APLIKASI INOKULUM CENDAWAN VESIKULAR-ARBUSKULAR MIKORIZA DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN POHON DI LAHAN ALANG-ALANG

(Application of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculum and
Its Effects on Tree Growth on Alang-alang Grasslands)

Oleh / By :
Murniati

ABSTRACT

Objectives of the research, which was located in a transmigration area, around Wanariset Samboja, East Kalimantan, were to test a role of inoculum vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in accelerating growth of four selected tree species and to evaluate capabilities of the tree species to be grown on degraded Imperata cylindrica grassland. The research was conducted from March 1999 to October 2001. Five months old seedlings of the four selected tree species, mahogany (*Swietenia macrophylla*), sungkai (*Peronema canescens*), candle nut (*Aleurites moluccana*) and breadfruit (*Artocarpus altilis*) were planted with spacing 4 x 2 meters according to a split plot block randomized design in a factorial experiment. A part of the seedlings was inoculated with mycorrhizal fungi (resting spores in 'Mycofer' belonging to *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora rosea*, and *Acaulospora tuberculata*) and another part was not. As parameters of tree growth, the survival rate, stem height and stem diameter were measured 3, 6, 12, 18 and 24 months after planting. Species and population of mycorrhizal fungi and infected mycorrhizal roots were gathered by means of analysis of soil and root tissue samples taken before, 6 and 24 months after tree planting. In the nursery, inoculation with mycorrhizal fungi did not promote seedling growth. Inoculation in this phase of cultivation led to a statistical significant increased in survival rate of trees, once they were transplanted to the field. However, the average survival rate of the four tree species increased by 6.5 % only. Nursery inoculation of the pioneer tree species did not show a positive effect on the subsequent growth of those trees that survived the critical early stage. The performance of the four selected tree species growing in the alang-alang grasslands, and their capability to compete the grass, mahogany, sungkai and candle nut made them most suitable to be planted in those useless lands. Breadfruit proved itself unsuitable for the harsh conditions of large parts of the *I. cylindrica* grasslands.

Key words: Role, accelerate, inoculation, pioneer, capabilities, degraded, spore, performance

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk menguji peranan dari inokulum cendawan mikoriza vesicular-arbuscular dalam memacu pertumbuhan empat jenis pohon terpilih dan untuk mengevaluasi kemampuan tumbuh keempat jenis pohon tersebut di lahan alang-alang yang terdegradasi. Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret 1999 sampai Oktober 2001. Bibit umur lima bulan dari empat jenis pohon, mahoni (*Swietenia macrophylla*), sungkai (*Peronema canescens*), kemiri (*Aleurites moluccana*), dan sukun (*Artocarpus altilis*) ditanam dengan jarak 4 x 2 m² menurut rancangan acak petak terbagi dalam percobaan faktorial. Sebagian bibit diinokulasi dengan cendawan mikoriza (spora dorman dalam Mycofer dari jenis *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora rosea*, dan *Acaulospora tuberculata*) dan sebagian lagi tidak diinokulasi. Sebagai parameter pertumbuhan pohon, persen hidup, tinggi, dan diameter batang diukur 3, 6, 12, 18, dan 24 bulan sesudah tanam. Jenis dan populasi mikoriza dan akar yang terinfeksi diperoleh melalui analisis contoh tanah dan jaringan akar yang diambil sebelum, 6, dan 24 bulan sesudah penanaman pohon. Di persemaian, inokulasi bibit dengan cendawan mikoriza tidak meningkatkan pertumbuhan bibit. Inokulasi pada fase persemaian ini nyata meningkatkan persen hidup setelah bibit dipindah ke lapangan. Tetapi rata-rata peningkatannya hanya 6,5 %. Inokulasi terhadap jenis-jenis pohon pionir di persemaian ini tidak memperlihatkan efek positif pada fase pertumbuhan selanjutnya di lapangan. Performan dari empat jenis pohon terpilih dan kemampuannya untuk bersaing dengan alang-alang, menunjukkan bahwa mahoni, sungkai, dan kemiri cocok ditanam di lahan marginal alang-alang. Sedangkan sukun tidak cocok dengan kondisi lahan alang-alang yang tandus.

Kata kunci: Peranan, memacu, inokulasi, pionir, kemampuan, terdegradasi, spora, performan

I. PENDAHULUAN

Peranan mikoriza dalam pertumbuhan pohon telah dilaporkan oleh banyak penulis (Whittingham dan Read, 1982; Harley dan Smith, 1983; Schenk, 1985; Smits, 1994; Yasman, 1995; Prematuri, 1995; Setiadi, 1996; Prematuri dan Dodd, 1997; Smith dan Read, 1997; Omon, 2002). Kebanyakan penelitian tersebut dilaksanakan di laboratorium, rumah kaca, persemaian, atau di hutan alam. Sementara penelitian lapangan yang menguji peranan mikoriza dalam menstimulir pertumbuhan pohon di daerah tropis masih belum banyak dilakukan.

Di daerah tropis hampir semua jenis tanaman yang bernilai ekonomi pada kondisi normal berasosiasi dengan cendawan mikoriza. Sebagian besar berasosiasi dengan mikoriza arbuskular (yang juga dikenal dengan vesicular-arbuskular atau VA mikoriza) dan beberapa jenis pohon berasosiasi dengan ektomikoriza (Gerdemann, 1975; Harley, 1969; Smith dan Read, 1997). Pada tapak yang secara biologi spesifik seperti areal bekas tambang, beberapa isolat cendawan VA mikoriza telah terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan jenis-jenis pohon cepat tumbuh dan jenis-jenis tanaman penambat nitrogen (Prematuri, 1995; Setiadi, 1996; Prematuri dan Dodd, 1997).

Fungsi penting cendawan mikoriza adalah membantu menyerap hara dalam bentuk anorganik dan/atau organik dari tanah melalui myselium. Hyphae eksternal dari cendawan VA mikoriza dapat menyerap hara-hara yang tidak larut seperti P, Zn, dan Cu dari tanah dan membawanya ke tumbuhan inang (Harley dan Smith, 1983). Oleh sebab itu peranan dari cendawan mikoriza dalam membantu menyerap hara akan optimal pada tanah-tanah *marginal* dengan ketersediaan hara yang rendah (Smith dan Read, 1997; Onguene, 2000).

Interaksi antara cendawan mikoriza dengan pemupukan masih dalam perdebatan. Newton dan Piggot (1991) mengemukakan bahwa pupuk dan mikoriza saling bertentangan. Akan tetapi Smits (1992) melaporkan bahwa aplikasi pupuk setelah terbentuknya ektomikoriza pada sistem

perakaran stek jenis dari dipterocarp tidak menunjukkan efek negatif. Selanjutnya Omon (1999) melaporkan bahwa inokulasi *Amanita* sp. yang dikombinasikan dengan pemupukan NPK dengan dosis 100 mg/stek menghasilkan persen tumbuh stek *Shorea leprosula* yang secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan stek yang tidak diinokulasi. Omon (2002) juga melaporkan bahwa pemupukan NPK pada stek *S. leprosula* di rumah kaca tidak berpengaruh terhadap persentase akar yang bermikoriza, bahkan pada dosis NPK 200 mg/stek pun tidak menekan perkembangan mikoriza.

Sebagian besar tanah di daerah tropis miskin hara dan sangat asam dengan kandungan liat dan Al tinggi serta ketersediaan phosphor dan hara mikro yang rendah (Sanchez dan Salinas, 1981). Tingkat kesuburan tanah pada lahan alang-alang bervariasi dari sangat rendah sampai sedang. Santoso *et al.* (1997), melaporkan bahwa alang-alang tumbuh pada rentang kesuburan tanah yang lebar dan tidak dibatasi hanya pada tanah-tanah yang sangat miskin. Kondisi tanah pada tiga tipe vegetasi : pakis (*Pteridium* sp.), alang-alang (*Imperata cylindrica*), dan kirinyu (*Austro eupatorium inulifolium*) di Sumatera Barat berbeda, tetapi tidak ada perbedaan yang pokok dalam ketersediaan P atau kandungan kation yang dapat dipertukarkan antara tanah dengan vegetasi alang-alang dan tanah dengan vegetasi kirinyu (Cairns, 1994 dalam Santoso *et al.*, 1997). Walaupun secara umum dapat dikatakan bahwa lahan alang-alang miskin dalam unsur hara sehingga disebut lahan terdegradasi atau *marginal*, namun belum tentu miskin dalam perspektif biologi tanah dan barangkali mengandung spora mikoriza dalam jumlah yang cukup (Setiadi, 1999). Selanjutnya Setiadi (1999) menemukan bahwa keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskular berbeda di antara berbagai penggunaan lahan. Jumlah spora dari tipe *Glomus* dalam 100 g contoh tanah dari lahan alang-alang adalah 280 individu dan pada lahan kebun singkong 216 individu. Jumlah ini hampir enam atau tujuh kali lipat lebih tinggi dibandingkan jumlah spora di lahan hutan (45 individu) dan di lahan *agroforestry* (37 individu). Oleh sebab itu kemampuan dari

cendawan mikoriza untuk memacu pertumbuhan pohon di lahan alang-alang perlu diuji.

