

**PENGGUNAAN RHIZOBIUM DAN MIKORIZA
UNTUK PERTUMBUHAN *Calliandra calothyrsus* UNGGUL**
*Rhizobium and mycorrhiza application
for genetically improved *Calliandra calothyrsus* growth*

Rina Laksmi Hendrati dan Siti Husna Nurrohmah
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km.15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
email: rina.l.hendrati@biotifor.or.id

Tanggal diterima: 3 Juni 2016, Tanggal direvisi: 21 Juni 2016, Disetujui terbit: 12 Agustus 2016

ABSTRACT

Calliandra calothyrsus, a rhizobium associated legume, fixes atmospheric nitrogen by forming root nodules. Rhizobium availability is crucial for *Calliandra*'s growth especially on new sites. Additive or synergic effects of rhizobium and mycorrhiza are found to improve seedling quality. Genetically improved *Calliandra*s require optimum silvicultural practices including rhizobium and mycorrhiza application and differences among families need to be observed. This followed with combination treatment of 5g rhizobium and different mycorrhiza level at 0, 5 and 10g applied to 5 families in 30 x 30 cm polybag. Assessments were for leaf number, height, diameter at 1, 4 and 8 weeks and number of root nodules at 4 and 8 weeks after application. Results show that rhizobium application has no significant effects although it enhances grow, while mycorrhiza application improve leaf number after 14 weeks. Second experiment for 3.5 month seedlings, indicates interaction on family-mycorrhiza level to seedling height and root nodules. Very positive correlations show that more root nodules improved leaf number ($r=0.41$), height ($r=0.3$) and diameter ($r=0.45$) up to planting time. Quite cheap rhizobium and mycorrhiza application is therefore beneficial to optimize the growth of genetically improved *C. calothyrsus*, although genotype differences may exist.

Keywords: *Calliandra calothyrsus*, family, improved, rhizobium, mycorrhiza

ABSTRAK

Calliandra calothyrsus, merupakan legum yang bersimbiose dengan bakteri rhizobium membentuk nodul akar untuk mengikat nitrogen dari udara. Ketersediaan rhizobium bagi *C. calothyrsus* akan sangat mempengaruhi pertumbuhannya terutama pada lokasi baru. Pengaruh aditif atau sinergis rhizobium dan mikoriza secara bersama-sama sering terjadi untuk meningkatkan kualitas semai. Penanaman *C. calothyrsus* unggul memerlukan praktek silvikultur optimal, termasuk pemberian kombinasi rhizobium dan mikoriza, serta perbedaan antar famili perlu untuk diamati. Penelitian dilanjutkan dengan penggunaan kombinasi 5g rhizobium dengan tingkat penggunaan mikoriza 0, 5 dan 10g yang diterapkan pada 5 famili unggul dalam polibag 30 x 30 cm. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah daun, tinggi dan diameter pada umur 1, 4 dan 8 minggu serta jumlah bintil akar 4 dan 8 minggu setelah pemberian perlakuan. Hasil penelitian awal menunjukkan bahwa pemberian rhizobium tidak memberikan beda nyata meskipun secara umum memberikan pertumbuhan lebih baik. Pemberian mikoriza berpengaruh setelah 14 minggu dengan jumlah daun lebih banyak. Hasil penelitian lanjut pada semai 3,5 bulan, menunjukkan interaksi famili tingkat penggunaan mikoriza terhadap sifat tinggi tanaman dan bintil akar. Hubungan antara bintil akar dan sifat pertumbuhan menunjukkan bahwa semakin meningkatnya jumlah bintil akar terbukti semakin meningkatkan jumlah daun ($r=0,41$), tinggi tanaman ($r=0,3$) dan diameter ($r=0,45$) sampai siap ditanam. Oleh karenanya pemberian rhizobium dan mikoriza yang murah diharapkan dapat dilakukan dalam mengoptimasi penggunaan bibit unggul *C. calothyrsus*.

Kata kunci: *Calliandra calothyrsus*, famili, unggul, rhizobium, mikoriza

I. PENDAHULUAN

Calliandra calothyrsus merupakan jenis tanaman legum yang mengikat nitrogen dari udara dengan cara bersimbiose dengan bakteri rhizobium yang sesuai, untuk membentuk nodul

akar. Ketersediaan rhizobium yang kompatibel bagi *C. calothyrsus* pada media ataupun lahan yang baru akan sangat mempengaruhi pertumbuhannya. Pemberian rhizobium tambahan di persemaian merupakan alternatif untuk membantu pertumbuhan awal

C. calothyrsus pada lokasi yang baru. Kajian pada jenis *C. calothyrsus* menunjukkan bahwa, hasil kayu pada batang secara nyata dicapai tertinggi pada tanaman yang diinokulasi dengan rhizobium, sementara yang terendah dicapai oleh tanaman yang tidak diinokulasi (Purwantari & Sutedi, 2005) dan karenanya untuk tujuan kayu bakar, inokulasi dengan strain rhizobium diharapkan akan menguntungkan untuk menunjang peningkatan produktifitas.

Pengikatan nitrogen pada legum seringkali mengalami keterbatasan terutama pada kondisi agak kering atau pada tanah yang kurang berkualitas karena buruknya perkembangan simbiosenya (Younesi, Moradi, & Namdari, 2013). Sementara itu, tampilan tanaman legum yang baik sering diakibatkan karena adanya pengaruh aditif atau sinergis karena adanya rhizobium dan mikoriza secara bersama-sama (Goss & de Varennes, 2002; Sanginga, Thottappilly, & Dashiell, 1999). Kajian menunjukkan bahwa penggabungan bakteri *Basillus megaterium* yang berasal dari daerah kering dengan jamur arbuscular mikoriza juga terbukti meningkatkan biomasa akar, demikian juga bagian atas tanaman *Trifolium* pada kondisi kering juga meningkat setelah diberi rhizobium tanaman legume (Azco, 2009).

