

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Tinggi Tanaman

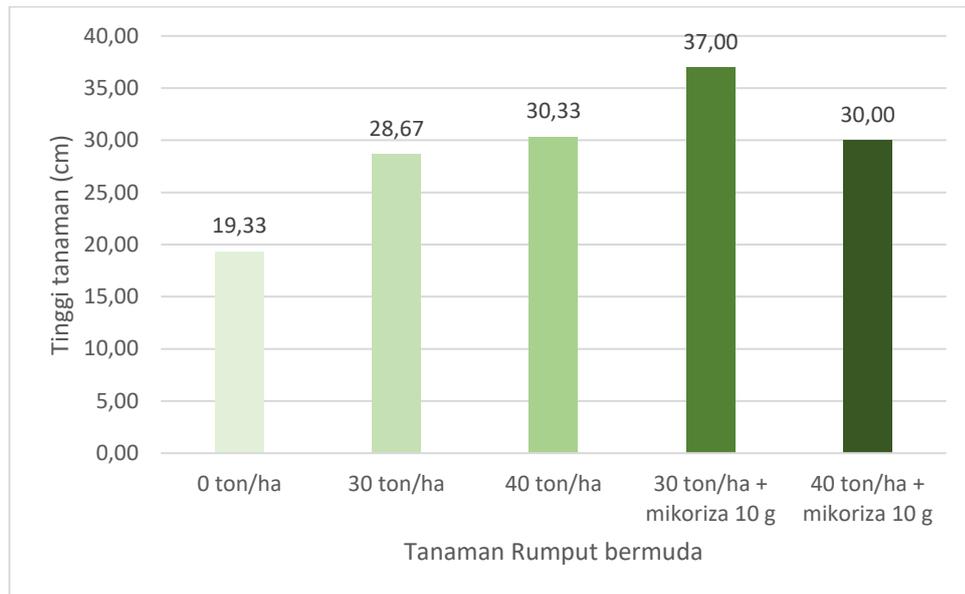
Hasil pengamatan tinggi tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 1a, 1b, 1c dan 1d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman sedangkan tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman.

Tabel 1. Rata rata tinggi (cm) tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel 60 HST

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol)	36.00 ^a	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha	98.00 ^b	
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha	95.00 ^b	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	94.33 ^b	26.20
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	94.67 ^b	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tinggi tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha yaitu 98.00 cm yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya kecuali pada perlakuan orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol). Rata rata tinggi tanaman terendah diperoleh pada perlakuan tanpa dosis pupuk yaitu 36.00 cm.



Gambar 1. Rata rata tinggi (cm) tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel 60 HST

Gambar 1 menunjukkan bahwa tinggi tanaman rumput bermuda cenderung terbaik diperoleh pada perlakuan Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 ton/ha + 10 g mikoriza yaitu 37,00 cm dan cenderung terendah pada perlakuan tanpa dosis pupuk yaitu 19,33 cm.

2. Panjang Akar

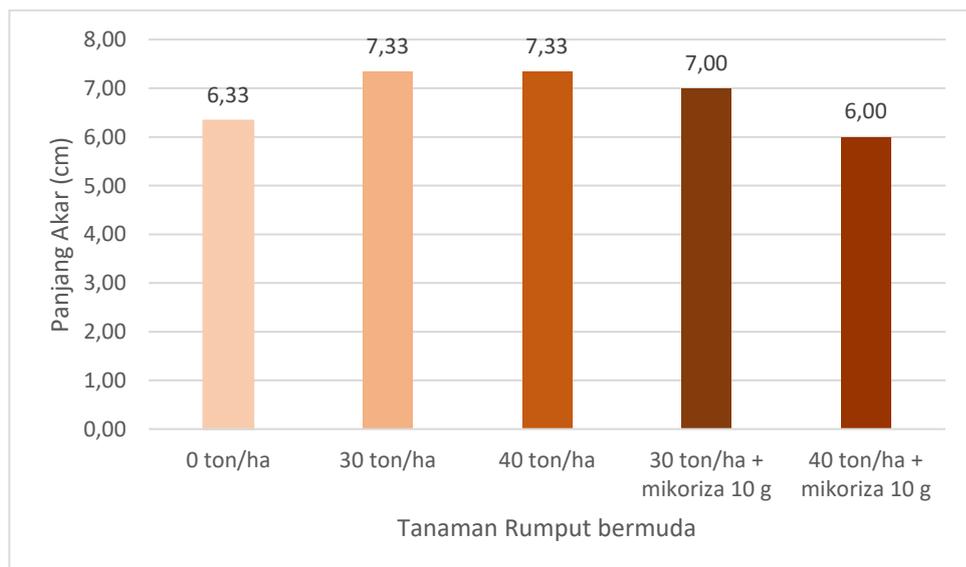
Hasil pengamatan panjang akar tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 2a, 2b, 2c dan 2d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap panjang akar sedangkan tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap panjang akar.