Selubungan dengan permasalahan di atas, maka tulisan ini membahas tentang:

1. Peranan inokulum cendawan mikoriza vesikular-arbuskular dalam memacu pertumbuhan empat jenis pohon yang ditanam di lahan alang-alang dalam sistem *agroforestry*.
2. Evaluasi kemampuan tumbuh empat jenis pohon terpilih di lahan alang-alang dan kemampuannya untuk berkompetisi dan mengalahkan alang-alang.
3. Evaluasi tingkat efektivitas metode pengendalian alang-alang dalam hubungannya dengan pertumbuhan pohon.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret 1999 sampai dengan Oktober 2001 di dua desa transmigrasi yaitu Desa Semoi II dan Desa Semoi III yang terletak 20 sampai 27 km ke arah barat-laut Stasiun Penelitian Wanariset Samboja. Kedua desa ini termasuk Kecamatan Sepaku, Kabupaten Pasir. Terdapat tiga blok (plot) percobaan, blok 1 dan blok 2 ada di Desa Semoi II, sedang blok 3 terletak di Desa Semoi III. Koordinat ketiga blok percobaan dapat dilihat pada Tabel 1. Stasiun Wanariset Samboja terletak 38 km arah timur-laut dari kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Penelitian persemaian dan pengadaan bibit untuk ditanam di lapangan dilakukan di persemaian Stasiun Wanariset.

Jenis tanah di desa Semoi didominasi oleh Ultisol (USDA) dengan campuran mineral liat yang terdiri dari *kaolinite*, *clorite/vermiculite*, dan oksida dari aluminium dan besi (Voss *et al.*, 1988 dan van Bremen *et al.*, 1990). Secara umum status hara tanah Ultisol rendah, khususnya pada keadaan di mana *top soil* sangat tipis atau tidak ada sama sekali. Hal ini utamanya disebabkan oleh rendahnya kandungan mineral dari bahan induk yang membentuk tanah-tanah tersebut. Topografi umumnya miring, bergelombang, dan berbukit.

Vegetasi di Desa Semoi II dan Semoi III didominasi oleh alang-alang (*Imperata cylindrica*). Tipe vegetasi lain adalah hutan sekunder muda dan semak belukar dengan beberapa pohon tua dan/atau kayu mati yang terpecar dari famili Dipterocarpaceae, dengan jenis utama *Shorea laevis* (bangkirai) dan *Eusideroxylon zwageri* (ulin). Menurut RePPPProt (1987), iklim di daerah penelitian diklasifikasikan sebagai 'Afw' (Köppen, 1931), yaitu iklim hujan tropis *isothermal*. Rata-rata curah hujan tahunan berkisar antara 2.000 sampai dengan 2.500 mm (Voss, 1982). Bulan Juni sampai Oktober mempunyai jumlah curah hujan yang lebih sedikit dibandingkan bulan-bulan yang lain sepanjang tahun. Rata-rata curah hujan tahunan dari tahun 1994 sampai 1998 adalah 2.096 mm (BPS Kabupaten Pasir, 1998). Sedangkan data jumlah curah hujan yang dikumpulkan langsung di tiga blok penelitian selama dua tahun adalah 3.126 mm untuk periode Oktober 1999 sampai September 2000 dan 3.096 mm untuk periode Oktober 2000 sampai September 2001 dengan fluktuasi jumlah curah hujan bulanan yang

Tabel (Table) 1. Posisi plot percobaan di Desa Semoi II dan Semoi III, Kecamatan Sepaku, Kalimantan Timur (*Position of the experiment plots in the Semoi II and Semoi III Villages, Sepaku Sub-district, East Kalimantan Province*)

Posisi (<i>Position</i>) (Koordinat/ <i>Coordinates</i>)	Blok (<i>Block</i>) 1	Blok (<i>Block</i>) 2	Blok (<i>Block</i>) 3
Lintang (<i>Latitude</i>)	00°56'31,354" S (S)	00°56'13,644" S (S)	00°54'37,722" S (S)
Bujur (<i>Longitude</i>)	116°54'01,592" T (E)	116°54'15,284" T (E)	116°52'49,614" T (E)
Ketinggian (<i>Altitude</i>)	70 m dpl (<i>asl</i>)	62 m dpl (<i>asl</i>)	40 m dpl (<i>asl</i>)

Keterangan (*Note*): S = Selatan (*South*), T = Timur (*E = East*), dpl = Di atas permukaan laut (*asl = above sea level*)

cukup tinggi. Jumlah curah hujan bulanan terendah sebesar 30 mm terjadi pada bulan Agustus 2001 dan tertinggi 431 mm pada bulan Nopember 2000. Rata-rata temperatur di daerah Semoi berkisar antara 29 sampai 31°C (Desa Semoi II, 1998; Desa Semoi III, 2000).

B. Bahan dan Peralatan

Bahan penelitian berupa tiga petak/blok penelitian dengan luas masing-masing 0,75 ha, bibit mahoni (*Swietenia macrophylla*), sungkai (*Peronema canescens*), kemiri (*Aleurites moluccana*) dan sukun (*Artocarpus altilis*), inokulum mikoriza *Mycofer*, herbisida *glyphosate*, benih legum penutup tanah *Pueraria javanica*, dan pupuk NPK. Sedang peralatan yang dipergunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah amplop besar coklat, oven, sprayer, meteran, kalifer, sepotong kayu bulat (untuk merebahkan alang-alang), cangkul, parang, dan alat tulis.

C. Cara Pengambilan Data

1. Pemilihan Jenis Pohon

Jenis pohon dipilih berdasarkan karakteristik jenis yang mampu tumbuh di lahan alang-alang misalnya suka cahaya, cepat tumbuh, penambat nitrogen, tahan kekeringan, atau dengan kata lain bersifat

pionir. Karena penelitian ini dilakukan di lahan petani dalam sistem *agroforestry*, maka preferensi masyarakat dipertimbangkan pula. Empat jenis pohon terpilih berdasarkan kedua pertimbangan tersebut adalah mahoni (*Swietenia macrophylla*, Meliaceae), sungkai (*Peronema canescens*, Verbenaceae), kemiri (*Aleurites moluccana*, Euphorbiaceae), dan sukun (*Artocarpus altilis*, Moraceae). Dua jenis pertama merupakan pohon hutan (*timbers*) dan dua yang terakhir termasuk jenis pohon serbaguna (*multi purposes*).

2. Kondisi Awal Plot Percobaan

Kondisi awal plot percobaan dikaji berdasarkan nilai pH, ketersediaan P dan kandungan P total, serta status keberadaan cendawan mikoriza. Pengkajian ini dilakukan melalui analisis contoh tanah yang diambil berdasarkan posisi plot (puncak, lereng, lembah). Kondisi awal kesuburan tanah dan status keberadaan cendawan VA mikoriza di plot percobaan disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

3. Metode Penelitian

a. Pengadaan bibit

Benih mahoni dan kemiri dikecambahkan di dalam bak kecambah sebelum ditanam

Tabel (Table) 2. Kondisi awal kesuburan tanah pada tiga plot percobaan berdasarkan hasil analisis contoh tanah oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor (*Initial condition of the soil fertility in three experiment plots based on the soil samples analyzed by the Centre for Soil and Agroclimat Research, Bogor*)

Blok dan posisi (Blocks and position)	Kandungan hara (Nutrient content)		
	pH tanah (Soil pH) (H ₂ O)	P _{tersedia} (available) (mg kg ⁻¹ , Olsen P ₂ O ₅)	P _{total} (%)
1, puncak (top)	4,2	23,8	0,01
1, lereng (slope)	4,4	14,7	0,01
1, lembah (valley)	4,7	14,1	0,02
Rata-rata (Average)	4,43	17,53	0,013
2, puncak (top)	4,2	10,1	0,01
2, lereng (slope)	4,1	14,0	0,01
2, lembah (valley)	5,1	11,4	0,01
Rata-rata (Average)	4,47	11,83	0,01
3, puncak (top)	4,4	5,1	0,01
3, lereng (slope)	4,3	10,2	0,02
3, lembah (valley)	4,7	13,1	0,02
Rata-rata (Average)	4,47	9,47	0,017

Tabel (Table) 3. Morpho species dan jumlah spora cendawan mikoriza yang secara alami ditemukan pada kondisi awal lokasi penelitian sesuai posisi plot (puncak, lereng, lembah). Morpho species ditandai dengan angka 1 sampai 18 dan namanya disajikan pada daftar di bawahnya (Morpho species and number of spores of naturally occurring mycorrhizal fungi over toposequences (top/slope/valley) at the initial condition of the research sites. Morpho species marked as 1 to 18 and named in the list below)