Jamur mikoriza merupakan penyubur tanaman yang sangat menjanjikan yang belum banyak digunakan pada persemaian tanaman kehutanan (Ajeesh, Kumar, Santoshkumar, & K, 2015). Aplikasi mikoriza ini telah dibuktikan dapat meningkatkan kualitas semai dalam hal peningkatan nutrisi, ketahanan terhadap hama dan penyakit serta ketahanan terhadap lingkungan tertekan termasuk kekeringan, ketahanan terhadap logam berat serta perbaikan struktur tanah (Ajeesh et al., 2015; Bompadre et al., 2014; Bücking, Liepold, & Ambilwade, 2012).

Hasil kegiatan pemuliaan *C. calothyrsus* telah menyeleksi individu-individu terbaik dari segi volume dan kualitas kayunya untuk tujuan sumber bahan baku energi. Penyebaran benih *C. calothyrsus* dari famili-famili unggul

dipastikan akan menyertakan lokasi-lokasi baru yang kemungkinan sebelumnya belum pernah ditanami jenis ini. *C. calothyrsus* merupakan legum yang termasuk sangat fleksible dengan berbagai lokasi, jenis tanah dan rhizobium dibandingkan jenis legum lain seperti *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* dan *Sesbania sesban* (Bala, Murphy, & Giller, 2003) namun kelimpahan rhizobium yang cocok pada lokasi baru belum merupakan jaminan. Sementara itu, penampilan tanaman yang unggul selain dipengaruhi oleh genetiknya, juga akan dipengaruhi oleh praktek silvikultur optimal yang akan diterapkan, termasuk pemberian rhizobium dan mikoriza pada zona perakarannya. Program pemuliaan *C. calothyrsus* yang telah kita lakukan sejak tahun 2010 telah menyeleksi individu-individu dengan produktifitas dan kualitas kayu yang tinggi untuk tujuan bahan baku energi. Famili-famili *C. calothyrsus* unggul yang digunakan pada penelitian ini merupakan biji-biji dari individu-individu hasil seleksi yang dilakukan pada lokasi uji keturunan yang relatif tidak subur dan kering. Dengan demikian, individu dengan tampilan unggul dari lokasi tersebut diharapkan merupakan genotip terseleksi yang akan lebih lentur bagi pertanaman di berbagai jenis kesuburan lahan termasuk pada daerah yang hujannya tidak begitu melimpah. Pemberian rhizobium dan mikoriza yang relatif murah pada saat di persemaian, diharapkan akan meningkatkan persen hidup di lapangan karena keduanya mampu beradaptasi terutama disaat penyesuaian awal pertumbuhannya. Pengaruh pertumbuhan awal bagi masing-masing semai ini diharapkan bermanfaat terutama dalam meningkatkan jumlah bintil akar untuk pertumbuhan selanjutnya. Hal ini mengingat bahwa prospek pemanenan trubusan cabang dari tiap-tiap individu tanaman *C. calothyrsus* ini akan dilakukan sampai 15 - 20 tahun dari indukan yang hanya sekali ditanam.

Penelitian ini ditujukan untuk melihat tanggapan berbagai famili unggul terhadap penerapan kombinasi rhizobium dan mikoriza. Rhizobium merupakan bakteri yang mutlak

diperlukan untuk nodulasi *C. calothyrsus*. Sementara mikoriza, merupakan organisme berupa jamur yang akan membantu tanaman untuk mengikat unsur hara pada lokasi tempat unsur-unsur tertentu sulit untuk didapatkan termasuk pada daerah kering dan tanah yang kekurangan hara (Garcia & Zimmermann, 2014; Jin, Liu, & Huang, 2012). Kombinasi penerapan kedua jenis perlakuan ini diharapkan akan membantu *C. calothyrsus* unggul untuk lebih mengekspresikan keunggulan pertumbuhannya pada berbagai lahan yang ada termasuk lahan yang kurang menguntungkan.

Hasil penelitian awal pemberian rhizobium (5g) pada famili-famili unggul tidak memberikan beda nyata terhadap kontrol (0g) baik pada tinggi, diameter, jumlah daun maupun jumlah nodul sampai 14 minggu, meskipun secara umum rhizobium memberikan pertumbuhan lebih baik pada tinggi tanaman (37,5 cm) terhadap kontrol (33,5 cm) dan jumlah daun (11,8) dibandingkan kontrol (8). Karenanya, rhizobium yang mutlak diperlukan *C. calothyrsus* untuk nodulasi (Bala et al., 2003) diberikan dalam jumlah sama (5g) pada umur semai lebih lanjut (3,5 bulan). Penelitian awal pemberian mikoriza (5g) pada semai umur 1 bulan juga tidak memberikan perbedaan nyata kecuali setelah 14 minggu pada jumlah daun yang menjadi lebih banyak (13,7) dibandingkan kontrol (8). Oleh karenanya, selain rhizobium yang diberikan seragam sesuai rekomendasi produsennya (5g), perlakuan mikoriza pada berbagai tingkatan diterapkan pada kajian ini.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan dengan persiapan semai *C. calothyrsus* sejak Oktober 2015. Penerapan perlakuan untuk penelitian dilakukan pada akhir Februari 2016. Pengamatan penelitian dilakukan pada minggu ke-1 (3 Februari), ke-4 (4 Maret) dan ke-8 (4 April) 2016 setelah perlakuan. Penelitian dilakukan pada persemaian Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan

Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta.