Tabel 3. Rata rata panjang akar (cm) tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel 60 HST

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol)	6.00 ^a	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha	10.33 ^b	
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha	13.33 ^c	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	15.00 ^c	2.56
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	15.33 ^c	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 3 menunjukkan bahwa panjang akar tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza yaitu 15.33 cm yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya kecuali pada perlakuan orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol) dan orok orok dengan dosis 30 ton/ha. Rata rata panjang akar terendah diperoleh pada perlakuan tanpa dosis pupuk yaitu 6.00 cm.



Gambar 2. Rata rata panjang akar (cm) tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel 60 HST

Gambar 2 menunjukkan bahwa panjang akar tanaman rumput bermuda cenderung terbaik diperoleh pada perlakuan rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza yaitu 7.33 cm sedangkan rata rata panjang akar terendah diperoleh pada perlakuan tanpa dosis yaitu 6.33 cm.

3. Kadar Ni Awal dan Akhir

Hasil pengamatan kadar Ni awal dan akhir tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 3a, 3b, 3c dan 3d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dan rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar Ni awal dan akhir tanaman.

Tabel 5. Rata rata kadar Ni (ppm) tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol)	8020.00 ^d	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha	7650.00 ^{bc}	
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha	6520.00 ^a	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	7490.00 ^b	282.46
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	7570.00 ^{bc}	
Sebelum Perlakuan	10.0160.00	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar Ni akhir tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha yaitu 6520.00 ppm yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kadar Ni awal sebelum perlakuan tanaman yaitu 10.0160 ppm.

Tabel 6. Rata rata kadar Ni (ppm) tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Rumput bermuda tanpa dosis pupuk (kontrol)	8110.00 ^e	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 ton/ha	7800.00 ^d	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha	7070.00 ^b	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	7050.00 ^a	45.3
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	7290.00 ^c	
Sebelum Perlakuan	10.0160.00	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar Ni akhir tanaman rumput bermuda terbaik diperoleh pada perlakuan rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza yaitu 7050.00 ppm yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kadar Ni awal sebelum perlakuan tanaman yaitu 10.0160 ppm.

4. Serapan Ni pada tajuk

Hasil pengamatan serapan Ni pada tajuk tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 4a, 4b, 4c dan 4d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dan rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap serapan Ni pada tajuk tanaman.

Tabel 7. Rata rata serapan Ni (ppm) pada tajuk tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol)	1385.33 ^a	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha	1645.00 ^b	
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha	2437.00 ^e	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	1757.33 ^c	11.03
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	1827.33 ^d	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 7 menunjukkan bahwa serapan Ni pada tajuk tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha yaitu 2437.00 ppm yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 8. Rata rata serapan Ni (ppm) pada tajuk tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Rumput bermuda tanpa dosis pupuk (kontrol)	755.33 ^a	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 ton/ha	880.00 ^{bc}	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha	879.67 ^b	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	885.00 ^{bcd}	9.09
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	890.00 ^d	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 8 menunjukkan bahwa serapan Ni pada tajuk tanaman rumput bermuda terbaik diperoleh pada perlakuan rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza yaitu 890.00 ppm yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

5. Serapan Ni pada Akar

Hasil pengamatan serapan Ni pada akar tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 5a, 5b, 5c dan 5d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dan rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap serapan Ni pada akar tanaman.

