

Bul. Littro. Vol. 21 No. 2, 2010, 103 - 116

PENGARUH HERBISIDA DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN ARTEMISIA

Agus Sudiman Tjokrowardojo, Nur Maslahah, dan Gusmaini

Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik

Jl. Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111

(terima tgl. 02/06/2008 – disetujui tgl. 04/11/2010)

ABSTRAK

Penelitian untuk mengetahui pengaruh herbisida dan fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman artemisia dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik di Gunung Putri, Kabupaten Cianjur, mulai Maret sampai Desember 2007. Percobaan disusun menurut rancangan acak kelompok (RAK) faktorial dengan tiga ulangan. Faktor I adalah cara pengendalian gulma, terdiri atas 6 taraf : P0=kontrol; P1=disiang manual; P2=1,6 kg diuron; P3=2,4 kg diuron; P4=0,63 kg oxyfluorfen; dan P5=0,83 kg oxyfluorfen/ha. Faktor II adalah dosis FMA, terdiri atas 4 taraf : M0=tanpa FMA; M1=5,0 g FMA; M2=10 g FMA; dan M3=15 g FMA/kg tanah. Penelitian merupakan percobaan pot yang berisi media campuran tanah dan pupuk kandang (8 + 2 kg); 3,5 g Urea; 1,5 g SP-36; dan 1,5 g KCl/pot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian diuron 1,6 dan 2,4 kg/ha, dan oxyfluorfen 0,63 dan 0,83 kg/ha efektif mengendalikan gulma sampai 4 bulan setelah tanam (BST). Oxyfluorfen dosis 0,63 dan 0,83 kg/ha tidak meracuni tanaman artemisia dan tidak mengganggu perkembangan populasi FMA. Sedangkan diuron dengan dosis 1,6 dan 2,4 kg/ha meracuni tanaman artemisia cukup berat, namun tidak berpengaruh negatif terhadap perkembangan FMA. Hal

ini terbukti dari populasi FMA pada perlakuan diuron cukup tinggi (153-208,25 g/kg tanah) relatif sama dengan yang disiang manual (207,25 g/kg tanah). Pada pemberian 0,63 dan 0,83 kg oxyfluorfen/ha, populasi FMA berkisar antara 128-163,75 g/kg tanah, relatif sama dengan yang disiang manual, dan lebih tinggi serta berbeda nyata dibanding kontrol. Tanaman artemisia mengalami keracunan berat oleh diuron dosis 1,6 dan 2,4 kg/ha sehingga pertumbuhannya terhambat dan bahkan ada yang mati. Oxyfluorfen dosis 0,63 dan 0,83 kg/ha tidak berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan, jumlah cabang, diameter batang, maupun biomassa artemisia. Pada 4 BST, bobot biomassa tanaman artemisia tertinggi diperoleh pada perlakuan oxyfluorfen dosis 0,63 kg/ha (2.344,28 g/tanaman), diikuti dosis 0,83 kg oxyfluorfen/ha (2.119,70 g/tanaman), masing-masing lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan yang disiang manual (1.787,85 g/tanaman) maupun kontrol (1.480,95 g/tanaman). Pemberian 10 g FMA/kg tanah dan 0,63 kg oxyfluorfen/ha merupakan kombinasi dosis optimal bagi pertumbuhan artemisia yang tercermin dari bobot biomassa tertinggi (2.987,40 g/tanaman). Penggunaan FMA meningkatkan kadar artemisinin 3,27%.

Kata kunci : Artemisia, fungi mikoriza arbuskula, gulma, herbisida

ABSTRACT

The Effects of Herbicides and Arbuscular Mycorrhizae Fungi on the Growth and Production of Artemisia

Research to know the effect of herbicide and arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) on growth and yield of artemisia was conducted at Research Station of Indonesian Medicinal and Aromatic Crops Research Institute in Gunung Putri, Cianjur Regency, from March to December 2007. The experiment applied a factorial randomized block design (RBD) with three replicates. The first factor was the way of weed control consisting of 6 levels : P0=control; P1=weeded manually; P2=1.6 kg active ingredient diuron; P3=2.4 kg diuron; P4=0.63 kg oxyfluorfen; and P5=0.83 kg oxyfluorfen per ha. The second factor was dosage of AMF, consisting of 4 levels : M0=no AMF; M1=5.0 g AMF; M2=10 g AMF; and M3=15 g AMF/kg soil. The pots in this experiment were each filled with mixture of soil and manure (8 + 2 kg); 3.5 g urea; 1.5 g SP-36; and 1.5 g KCl/pot. The results showed that diuron of 1.6 and 2.4 kg/ha and oxyfluorfen of 0.63 and 0.83 kg/ha effectively controlled weeds until 4 months after planting (MAP). Oxyfluorfen doses of 0.63 and 0.83 kg/ha did not poison to artemisia and did not interfere the development of AMF population. While diuron doses of 1.6 and 2.4 kg/ha poisoned artemisia quite heavily, but did not negatively affect on the development of AMF, indicated by the population of AMF on diuron treatment which was quite high (153 to 208.25 g/kg soil) and relatively similar to manual weeding (207.25 g/kg soil). At the treatments of 0.63 and 0.83 kg oxyfluorfen/ha, the population of AMF ranged from 128 to 163.75 g/kg soil, relatively similar to those weeded manually, but higher and significantly different compared with controls. Artemisia was severely poisoned by diuron doses of 1.6 and 2.4 kg/ha, so its growth

was inhibited and some even died. Oxyfluorfen doses of 0.63 and 0.83 kg/ha had no negative effect on growth, branch number, stem diameter, and biomass of artemisia. On 4 MAP, highest weight of artemisia biomass was obtained at the treatment of 0.63 kg oxyfluorfen/ha (2,344.28 g/plant), followed by 0.83 kg/ha oxyfluorfen (2,119.70 g/plant). These biomasses were higher and significantly different with manual weeding (1,787.85 g/plant) or control (1,480.95 g/plant). Applications of 10 g AMF/kg soil and 0.63 kg oxyfluorfen/ha were optimal combination doses for the growth of artemisia, indicated by the highest biomass weight (2,987.40 g/plant). Use of AMF increased artemisinin content by 3.27%.