B. Bahan dan alat penelitian

1. Bahan

Penaburan biji *C. calothyrsus* unggul dengan kontainer plastik dilakukan menggunakan pasir steril dan dilakukan terhadap 5 famili unggul nomor 16, 22, 29, 56 dan 58. Penyapihan dilakukan dengan memindahkan semai pada polibag berukuran 10 x 15 cm berisi tanah dan kompos = 3:1 dan dibiarkan tumbuh sampai stabil. Penerapan perlakuan dilakukan pada semai yang berumur 3,5 bulan bersamaan dengan pemindahan semai pada polibag ukuran lebih besar 30 x 30 cm yang diisi dengan media yang sama. Mikoriza diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fak. Pertanian Universitas Gadjah Mada, dan merupakan campuran *Glomus*, *Gigaspora* dan *Acaulospora* yang mengandung >300-500 spora/100g dan propagul hidup >17000/10g. Rhizobium (*Legin C. calothyrsus*) yang diperoleh dari Laboratorium yang sama, setiap gramnya mengandung bakteri rhizobium 10 juta – 1 milyar sel.

2. Alat

Peralatan yang digunakan adalah timbangan analitik, counter, camera, caliper, pengukur tinggi, alat tulis, calculator, dll.

C. Rancangan penelitian

Pada penelitian ini, semai yang relatif seragam dipilih secara acak dengan jumlah 18 semai per famili. dari Semua semai diberi 5g rhizobium (*legin C. calothyrsus*). Sedangkan mikoriza yang diperoleh dari Laboratorium yang sama dipersiapkan dengan level 0, 5 dan 10g untuk diterapkan di masing-masing perlakuan pada sejumlah 6 semai tanaman.

D. Pengamatan

Pengamatan pertumbuhan dilakukan dengan menghitung jumlah daun, mengukur tinggi dari pangkal sampai ujung tanaman serta mengukur diameter pada batang 1 cm diatas permukaan tanah. Penghitungan bintil akar

dilakukan menggunakan hand counter, dengan sebelumnya melepaskan akar semai dari media dengan cara menuangkan secara perlahan kemudian menghitung bintil pada akar semai yang telah dibersihkan dan dicuci.

Pengamatan hasil dilakukan terhadap pertumbuhan (jumlah daun, tinggi dan diameter) pada minggu ke-1, ke-4 dan ke-8 serta jumlah bintil akar pada minggu ke-4 dan 8 setelah perlakuan.

E. Analisis data

Data dianalisis menggunakan analisis varians dengan famili dan level mikoriza sebagai faktor. Uji statistik lanjutan dilakukan menggunakan uji Duncan. Hubungan antara bintil akar dan pertumbuhan dianalisa dengan menggunakan analisa regresi.

Tabel 1. Hasil analisis keragaman respon berbagai famili *C. calothyrsus* dengan perlakuan rhizobium dan mikoriza

| Sumber Variasi | db | Jumlah Kuadrat | | | | | |
|------------------------------|----|----------------|-----|----------|-----|----------|-----|
| | | 1 minggu | | 4 minggu | | 8 minggu | |
| Jumlah Daun | | | | | | | |
| Antar Famili | 4 | 68,7 | ns) | 205,7 | *) | 455,8 | **) |
| Mikorhiza | 2 | 8,6 | ns) | 38,4 | ns) | 64,3 | ns) |
| Interaksi (Famili*Mikorhiza) | 8 | 54,3 | ns) | 243,0 | ns) | 689,1 | **) |
| Galat | 75 | 520,3 | | 1276 | | 1889,3 | |
| Koefisien varians | | 23,9 | | 25 | | 25,5 | |
| Tinggi | | | | | | | |
| Antar Famili | 4 | 584,6 | ns) | 1466,3 | ns) | 2195,1 | ns) |
| Mikorhiza | 2 | 617,9 | ns) | 487,3 | ns) | 2801,6 | ns) |
| Interaksi (Famili*Mikorhiza) | 8 | 6297,3 | **) | 9348,2 | **) | 10648,4 | ns) |
| Galat | 75 | 12914,7 | | 30262,7 | | 76852,5 | |
| Koefisien varians | | 18 | | 21 | | 24,9 | |
| Diameter | | | | | | | |
| Antar Famili | 4 | 0,037 | ns) | 0,115 | ns) | 0,079 | ns) |
| Mikorhiza | 2 | 0,022 | ns) | 0,053 | ns) | 0,089 | ns) |
| Interaksi (Famili*Mikorhiza) | 8 | 0,167 | ns) | 0,248 | ns) | 0,194 | ns) |
| Galat | 75 | 0,918 | | 1,498 | | 1,153 | |
| Koefisien varians | | 20,6 | | 19,6 | | 29,3 | |
| Bintil Akar | | | | | | | |
| Antar Famili | 4 | | | 3431,5 | ns) | 5401,9 | ns) |
| Mikorhiza | 2 | | | 6784,6 | ns) | 1554,3 | ns) |
| Interaksi (Famili*Mikorhiza) | 8 | | | 25403,0 | *) | 26810,3 | ns) |
| Galat | 75 | | | 40052,7 | | 116984,0 | |
| Koefisien varians | | | | 49,8 | | 66,87 | |

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata pada taraf uji α 0,01
* = berbeda nyata pada taraf uji α 0,05
ns = nilai tidak berbeda nyata pada taraf uji α 0,05

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tanggapan semai 5 famili unggul umur 3,5 bulan

Pada tanaman berumur 3,5 bulan, hasil pengamatan yang dilakukan secara umum menunjukkan adanya pengaruh yang semakin nyata dengan berjalannya waktu. Interaksi yang sangat nyata antara famili dan tingkat penerapan

mikoriza terhadap tinggi tanaman ditunjukkan 1 minggu setelah perlakuan (Tabel 1). Interaksi ini berlanjut dan menjadi semakin nyata sampai pengamatan 4 minggu penerapan perlakuan. Sementara itu dalam hal jumlah daun, keragaman diantara famili mulai berkembang setelah 4 minggu perlakuan dan semakin nyata setelah 8 minggu perlakuan. Interaksi famili dan mikoriza menjadi terlihat setelah 8 minggu. Pada pengamatan bintil akar, interaksi antara famili

dan mikoriza juga ditunjukkan pada pengamatan 4 minggu setelah perlakuan.

