positif antara luas daun area dan hasil produksi ubi akar, hal ini menunjukkan bahwa luas daun sangat penting dalam tingkat pertumbuhan tanaman dan pembentukan ubi akar (Mulyadi, 2018).

Hasil penelitian serapan hara juga dilaporkan oleh Musfal (2010), yaitu mikoriza dapat meningkatkan serapan Nitrogen (N) dan Kalium (K). Pemberian mikoriza pada tanaman kacang-kacangan dapat meningkatkan serapan unsur mikro Cu dan Zn. Hal ini terbuktinya adanya asosiasi mikoriza. Hifa mikoriza sangat kecil yaitu 2-5 um, sehingga dengan mudah menembus pori-pori tanah yang tidak bisa ditembus oleh akar tanaman yang berdiameter 10-20 um (Talanca, 2010).

Ubi akar merupakan organ utama penyimpanan fotosintat. Fotosintat yang dihasilkan oleh daun sejalan dengan perkembangan ubi akar. Berdasarkan hasil yang diperoleh ubi akar mulai mengisi akar pada umur 8 minggu. Berat basah dan berat kering yang diperoleh dari umur 8 minggu hingga panen semakin meningkat. Umur 20 hingga 25 minggu terjadi laju pertambahan berat kering ubi akar yang maksimal (Mulyadi, 2018).

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari perlakuan *coating* dan *rhizosfer*. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap berat ubi pertanaman. Pada perlakuan *ring placement* paling rendah yang berbeda terhadap *coating* dan *rhizosfer*. Hal tersebut membuktikan *coating* paling tinggi dalam berat ubi jumlah ubi dan panjang ubi, sedangkan pada perlakuan *rhizosfer* di tunjang dari panjang ubi dan diameter ubi. Hal berat ubi tersebut dipengaruhi juga oleh hasil fotosintat tanaman singkong dari hasil pengembangan vegetatif tanaman singkong.

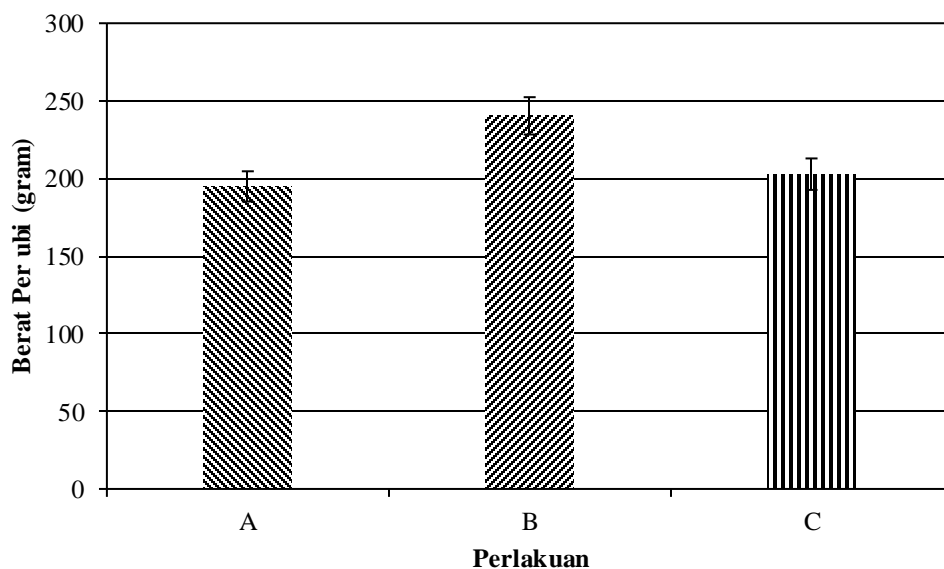
## 5. Berat Per ubi

Berat per ubi merupakan hasil produktivitas dari setiap ubi yang dihasilkan. Hal tersebut dapat menggambarkan dari nilai yang di hasilkan dari berat ubi per tanaman yang dibagi dengan jumlah ubi yang dihasilkan. Semakin tinggi berat ubi yang dihasilkan maka semakin tinggi berat per ubi dari tanaman.

Pada minggu ke 20 hasil sidik ragam berat per ubi pada tabel 6 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.d.5). Rerata berat ubi pada minggu ke 20 adalah 212,67 g/ubi. Semakin tinggi berat panen yang diperoleh, maka semakin tinggi juga produktivitas dari setiap ubi yang dihasilkan. Dari berat per ubi tersebut masih memiliki nilai cukup rendah jika di bandingkan dengan penelitian Nugroho (2019) bahwa berat per ubi singkong Renek dari berbagai umur panen di minggu ke 20 menghasilkan 864,19 g/ubi. Hal ini diduga karena serangan OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) yaitu tungau yang mengakibatkan penurunan produksi fotosintat tanaman. Hal ini dikarenakan serangan tungau merah akan menurunkan hingga 95% dari hasil ubi singkong dengan serangan tertinggi di musim kemarau (Prihandana dkk., 2018).