Posisi (Position)	Blok (Block)	Jumlah spora (Number of spores) (individu)	Jumlah spora masing-masing morpho species (Number of spores of each morpho species)																		Jumlah mor- pho species (Number of morpho- species)
			Jumlah spora masing-masing morpho species (Number of spores of each morpho species)																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Puncak (Top)	1	21	3					11			6			1						4	
	2	85		17				48			20				2					3	
	3	18	3	1	1			10			1									6	
Lereng (Slope)	1	283	73			18			77		11	54			46				4	7	
	2	396	84			34	6		128		34	48			62					7	
	3	441	91			37	6		119		28	93			67					7	
Lembah (Valley)	1	616	158			180			184						94					4	
	2	737	267	48				28			266	78		50						6	
	3	619	217	24				24			238	54		62						6	

Keterangan (note): Identifikasi dilakukan oleh Laboratorium Bioteknologi Hutan, Pusat Bioteknologi Antar Universitas, IPB (The identification was done by the Forest Biotechnology Laboratory, Inter University Centre of Biotechnology, IPB)

Daftar nomor seri morpho species cendawan mikoriza yang disajikan pada Tabel 3, Lampiran 1, dan Lampiran 2. Morpho species no. 15 sampai 17 dan 19 sampai 26 muncul pada pengamatan 6 dan 24 bulan setelah penanaman pohon (List of morpho species serial number of mycorrhizal fungi presented on Table 3, Appendix 1 and Appendix 2. Morpho species number 15 to 17 and 19 to 26 appeared at the observation of 6 and 24 months after planting).

1. <i>Glomus</i> sp., black	11. <i>Glomus</i> sp., yellowish brown	21. <i>Accaulospora</i> sp., small hyaline
2. <i>Glomus</i> sp., black-brown	12. <i>Glomus</i> occultum	22. <i>Accaulospora</i> sp., brown
3. <i>Glomus</i> sp., brown	13. <i>Glomus</i> sp., hyaline	23. <i>Accaulospora</i> sp.
4. <i>Glomus</i> sp., red	14. <i>Glomus</i> sp., small hyaline	24. <i>Gigaspora</i> sp., yellow
5. <i>Glomus</i> sp., red-yellow	15. <i>Glomus</i> etunicatum	25. <i>Gigaspora</i> sp.
6. <i>Glomus</i> sp., reddish-brown	16. <i>Glomus</i> manihotis	26. <i>Scutellospora</i> sp., brown
7. <i>Glomus</i> sp., small reddish	17. <i>Glomus</i> sp.	
8. <i>Glomus</i> sp., small red-brown	18. <i>Accaulospora</i> sp., red	
9. <i>Glomus</i> sp., yellow	19. <i>Accaulospora</i> sp., small yellow	
10. <i>Glomus</i> sp., small-yellow	20. <i>Accaulospora</i> sp., hyaline	

pada media semai di dalam kantong plastik hitam. Bahan tanaman sungkai dan sukun masing-masing diperbanyak melalui stek batang dan stek akar yang langsung ditanam pada media semai di dalam kantong plastik. Media semai yang digunakan berupa campuran antara *top soil* dengan pasir dan pupuk kandang dengan perbandingan 3:1:1. Sebelum digunakan sebagai media semai, campuran ini dipasteurisasi dengan cara menjemurnya di bawah terik matahari sehingga temperaturnya mencapai 50°C. Pasteurisasi bertujuan untuk menurunkan populasi mikroorganisme yang tidak menguntungkan yang hidup di dalam media tersebut. Smits (1983), Smits *et al.* (1987), dan Smits (1994) melaporkan bahwa pada temperatur 45°C berbagai jenis mikroorganisme yang hidup di dalam tanah akan mati.

Sumber inokulum mikoriza yang digunakan untuk menginokulasi sebagian bibit di persemaian adalah *Mycofer* yang mengandung spora dari empat spesies cendawan vesikular-arbuskular, yaitu *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora rosea*, dan *Acaulospora tuberculata*. Inokulum ini berbentuk *granular* dan diaplikasikan dengan cara meletakkannya di daerah perakaran dengan dosis 10 g per anakan. Bibit-bibit di persemaian disiram dua kali sehari dan penyiangan dilakukan secara manual setiap bulan sampai bibit siap dipindahkan ke lapangan, yaitu pada umur lima bulan.

1). Percobaan Pesemaian

Percobaan persemaian disusun berdasarkan rancangan acak kelompok dalam percobaan faktorial dengan tiga ulangan. Terdapat dua faktor yaitu:

- (1) jenis pohon : mahoni (M), sungkai (Sa), dan kemiri (K).
- (2) perlakuan jamur mikoriza : diinokulasi (+) dan tidak diinokulasi (-)

Masing-masing unit percobaan terdiri dari 30 bibit, sehingga digunakan $3 \times 2 \times 3 \times 30 = 540$ bibit. Bibit yang diinokulasi diletakkan terpisah dari bibit yang tidak diinokulasi, sehingga kontaminasi melalui media semai dapat dihindari. Pengamatan dan pengukuran pertumbuhan bibit meliputi tinggi dan

diameter batang, berat kering biomasa dan rasio pucuk dengan akar (*shoot-root ratio*). Berat kering bibit ditentukan pada akhir penelitian (umur lima bulan) dengan mengeringkan bagian pucuk dan akar secara terpisah di dalam oven dengan suhu 70°C selama 24 jam.

2). Pengadaan Bibit Untuk Percobaan Penanaman

Berdasarkan rancangan percobaan lapangan, bibit dari empat jenis pohon (mahoni, sungkai, kemiri, dan sukun) dipersiapkan masing-masing sebanyak 1.000 anakan. Separuh dari bibit ini (500 anakan untuk masing-masing jenis) diinokulasi dengan inokulum cendawan mikoriza *Mycofer* dan separuh yang lainnya tidak diinokulasi. Kedua kelompok bibit tersebut ditempatkan terpisah untuk menghindari kontaminasi melalui media semai.

b. Percobaan Penanaman

1). Rancangan Percobaan

Percobaan dirancang berdasarkan rancangan acak petak terbagi dalam percobaan faktorial (Steel dan Torrie, 1991; Gomez dan Gomez, 1984).

Petak utama adalah perlakuan mikoriza:

- (1) Bibit diinokulasi dengan inokulum mikoriza (+).
- (2) Bibit tidak diinokulasi dengan cendawan mikoriza (-).

Anak petak memuat dua faktor, yaitu:

- (1) Jenis pohon (ada empat jenis: mahoni/M, sungkai/Sa, kemiri/K, dan sukun/Su).
- (2) Pengendalian alang-alang (ada tiga metode: penyemprotan herbisida/H, pencangkulan tanah/Pl, dan perebahan alang-alang/Pr). Dosis herbisida (*glyphosate*) adalah 8 l/800 l air/ha.

Masing-masing perlakuan diulang tiga kali pada tiga blok penelitian yang berjauhan. Masing-masing blok terdiri dari dua petak utama dan $2 \times 4 \times 3 = 24$ anak petak. Untuk ketiga blok penelitian terdapat $3 \times 24 = 72$ anak petak, masing-masing berukuran 8×16 m².

Untuk mencegah terjadinya kontaminasi, kedua petak utama dipisahkan dengan saluran atau parit dengan lebar dan

kedalaman masing-masing 30 cm. Ukuran ini sudah cukup karena pergerakan cendawan kurang dari 30 cm (Smits, 1999, komunikasi pribadi). Sebagai perlakuan awal, seluruh plot ditanami dengan legum penutup tanah, *P. javanica* di antara barisan pohon selama tahun pertama penelitian.

2). Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

Penanaman bibit di lapangan dilakukan mengikuti garis kontur (tegak lurus lereng), dengan jarak tanam 4 m di antara baris dan 2 m di dalam barisan ($4 \times 2 \text{ m}^2$). Diikuti dengan pemupukan NPK dosis rendah yaitu 30 g NPK (15-15-15) per tanaman atau ekuivalen dengan 4,5 g N; 4,5 g P; dan 4,5 g K. Pemupukan dengan dosis yang sama diulang pada saat tanaman berumur enam bulan di lapangan. Selama tahun pertama, pemeliharaan tanaman dilakukan secara manual berupa penyiangan dan pembokoran tanaman dengan radius 50 cm dari pohon. Selanjutnya pemeliharaan plot penelitian dilakukan melalui penanaman tanaman semusim atau tanaman pangan.

3). Pengamatan dan Pengukuran

Parameter pertumbuhan pohon yang diamati adalah persen hidup, tinggi, dan diameter batang pada umur 3, 6, 12, 18, dan 24 bulan. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada ketinggian 5 cm di atas leher batang sampai pada ujung titik tumbuh. Tinggi dan diameter batang pada pengukuran pertama (umur tiga bulan) dijadikan data awal tinggi dan diameter pohon, sehingga perhitungan pertumbuhan tinggi dan diameter pohon pada setiap pengamatan didasarkan pada data awal tersebut. Jumlah spesies dan spora cendawan mikoriza serta persen akar yang terinfeksi diamati 6 dan 24 bulan setelah penanaman pohon melalui analisis contoh tanah dan jaringan akar pohon yang diambil di daerah perakaran berdasarkan perlakuan mikoriza, spesies pohon, dan posisi plot (puncak, lereng, lembah).