Jamur mikorhiza arbuskular yang diterapkan pada akar tanaman termasuk tanaman pohon, membentuk hubungan simbiose yang dengannya antara lain untuk mendapatkan karbon. Namun demikian, proses terjadinya infeksi pada akar membutuhkan waktu serta berlangsung cukup kompleks karena melewati tahap perkecambahan spora, perkembangan hypha, pembentukan aposorium, penetrasi akar, pertumbuhan antar sel, pembentukan arbuskular dan kemudian transfer nutrisi baru bisa terjadi (Ajeesh et al., 2015). Bahkan pada saat awal, tanaman harus menyediakan energi untuk proses kolonisasi mikoriza (Bompadre et al., 2014). Hal ini yang diperkirakan menyebabkan pengaruh yang terjadi pada *C. calothyrsus* menjadi lebih nyata setelah 4 minggu dan bahkan makin meningkat setelah 8 minggu jika dibandingkan pada saat semai masih berumur 1 minggu, seperti yang ditunjukkan pada karakter jumlah daun.

Setelah 8 minggu perbedaan tersebut menjadi tidak nyata lagi terhadap tinggi tanaman, dan hal itu diperkirakan karena tanaman *C. calothyrsus* pada saat itu mulai berkurang pertumbuhannya. Ini dikuatkan dengan bukti bahwa sebagian tanaman (4%) meskipun berasal dari biji dan baru beberapa bulan di persemaian sudah mulai memproduksi bunga. Penghentian pertumbuhan vegetatif umum terjadi pada tanaman menjelang tahap reproduksi. Tanaman secara umum akan mencapai kemasakan dan ukuran tertentu sebelum bereproduksi atau membentuk bunga, dan pada saat tersebut perkembangan vegetatifnya akan dihentikan karena beralih fokus ke perkembangan generatif (Drinnan & Ladiges, 1991; Sedgley & Griffin, 1989).

Keuntungan utama simbiose dengan mikoriza adalah karena kemampuannya menolong tanaman inangnya untuk mendapatkan terutama unsur makro yakni Nitrogen (Jin et al., 2012; Muller et al., 2007), Fosforus (Javot, Pumplun, & Harrison, 2007; Plassard & Dell, 2010) dan Potassium (K⁺) (Garcia &

Zimmermann, 2014) yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan terutama pada kondisi kekurangan ketersediaan hara tersebut. Mikoriza juga dilaporkan mampu meningkatkan penyerapan unsur Zinc, Cu (Copper) dan Fe, namun terhadap nutrisi mikro tersebut, tanggapannya bisa meningkat, menurun atau tak berdampak (Ajeesh et al., 2015). Hal lain yang juga menguntungkan adalah kecepatan tumbuh serta plastisitas mikoriza terjadi cukup tinggi. Selain itu adanya kelebihan kemampuannya dalam mengambil nutrisi dalam bentuk inorganik akan berguna pada bagi penerapan penggunaan pupuk inorganik yang diterapkan pada semai (Marschener & Dell, 1994).

Perbedaan antar famili tanpa pengaruh mikoriza ternyata juga dijumpai dalam hal jumlah daun 4 minggu setelah perlakuan (Tabel 1). Famili 16 terlihat mempunyai jumlah daun yang terendah yakni 13,3 sementara, famili-famili lain mempunyai jumlah 20-33% lebih baik (Tabel 2). Demikian juga interaksi famili dan mikoriza menjadi muncul sangat nyata serta pergeseran tampilan famili dalam jumlah daun ini juga terjadi (Gambar 1). Beberapa famili menunjukkan sedikit penurunan, tetap atau meningkat sedikit dengan makin banyaknya mikoriza, namun famili 56 merespon sangat baik dalam hal penambahan jumlah daun. Secara umum perbedaan hasil daun pada *C. calothyrsus* dari sumber asal yang berbeda memang telah ditunjukkan yang diperkirakan karena perbedaan genetik sumber asalnya (Pottinger & Dunsdon, 2001). Pada kajian ini perbedaan jumlah daun tersebut mulai ditunjukkan *C. calothyrsus* pada umur semai 4,5 bulan dan makin nyata setelah 5,5 bulan atau 8 minggu setelah perlakuan.

Hasil perbedaan nyata pada Tabel 1 yang dianalisa lebih lanjut menunjukkan bahwa, interaksi antara famili dan mikoriza terjadi terhadap tinggi tanaman. Setelah 4 minggu perlakuan terlihat bahwa famili 29, 56 dan 58 lebih tinggi dengan penerapan mikoriza 10g dibandingkan 5g (Gambar 2). Namun tidak demikian dengan famili 16 dan 22 yang menunjukkan tinggi tanaman terbaik pada

perlakuan 5g dibandingkan 10g mikoriza. Tanggapan berbeda dengan perbedaan genetik tanaman sangat terlihat disini, sehingga kombinasi penerapan mikoriza yang memadai perlu untuk dipertimbangan untuk mendapatkan hasil keunggulan yang optimal jika menanam dengan berbagai genotip. Perbedaan genetik terhadap kemampuan bersimbiose ini juga dijumpai pada jenis tanaman pohon Acacia, oleh karenanya seleksi tanaman disarankan untuk dilakukan dalam rangka untuk meningkatkan simbiosis mikroorganisme, karena variasi respon terbukti terjadi termasuk karena perbedaan provenans (Brockwell, Searle, Jeavons, & Waayers, 2005).