Key words : *Artemisia*, arbuscular mycorrhizae fungi, weeds, herbicides

PENDAHULUAN

Artemisia (*Artemisia annua* L.) merupakan tanaman penghasil artemisinin, obat anti malaria yang dewasa ini terbukti lebih efektif dibandingkan dengan quinine yang terkandung dalam tanaman kina (Ebadi 2002). Hal ini diduga telah terjadi indikasi toleransi atau resistensi *Plasmodium falcifarum* terhadap quinine.

Di Indonesia tanaman artemisia dapat tumbuh baik di Tawangmangu dengan ketinggian 1.500 m dari permukaan laut (dpl) atau lebih. Hasil penelitian BPTO Tawangmangu menunjukkan bahwa tanaman artemisia dapat menghasilkan terna kering 5 ton/ha. Namun demikian pengembangan lebih lanjut terkendala oleh kadar artemisinin yang rendah (<1%) (Kimia Farma 2006), sedangkan di China kadar artemisinin di atas 1% (Ebadi 2002).

Pendekatan untuk meningkatkan kadar artemisinin adalah melalui perbaikan teknik budidaya antara lain dengan memanfaatkan pupuk semai mikoriza dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Untuk tanaman temulawak terbukti bahwa perbaikan teknik budidaya (sesuai dengan standar operasional prosedur) dapat meningkatkan kadar xanthorrhizol dan kurkumin masing-masing sebesar 0,42 dan 1,19% dibandingkan dengan cara konvensional petani (kadar xanthorrhizol 0,22% dan kurkumin 1,12%) (Tjokrowardojo *et al.* 2008).

Tanaman artemisia berasal dari daerah sub tropis, yang tumbuh baik di dataran tinggi 1.000-1.500 m dpl, dengan jenis tanah umumnya didominasi oleh andosol. Tanah andosol memfiksasi unsur fosfat cukup kuat sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Hadiwigeno 1993). Unsur tersebut sangat berperan dalam pembentukan bahan aktif artemisinin yang tergolong terpenoid khususnya triterpen yang disintesis dari farnesyl pyrophosphate. Mikoriza diperlukan untuk membantu ketersediaan P di dalam tanah, melalui peran hifa eksternal yang berfungsi sebagai pengangkut hara dan disalurkan ke tanaman inang (Smith dan Read 1997).

Budidaya artemisia yang dilakukan dalam skala luas dan pengolahan tanah intensif, akan menimbulkan permasalahan lain yaitu berdampak terhadap biaya produksi tinggi dan menurunkan daya dukung lahan akibat laju erosi dipercepat. Disamping itu terjadi penyebaran biji-biji gulma siap tumbuh ke seluruh permukaan lahan secara merata sehingga gulma tumbuh lebih awal dari pada tanaman pokok, sehingga menyulitkan dalam penyiangan. Untuk mengatasi biji-biji gulma

tersebut dapat digunakan herbisida pratumbuh (*pre emergence herbicide*) yang terbukti lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan cara penyiangan manual (Tjokrowardojo *et al.* 1999).

Gulma merupakan salah satu OPT yang juga memegang peranan penting dalam sistem produksi tanaman, karena dapat memenangi persaingan dengan tanaman pokok untuk mendapatkan kebutuhan unsur hara, air, cahaya, dan ruang tumbuh, sehingga secara tidak langsung dapat menurunkan produksi. Disamping itu, beberapa spesies gulma menjadi inang bagi serangga hama maupun patogen (penyebab penyakit) bagi tanaman pokok. Gulma tertentu seperti alang-alang (*Imperata cylindrica*), sembung rambat (*Mikania micrantha*), dan teki berumbi (*Cyperus rotundus*) mengeluarkan senyawa allelopati yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman pokok.

Di Indonesia, penggunaan herbisida untuk pengendalian gulma pada tanaman obat maupun aromatik belum dilakukan penelitian sehingga data tentang hal ini belum tersedia. Namun demikian, dari hasil penelitian di USA menunjukkan bahwa penggunaan herbisida glifosat untuk penyiapan lahan tidak menimbulkan keracunan dan tidak mereduksi produksi daun maupun kadar artemisinin yang terkandung dalam daun tanaman artemisia (Simon dan Ceibert 1988; Bryson dan Croom 1991).

Hasil penelitian Trisilawati *et al.* (2001) menunjukkan bahwa herbisida pratanam glifosat tidak berpengaruh negatif terhadap perkembangan FMA pada tanaman singkong sampai 6 minggu setelah aplikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Tjokro-

wardojo dan Maslahah (2007) yang menunjukkan bahwa glifosat untuk penyiapan lahan tidak mempengaruhi aktivitas fungi mikoriza arbuskula (FMA) di daerah perakaran gulma sasaran. Pasaribu *et al.* (2003) mengemukakan bahwa glifosat, yang diaplikasikan sebelum tanam untuk penyiapan lahan dalam budidaya kedelai tanpa olah tanah (TOT), tidak berpengaruh negatif terhadap perkembangan spora dan pertumbuhan hifa *Glomus mosseae*. Demikian juga herbisida pratumbuh dengan dosis rekomendasi tidak berpengaruh terhadap siklus hidup FMA.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh herbisida diuron dan oxyfluorfen terhadap pertumbuhan gulma, perkembangan fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pertumbuhan tanaman artemisia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (Balitro) di Gunung Putri, Kabupaten Cianjur, dengan elevasi (ketinggian tempat) 1.500 m dpl dan jenis tanah andosol. Percobaan dilakukan mulai Maret sampai September 2007 dan bahan tanaman yang digunakan adalah artemisia aksesori Ad8. Tanaman untuk percobaan ditanam dalam polibag kapasitas 18 kg, yang berisi 8 kg tanah ditambah 2 kg pupuk kandang yang dicampur rata.