Tabel 9. Rata rata serapan Ni (ppm) pada akar tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Orok-orok tanpa dosis pupuk (kontrol)	752.67 ^c	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha	705.00 ^b	
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha	1044.67 ^e	
Orok-orok dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	594.67 ^a	2.91
Orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	782.67 ^d	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 9 menunjukkan bahwa serapan Ni pada akar tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan orok-orok dengan dosis pupuk 40 toh/ha yaitu 1044.67 ppm yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 10. Rata rata serapan Ni (ppm) pada akar tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

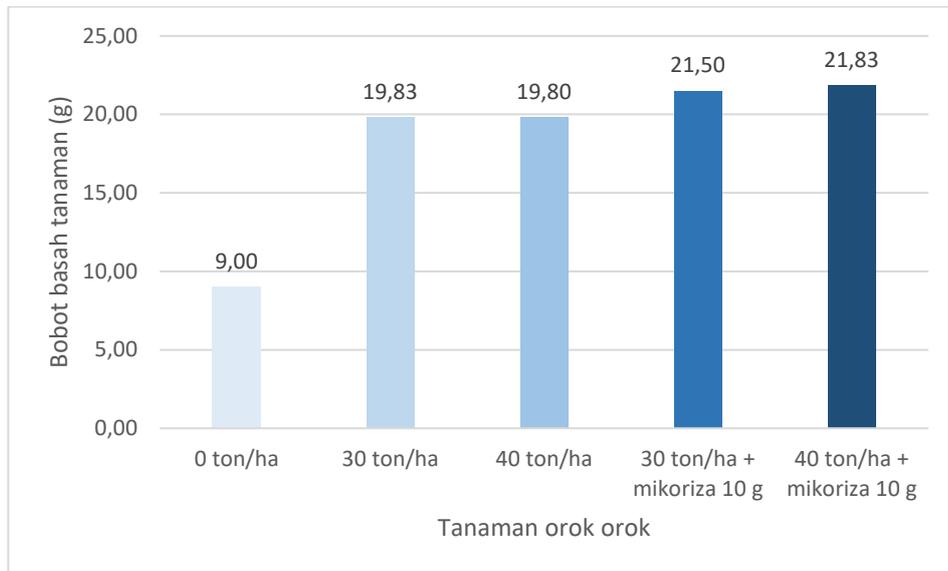
Perlakuan	Rata-rata	NP BNJ 5%
Rumput bermuda tanpa dosis pupuk (kontrol)	1134.67 ^a	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 ton/ha	1320.00 ^c	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha	1230.00 ^b	
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza	1770.00 ^e	2.35
Rumput bermuda dengan dosis pupuk 40 toh/ha + 10 g mikoriza	1757.67 ^d	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf (a,b,c) yang berbeda berarti berbeda nyata pada taraf uji BNJ 5 %

Hasil uji BNJ 5% pada Tabel 10 menunjukkan bahwa serapan Ni pada akar tanaman rumput bermuda terbaik diperoleh pada perlakuan rumput bermuda dengan dosis pupuk 30 toh/ha + 10 g mikoriza yaitu 1770.00 ppm yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