Secara umum semua famili mempunyai bintil akar yang semakin banyak dengan makin meningkatnya mikoriza, kecuali famili 22 yang menunjukkan bintil terbanyak jika tanpa mikoriza (Tabel 1, Gambar 3). Saran yang diberikan oleh pembuatnya untuk penerapan mikoriza ini adalah 1 kg untuk 1 ha tanaman. Sementara pada penelitian ini ternyata penerapan 10g mikoriza per-semai memberikan dampak yang optimal dalam hal pembentukan bintil akar. Hal ini menunjukkan bahwa selain karena pemberian rhizobium, pemberian mikoriza secara bersamaan ternyata juga mempengaruhi famili-famili tertentu dengan meningkatnya pembentukan nodul akar. Namun menariknya, hal itu justru menghambat pembentukan bintil akar pada famili 22. Pada tanggapan famili 22 yang terlihat berbeda dibandingkan famili-famili yang lain, dapat dimungkinkan juga karena adanya perbedaan perakaran pada tanaman yang diketahui dapat dipengaruhi oleh genetik (Hajek, Hertel, & Leuschner, 2013) terutama dalam hal panjang akar dan jumlah akar yang dipengaruhi sangat kuat oleh genetik (Pijut, Woeste, & Michler, 2011). Perakaran yang lebih intensif ataupun agregat akar yang lebih kompak, dimungkinkan dapat memberikan dampak terjadinya proses simbiosis yang berbeda dengan tanaman yang mempunyai massa akar yang lebih sedikit dan kurang kompak. Meskipun perlakuan mikoriza diterapkan dengan jumlah yang sama,

namun keseragaman penyebarannya disekitar perbedaan kelimpahan akar tidak dapat dijamin, oleh karenanya dapat menjadi penyebab perbedaan waktu proses simbiosis atau bahkan jika jarak penyebarannya yang terlalu jauh asosiasi akan terhambat. Keberhasilan asosiasi untuk pembentukan nodul akar dari suatu tanaman sangat ditentukan oleh faktor biotik dan faktor lingkungan (Purwantari & Sutedi, 2005) dan spora serta myselium, yang relatif sangat kecil ukurannya, akan pengaruhi lingkungan akar tempat kolonisasi terjadi (Bompadre et al., 2014). Kolonisasi mikoriza ditunjukkan meningkat dengan pemberian rhizobia (Xie et al., 1995) dan ini sesuai dengan penelitian ini yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah mikoriza semakin meningkatkan nodulasi, sehingga sesuai dengan pengaruh saling melengkapi dan sinergi antara rhizobium dan mikoriza saat diterapkan secara bersamaan (Goss & de Varennes, 2002; Sanginga et al., 1999).

B. Regresi antara bintil akar dan pertumbuhan

Hasil analisa varian Tabel 1 menunjukkan bahwa, jumlah bintil akar terlihat menunjukkan perbedaan nyata pada interaksi antara famili dan perlakuan mikoriza, dan jumlah bintil akar cenderung meningkat dengan peningkatan pemberian mikoriza. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa dengan rhizobium yang diberikan sama namun dengan pemberian mikoriza yang semakin meningkat sangat bermanfaat karena semakin memberikan bintil akar yang banyak untuk sebagian besar famili. Hal ini akan lebih membantu tanaman dalam penyerapan unsur-unsur hara yang utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, sehingga meningkatkan penampilan famili-famili tersebut. Pengaruh bintil akar bagi pertumbuhan tanaman sudah banyak menunjukkan menguntungkan tanaman karena menyediakan unsur makro N yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman (Brockwell et al., 2005). Sementara peningkatan mikoriza menolong tanaman mendapatkan lebih banyak unsur makro penting

N, P dan K yang pada akhirnya pada studi ini juga meningkatkan jumlah bintil akar (Garcia & Zimmermann, 2014; Muller et al., 2007; Plassard & Dell, 2010).

Keuntungan penggunaan mikoriza untuk *C. calothyrsus* pada penelitian ini menjanjikan potensi kayu *C. calothyrsus* unggul untuk bahan baku energi untuk ditanam pada lahan yang kurang menguntungkan. Hal ini penting, untuk menghindari persaingan dengan peruntukan lahan yang lain yang sering dianggap jauh lebih menguntungkan jika ditanam pada lahan yang subur. Salah satu sifat unik dari jamur mikoriza arbuskular adalah peningkatan produksi hypha yang ekstensif secara nyata pada permukaan serab. Oleh karenanya, kelebihan ini akan menolong tanaman untuk meningkatkan permukaan penyerapan sistem perakaran yang ada, sehingga dapat hidup pada kondisi sulit termasuk tekanan kekeringan dan kekurangan nutrisi. Penggunaan mikoriza untuk tanaman juga berdampak pada perbaikan tanah, karena perannya pada pengembangan agregat tanah yang berdasarkan pada hasil glycoprotein glomalin yang menstabilkan tanah serta berfungsi sebagai perekat pada partikel tanah (Ajeesh et al., 2015).

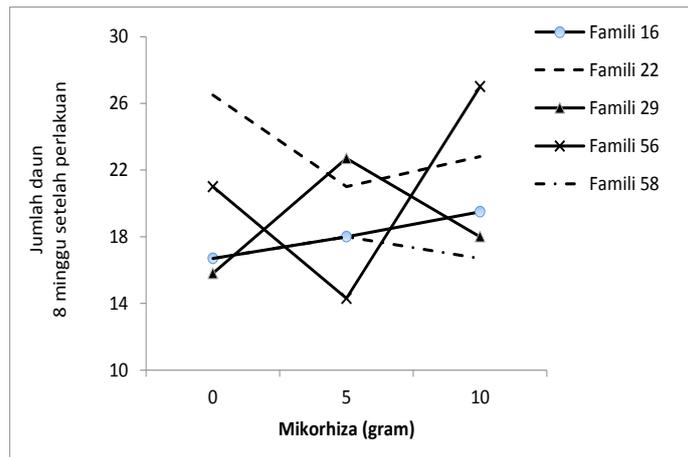
Meskipun perbedaan bintil diantara famili dengan analisa varian tidak terlihat, kecuali pada interaksi famili dan mikoriza yang hal ini