D. Analisis Data

1. Percobaan Pesemaian

Analisis keragaman (Anova) terhadap data rata-rata pertumbuhan tinggi dan

diameter bibit, berat kering biomasa pucuk dan akar, serta rasio pucuk dengan akar dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (software) *General Statistic (Genstat) 5 release 3.2*. Nilai F yang berbeda nyata dari Anova selanjutnya diuji dengan membandingkan nilai t-nya berdasarkan uji jarak berganda Duncan (*Duncan Multiple Range Test*).

2. Percobaan Penanaman di Lapangan

Nilai rata-rata dari masing-masing variabel pertumbuhan pohon dihitung secara terpisah untuk masing-masing anak petak. Data ini kemudian digunakan sebagai input data pada analisis statistik menggunakan perangkat lunak *General Statistic (Genstat) 5 release 3.2*. Nilai F yang berbeda nyata dari Anova selanjutnya diuji dengan membandingkan nilai t-nya berdasarkan uji jarak berganda Duncan (*Duncan Multiple Range Test*). Data tentang spesies dan jumlah spora cendawan mikoriza dibahas dalam hubungan dengan dinamikanya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Bibit di Pesemaian

Pengaruh perlakuan mikoriza terhadap rata-rata pertumbuhan tinggi dan diameter bibit dari tiga jenis pohon di pesemaian serta berat kering biomasanya yang dipisahkan antara bagian pucuk dan bagian akar disajikan pada Tabel 4.

Analisis statistik menunjukkan bahwa rata-rata tinggi dan diameter batang dari ketiga jenis pohon berbeda nyata pada tingkat kesalahan 5 %. Sedangkan perlakuan mikoriza tidak terdapat beda yang nyata. Namun demikian, inokulasi cendawan mikoriza secara umum masih memberikan efek positif terhadap pertumbuhan bibit dan diharapkan dapat meningkatkan ketahanan bibit pada saat dipindahkan ke lapangan. Sieverding (1991) mengemukakan bahwa respon inokulasi bibit di pesemaian barangkali tidak terlihat dengan segera, tetapi akan terlihat setelah bibit dipindahkan ke lapangan, karena mikoriza tidak hanya memperbaiki nutrisi tanaman tetapi juga mempunyai efek positif yang lain misalnya dalam penyerapan air.

Tabel (Table) 4. Pengaruh perlakuan mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter bibit serta berat kering biomasa dari tiga jenis pohon di pesemaian (*Effect of mycorrhizal treatment on the seedling height, seedling diameter and biomass dry weight of the three tree species at the nursery*)

Perlakuan (Treatment)	Tinggi batang (Stem height) (cm)	Diameter batang (Stem diameter) (cm)	Berat kering biomasa (<i>Biomass dry-weight</i>) (g)		
			Pucuk (Shoot)	Akar Roots)	Rasio pucuk-akar (Shoot-root ratio)
Cendawan mikoriza <i>(Mycorrhizal fungi)</i>					
Diinokulasi (<i>inoculated</i>) (+)	32,9 ^m	0,62 ^m	10,5 ^m	4,5 ^m	3,0 ^m
Tidak diinokulasi (<i>not inoculated</i>) (-)	30,4	0,63	8,4	4,5	2,8
Spesies pohon <i>(Tree Species)</i>					
Mahoni (<i>Mahogany</i>) (M)	41,1 ^a	0,58 ^b	9,0 ^m	4,8 ^m	2,8 ^m
Sungkai (Sa)	18,7 ^b	0,56 ^b	11,0	3,8	3,3
Kemiri (<i>Candle nut</i>) (K)	35,1 ^a	0,74 ^a	8,4	4,9	2,5

Keterangan (Note):

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) menurut uji Jarak berganda Duncan, tn = tidak nyata (*Numbers followed by different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to Duncan Multiple Range Test, tn = no significant difference*)

Gambar (Fig.) 1. Persen hidup empat jenis pohon yang diinokulasi (+) dan tidak diinokulasi (-) dengan cendawan mikoriza (*Survival rate of four tree species, inoculated (+) and notinoculated (-) with mycorrhizal fungi*). M = mahoni (*mahogany*, *S. macrophylla*); Sa = sungkai (*P. canescens*); K = kemiri (*candle nut*, *A. moluccana*); Su = sukun (*breadfruit*, *A. altilis*). Ch = Curah hujan (*monthly precipitation*)

B. Pertumbuhan Tanaman di Lapangan

1. Persen Hidup

Pengaruh perlakuan mikoriza dan metode pengendalian alang-alang terhadap persen hidup empat jenis pohon yang ditanam di lahan alang-alang disajikan pada Gambar 1

dan Tabel 5. Hampir semua anakan mahoni (*S. macrophylla*) dan sungkai (*P. canescens*) yang hidup pada tiga bulan pertama, dapat bertahan hidup sampai akhir pengamatan (24 bulan). Berbeda dengan kemiri (*A. moluccana*) dan sukun (*A. altilis*), di mana kematian bibit kemiri berlanjut

sampai umur 12 bulan dan untuk sukun berlanjut sampai 24 bulan. Pada periode bulan ke 8 sampai 12, persen hidup menurun untuk semua jenis pohon kecuali anakan mahoni yang diinokulasi dengan cendawan mikoriza. Hal ini diduga berhubungan erat dengan jumlah curah hujan pada periode tersebut di mana rata-ratanya kurang dari 200 mm per bulan. Pada periode bulan ke-21 sampai ke-23, curah hujan menurun secara tajam dan mencapai tingkat yang paling rendah. Akan tetapi kondisi ini tidak berpengaruh lagi terhadap persen hidup tanaman kecuali terhadap sukun, baik yang diinokulasi maupun yang tidak diinokulasi dengan cendawan mikoriza. Ada kecendrungan bahwa kematian sukun akan terus berlanjut.

Bibit yang diinokulasi dengan cendawan mikoriza mempunyai persen hidup yang lebih tinggi daripada bibit yang tidak diinokulasi. Peningkatan ini nyata secara statistik untuk pengamatan pada bulan ke-3, 6, 18, dan ke-24, tetapi tidak untuk pengamatan pada bulan ke-12. Simbiosis antara cendawan mikoriza dengan tanaman inang telah membuat tanaman lebih sehat, sehingga lebih mudah beradaptasi dengan kondisi yang kurang

menguntungkan di lapangan terutama pada fase awal pertumbuhannya. Sekalipun tanah di lokasi penelitian mengandung jumlah spora cendawan mikoriza yang berlimpah dengan keragaman spesies yang memadai, inokulasi bibit di pesemaian masih dapat meningkatkan persen hidup tanaman di lapangan secara nyata. Akan tetapi rata-rata peningkatan persen hidup keempat spesies pohon hanya 6,5 %. Efek terbesar muncul pada sukun (*A. altilis*) yang mempunyai persen hidup terendah, di mana inokulasi mikoriza mampu meningkatkan persen hidup sampai 15 %. Efek rata-rata terdapat pada mahoni (*S. macrophylla*) dengan peningkatan persen hidup sebesar 5 %. Sedangkan terhadap sungkai (*P. canescens*) dan kemiri (*A. moluccana*), efeknya hampir tidak terlihat.

Persen hidup mahoni sama dengan kemiri dan sukun, tetapi nyata lebih tinggi dibandingkan dengan sungkai pada bulan ke-3 dan ke-6. Pengamatan pada bulan ke-12 dan ke-18 menunjukkan bahwa persen hidup mahoni nyata lebih tinggi daripada sukun, tetapi sama dengan sungkai dan kemiri. Pada pengamatan bulan ke-24, rata-rata persen hidup mahoni sama dengan sungkai dan

Tabel (Table) 5. Pengaruh perlakuan mikoriza dan metode pengendalian alang-alang terhadap persen hidup empat jenis pohon 3, 6, 12, 18, dan 24 bulan sesudah tanam (*Effect of mycorrhizal treatment and I. cylindrica control on the survival rate of four tree species 3, 6, 12, 18, and 24 months after planting*)