Percobaan menggunakan pola faktorial (terdiri dari 2 faktor) dalam rancangan acak kelompok. Faktor I : Herbisida terdiri atas 6 taraf yaitu : H0=kontrol (tanpa herbisida); H1=disiang manual; H2=1,6 kg diuron; H3=2,4 kg diuron; H4=0,63 kg oxyfluorfen; dan H5 = 0,83 kg oxyfluorfen

per ha. Faktor II adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA) terdiri atas 4 taraf yaitu : M0=tanpa FMA; M1=5 g FMA; M2=10 g FMA; dan M3=15 g FMA per kg tanah. Jumlah kombinasi perlakuan dalam percobaan ini adalah 24 dengan tiga ulangan.

Pengamatan gulma, pada lahan yang tanahnya diambil sebagai media pot, meliputi analisis vegetasi menggunakan metode kuadrat. Untuk mengetahui dominasi gulma dihitung *Summed Dominance Ratio* (SDR)/ Nilai Jumlah Dominasi (NJD) menggunakan rumus :

$$NJD = \frac{KR + FR + BKR}{3} \times 100\%$$

Keterangan/Note :

Kerapatan mutlak suatu jenis
 Kerapatan relatif (KR) : $\frac{\text{Kerapatan mutlak suatu jenis}}{\text{Jumlah kerapatan mutlak semua jenis}} \times 100\%$

Kerapatan mutlak = Jumlah individu jenis dalam petak contoh

Frekuensi mutlak suatu jenis
 Frekuensi relatif (FR) : $\frac{\text{Frekuensi mutlak suatu jenis}}{\text{Jumlah frekuensi mutlak semua jenis}} \times 100\%$

Jumlah petak contoh yang berisi suatu jenis
 Frekuensi mutlak : $\frac{\text{Jumlah petak contoh yang berisi suatu jenis}}{\text{Jumlah semua petak contoh yang diambil}} \times 100\%$

Bobot kering suatu jenis
 Bobot kering relatif (BKR) : $\frac{\text{Bobot kering suatu jenis}}{\text{Jumlah bobot kering semua jenis}} \times 100\%$

Berdasarkan komposisi gulma yang tumbuh di lahan yang tanahnya diambil untuk media tanam, maka diperoleh gambaran biji-biji gulma yang terkandung dalam tanah/media pot percobaan, dengan asumsi biji-biji gulma tersebut jatuh dan terakumu-

lasi di dalam lapisan olah tanah, yang berasal dari KP. Gunung Putri.

Semua unit perlakuan diberi pupuk urea, SP-36, dan KCl masing-masing 3,5; 1,5; dan 1,5 g/tanaman sebagai pupuk dasar. Herbisida diuron dan oxyfluorfen diberikan pada saat tanam menggunakan *sprayer* gendong tipe solo dengan nozel berwarna biru, pada tekanan 1,5 psi. Sebelum aplikasi herbisida, diberikan FMA sesuai dengan dosis perlakuan 5, 10, dan 15 g/kg tanah tiap pot di permukaan media sampai kedalaman 10 cm dicampur merata. Penghitungan populasi FMA pada akar artemisia menggunakan metode tuang saring basah.

Parameter yang diamati spesies gulma dominan, bobot kering gulma dominan, tingkat keracunan tanaman artemisia oleh herbisida, komponen pertumbuhan artemisia (tinggi tanaman, jumlah cabang dan biomassa), populasi FMA, dan kadar artemisinin dalam daun. Vegetasi gulma dan pertumbuhan tanaman diamati pada umur 1-4 BST. Pengamatan populasi dan infeksi mikoriza dilakukan setelah panen (umur 4 BST).

Tingkat keracunan tanaman diamati secara visual dibandingkan dengan tanaman sehat yang ditanam pada media yang disiang manual dan dinyatakan dalam skala 0-4 yaitu

- 0 = Tidak ada keracunan tanaman 0-5% bentuk daun, warna daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
- 1 = Keracunan ringan >5-20% bentuk daun, ukuran daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.
- 2 = Keracunan sedang >20-50% bentuk daun, ukuran daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.

3 = Keracunan berat >50-75% bentuk daun, ukuran daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.

4 = Keracunan total >75-100% bentuk daun, ukuran daun, dan atau pertumbuhan tanaman tidak normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Vegetasi gulma

Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa lahan yang tanahnya diambil untuk media percobaan didominasi oleh gulma *Ageratum conyzoides*, *Synedrella nodiflora*, *Digitaria ciliaris*, *Eleusine indica*, *Axonopus compressus*, *Borreria laevis*, dan *Borreria alata* dengan komposisi seperti tercantum dalam Tabel 1. Hal ini menggambarkan bahwa dalam media tanam terkandung biji-biji gulma tersebut yang jatuh dan terakumulasi di dalam lapisan olah tanah.

Pengamatan 1 BST pada pot kontrol terlihat kecambah (*seedling*) gulma *A. conyzoides*, *S. nodiflora*, *D. ciliaris*, *E. Indica*, dan *A. compressus*, namun setelah 2 BST pertumbuhan gulma tersebut tereliminasi oleh kanopi tanaman artemisia yang menaungi secara penuh. Semakin besar pertumbuhan tanaman artemisia, gulma-gulma tersebut tidak tumbuh lagi, dan juga tidak ada perkecambahan biji gulma yang baru. Hal ini terjadi karena spesies gulma tersebut tidak tahan naungan. Diuron dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha maupun oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha efektif mengendalikan biji-biji gulma sehingga tidak ada perkecambahan biji gulma sampai percobaan berakhir (4 BST).