dimungkinkan karena besarnya koefisien keragaman atau CV (Tabel 1). Namun ternyata dengan menggunakan analisa regresi dari pengamatan umur 4 minggu setelah perlakuan, jumlah bintil akar terlihat berhubungan sangat erat dengan seluruh sifat pertumbuhan dari yang semai diamati (Gambar 4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan bintil akar terbukti meningkatkan jumlah daun ($r=0,41^{**}$), menaikkan tinggi tanaman ($r=0,37^{**}$) serta membesarkan diameter tanaman ($r=0,33^*$) (Gambar 4 A, B dan C). Hubungan regresi ini masih berlangsung untuk tinggi tanaman ($r=0,3^*$) bahkan makin nyata untuk diameter ($r=0,45^{**}$) tanaman (Gambar 4D dan 4E) pada 8 minggu setelah perlakuan atau sampai semai siap ditanam di lapangan. Bintil pada akar tanaman ini diperkirakan dipengaruhi keduanya, karena hasil bintil diketahui tidak hanya karena pengaruh rhizobium, namun juga karena adanya mikoriza (Russell, Bidartondo, & Butterfield, 2002). Adanya hubungan ini menunjukkan bahwa perangsangan pembentukan bintil, karena pengaruh keduanya yakni rhizobium dan mikoriza, menjadi sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman termasuk tanaman pohon (Saharan & Nehra, 2011; Wilson & Coutts, 1985) dan akan sangat bermanfaat untuk memaksimalkan penggunaan bibit unggul *C. calothyrsus*.

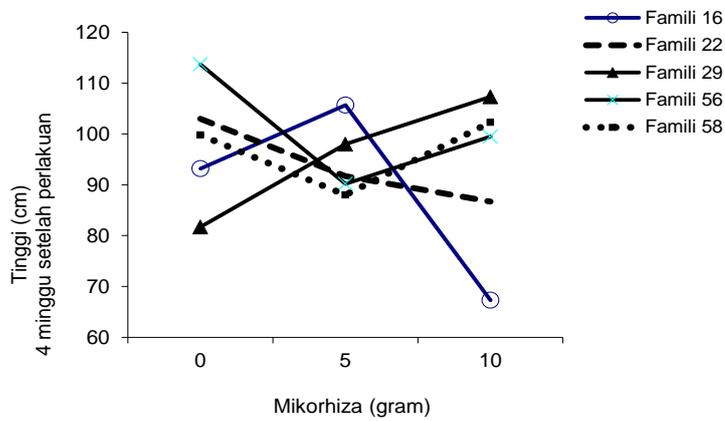
Tabel. 2 Perbedaan jumlah daun antar famili *C. calothyrsus* pada umur 4,5 bulan Jumlah Daun (minggu setelah perlakuan)

| Famili | Jumlah Daun (minggu setelah perlakuan) | | | | |
|--------|----------------------------------------|-----|----------|------|-----|
| | 4 Minggu | | 8 Minggu | | |
| 29 | 17,7 | a | 22 | 23,4 | a |
| 56 | 17 | a | 56 | 20,8 | a b |
| 22 | 16,8 | a | 29 | 18,8 | b |
| 58 | 16 | a b | 16 | 18 | b |
| 16 | 13,3 | b | 58 | 17,1 | c |

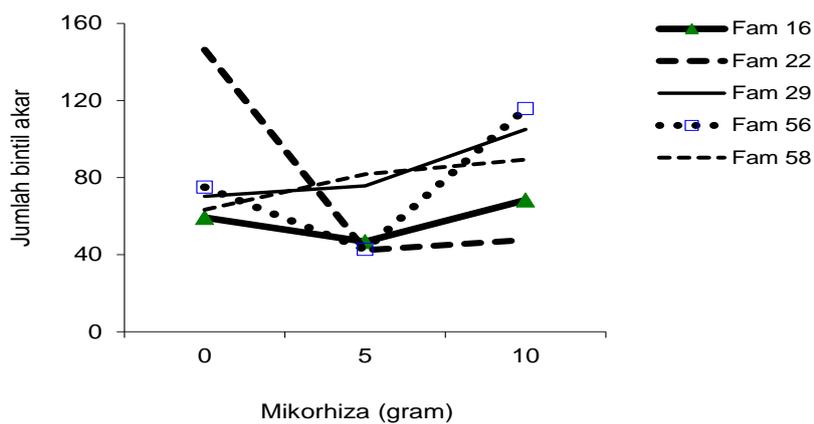
Keterangan: Angka dalam satu kolom yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak beda pada taraf nyata 95%