Perlakuan (Treatments)	Persen hidup (Survival rate) (%)				
	3 bulan (months)	6 bulan (months)	12 bulan (months)	18 bulan (months)	24 bulan (months)
Cendawan mikoriza (<i>Mycorrhizal fungi</i>):					
Diinokulasi (<i>inoculated</i>) (+)	94,5 ^a	92,4 ^a	88,8 ^{tn}	87,0 ^a	86,5 ^a
Tidak diinokulasi (<i>not inoculated</i>) (-)	89,8 ^b	89,8 ^b	84,5	82,8 ^b	80,0 ^b
Jenis pohon (<i>Tree species</i>):					
Mahoni (<i>Mahogany</i>) (M)	95,6 ^a	95,6 ^a	95,1 ^a	95,1 ^a	94,8 ^a
Sungkai (Sa)	86,7 ^b	86,7 ^b	84,3 ^{ab}	83,6 ^{ab}	83,0 ^a
Kemiri (<i>Candle nut</i>) (K)	93,5 ^{ab}	91,3 ^{ab}	87,2 ^{ab}	86,9 ^{ab}	86,5 ^a
Sukun (<i>Breadfruit</i>) (Su)	92,7 ^{ab}	90,6 ^{ab}	80,0 ^b	74,2 ^b	68,6 ^b
Pengendalian alang-alang (<i>I. cylindrica control</i>):					
Herbisida (<i>Herbicide</i>) (H)	90,7 ^{tn}	89,9 ^{tn}	82,7 ^{tn}	80,7 ^{tn}	78,2 ^{tn}
Pencangkulan tanah (<i>Ploughing</i>) (Pl)	92,9	91,1	90,1	88,6	87,9
Perebahan (<i>Pressing</i>) (Pr)	92,7	92,1	87,2	85,6	83,6

Keterangan (Note):

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) menurut uji jarak berganda Duncan, tn = tidak nyata (*Numbers followed by different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to Duncan Multiple Range Test, tn = no significant difference*)

kemiri, di mana persen hidup ketiganya nyata lebih tinggi daripada sukun. Rata-rata persen hidup dari keempat jenis pohon tersebut umur 24 bulan berkisar antara 69 sampai 95 %. Mahoni, sungkai, dan kemiri memperlihatkan persen tumbuh yang stabil dari bulan ke-12 sampai bulan ke-24. Dapat diprediksi bahwa ketiga jenis pohon ini akan dapat bertahan hidup sampai fase dewasa, karena periode dua tahun pertama yang merupakan periode kritis bagi setiap tanaman yang ditanam pada lahan *marginal* telah terlewati. Tidak demikian halnya dengan sukun, di mana mortalitinya nampak masih akan terus berlanjut.

Ketiga metode pengendalian alang-alang tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap persen hidup empat jenis pohon tersebut. Interaksi antar perlakuan juga tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap persen hidup tanaman.

2. Pertumbuhan Diameter

Pertumbuhan diameter batang dari keempat jenis pohon pada bulan ke-6, 12, 18, dan ke-24 disajikan pada Gambar 2, sedang pengaruh perlakuan mikoriza dan metode pengendalian alang-alang terhadap

pertumbuhan diameter dapat dilihat pada Tabel 6.

Pertumbuhan diameter tanaman mahoni, sungkai, dan kemiri selama periode dua tahun pertama mendekati kurva *linear*. Pertumbuhan awal (periode 6 sampai 12 bulan) lebih lambat dibandingkan pertumbuhan periode berikutnya. Pertumbuhan diameter sukun sangat lambat dibandingkan pertumbuhan diameter ketiga jenis lainnya, terutama dalam periode 6 sampai 12 bulan pertama.

Tabel 6 memperlihatkan bahwa perlakuan mikoriza tidak memberikan efek positif terhadap pertumbuhan diameter batang keempat jenis pohon sampai umur 24 bulan. Pertumbuhan diameter mahoni, sungkai, dan kemiri sama pada semua pengamatan (bulan ke-6, 12, 18, dan ke-24 sesudah tanam). Pertumbuhan diameter ketiga jenis tersebut nyata lebih tinggi daripada pertumbuhan diameter sukun kecuali pada pengamatan bulan ke-24. Metode pengendalian alang-alang dengan menggunakan herbisida dan pencangkulan tanah dapat menstimulir pertumbuhan diameter pohon secara nyata pada periode awal (6 bulan sesudah tanam) jika

Gambar (Fig.) 2. Kurva pertumbuhan diameter batang empat jenis pohon selama periode dua tahun pertama (*Growth curve of stem diameter of four tree species in the first two year*). M = mahoni (*mahogany*, *S. macrophylla*); Sa = sungkai (*P. canescens*); K = kemiri (*candle nut*, *A. moluccana*), dan Su = sukun (*breadfruit*, *A. altalis*). Ch = curah hujan (*monthly precipitation*)

Tabel (Table) 6. Pengaruh perlakuan mikoriza dan pengendalian alang-alang terhadap pertumbuhan diameter batang empat jenis pohon selama periode dua tahun pertama (*Effect of mycorrhizal treatment and I. cylindrica control on the average diameter growth of four tree species during period of the first two years*)

Perlakuan (Treatments)	Rata-rata pertumbuhan diameter (Average diameter growth) (cm)			
	6 bulan (months)	12 bulan (months)	18 bulan (months)	24 bulan (months)
Cendawan mikoriza (<i>Mycorrhizal fungi</i>):				
Diinokulasi (<i>inoculated</i>) (+)	0,6 ^{tn}	1,5 ^{tn}	3,3 ^{tn}	5,1 ^{tn}
Tidak diinokulasi (<i>not inoculated</i>) (-)	0,6	1,5	3,7	5,6
Jenis pohon (<i>Tree species</i>):				
Mahoni (<i>Mahogany</i>) (M)	0,6 ^a	1,6 ^a	3,5 ^{ab}	5,5 ^a
Sungkai (Sa)	0,6 ^a	1,8 ^a	4,2 ^a	6,1 ^a
Kemiri (<i>Candle nut</i>) (K)	0,6 ^a	1,8 ^a	4,2 ^a	6,4 ^a
Sukun (<i>Breadfruit</i>) (Su)	0,5 ^b	0,8 ^b	2,1 ^b	3,4 ^b
Pengendalian alang-alang (<i>I. cylindrica control</i>):				
Herbisida (<i>Herbicide</i>) (H)	0,6 ^a	1,6 ^{tn}	3,7 ^{tn}	5,5 ^{tn}
Pencangkulan tanah (<i>Ploughing</i>) (Pl)	0,6 ^a	1,6	3,6	5,5
Perebahan (<i>Pressing</i>) (Pr)	0,5 ^b	1,4	3,2	4,9

Keterangan (Note):

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) menurut uji Jarak Berganda Duncan, tn = tidak nyata (*Numbers followed by different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to Duncan Multiple Range Test, tn = no significant difference*)

Gambar (Fig.) 3. Kurva pertumbuhan tinggi empat jenis pohon selama periode dua tahun pertama (*Curve of height growth of four tree species in the first two years*). M = mahoni (*mahogany*, *S. macropylla*); Sa = Sungkai (*P. canescens*); K = kemiri (*candle nut*, *A. moluccana*) dan Su = sukun (*breadfruit*, *A. altilis*). Ch = curah hujan (*monthly precipitation*)

dibandingkan dengan perlakuan perebahan. Namun setelah itu ketiga metode pengendalian alang-alang yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan diameter empat jenis pohon sampai umur 24 bulan.

3. Pertumbuhan Tinggi

Grafik pertumbuhan tinggi dari empat jenis pohon sejak umur 6 sampai 24 bulan

disajikan pada Gambar 3, sementara pengaruh perlakuan mikoriza dan metode pengendalian alang-alang terhadap pertumbuhan tinggi ketiga jenis pohon tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa pertumbuhan tinggi kemiri secara konsisten selalu lebih tinggi dibandingkan tiga jenis tanaman yang lainnya. Pertumbuhan tinggi sukun sangat lambat terutama pada periode

bulan ke-6 sampai bulan ke-12, ketika curah hujan juga sangat rendah. Pertumbuhan tinggi sukun ini ternyata paling rendah dari keempat jenis pohon yang ditanam untuk semua pengamatan.

Dari Tabel 7 diketahui bahwa perlakuan mikoriza tidak memberikan efek positif yang nyata terhadap pertumbuhan tinggi keempat jenis pohon sampai akhir pengamatan. Metode pengendalian alang-alang dengan menggunakan herbisida dan pencangkulan tanah dapat memacu pertumbuhan tinggi tanaman pada fase awal (umur 6 bulan) dibandingkan metode perebahan (*pressing*). Namun pada fase selanjutnya tidak ada pengaruh yang nyata dari ketiga metode tersebut terhadap pertumbuhan tinggi tanaman.