Tabel 1. Komposisi gulma pada lahan di Kebun Percobaan Gunung Putri yang digunakan untuk media tanam artemisia

Table 1. Weeds composition on the land in Research Station of Gunung Putri used as planting media of artemisia

Spesies Gulma/ <i>Weed Species</i>	Golongan/ <i>Faction</i>	Nilai SDR/ <i>SDR Value</i>
<i>Ageratum conyzoides</i> (Babadotan)	DL	16,25
<i>Synedrella nodiflora</i> (Jontang kuda)	DL	14,15
<i>Digitaria ciliaris</i> (Jampang piit)	R	12,25
<i>Eleusine indica</i> (Rumput belulang)	R	12,35
<i>Axonopus compressus</i> (Rumput pait)	R	11,85
<i>Borreria laevis</i> (Katumpang lemah)	DL	9,65
<i>Borreria alata</i> (Goletrak, kentangan)	DL	1,85
<i>Bidens biternata</i> (Hareuga)	DL	2,15
<i>Centotheca lappacea</i> (Suket lorodan)	R	2,10
<i>Commelina diffusa</i> (Brambangan)	DL	1,95
<i>Cynodon dactylon</i> (Suket grinting)	R	1,90
<i>Erechtites valerianifolia</i> (Sintrong)	DL	1,85
<i>Erigeron sumatrensis</i> (Jelantir)	DL	1,80
<i>Galinsoga parviflora</i> (Mondreng)	DL	1,70
<i>Lantana camara</i> (Tembelekan)	DL	1,75
<i>Melastoma malabatricum</i> (Harendong)	DL	1,45
<i>Cyperus killinga</i> (Suket wudelan)	T	1,25
<i>Sida rhombifolia</i> (Sidagori)	DL	1,20
Lain-lain/ <i>Others</i>	R+ DL+T	2,55
Jumlah/ <i>Amount</i>		100

Keterangan/*Note* : DL = Daun lebar (*broad leaved*), R = Rumput (*grass*),
T = Teki (*sedge*)

Keracunan tanaman

Pengamatan keracunan tanaman karena pemberian herbisida dilakukan secara visual. Tanaman yang terindikasi keracunan dibandingkan dengan tanaman sehat pada perlakuan disiang manual. Keracunan tanaman dinilai dalam skor 0-4.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa diuron dengan dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha menimbulkan keracunan berat bagi tanaman artemisia (nilai 3-4) pada pengamatan 2, 4, dan 6 BST. Oxyfluorfen dengan dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha tidak menimbulkan keracunan bagi tanaman artemisia sejak awal pertumbuhan sampai 3 BST dengan nilai 0.

Pertumbuhan tanaman artemisia

Tinggi tanaman

Hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman artemisia terhambat oleh aplikasi diuron dosis bahan aktif 1,6 maupun 2,4 kg per hektar mulai umur 1-4 BST. Hal ini terjadi karena tanaman mengalami keracunan berat oleh aplikasi diuron bahkan ada yang mati. Herbisida ber-bahan aktif diuron termasuk golongan urea bereaksi sistemik yang bersifat lebih beracun (*toxic*) dibandingkan dengan golongan diphenyl-ether (oxyfluorfen) yang bereaksi kontak, sedikit ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya. Dengan demikian

Tabel 2. Keracunan tanaman artemisia oleh herbisida Diuron dan Oxyfluorfen
Table 2. Phytotoxicity of artemisia by Diuron and Oxyfluorfen herbicides

Perlakuan/ <i>Treatment</i>	Dosis bahan aktif (kg ha)/ <i>Dosage (kg/ha)</i>	Keracunan tanaman/ <i>Phytotoxicity</i>		
		MST/WAP		
		2	4	6
Diuron	1,6	3	3	3
Diuron	2,4	4	3	3
Oxyfluorfen	0,63	0	0	0
Oxyfluorfen	0,83	0	0	0
Disiang manual	-	0	0	0
Kontrol (tidak disiang)	-	0	0	0

Keterangan/ *Note* :

0=tidak ada keracunan/ *No toxicity*

1=keracunan ringan/ *Slightly toxic*

2=keracunan sedang/ *Moderately toxic*

3=keracunan berat/ *Very toxic*

4=keracunan total (tanaman mati)/ *Totally toxic*

MST=Minggu setelah tanam/ *WAP=Week after planting*

terjadi absorpsi partikel diuron di dalam tanah oleh akar artemisia dan ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya sehingga menimbulkan keracunan serta menghambat pertumbuhannya. Hal ini terjadi karena diuron bekerja menghambat transpor elektron pada fotosistem II dalam proses fotosintesis. Pemakaian diuron dengan dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha terlalu tinggi bagi tanaman artemisia, meskipun terhadap tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) tidak menimbulkan keracunan yang berarti (Tjitrosudirdjo dan Mawardi 2007).

Djojosumarto (2008), mengemukakan diuron pada takaran tinggi sering dimanfaatkan sebagai *soil sterilant* pada lahan tanpa tanaman. Oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha tidak menghambat pertumbuhan tinggi tanaman artemisia pada pengamatan 1-4 BST. Tinggi tanaman mencapai 177,4 dan 183,7 cm pada umur 4 BST untuk perlakuan Oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha.

Pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman arte-

misia. Pada Tabel 3 terlihat bahwa tinggi tanaman artemisia yang diberi FMA dosis 10 g/kg tanah pada umur 1, 2, 3, dan 4 BST berturut-turut adalah 15,9; 68,8; 107,3; dan 128,1 cm tidak berbeda nyata dibandingkan dengan pemberian mikoriza dosis 15 g/kg tanah, tetapi lebih tinggi dan berbeda nyata dengan kontrol/tanpa mikoriza (0 g/kg tanah).

Pada perlakuan oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 maupun 0,83 kg/ha tinggi tanaman mencapai 177,4 dan 186,8 cm, relatif sama dengan tinggi tanaman pada perlakuan disiang manual (186,8 cm) dan kontrol (172,9 cm). Pada perlakuan diuron dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha tinggi tanaman paling rendah dan sangat berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini mungkin disebabkan karena oxyfluorfen dosis 0,63 dan 0,83 kg/ha tidak meracuni tanaman artemisia sehingga tumbuh bagus relatif sama dengan disiang manual, sedangkan diuron dosis 1,6 dan 2,4 kg/ha menimbulkan keracunan berat sampai sangat berat sehingga banyak tanaman artemisia

Tabel 3. Pengaruh tunggal herbisida Diuron dan Oxyfluorfen, dan FMA terhadap tinggi tanaman artemisia
 Table 3. Single effect of Diuron and Oxyfluorfen herbicides, and AMF on plant height of artemisia

No.	Perlakuan/ Treatment	Dosis b.a./ a.i. dosage (kg/ha)	Tinggi Tanaman/ Plant height (cm)			
			BST/MAP			
			1	2	3	4
Herbisida						
1	Diuron	1,60	9,7 e	37,3 d	43,3 d	20,8 b
2	Diuron	2,40	1,0 d	8,5 c	12,5 e	16,5 b
3	Oxyfluorfen	0,63	18,0 b	80,6 a	121,7 a	177,4 a
4	Oxyfluorfen	0,83	21,6 a	91,8 a	143,6 a	183,7 a
5	Disiang manual	-	17,0 b	91,6 a	118,2 b	186,8 a
6	Kontrol (tidak disiang)	-	13,4 c	83,3 a	93,1 c	172,9 a
Fungi Mikoriza Arbuskula						
		Dosis (g/kg tanah)/ Dosage (g/kg of soil)				
1	FMA M0	0,0	14,1 b	59,9 b	79,2 c	115,2 b
2	FMA M1	5,0	12,2 c	65,1 ab	92,2 b	115,9 b
3	FMA M2	10,0	15,9 a	68,8 a	107,3 a	128,1 a
4	FMA M3	15,0	11,7 a	68,3 a	76,3 a	128,9 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama dalam satu lajur menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT

Note : Numbers followed by same letter in same column are not significantly different at 5% level DMRT

BST : Bulan setelah tanam/ MAP : Month after planting b.a. : bahan aktif/a.i. : active ingredient

yang mati. Diuron merupakan herbisida kelompok urea yang bereaksi sistemik dan selektif mempengaruhi proses fotosintesis tumbuhan dengan cara memblokir transfer elektron pada fotosistem II. Tanaman artemisia termasuk tanaman yang peka terhadap diuron. Berbeda dengan oxyfluorfen termasuk herbisida golongan diphenyl ether yang bereaksi kontak dan selektif mengendalikan gulma berdaun lebar dan rumput. Menurut Djojsumarto (2008), herbisida kelompok urea pada umumnya bersifat *soil activating* dan diaplikasikan sebagai herbisida pra tumbuh, meskipun

juga aktif sebagai herbisida pasca tumbuh.

Jumlah cabang

Aplikasi diuron dengan dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha menghambat pembentukan cabang yaitu berkisar antara 1,00-1,38/tanaman pada umur 1-3 BST. Jumlah cabang terbanyak didapatkan dari perlakuan oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,83 dan 0,63 kg/ha, yaitu 57,44 dan 54,38 cabang pada umur 3 BST dan relatif sama dengan jumlah cabang pada perlakuan disiang manual maupun kontrol (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh herbisida Diuron dan Oxyfluorfen pada pemberian FMA terhadap jumlah cabang artemisia

Table 4. The effect of Diuron and Oxyfluorfen herbicides on AMF application to number of branch of artemisia

No.	Perlakuan/ Treatment	Dosis bahan aktif (kg/ha)/ Dosage (kg/ha)	Jumlah cabang/ Number of branch		
			BST		
			1	2	3
Herbisida					
1	Diuron	1,60	1,38 d	1,00 d	1,38 c
2	Diuron	2,40	1,13 c	1,00 d	1,00 c
3	Oxyfluorfen	0,63	26,26 ab	37,04 b	54,38 b
4	Oxyfluorfen	0,83	27,00 ab	41,89 c	57,44 a
5	Disiang manual	-	25,71 b	37,17 b	53,38 b
6	Kontrol (tidak disiang)	-	28,09 a	29,28 a	59,21 a
Fungi Mikoriza Arbuskula					
		Dosis (g/kg tanah)/ Dosage (g/kg of soil)			
1	FMA M0	0,0	17,33 a	24,11 a	33,39 a
2	FMA M1	5,0	18,92 b	26,22 c	10,02 a
3	FMA M2	10,0	18,69 a	28,93 b	39,64 a
4	FMA M3	15,0	18,08 a	24,50 a	10,31 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama dalam satu lajur menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT

Note : Numbers followed same letter in same column are not significantly different at 5% level DMRT

BST : Bulan setelah tanam/ MAP : Month after planting

Produksi biomassa

Pada Tabel 5 terlihat bahwa aplikasi oxyfluorfen dengan dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha menghasilkan biomassa artemisia masing-masing 2,36 dan 2,11 kg/tanaman, lebih ringan tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan dengan biomassa pada perlakuan disiang manual (2,37 kg/tanaman). Dibandingkan dengan kontrol (1,79 kg/tanaman), aplikasi oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha bobot biomasnya meningkat sebesar 31,81 dan 18,05%. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Simon dan Ceibert (1988) bahwa pemakaian herbisida pratumbuh Napronamide, Chloramben, Trifluralin, dan Acifluorfen dengan dosis 2,2; 6,6; dan 6,0 kg/ha tidak berpengaruh terhadap produksi bio massa daun artemisia.