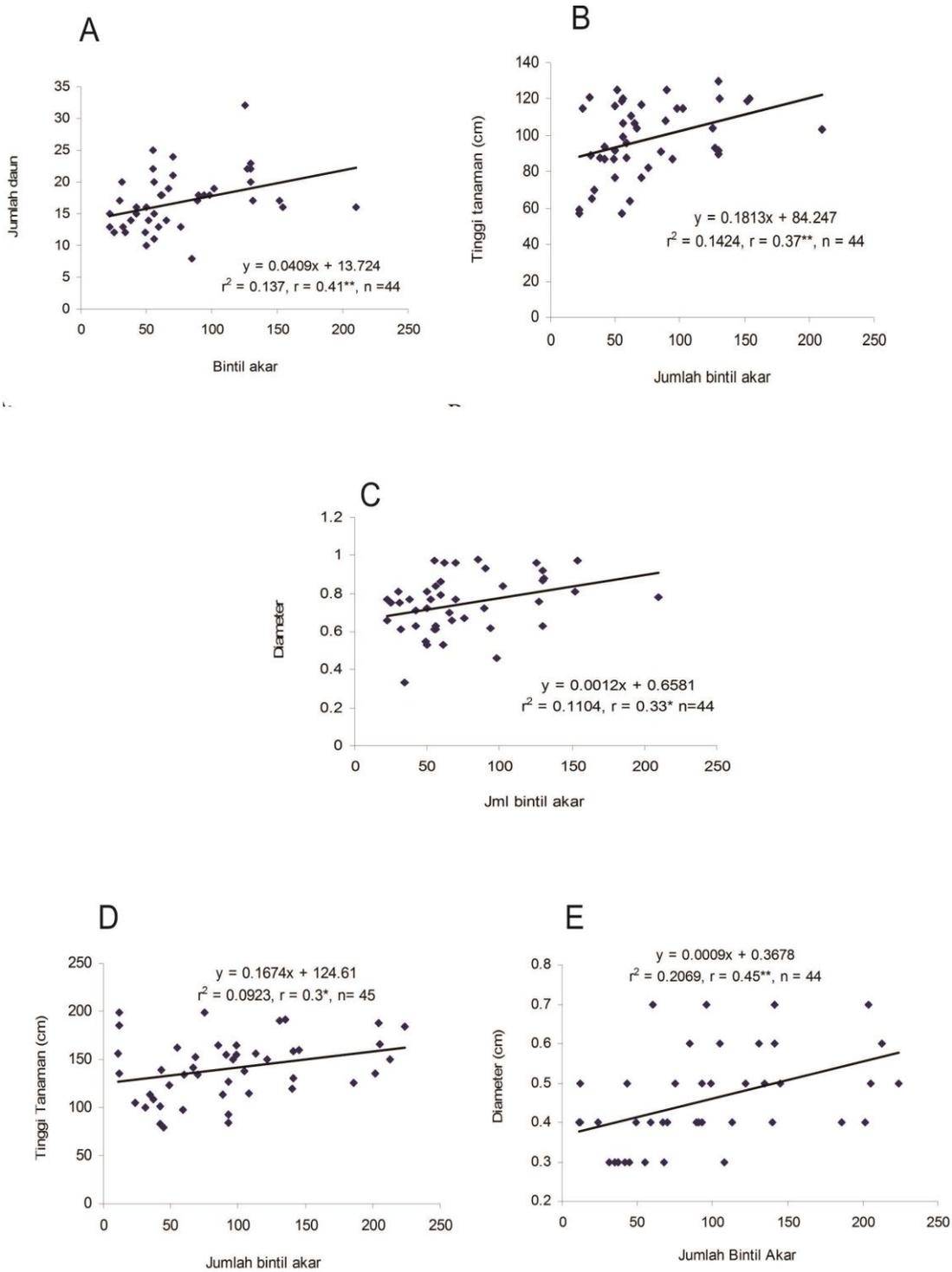
Gambar 1. Interaksi antara famili dan level mikoriza pada jumlah daun semai *C. calothyrsus* setelah 8 minggu perlakuan



Gambar 2. Interaksi antara famili dan level mikoriza pada tinggi semai *C. calothyrsus* setelah 4 minggu perlakuan



Gambar 3. Interaksi antara famili dan level mikoriza terhadap jumlah bintil akar semai *C. calothyrsus* setelah 4 minggu perlakuan



Gambar 4. Regresi jumlah bintil akar dengan peubah bebas berupa: jumlah daun (A), tinggi tanaman (B), dan diameter (C) *C. calothyrsus* setelah 4 minggu perlakuan rhizobium dan mikoriza dengan peubah tak bebas jumlah bintil akar; serta peubah bebas berupa: tinggi tanaman (D) dan diameter (E) setelah 8 minggu perlakuan rhizobium dan mikoriza dengan peubah tak bebas jumlah bintil akar