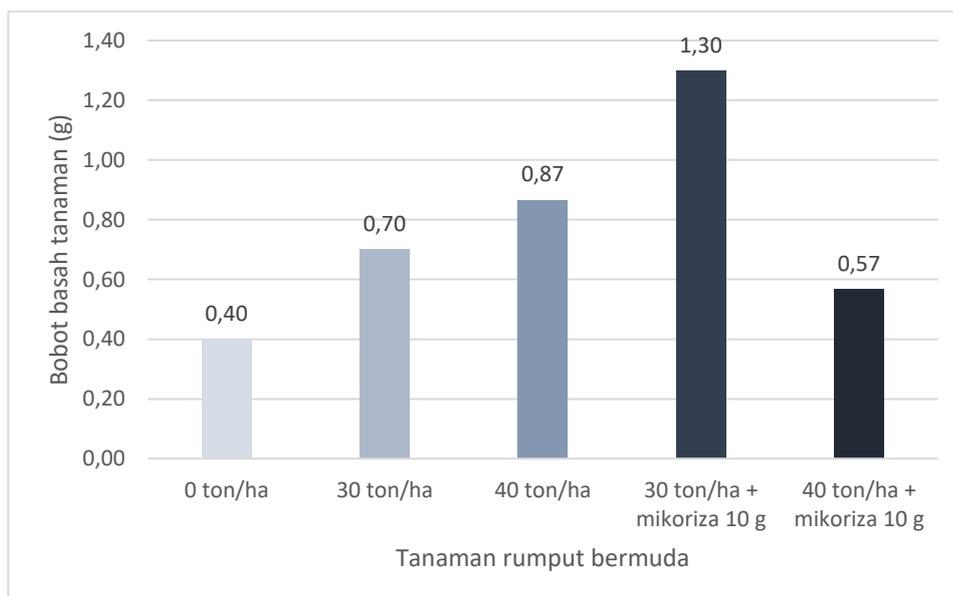
6. Bobot basah tanaman

Hasil pengamatan bobot basah tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 6a, 6b, 6c dan 6d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dan rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik tidak memberikan memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot basah tanaman.



Gambar 3. Rata rata bobot basah (gram) tanaman akumulator orok orok dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Gambar 3 menunjukkan bahwa bobot basah tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan dosis pupuk 40 ton/ha + 10 g mikoriza yaitu 21.83 g sedangkan terendah yaitu pada perlakuan tanpa dosis pupuk yaitu 9.00 g.

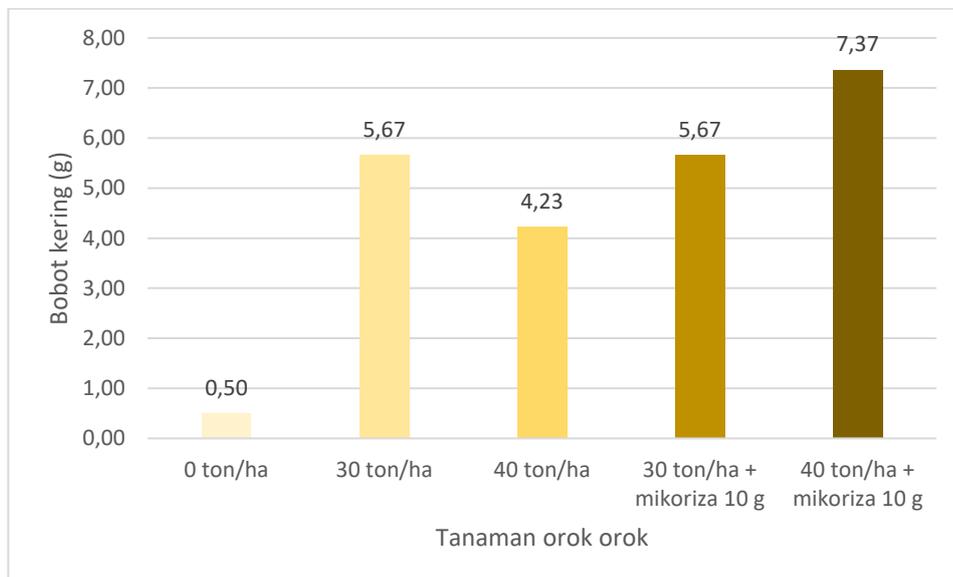


Gambar 4. Rata rata bobot basah (gram) tanaman akumulator rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang

Gambar 4 menunjukkan bahwa bobot basah tanaman rumput bermuda terbaik diperoleh pada perlakuan dosis pupuk 30 ton/ha + 10 g mikoriza yaitu 1.30 g sedangkan yang terendah pada perlakuan tanpa pupuk yaitu 0.40 g.