Secara umum pola pertumbuhan diameter dan tinggi tanaman mahoni, sungkai, dan kemiri selama dua tahun pertama dari siklus hidupnya menunjukkan bentuk kurva pertumbuhan yang normal. Akan tetapi kurva laju pertumbuhan ketiga jenis tanaman tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan kurva pertumbuhan normal, karena kemiringan terhadap sumbu x tidak lebih curam daripada terhadap sumbu y. Backman

(1943) dalam Oldeman (1990) menyatakan bahwa secara umum, kurva laju pertumbuhan menjauhi sumbu x dengan sudut yang lebih curam dibandingkan terhadap sumbu y, kemudian kembali mendekati sumbu x setelah mencapai titik maksimum. Ini berarti bahwa laju pertumbuhan mahoni, sungkai, dan kemiri pada lahan *marginal* alang-alang sedikit lebih lambat dibandingkan laju pertumbuhan secara umum. Sekalipun demikian, jika dibandingkan dengan laju pertumbuhan mahoni di lahan *marginal* alang-alang di Bojong Lopang, Sukabumi (Jawa Barat), laju pertumbuhan mahoni pada penelitian ini jauh lebih tinggi. Rata-rata diameter dan tinggi tanaman mahoni umur tiga tahun di Bojong Lopang berturut-turut adalah 3,2 cm dan 161 cm (Murniati, 1995). Hatta (1999) melaporkan bahwa rata-rata diameter dan tinggi tanaman sungkai dari *provenance* Samarinda (Kalimantan Timur) pada umur 26 bulan di lahan *marginal* alang-alang berturut-turut adalah 4,97 cm dan 219 cm. Dibandingkan dengan laporan Hatta tersebut, pertumbuhan diameter dan tinggi sungkai pada percobaan ini masih lebih tinggi. Laju pertumbuhan sukun, baik pertumbuhan diameter maupun pertumbuhan

Tabel (Table) 7. Pengaruh perlakuan mikoriza dan metoda pengendalian alang-alang terhadap pertumbuhan tinggi empat jenis pohon selama periode dua tahun pertama (*Effect of mycorrhizal treatment and I. cylindrica control on the growth height of four tree species in the first two years*)

Perlakuan (Treatments)	Rata-rata pertumbuhan tinggi (Average height growth) (cm)			
	6 bulan (months)	12 bulan (months)	18 bulan (months)	24 bulan (months)
Cendawan mikoriza (<i>Mycorrhizal fungi</i>):				
Diinokulasi (<i>inoculated</i>) (+)	30,8 ^{tn}	81,3 ^{tn}	158,6 ^{tn}	239,3 ^{tn}
Tidak diinokulasi (<i>not inoculated</i>) (-)	25,9	79,0	166,5	259,3
Jenis pohon (<i>Tree species</i>):				
Mahoni (<i>Mahogany</i>) (M)	35,8 ^a	92,4 ^a	182,4 ^a	292,1 ^a
Sungkai (Sa)	24,1 ^b	86,1 ^a	188,3 ^a	265,5 ^a
Kemiri (<i>Candle nut</i>) (K)	35,9 ^a	109,6 ^a	213,6 ^a	317,2 ^a
Sukun (<i>Breadfruit</i>) (Su)	17,5 ^b	32,5 ^b	66,0 ^b	122,5 ^b
Pengendalian alang-alang (<i>I. cylindrica control</i>):				
Herbisida (<i>Herbicide</i>) (H)	33,2 ^a	87,8 ^{tn}	176,5 ^{tn}	258,3 ^{tn}
Pencangkulan tanah (<i>Ploughing</i>) (Pl)	29,8 ^a	83,5	165,2	254,1
Perebahan (<i>Pressing</i>) (Pr)	22,0 ^b	69,2	146,1	235,5

Keterangan (Note):

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) menurut uji Jarak Berganda Duncan, tn = tidak nyata (*Numbers followed by different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to Duncan Multiple Range Test, tn = no significant difference*)

tinggi sangat lambat bila dibandingkan ketiga jenis lainnya, mahoni, sungkai, dan kemiri.

Berdasarkan pertumbuhan dari keempat jenis pohon selama fase perkembangan awal (sampai umur dua tahun), dapat direkomendasikan bahwa mahoni (*S. macrophylla*), sungkai (*P. canescens*), dan kemiri (*A. moluccana*) mempunyai sifat-sifat yang memungkinkan dan cocok ditanam di lahan *marginal* alang-alang.

Ketiga metode pengendalian alang-alang (herbisida, pencangkulan tanah, dan perebahan) terbukti tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rata-rata persen hidup, pertumbuhan diameter, dan tinggi tanaman keempat jenis pohon, kecuali untuk pertumbuhan diameter dan tinggi tanaman pada umur enam bulan. Ini berarti bahwa metode perebahan, metode yang lebih mudah dan lebih murah, menghasilkan pertumbuhan pohon yang sama dengan dua metode yang lainnya. Tetapi perlu dicatat bahwa dalam percobaan ini, aplikasi ketiga

metode pengendalian alang-alang disertai dengan penanaman legum penutup tanah *P. javanica*, yang berperan dalam mencegah *recovery* alang-alang.

C. Dinamika Cendawan Mikoriza

Pengaruh perlakuan mikoriza, penanaman empat jenis pohon dan posisi plot terhadap spesies dan jumlah spora cendawan mikoriza serta persentase akar yang terinfeksi 6 dan 24 bulan setelah penanaman pohon disajikan pada Tabel 8.

Pada kondisi awal, jumlah spora di bagian atas plot (puncak) nyata lebih rendah daripada di bagian tengah (lereng) dan di bagian bawah plot (lembah). Jumlah spora tertinggi terdapat di lembah. Tetapi 6 dan 24 bulan setelah penanaman pohon, jumlah spora di ketiga posisi plot tersebut tidak lagi berbeda nyata. Aplikasi inokulum mikoriza pada bibit di persemaian hampir tidak ada efeknya terhadap keberadaan spesies dan jumlah spora cendawan mikoriza dalam 50 g contoh

Tabel (Table) 8. Pengaruh perlakuan mikoriza dan penanaman empat jenis pohon terhadap jumlah spesies dan jumlah spora cendawan mikoriza dalam 50 g contoh tanah dan persen akar terinfeksi, 6 dan 24 bulan setelah penanaman pohon (*Effects of mycorrhizal treatment and planting of four tree species on the species and spore numbers of mycorrhizal fungi per 50 g soil soiland the rate of infected mycorrhizal roots, 6 and 24 months after tree planting*)

Perlakuan (Treatments)	Kondisi awal (Initial condition)		6 bulan (months)		24 bulan (months)		Akar terinfeksi (Infected tree roots) (%)	
	Spesies (species)	Spora (spores)	Spesies (species)	Spora (spores)	Spesies (species)	Spora (spores)	6 bulan (months)	12 bulan (months)
Cendawan mikoriza (Mycorrhizal fungi):								
Diinokulasi (inoculated) (+)	-	-	4 ^{tn}	104 ^{tn}	3 ^a	11 ^{tn}	87 ^{ns}	37 ^{tn}
Tidak diinokulasi (not inoculated) (-)	-	-	4	102	2 ^b	11	85	51
Jenis pohon (Tree species):								
Mahoni (<i>Mahogany</i>) (M)	-	-	3 ^b	98 ^{tn}	2 ^{tn}	10 ^{tn}	87 ^{ab}	43 ^{tn}
Sungkai (Sa)	-	-	5 ^a	110	2	10	87 ^{ab}	46
Kemiri (<i>Candle nut</i>) (K)	-	-	4 ^a	109	2	14	93 ^a	36
Sukun (<i>Breadfruit</i>) (Su)	-	-	4 ^a	95	3	11	77 ^b	51
Posisi plot (Plot position):								
Puncak (<i>top</i>)	4 ^{tn}	41 ^c	5 ^{tn}	94 ^{tn}	td	td	85 ^{tn}	td
Lereng (<i>slope</i>)	7	373 ^b	4	115	td	td	86	td
Lembah (<i>valley</i>)	5	657 ^a	4	101	td	td	88	td

Keterangan (Note):

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) menurut uji Jarak Berganda Duncan, tn = tidak nyata, td = tidak ada data (*Numbers followed by different letters indicate significant ($P < 0.05$) differences according to Duncan Multiple Range Test, tn = no significant difference, td = no data available*)

tanah yang diamati 6 dan 24 bulan sesudah penanaman pohon, kecuali untuk jumlah spesies mikoriza pada pengamatan 24 bulan. Aplikasi inokulum mikoriza juga tidak ada efeknya terhadap persen akar yang terinfeksi.

Jumlah spesies VA mikoriza yang ada pada daerah perakaran sungkai, kemiri, dan sukun enam bulan sesudah penanaman nyata lebih tinggi daripada yang ada pada daerah perakaran mahoni. Tetapi pengamatan 24 bulan sesudah penanaman tidak memperlihatkan beda yang nyata di antara keempat jenis pohon tersebut, baik dalam jumlah spesies maupun dalam jumlah spora cendawan mikoriza. Persen akar terinfeksi menunjukkan perbedaan yang nyata di antara keempat jenis pohon pada pengamatan bulan keenam. Akar-akar sukun mempunyai persen infeksi terendah pada umur enam bulan tetapi tertinggi pada umur 24 bulan.

Keragaman spesies dan jumlah spora cendawan mikoriza yang terdapat dalam 50 g contoh tanah, 6 dan 24 bulan sesudah penanaman pohon dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Jika data ini dibandingkan dengan data awal (sebelum penanaman pohon, Tabel 3) terlihat bahwa terdapat penurunan cendawan mikoriza, baik jumlah spesies maupun jumlah spora dalam 50 g contoh tanah. Rata-rata jumlah spesies menurun dari 6 menjadi 4 (pengamatan 6 bulan) dan hanya tinggal 3 spesies cendawan mikoriza per spesies pohon per sub plot pada akhir penelitian (24 bulan setelah penanaman pohon). Sementara jumlah spora menurun dari 357 menjadi 102 individu (pengamatan 6 bulan) dan pada akhir penelitian menurun secara tajam sehingga mencapai jumlah minimum yaitu hanya 12 spora per 50 g contoh tanah.