Pada gambar 14 menunjukkan bahwa berat per ubi pada minggu 20 mengalami perbedaan yaitu nilai tertinggi terdapat pada aplikasi *rhizosfer* yaitu 240,34 g/ubi, metode aplikasi *ring placement* 202,77 g/ubi, serta metode aplikasi *coating* 194,88 g/ubi. Hal tersebut membuktikan bahwa pertumbuhan tanaman singkong Renek pada penelitian ini masih mengalami pertumbuhan yang belum maksimal di karenakan terjadi serangan OPT. Pada tanaman singkong menunjukkan produktivitas dari setiap ubi yang dipengaruhi berat per tanaman dan jumlah ubi yang dihasilkan. Hal ini di dukung dari hasil penelitian Mulyadi (2018)

Rerata berat per ubi dari singkong Renek berdasarkan metode aplikasinya tersaji pada pada gambar 14.



Gambar 13. Rerata berat per ubi singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

C : Metode aplikasi *ring placement*

bahwa karakter berat ubi berkorelasi positif dengan jumlah ubi akar. Jumlah ubi akar yang semakin banyak maka semakin banyak juga kontribusi berat per ubi akar yang diberikan.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari perlakuan *coating* dan *ring placement*. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap berat ubi pertanaman. Pada perlakuan paling tinggi yaitu *rhizosfer* yang berbeda terhadap *coating* dan *ring placement*. Hal tersebut membuktikan *rhizosfer* paling tinggi dalam panjang ubi, diameter ubi, dan berat per ubi, sedangkan *coating* pada jumlah ubi, berat ubi per tanaman.

## 6. Hasil Ubi per Hektar

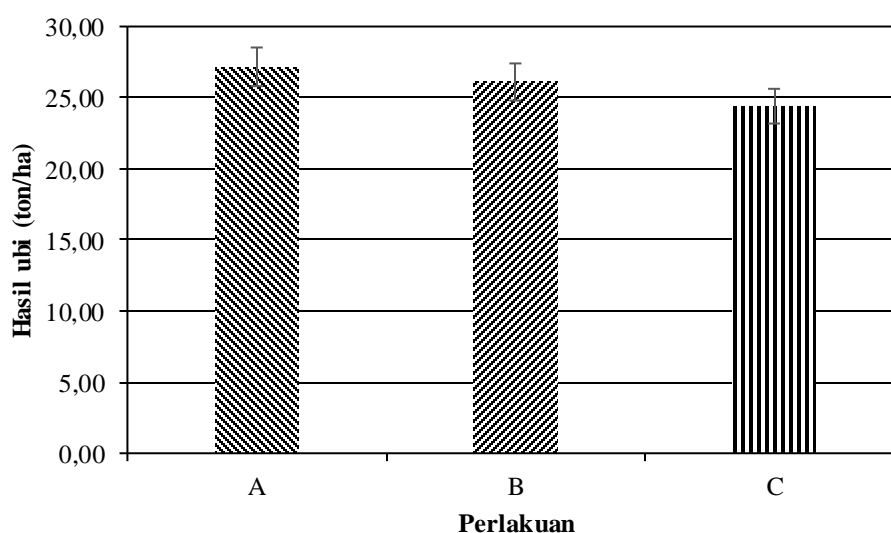
Hasil panen merupakan salah satu parameter terpenting untuk menentukan tingginya produktivitas tanaman. Hasil panen juga dapat menggambarkan kualitas lahan yang digunakan. Semakin tinggi hasil panen yang diperoleh, maka semakin tinggi juga produktivitas lahan yang digunakan.



Pada minggu ke 20 hasil sidik ragam hasil ubi pada tabel 6 menunjukkan tidak ada beda nyata (lampiran 3.d.6). Rerata hasil ubi pada minggu ke 20 adalah 25,89 ton/ha. Sedangkan, penelitian Nugroho (2019) hasil ubi singkong Renek umur 5 bulan 40,90 ton/ha. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut maka hasil ubi pada penelitian ini tergolong lebih rendah. Hal ini berkaitan dengan yang pertumbuhan tanaman yang masih belum maksimal terutama pada jumlah daun karena serangan tungau merah yang tinggi. Hal tersebut menurunkan produksi fotosintat yang akan di salurkan ke dalam ubi singkong. Hasil ubi diperoleh dari hasil fotosintat yang dihasilkan pada daun dan sel-sel fotosintetik lainnya harus diangkat ke organ dan jaringan agar dapat dimanfaatkan oleh organ dan jaringan tersebut untuk ditimbun sebagai bahan cadangan makanan.