Oxyfluorfen tidak berpengaruh negatif terhadap perkembangan mikoriza dengan indikator tanaman artemisia tumbuh normal, sedangkan diuron memiliki pengaruh negatif dan menimbulkan keracunan berat - sangat berat bagi tanaman artemisia sehingga banyak tanaman yang mati. Gejala yang sama ditunjukkan Burpee dan Cole (1978 dalam Pasaribu *et al.* 2003) bahwa alachlor dosis 4 kg/ha (dua kali lipat dosis komersial untuk tanaman kedelai) menghambat pertumbuhan tanaman kedelai (bobot segar biomas) pada umur 25 HST dan menekan perkembangan mikoriza pada tanaman berumur 25-60 HST. Demikian juga hasil penelitian Pellet dan Sieverding (1989 dalam Pasaribu *et al.* (2003) menunjukkan bahwa alachlor dosis tinggi memiliki pengaruh yang nyata terhadap infeksi

Tabel 5. Bobot segar daun dan akar artemisia dan populasi FMA di bawah pengaruh herbisida Diuron dan Oxyfluorfen pada pemberian FMA

Table 5. Fresh weight of artemisia leaf and root and population of mycorrhizae arbuscular influenced by Diuron and Oxyfluorfen herbicides and mycorrhizae arbuscular applications

No	Perlakuan/ <i>Treatment</i>	Dosis b.a./ a.i. <i>dosage</i> (kg/ha)	Bobot segar (g/tanaman) <i>Fresh</i> <i>Weight (g/plant)</i>		Populasi MA/100 g tanah/ <i>Population</i> <i>of MA/100 g of soil</i>
			Daun/ <i>Leaf</i>	Akar/ <i>Root</i>	
Herbisida					
1	Diuron	1,60	0,68 c	0,25 c	157,25 a
2	Diuron	2,40	0,70 c	0,23 c	153,00 a
3	Oxyfluorfen	0,63	2,36 b	1,31 a	207,25 c
4	Oxyfluorfen	0,83	2,11 b	0,90 a	183,25 b
5	Disiang manual	-	2,37 b	0,68 b	163,75 a
6	Kontrol	-	1,79 a	0,85 ab	158,25 a
Fungi Mikoriza Arbuskula					
		Dosis (g/kg tanah)/ <i>Dosage (g/kg of soil)</i>			
1	FMA M0	0,0	1,46 d	0,63 b	123,17 c
2	FMA M1	5,0	1,55 c	0,80 a	169,33 a
3	FMA M2	10,0	1,99 a	0,96 a	187,17 b
4	FMA M3	15,0	1,68 b	0,57 b	165,33 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama dalam satu lajur menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% DMRT

Note : Numbers followed by same letter in same column are not significantly different at 5% level DMRT

akar mikoriza pada tanaman kacang panjang dan kedelai. Diperoleh suatu gambaran bahwa herbisida yang diaplikasikan dengan dosis yang tidak meracuni tanaman artemisia (inang), kemungkinan besar juga tidak memiliki pengaruh yang merugikan terhadap siklus hidup FMA dan demikian sebaliknya.

Aplikasi FMA dengan dosis 5; 10; dan 15 g/kg tanah terhadap bobot segar tanaman masing-masing 1,55; 1,99; dan 1,68 g menunjukkan peningkatan bobot biomassa segar artemisia berturut-turut sebesar 6,2; 36,30; dan 15,06% dibandingkan dengan yang tanpa aplikasi FMA (Tabel 5).

Bobot segar akar Artemisia tertinggi didapatkan dari perlakuan oxy-Fluorfen dosis bahan aktif 0,63 kg/ha

(1,31 kg/tanaman) diikuti oleh dosis bahan aktif 0,83 kg/ha (0,90 kg/tanaman) masing-masing lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan yang disiang manual maupun kontrol (Tabel 5).

Data Tabel 5 menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza dengan dosis 5 dan 10 g/kg tanah menghasilkan bobot segar akar artemisia masing-masing 0,80 dan 0,96 kg/tanaman lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa pemberian mikoriza (0,63 kg/tanaman) maupun mikoriza dosis 15 g/kg tanah (0,57 kg/tanaman).

Populasi mikoriza arbuskular

Rata-rata hasil penghitungan populasi mikoriza arbuskular di daerah perakaran tanaman artemisia

terlihat bahwa aplikasi diuron dengan dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha tidak mempengaruhi perkembangan mikoriza di daerah perakaran artemisia meskipun lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dan yang disiang manual (Tabel 5). Populasi mikoriza tertinggi didapatkan pada perlakuan oxyfluorfen dosis 0,63 kg/ha (207,25/100 g tanah) diikuti oleh oxyfluorfen dosis 0,83 kg/ha (183,25/100 g tanah), dan berbeda nyata dengan yang disiang manual, kontrol dan diuron dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha.