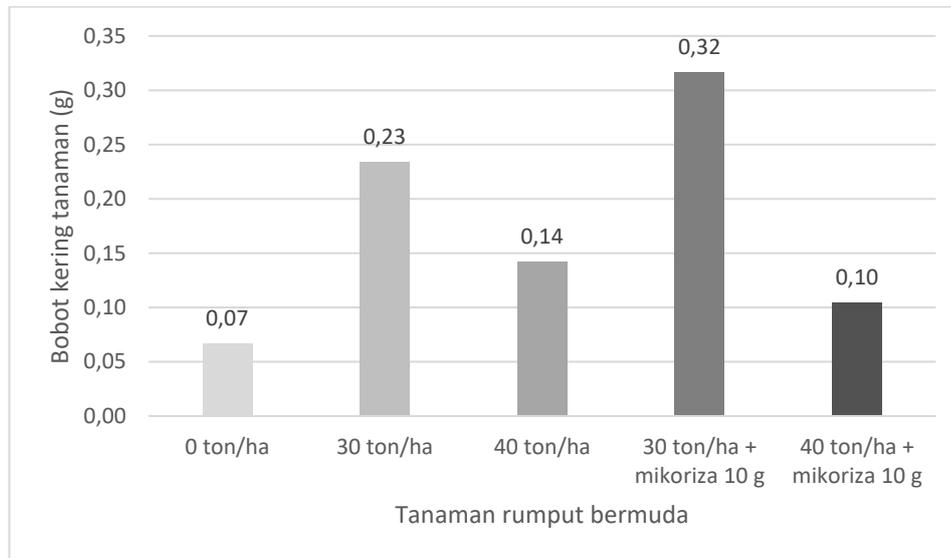
7. Bobot kering tanaman

Hasil pengamatan bobot kering tanaman akumulator dengan penambahan pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel disajikan pada tabel lampiran 7a, 7b, 7c dan 7d. Sidik ragam menunjukkan bahwa tanaman akumulator orok orok dan rumput bermuda dengan penambahan pupuk organik tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering tanaman.



Gambar 5. Rata rata bobot kering (gram) tanaman akumulator orok orok terhadap pemberian pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel 60 HST

Gambar 5 menunjukkan bahwa bobot kering tanaman orok orok terbaik diperoleh pada perlakuan dosis pupuk 40 ton/ha + 10 g mikoriza yaitu 7.37 g sedangkan terendah pada perlakuan tanpa pupuk yaitu 0.50 g.



Gambar 6. Rata rata bobot kering (gram) tanaman akumulator rumput bermuda terhadap pemberian pupuk organik pada fitoremediasi lahan pasca tambang nikel 60 HST

Gambar 6 menunjukkan bahwa bobot kering tanaman rumput bermuda terbaik diperoleh pada perlakuan dosis pupuk 30 ton/ha + 10 g mikoriza yaitu 0.32 g sedangkan terendah pada perlakuan tanpa pupuk yaitu 0.07 g.

Pembahasan

Pertumbuhan tanaman Akumulator orok-orok pada media tanah bekas tambang nikel dengan penambahan pupuk organik dan mikoriza

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tanaman orok-orok pada media tanah bekas tambang nikel dengan penambahan pupuk organik dan mikoriza menunjukkan pengaruh nyata pada parameter yaitu tinggi tanaman, panjang akar, kadar Ni awal dan akhir, serapan Ni tajuk dan serapan Ni akar yaitu pada perlakuan pemberian pupuk kandang 40 ton /ha, pupuk kandang 30 ton/ha + mikoriza 10g dan pupuk kandang 40 ton/ha + mikoriza 10g.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan orok-orok dengan dosis pupuk 30 ton/ha memberikan pengaruh terbaik terhadap parameter tinggi tanaman

yaitu 98 cm, pemberian pupuk kandang 40 ton/ha + mikoriza 10 g memberikan pengaruh terbaik terhadap panjang akar yaitu 15.33 cm, dan pemberian pupuk kandang 40 ton/ha memberikan pengaruh terbaik terhadap kadar Ni akhir yaitu 6520.00 ppm, serapan Ni pada tajuk yaitu 2437.00 ppm dan serapan Ni pada akar 1044.67 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman orok orok merupakan salah satu tanaman hiperakumulator. Tanaman dengan sifat hiperakumulator termasuk jenis tanaman yang memiliki kemampuan untuk dapat hidup dalam kondisi dengan kontaminasi logam berat yang cukup tinggi, tanaman hiperakumulator juga memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi logam berat di dalam tanah (Ratnawati dan Fatmasari, 2018).

Kandungan Rhizobakteri pada tanaman orok orok mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman, panjang akar, kadar Ni, serapan Ni pada tajuk, serapan Ni pada akar. Hal itu dikarenakan adanya kandungan rhizobacteria yang menjadikan tanaman orok-orok (*Crotalaria juncea L.*) mampu memulihkan tanah yang terkontaminasi logam sebagian besar dengan cara fitostabilisasi (mengurangi toksisitas logam dengan mengubah struktur logam menjadi bentuk yang tidak berubah-ubah) atau fitoekstraksi (mobilisasi logam dan akumulasi dalam jaringan tanaman) (Ahmad, 2015).