Meskipun metode aplikasi mikoriza tidak berpengaruh terhadap hasil ubi, namun perlakuan *coating* (27,17 ton/ha) memberikan jumlah hasil ubi yang lebih tinggi dari pada perlakuan *rhizosfer* (26,10 ton/ha) dan *ring placement* (24,40 ton/ha). Berdasarkan pernyataan Prihandana (2018) hasil ubi tanaman singkong dengan perawatan baik menghasilkan sebanyak 30-40 ton/ha.

Rerata hasil panen ubi dari singkong Renek berdasarkan metode aplikasinya tersaji pada pada gambar 15.



Gambar 14. Hasil ubi singkong Renek

Keterangan :

A : Metode aplikasi *coating*

B : Metode aplikasi *rhizosfer*

### C : Metode aplikasi *ring placement*

Gambar 15 dilihat dari standar deviasi pada tiga perlakuan tidak menunjukkan garis yang sejajar pada metode aplikasi *rhizosfer* dengan *ring placement*. Sedangkan pada metode aplikasi *coating* dengan *rhizosfer* terdapat garis sejajar. Hal tersebut dikarenakan berat hasil ubi singkong dipengaruhi oleh hasil fotosintat tanaman singkong dari hasil pengembangan vegetatif tanaman singkong. Hal tersebut membuktikan bahwa hasil singkong merupakan bagian besar dari nilai konversi berat ubi dari tiap tanaman. Produktivitas tersebut dapat dilihat dari banyaknya jumlah ubi, panjang ubi maupun diameter ubi.

Dari standar deviasi metode aplikasi mikoriza menunjukkan terdapat garis yang sejajar dari perlakuan *coating* dan *rhizosfer*. Hal ini terdapat membuktikan bahwa tidak adanya pengaruh dalam metode aplikasi mikoriza terhadap hasil ubi yang sudah di konversi ke ha. Pada perlakuan *ring placement* paling rendah yang berbeda terhadap *coating* dan *rhizosfer*. Hal tersebut membuktikan *coating* paling tinggi dalam hasil ubi yang selaras dengan berat ubi pertanaman.

Berdasarkan hasil penelitian ini bahwa tidak terdapat beda nyata terhadap persentase infeksi dan jumlah spora dari setiap perlakuan kecuali pada jumlah spora minggu ke 8 menghasilkan nilai beda nyata dan tertinggi pada perlakuan *coating*. Meskipun menghasilkan nilai tidak beda nyata pada setiap perlakuan, perlakuan *coating* menghasilkan nilai cenderung lebih tinggi. Pada perkembangan akar dalam setiap perlakuan tidak beda nyata, tetapi perlakuan *coating* cenderung lebih tinggi pada nilai panjang akar dan proliferasi yang menunjang tingginya berat segar akar dan berat kering akar, meskipun perlakuan *ring placement* memiliki nilai lebih tinggi pada panjang akar dan *rhizosfer* pada proliferasi akar. Pada pertumbuhan tanaman dari setiap perlakuan tidak beda nyata tetapi perlakuan *coating* menghasilkan nilai lebih tinggi pada luas dan berat segar dan berat kering tajuk, sedangkan *rhizosfer* tertinggi pada tinggi tanaman dan *ring placement* pada jumlah daun.

Pada perlakuan *coating* menghasilkan tinggi pada panjang akar dan proliferasi yang menunjang pertumbuhan tanaman singkong Renek terutama pada jumlah daun dan luas daun. Pengaruh perkembangan akar dan pertumbuhan

tanaman akan menunjang terbentuknya jumlah ubi dan panjang ubi sehingga menghasilkan berat ubi dan hasil ubi yang tinggi. Sehingga di hasilkan akar yang relatif pendek tetapi memiliki jumlah ubi yang banyak. Pada perlakuan *rhizosfer* menghasilkan nilai terendah terhadap perkembangan mikoriza, tetapi menghasilkan nilai tertinggi pada tinggi tanaman sehingga menghasilkan berat tajuk yang cukup tinggi. Hal tersebut yang menunjang terbentuknya panjang ubi dan diameter ubi sehingga menghasilkan berat ubi dan hasil ubi yang cukup tinggi. Tingginya berat ubi diduga ubi menghasilkan kandungan pati yang tinggi. Pada perlakuan *ring placement* menghasilkan nilai yang cukup tinggi pada perkembangan mikoriza. Menghasilkan nilai tertinggi pada panjang akar tetapi nilai pertumbuhan tanaman yang rendah. Hal tersebut yang menunjang terbentuknya panjang ubi yang rendah dan diameter ubi yang tinggi sehingga menghasilkan berat ubi dan hasil ubi yang paling rendah. Sehingga di hasilkan bahwa perlakuan *coating* cenderung lebih baik dibandingkan dengan perlakuan *rhizosfer* dan *ring placement*.