Pada dasarnya herbisida pratum tumbuh tidak mempengaruhi perkembangan mikoriza arbuskular di daerah perakaran tanaman budidaya, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil penelitian Mujica *et al.* (1999) bahwa pemakaian herbisida chlorsulfuron untuk mengendalikan biji-biji gulma pada tanaman kedelai tidak mempengaruhi kolonisasi mikoriza arbuskular di daerah perakarannya. Demikian juga hasil penelitian Burpee dan Cole (1978) menunjukkan bahwa aplikasi *alachlor* dan *trifluralin* dengan dosis rekomendasi untuk mengendalikan gulma tidak mempengaruhi perkembangan populasi mikoriza pada perakaran kedelai. Hal ini terjadi mungkin disebabkan oleh dosis herbisida yang bisa ditoleransi oleh mikoriza, terbukti dari hasil penelitian Burpee dan Cole (1978) yang menunjukkan bahwa pemakaian *alachlor* dua kali dosis rekomendasi (4 kg/ha) untuk tanaman kedelai menurunkan secara nyata bobot segar biomassa kedelai berumur 25 HST dan menekan perkembangan mikoriza pada tanaman berumur 25-60 HST. Pasaribu (2003) membuktikan bahwa *alachlor* dengan konsentrasi 24 mg bahan aktif ml⁻¹ memberikan hasil perkecambahan

spora *Glomus mosseae* sebesar 93,33% sama dengan kontrol. Sedangkan *alachlor* dengan konsentrasi yang lebih tinggi (39 mg bahan aktif ml⁻¹) menurunkan prosentase perkecambahan spora *G. Mosseae* 69%. Demikian juga pertumbuhan hifa *G. mosseae* terhambat oleh *alachlor* konsentrasi lebih tinggi dari konsentrasi/dosis rekomendasi untuk tanaman kedelai.

Pemberian FMA dengan dosis 5,10 dan 15 g/kg tanah menghasilkan populasi mikoriza di daerah perakaran artemisia meningkat berturut-turut sebesar 37,48; 51,96; dan 34,23% dibandingkan dengan tanpa pemberian mikoriza (populasi 123,17/100 g tanah).

Kadar artemisinin

Analisis kadar artemisinin yang terkandung dalam daun tanaman artemisia pada perlakuan dosis mikoriza menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza dosis 15 g/kg tanah menunjukkan hasil kadar artemisinin tertinggi (0,36%), meningkat sebesar 3,27% dibandingkan dengan tanpa pemberian mikoriza (0,25%) (Tabel 6).

Pada Tabel 6 terlihat bahwa perlakuan oxyfluorfen dengan dosis 0,63 dan 0,83 kg/ha menghasilkan kadar artemisinin sebesar 0,39 dan 0,42% relatif sama dengan kadar artemisinin pada tanaman yang disiang manual (0,42%). Sedangkan pada perlakuan diuron dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha, kadar artemisininnya paling rendah yaitu 0,108 dan 0,118%. Hal ini terjadi karena tanaman artemisia mengalami keracunan berat bahkan banyak yang mati. Pada perlakuan kontrol kadarnya 0,23%, lebih rendah dibanding-

Tabel 6. Mutu simplisia artemisia pada berbagai perlakuan herbisida dan FMA umur 4 bulan setelah tanam (BST)

Table 6. Quality of artemisia symplicia at different application of herbicides and AMF at 4 month after planting (MAP)

Perlakuan/ Treatment	Hasil pengujian/ Result of examination. (%)					
	Kadar air/ Water content	Kadar abu/ Ash content	Kadar abu tak larut asam/ Acid insoluble ash	Kadar sari dalam air/ Water soluble extractive	Kadar sari dalam alkohol/ Ethanol soluble extractive	Kadar artemisinin/ Artemisinin content
Herbisida						
1. Diuron 1,6 kg/ha	4,83	3,92	0,02	12,03	5,31	0,11
2. Diuron 2,4 kg/ha	4,72	3,62	0,06	11,30	5,14	0,11
3. Oxyfluorfen 0,63 kg/ha	12,63	10,30	4,41	29,59	13,20	0,39
4. Oxyfluorfen 0,83 kg/ha	13,96	11,55	0,53	30,54	14,40	0,42
5. Disiang manual	12,65	10,26	0,50	29,90	13,38	0,42
6. Kontrol (tidak disiang)	12,65	10,94	0,06	27,94	13,63	0,23
Fungi Mikoriza Arbuskula						
1. Tanpa mikoriza	10,33	8,38	0,05	25,71	11,34	0,25
2. FMA 5g/kg tanah	10,49	8,05	0,15	25,09	11,42	0,26
3. FMA 10g/kg tanah	10,65	8,67	0,35	24,92	11,13	0,26
4. FMA 15 g/kg tanah	11,23	9,16	0,42	24,22	10,91	0,36

kan dengan perlakuan oxyfluorfen dan disiang manual, namun lebih tinggi daripada perlakuan diuron (Tabel 6).

Interaksi antara perlakuan herbisida pratumbuh dengan mikoriza terlihat pada Tabel 7. Kombinasi perlakuan antara oxyfluorfen dengan mikoriza menghasilkan kadar artemisinin berkisar antara 0,36-0,58%. Hasil tertinggi (0,58%), didapatkan dari kombinasi oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,83 kg/ha dengan mikoriza 15 g/kg tanah diikuti oleh oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 kg/ha dengan mikoriza 15 g/kg tanah (0,48%) relatif sama dengan perlakuan disiang manual + mikoriza 15 g/kg tanah (0,58%).

Peningkatan kadar artemisinin tersebut akibat adanya pemberian FMA. Salah satu peranan FMA adalah dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Permasalahan pada tanah andisol adalah unsur hara P yang kurang tersedia, karena diserap oleh koloid tanah. Asam-asam organik yang dihasilkan oleh FMA akan meningkatkan kelarutan P dalam tanah

sehingga menjadi tersedia bagi tanaman (Simarmata dan Tachro 2005).