Berdasarkan posisi plot, data awal (Tabel 3) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara puncak, lereng, dan lembah, terutama dalam jumlah spora. Jumlah spora di puncak paling rendah, hanya 41 spora per 50 g contoh tanah, diikuti oleh lereng dengan jumlah spora 373 individu, dan jumlah spora paling tinggi ditemukan di lembah yaitu 657 spora. Akan tetapi 6 bulan setelah penanaman pohon, tidak ada perbedaan yang nyata, baik dalam jumlah spesies maupun jumlah spora per 50 g contoh tanah. Jumlah spora di puncak

meningkat, sementara di lereng dan di lembah menurun. Oleh sebab itu, 6 bulan setelah penanaman pohon, jumlah spesies dan jumlah spora cendawan mikoriza pada semua posisi cenderung homogen, berkisar antara 94 sampai 115 spora dalam 50 g contoh tanah. Perubahan ini kemungkinan disebabkan oleh semakin baik dan semakin homogennya iklim mikro pada lokasi penelitian. Dengan penanaman pohon dan legum penutup tanah, temperatur tanah pada bagian atas plot menurun, sehingga memungkinkan cendawan mikoriza tumbuh dan memproduksi banyak spora. Sebaliknya di bagian bawah plot atau di lembah, jumlah spora menurun dengan tajam. Fenomena ini dapat diterangkan melalui pendekatan musim. Pengambilan contoh tanah awal dilakukan pada musim kemarau dan enam bulan kemudian pengambilan contoh tanah dilakukan pada musim hujan. Menurut Setiadi, 2000 (komunikasi pribadi), cendawan mikoriza memproduksi berlimpah spora pada kondisi *stress* misalnya kekeringan dan panas, sebaliknya cendawan ini akan memproduksi lebih sedikit spora dan berlimpah *mycelia* selama musim hujan.

Secara umum, baik jumlah spesies maupun jumlah spora cendawan mikoriza menurun selama dua tahun periode penelitian. Menurunnya jumlah spora dapat diterangkan melalui pendekatan atau pengaruh musim seperti diuraikan di atas, di mana pengamatan pertama dilakukan pada musim kemarau sedangkan pengamatan kedua (6 bulan setelah penanaman pohon) dan pengamatan ketiga (24 bulan setelah penanaman pohon) dilakukan pada musim hujan. Akan tetapi menurunnya jumlah spesies merupakan fenomena yang kontradiktif. Peningkatan keanekaragaman tumbuhan seyogyanya diikuti dengan peningkatan keanekaragaman spesies cendawan mikoriza pula. Interaksi antara spesies lokal atau *native species* dan spesies introduksi barangkali berkontribusi terhadap fenomena yang sebaliknya ini. Penemuan ini sesungguhnya sejalan dengan laporan Setiadi (1999) yang menyatakan bahwa spora tipe *Glomus* pada penggunaan lahan *agroforestry* adalah enam kali lebih rendah dibandingkan di lahan alang-alang.

Pada awalnya terdapat 14 spesies cendawan VA mikoriza di plot-plot penelitian. Spesies no. 1 dan no. 9 ditemukan berlimpah, sedangkan spesies lainnya (spesies no. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, dan 18) ditemukan kadang-kadang sampai sering. Kemudian empat spesies cendawan mikoriza dalam bentuk spora dorman *Mycofer* diinokulasikan melalui penanaman bibit yang telah diinokulasi pada sebagian lahan plot penelitian. Spesies cendawan mikoriza tersebut adalah *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora rosea*, dan *Acaulospora tuberculata*. Enam bulan setelah penanaman bibit yang telah diinokulasi tersebut, keanekaragaman spesies cendawan mikoriza di lokasi penelitian mengalami transformasi pada komposisi yang sedikit berbeda di mana spesies no. 1, 6, 14, 19, dan 24 ditemukan berlimpah. Pengamatan 24 bulan setelah penanaman bibit yang diinokulasi menunjukkan bahwa komposisi spesies cendawan mikoriza mengalami transformasi lagi di mana spesies no. 1 dan 15 menjadi berlimpah, sementara spesies no. 9 dan 16 ditemukan kadang-kadang sampai sering. Transformasi komposisi spesies cendawan VA mikoriza ini menunjukkan bahwa spesies no. 1 (*Glomus* sp., *black*), no. 6 (*Glomus* sp., *reddish-brown*), dan no. 9 (*Glomus* sp., *yellow*) adalah spesies-spesies yang agresif di lokasi tersebut.

Tidak satupun dari keempat spesies cendawan mikoriza yang diinokulasikan muncul pada contoh tanah yang diamati enam bulan setelah penanaman bibit yang diinokulasi. Diperkirakan bahwa spesies-spesies tersebut dorman selama periode itu, sebab dua dari empat spesies tersebut muncul lagi pada pengamatan 24 bulan setelah penanaman. Satu spesies yaitu no. 15 (*Glomus etunicatum*) ditemukan berlimpah dan yang satu lagi yaitu spesies no. 16 (*Glomus manihotis*) muncul sesekali atau jarang.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Inokulasi cendawan VAM (vesikular-arbuskular mikoriza) pada perakaran bibit

jenis mahoni (*S. macrophylla*), sungkai (*P. canescens*), kemiri (*A. moluccana*), dan sukun (*A. altilis*) dapat membantu bibit untuk tetap bertahan hidup pada fase pemindahan dan pertumbuhan awal di lahan alang-alang. Persen hidup bibit meningkat rata-rata hanya 6,5 %. Efek tertinggi terdapat pada sukun (*A. altilis*) yang mempunyai persen hidup terendah, di mana inokulasi meningkatkan persen hidup sampai 15 %. Efek positif terhadap pertumbuhan bibit selanjutnya tidak terlihat, karena berlimpahnya spora mikoriza yang terdapat di lokasi penelitian.

2. *Glomus* sp., *black*; *Glomus* sp., *reddish-brown*, dan *Glomus* sp., *yellow* adalah spesies VAM lokal yang agresif di lokasi penelitian, sedang *Glomus etunicatum* yang diintroduksi melalui inokulasi bibit tanaman merupakan spesies yang kuat dan mampu beradaptasi di lokasi penelitian.
3. Berdasarkan performan pertumbuhan beberapa jenis pohon terpilih di lahan alang-alang dan kemampuannya untuk menekan alang-alang (*I. cylindrica*), jenis mahoni (*S. macrophylla*), sungkai (*P. canescens*), dan kemiri (*A. moluccana*) cocok untuk dikembangkan di lahan kritis tersebut. Sukun (*A. altilis*) mempunyai persen tumbuh terendah dan paling lambat pertumbuhannya, sehingga tidak cocok ditanam di lahan alang-alang yang tandus.
4. Metode *pressing* (menggilas atau merebahkan alang-alang) yang merupakan metode pengendalian alang-alang yang lebih mudah dan lebih murah, menghasilkan pertumbuhan pohon yang tidak berbeda nyata dengan dua metode lainnya yaitu penggunaan herbisida dan pencangkulan tanah.

B. Saran

1. Perlu dilakukan eksplorasi tempat tumbuh dan penilaian inokulum potensial pada suatu calon lokasi penanaman pohon untuk menentukan apakah bibit yang akan ditanam perlu diinokulasi dengan cendawan mikoriza atau tidak.