IV. KESIMPULAN

Pemberian rhizobium dan mikoriza yang diterapkan pada tanaman *Calliandra calothyrsus* unggul berpotensi memberikan pertumbuhan lebih optimal. Perbedaan genetik memberikan respon yang berbeda. Jumlah bintil akar yang diproduksi karena pemberian gabungan rhizobium dan mikoriza, menunjukkan berpengaruh sangat nyata setelah 4 minggu terhadap pertumbuhan tanaman terutama jumlah daun, tinggi dan diameter tanaman serta tinggi dan diameter setelah 8 minggu perlakuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta beserta staf, yang telah banyak memfasilitasi sehingga memungkinkan penelitian ini untuk bisa dilaksanakan. Penghargaan dan terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada rekan-rekan tim penelitian atas bantuan, kesabaran dan kebaikan dalam memenuhi tugas-tugas dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga bisa dituliskan dalam paper ini. Ucapan terimakasih yang dalam juga disampaikan kepada Dr. Budi Leksono atas saran-sarannya yang sangat membantu berjalannya penelitian pemuliaan kayu energi secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajeesh, R., Kumar, V., Santoshkumar, A. V., & K, S. G. (2015). Harnessing Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for Quality Seedling Production, *3*(6), 22–40.
- Azco, R. (2009). Stimulation of Plant Growth and Drought Tolerance by Native Microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from Dry Environments: Mechanisms Related to Bacterial Effectiveness, 115–124. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9079-6>
- Bala, A., Murphy, P., & Giller, K. E. (2003). Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soils from three continents in the tropics. *Molecular Ecology*, *12*(4), 917–930. <https://doi.org/doi:10.1046/j.1365-294X.2003.01754.x>
- Bompadre, M. J., Pérgola, M., Bidondo, L. F., Colombo, R. P., Silvani, V. A., Pardo, A. G., ... Godeas, A. M. (2014). Evaluation of Arbuscular mycorrhizal Fungi Capacity to Alleviate Abiotic Stress of Olive (*Olea europaea* L.) Plants at Different Transplant Conditions, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/378950>
- Brockwell, J., Searle, S. D., Jeavons, A. C., & Waayers, M. (2005). Nitrogen Fixation in Acacias: an Untapped Resource for Sustainable Plantations, *Farm Forestry and Land Reclamation*, 132.
- Bücking, H., Liepold, E., & Ambilwade, P. (2012). The Role of the Mycorrhizal Symbiosis in Nutrient Uptake of Plants and the Regulatory Mechanisms Underlying These Transport Processes.
- Drinnan, A. N., & Ladiges, P. (1991). Floral Development and Systematic Position of *Eucalyptus curtisii* (Myrtaceae). *Australian Systematic Botany*, *4*(3), 539–551. <https://doi.org/10.1071/SB9910539>
- Garcia, K., & Zimmermann, S. D. (2014). The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition. *Plant Science*, *5*, 1–9. <https://doi.org/http://doi.org/10.3389/fpls.2014.00337>
- Goss, M. J., & de Varennes, A. (2002). Soil disturbance reduces the efficacy of mycorrhizal associations for early soybean growth and N₂ fixation. *Soil Biology & Biochemistry*, *34*(8), 1167–1173. [https://doi.org/doi:10.1016/S0038-0717\(02\)00053-6](https://doi.org/doi:10.1016/S0038-0717(02)00053-6)
- Hajek, P., Hertel, D., & Leuschner, C. (2013). Intraspecific variation in root and leaf traits and leaf-root trait linkages in eight aspen demes (*Populus tremula* and *P. tremuloides*). *Frontiers in Plant Sciences*, *4* (415), 1–11. <https://doi.org/doi:10.3389/fpls.2013.00415>
- Javot, H., Pumplin, N., & Harrison, M. J. (2007). Phosphate in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: transport properties and regulatory roles. *Plant Cell Environ*, *30*(3), 310–322. <https://doi.org/http://doi.org/doi:10.1111/j.1365-3040.2006.01617.x>
- Jin, H. R., Liu, J., & Huang, X. W. (2012). Forms of nitrogen uptake, translocation, and transfer via arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *China Life Sci.*, *55* (6), 474–482. <https://doi.org/doi:10.1007/s11427-012-4330-y>
- Marschener, H., & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*, *159*(1), 89–102. <https://doi.org/http://doi.org/doi:10.1007/BF00000008>

- Muller, T., Avolio, M., Benjdia, M., Kasaras, A., Wipf, D., Mu, T., ... Wipf, D. (2007). Nitrogen transport in the ectomycorrhiza association: The *Hebeloma cylindrosporum*-*Pinus pinaster* model. *Phytochem Nitrogen transport in the ectomycorrhiza association: The Hebeloma cylindrosporum - Pinus pinaster* model. *Phytochemistry*, 68 (1), 41–51.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.09.021>
- Pijut, P. M., Woeste, K. E., & Michler, C. H. (2011). (2011). *Promotion of Adventitious Root Formation of Difficult-to-Root Hardwood Tree Species*. In *Horticulture review* (pp213-251). Wiley-Blackwell.
- Plassard, C., & Dell, B. (2010). Phosphorus nutrition of mycorrhizal trees. *Tree Physiology*, 30 (9), 1129–1139.
<https://doi.org/10.1093/treephys/tpq063>
- Pottinger, A. ., & Dunsdon, A. J. (2001). *Provenance Trials. In Tropical Forestry Paper No. 40. Calliandra calothyrsus: An Agroforestry Tree for the humid Tropics*. Oxford UK: Oxford University Press.
- Purwantari, N. ., & Sutedi, E. (2005). Respon Inokulasi Strain Mutan Rhizobia pada *Calliandra calothyrsus*. *Jurnal Ilmu Ternak Dan Veteriner*, 10 (3)(April), 182–189.
- Russell, A. J., Bidartondo, M. I., & Butterfield, B. G. (2002). The root nodules of the Podocarpaceae harbour arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 156(2), 283–295.
<https://doi.org/doi:10.1046/j.1469-8137.2002.00504.x>
- Saharan, B. S., & Nehra, V. (2011). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review, 1–30.
- Sanginga, N., Thottappilly, G., & Dashiell, K. (1999). Effectiveness of rhizobia nodulating recent promiscuous soybean selections in the moist savanna of Nigeria. *Soil Biol. Biochem*, 32(1), 127–133. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00143-1)
- Sedgley, M., & Griffin, A. R. (1989). *Sexual Reproduction of Tree Crops. Sexual Reproduction of Tree Crops*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-634470-7.50012-X>
- Wilson, J., & Coutts, M. . (1985). symbiont specificity. In (eds .) In: Cannell , M . G . R . ; Jackson , J . E . (Ed.), *Attributes of trees as crop plants* (pp. 359–379). Abbotts Ripton: Institute of Terrestrial Ecology.
- Xie, Z. P., Staehelin, C., Vierheilig, H., Wiemken, a., Jabbouri, S., Broughton, W. J., ... Boller, T. (1995). Rhizobial Nodulation Factors Stimulate Mycorrhizal Colonization of Nodulating and Nonnodulating Soybeans. *Plant Physiology*, 108(4), 1519–1525.
<https://doi.org/10.1104/pp.108.4.1519>
- Younesi, O., Moradi, A., & Namdari, A. (2013). Influence of arbuscular mycorrhiza on osmotic adjustment compounds and antioxidant enzyme activity in nodules of salt-stressed soybean (*Glycine max*). *Acta Agriculturae Slovenica*, 101 (2), 219–230.
<https://doi.org/10.2478/acas-2013-0018>