Bakteri rhizobacteria mampu mengikat unsur N bebas serta meningkatkan pertumbuhan bakteri fiksasi nitrogen, sehingga kebutuhan unsur hara tetap terpenuhi. Terpenuhiya unsur hara yang dibutuhkan selama fase reproduktif dan pemasakan polong diduga dapat menyebabkan pertumbuhan bunga serta polong tanaman dapat berjalan dengan optimal (Listyasari, 2019).

Pertambahan tinggi tanaman disebabkan karena tanaman mendapatkan nutrisi dari pemberian pupuk kandang ayam yang mengandung unsur N, P, dan K. Hal itu sesuai dengan pendapat Lingga dan Marsono (2006) yang menyatakan bahwa Nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar, karena nitrogen merupakan bahan penyusun asam amino esensial untuk pembelahan sel dan pembesaran sel. Proses pengangkutan hasil fotosintesis yang maksimal pada tanaman akan menyebabkan tanaman bertambah tinggi dan besar, hal itu karena tersedianya unsur P yang berperan dalam proses translokasi asimilat.

Pertumbuhan tanaman Akumulator rumput bermuda pada media tanah bekas tambang nikel dengan penambahan pupuk organik dan mikoriza

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tanaman rumput bermuda pada media tanah bekas tambang nikel dengan penambahan pupuk organik dan mikoriza menunjukkan pengaruh nyata pada parameter yaitu kadar Ni awal dan akhir, serapan Ni daun dan serapan Ni akar yaitu pada perlakuan pemberian pupuk kandang 30 ton/ha + mikoriza 10 g dan 40 ton/ha + mikoriza 10 g. Hal ini disebabkan karena pemberian bahan organik seperti pupuk kandang ayam sebagai pupuk atau pembenah tanah di harapkan dapat berperan baik memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang akan tergambar dari perbaikan pertumbuhan dan peningkatan produksi tanaman (Lumbanraja dkk, 2022). Pemanfaatan pupuk hayati mikoriza dengan cara aplikasi yang benar dan tepat dapat berperan penting dalam berbagai fungsi untuk meningkatkan kemampuan tanaman memenuhi kebutuhan air dan unsur hara bagi tanaman. Mikoriza sebagai cendawan yang membentuk hypha yang mampu masuk ke dalam

akar tanaman, dan hypha inilah yang berfungsi untuk memperpanjang jangkauan perakaran tanaman untuk memperoleh air dan unsur hara bagi tanaman yang diusahakan. Perbaikan yang diperoleh tanaman dari simbiosis ini antarlain adalah membantu akar dalam meningkatkan serapan unsur hara terutama unsur hara fosfor (P) dan unsur hara lainnya, memperbaiki agregat tanah, memacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan transportasi air ke akar (Nurmala, 2014).

Tanaman rumput bermuda dengan penambahan bahan organik memberikan pengaruh terhadap kadar Ni yaitu 7050.00 ppm, serapan Ni pada daun yaitu 890.00 ppm dan serapan Ni pada akar yaitu 1770.00 ppm. Hal ini diduga karena konsentrasi logam berat dalam larutan tanah mempengaruhi jumlah logam berat dalam jaringan tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan widyati (2011) serapan logam yang rendah oleh tumbuhan tergantung pada umur tumbuhan. Jumlah logam dalam tanah dan lamanya tanaman pada waktu tercemar. Selain itu Tingkat kadar serapan logam juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu perbedaan genetik dalam serapan. Faktor lain yang mempengaruhi jumlah logam berat dalam jaringan tanaman antara lain konsentrasi logam berat dalam larutan tanah. Translokasi ion logam berat ke zona perakaran, pergerakan logam berat dari permukaan akar kedalam akar tanaman dan pergerakan logam berat ke jaringan tanaman lainnya (Alloway, 1990 dalam Hayati 2010).

Kombinasi antara fitoremediasi dengan teknologi konvensional sangat diperlukan yakni dengan penambahan bahan organik seperti penambahan pupuk kandang ayam. Keberadaan bahan organik dalam tanah selain dimanfaatkan sebagai sumber hara, juga dapat bereaksi dengan logam berat membentuk senyawa

kompleks (organo metallic complex) sehingga dapat mengurangi kereaktifan dan efek toksik dari logam (Darmono 2006).