2. Di lahan alang-alang dengan cendawan mikoriza asli (*native* atau *indigenous mycorrhizal fungi*) yang berlimpah, pengelolaan tempat tumbuh untuk mempertahankan dan meningkatkan kolonisasi dari cendawan tersebut perlu dilakukan.
3. Pengendalian alang-alang dengan metoda perebahan dan penggunaan legume penutup tanah yang mempunyai manfaat ganda perlu diujicobakan dalam skala operasional (yang lebih luas) di bidang kehutanan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kabupaten Pasir. 1998. Kabupaten Pasir Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Pasir.
- Desa Semoi II. 1998. Monografi Desa Semoi II. Kecamatan Sepaku, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur.
- Desa Semoi III. 2000. Monografi Desa Semoi III. Kecamatan Sepaku, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur.
- Gardemann, J.W. 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: Torrey, J.G. and D.T.Clarkson (eds.) The development and function of roots. P 575-591. Academic Press, London.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd Edition. A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York. 680p.
- Harley, J.L. and S.E. Smith. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London, UK. 483p.
- Harley, J.L. 1969. The biology of mycorrhizae. 2nd edition. Leonard Hill, London. 334p.
- Hatta, G.M. 1999. Sungkai (*Peronema canescens*) a promising pioneer tree: an experimental provenance study in Indonesia. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 139p.
- Köppen, W. 1931. Die klimate der erde. Walther de Gruyter Co., Berlin Germany.
- Murniati. 1995. Penanaman mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di lahan kritis dan pengaruhnya terhadap komposisi tumbuhan bawah dan sifat-sifat tanah. Buletin Penelitian Hutan 591:37-59. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Newton, A.C. and C.D. Piggott. 1991. Mineral nutrient and mycorrhizal infection of seedling oak and birch. New Phytol 117:37-44.
- Oldeman, R.A.A. 1990. Forest: elements of silvology. Springer-Verlag Berlin. 624p.
- Omon, M. 2002. Dipterocarpaceae: *Shorea leprosula* Miq. cuttings, mycorrhizae and nutrients. Tropenbos-Kalimantan Series 7. PhD Thesis of Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 144 p.
- Omon, R.M. 1999. Pengaruh mikoriza dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan stek *Shorea leprosula* Miq. Buletin Penelitian Kehutanan. Balai Penelitian Kehutanan Samarinda 13(2):57-67.
- Onguene, N.A. 2000. Diversity and dynamics of mycorrhizal associations in tropical rain forests with different disturbance regimes in South Cameroon. Tropenbos-Cameroon Series 3. The Tropenbos-Cameroon programme. Kribi, Cameroon. 167p.
- Prematuri, R. 1995. The role of arbuscular mycorrhizal fungi on different species of leguminous trees used in reforestation in South East Asia. A Thesis of Post Graduate Diploma in Biotechnology. The University of Kent at Canterbury. UK.
- Prematuri, R. and J.C. Dodd. 1997. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on *Albizia saman* and their biotechnical detection in roots. Paper presented at The International Conference Mycorrhizas in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystem. Bogor, Indonesia.
- RePPProT. 1987. Regional physical planning programme for transmigration. Review of Phase I: Results, East and South

- Kalimantan. Direktorat Bina Program. Direktorat Jenderal Penyiapan Pemukiman, Departemen Transmigrasi, Jakarta, Indonesia.
- Sanchez, P.A. and J.G. Salinas. 1981. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical Americas. *Adv. Agron.* 34:279-406.
- Santoso, D., S. Adiningsih, E. Mutert, T. Fairhurst and M. Van Noordwijk. 1997. Soil fertility management for reclamation of *Imperata* grasslands by smallholder agroforestry. *Agroforestry Systems* 36:181-202.
- Schenck, N.C. 1985. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: 1950 to the present-the era of enlightenment. *Proceeding of the 6th North American Conference on Mycorrhizae*, June 25-29, 1984. Bend, Oregon, USA.
- Setiadi, Y. 1999. Mycorrhiza for diversified tree establishment in *Imperata* grassland. *In*: Gafur, A., F.X. Susilo, M. Utomo and M. van Noordwijk (eds.), *Management of a grobiodiversity in Indonesia for sustainable land use and global environmental benefits*. pp.81-92. ASB-Indonesia Report Number 9. Bogor, Indonesia.
- Setiadi, Y. 1996. The practical application of arbuscular mycorrhizal fungi for enhancing tree establishment in degraded nickel mine sites at PT INCO, Soroako. Paper presented on IUFRO International Symposium on Accelerating Natural Succession of Degraded Tropical Lands. Washington DC.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical Agrosystems. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Technical Cooperation-Federal Republic of Germany*. 371p.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Second edition. Academic Press, Harcourt Brace & Company, Publishers. 605p.
- Smits, W.T.M., 1983. Dipterocarps and mycorrhizae. An ecological adaptation and a factor in forest regeneration. *Flora Malesiana Bulletin* 36:3926-3937.
- Smits, W.T.M. 1992. Mycorrhizal studies in dipterocarp forest in Indonesia. *In*: Read, D.J., D.H. Lewis, A.H. Fitter, and I.J. Alexander (eds.), *Mycorrhizas in Ecosystems*. p.283-292. CAB International.
- Smits, W.T.M. 1994. Dipterocarpaceae: mycorrhizae and regeneration. PhD Thesis of Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 243p.
- Smits, W.T.M., R.A.A. Oldeman and T. Limonard. 1987. Mycorrhizae and Dipterocarpaceae in East Kalimantan rain forest. *Wotro report for the year 1986*: 67-78.
- Steel, R.G.D and J.H.Torrie. 1991. *Prinsip dan prosedur statistika. Suatu pendekatan biometrik (terjemahan)*. PT Gramedia, Jakarta. 748p.
- Van Bremen, H., M. Iriansyah and W. Andriesse. 1990. Detail soil survey and physical land evaluation in a tropical rain forest, Indonesia. A study of soil and site characteristics in twelve permanent plots in East Kalimantan. *Tropenbos Technical Series 6*. The Tropenbos Foundation, The Netherlands. 187p.
- Voss, R., S. Priasukmana and M. Iriansyah. 1988. Soil characteristic under several plantation species in East Kalimantan, Indonesia. *in* D.W. Cole and S.P. Gessel (eds.), *Forest site evaluation and long-term productivity*. Univ. of Washington Press, Seattle, USA.
- Voss, F. 1982. Atlas of East Kalimantan, Indonesia. East Kalimantan Transmigration Area Development Project (TAD). HWWA-Institut für Wirtschaftsforschung, Hamburg, Germany.
- Whittingham, J. and D.J. Read. 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. III. Nutrient transfer between plants with mycorrhizal interconnections. *New Phytologist* 90:277-284.
- Yasman, I. 1995. Dipterocarpaceae: Tree-mycorrhizae-seedling connections. PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 195p.

Lampiran (Appendix) 1. Jumlah morfo spesies dan spora cendawan mikoriza per 50 g tanah pada empat spesies pohon yang diinokulasi (+) dan tidak diinokulasi (-) dengan cendawan mikoriza, 6 bulan setelah penanaman pohon. Morfo spesies ditandai dengan angka 1 sampai 26 dan namanya disajikan pada daftar di bawah Tabel 3 (Number of morfo species and spores of mycorrhizal fungi per 50 g soil under four tree species inoculated (+) and not inoculated (-) with mycorrhizal fungi, 6 months after planting the trees. Name of morfo species marked as 1 to 26 are identified on Table 3 a list presented below. (M=mahoni/mahogany, S. macrophylla, Sa=sungkai, P. canescens, K=kemiri/candle nut, A. moluccana and Su=sukun/breadfruit, A. altalis. P=puncak/top, Lr=lereng/slope, Lm=lembah/valley)

Jenis pohon (Tree Species)	Perlakuan (Treatment)	Posisi (Position)	Blok (Block)	Jumlah spora (Number of spores) (individu)	Morpho spesies cendawan mikoriza dan jumlah spora masing-masing spesies (Morpho species of mycorrhizal fungi and number of spores of each)																				Jml spesies (number of species)						
					(individu)																										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21	22	23	24	25	26
M	+	T	1	114											134														5	4	
M	+	T	2	36	16										16															3	3
M	+	T	3	123	13										32															4	4
M	+	S	1	165	14										30															5	5
M	+	S	2	120	20										100															2	2
M	+	S	3	111	9										47															5	5
M	+	V	1	29	9										9															2	2
M	+	V	2	67	10										57															2	2
M	+	V	3	136	5										113															5	5
M	-	T	1	117	2										113															2	2
M	-	T	2	20	2										18															3	3
M	-	T	3	99	7										44															2	2
M	-	S	1	120	4										90															6	6
M	-	S	2	40											40															2	5
M	-	S	3	43	8										18															1	1
M	-	V	1	113	3										99															4	4
M	-	V	2	84	6										84															4	4
M	-	V	3	77	6										19															1	1
Sa	+	T	1	84	6										38															3	3
Sa	+	T	2	65	15										30															5	5
Sa	+	T	3	91	42										36															3	3
Sa	+	S	1	159	7										12															4	4
Sa	+	S	2	132	12										85															5	5
Sa	+	S	3	52	3										33															4	4
Sa	+	V	1	119	15										57															5	5
Sa	+	V	2	181	9										149															7	7
Sa	+	V	3	78	19										28															3	3
Sa	-	T	1	120											40															45	45
Sa	-	T	2	52	9										35															2	2
Sa	-	T	3	75	15										16															6	6
Sa	-	S	1	215	36										97															2	2
Sa	-	S	2	133	9										50															5	5
Sa	-	S	3	109	3										119															4	4
Sa	-	V	1	151	17										73															5	5
Sa	-	V	2	113	3										21															4	4
Sa	-	V	3	55											8															14	14

Lampiran (Appendix) 1. Lanjutan (Continued)

Jenis pohon (Tree species)	Perlakuan (Treatment)	Posisi (Position)	Blok (Block)	Jumlah spora (Number of spores) (individu)	Morpho species of mycorrhizal fungi and number of spores of each																				Jumlah spesies (Number of species)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
					(Morpho species of mycorrhizal fungi and number of spores of each)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
K	+	T	1	13						9				4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									