Pembentukan metabolit sekunder dipengaruhi oleh proses pembentukan metabolit primer. Pada proses metabolisme primer terbentuk prekursor yaitu farnesyl pyrophosphate (FPP) merupakan pusat molekul di dalam metabolisme tanaman yang berperan sebagai prekursor langsung dari sesquiterpen (umumnya disintesis langsung di dalam sitoplasma dari FPP) dan triterpen yang dihubungkan dengan biosintesis monoterpen dan tetraterpen. Artemisinin disintesis dari FPP melalui aktivitas dari *prenyl-transferase farnesyl diphosphate* (Souret *et al.* 2003). Artemisinin merupakan bahan aktif yang termasuk dalam golongan terpenoid, sehingga membutuhkan unsur P dalam proses FTP tersebut. Adanya pemberian mikoriza tersebut mampu meningkatkan ketersediaan P sehingga pembentukan artemisinin dapat meningkat.

Tabel 7. Interaksi perlakuan herbisida dengan FMA terhadap kadar artemisinin dari simplisia artemisia pada Umur 4 BST

Table 7. Interaction between herbicides and AMF application on artemisinin content of artemisia symplicia at 4 MAP

Perlakuan/ Treatment	Kadar artemisinin (%) / Artemisinin content (%)				Rata-rata/ Average
	Dosis FMA (g/kg tanah) / Dose of AMF (g/kg of soil)				
	0	5	10	15	
Diuron 1,6 kg/ha	0,12	0,10	0,13	0,13	0,12
Diuron 2,4 kg/ha	0,09	0,10	0,12	0,12	0,11
Oxyfluorfen 0,63 kg/ha	0,36	0,37	0,36	0,48	0,39
Oxyfluorfen 0,83 kg/ha	0,36	0,36	0,37	0,58	0,42
Disiang manual	0,37	0,37	0,37	0,58	0,42
Kontrol (tidak disiang)	0,20	0,21	0,23	0,28	0,23
Rata-rata/Average	0,25	0,26	0,26	0,36	

KESIMPULAN

Oxyfluorfen dengan dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha tidak menimbulkan keracunan bagi tanaman artemisia, efektif mengendalikan biji-biji gulma *Ageratum conyzoides*, *Synedrella nodiflora*, dan *Borreria laevis* (golongan berdaun lebar) dan *Digitaria ciliaris*, *Eleusine indica*, *Axonopus compressus* (golongan rumput) sehingga tidak ada perkecambahan biji gulma sampai 3 BST.

Diuron dosis bahan aktif 1,6 dan 2,4 kg/ha efektif mengendalikan biji gulma, namun menimbulkan keracunan berat bagi tanaman artemisia sehingga banyak tanaman yang mati. Diuron tidak dianjurkan untuk pengendalian gulma pada tanaman artemisia.

Kombinasi Oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83 kg/ha dengan pemberian FMA dengan dosis 10 g/kg tanah tidak berpengaruh merugikan bagi perkembangan populasi FMA dan menghasilkan biomassa daun segar tanaman artemisia tertinggi (3,07 kg/tanaman) pada umur 4 BST, tanpa mengurangi kadar artemisinin.

Kombinasi perlakuan oxyfluorfen dosis bahan aktif 0,63 dan 0,83

kg/ha dengan FMA 15 g/kg tanah menghasilkan kadar artemisinin tertinggi (0,48 dan 0,58%), relatif sama dengan yang disiang manual (0,58%).

DAFTAR PUSTAKA

- Bryson, C.T. and E.M.J. Croom. 1991. Herbicide Inputs for A New Agro-nomic Crop, *Annua* L. Wormwood (*Artemisia*). Weed Technology 5 : 117-124.
- Burpee, L. and H. Cole Jr. 1978. The Influence of Alachlor, Trifluralin, and Diazinon on Development of Indigenous Mycorrhizae in Soybean. Bull. of Env. Contaminant and Toxic. 19 : 191-197.
- Djojsumarto, P. 2008. Pestisida dan Aplikasinya. Agro Media Pustaka Jakarta. 340 hlm.
- Ebadi, N. 2002. Pharmacodynamic Basic of Herbal Medicine. CRC Press. London-New York-Washington D.C. 726 p.
- Hadiwigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah. Akademi Press. Jakarta. 124 hlm.
- Kimia Farma. 2006. Laporan Hasil Penelitian Artemisia. Disampaikan

- pada pertemuan penyusunan grand proposal Artemisia di Tawangmangu, 12-14 September 2006.
- Mujica, M.T., S. Frachiai, A. Menendez, J. A. Ocampo, and A. Godeas. 1999. Influence of Chlorsulfuron Herbicide on Arbuscular Mycorrhizae and Plant Growth of Glycine as Intercropped with the Weeds *Brassica campestris*, Abstract.
- Pasaribu, A., R.B. Mohammad, dan A. Hasim. 2003. Pengaruh Herbisida terhadap Perkembangan Spora dan Pertumbuhan Hifa Jamur Vesikular arbuskular Mikoriza *Glomus mossaseae*. Journal of Tropical Vol. 1 (2), December 2003. pp. 51-53.
- Simarmata, T. dan Tachro. 2005. Derajat Infeksi, Serapan P, Jumlah Bintil, dan Hasil Dua Kultivar Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) yang Diberi Inokulan Cendawan Mikoriza arbuskula (*Glomus fasciculatum* dan *Gigaspora margarita*) pada Inceptisols di Jatinangor : Bionatura, Vol. 7 (2) : 137-145.
- Simon, J. E. and E. Cebert .1988. *Artemisia*: a Production guide. In : Simon J. E. and L.Z. Clavio. (Eds). Third National Herb Growing and Marketing Conference. Purdue University, Agriculture Experimental Station. Bull. No. 552. West Lafayette, IN, pp. 78-83.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academia Press. London. pp. 112.
- Souret, F.F., Y. Kim, B.E. Wyslouzil, K.K. Wobbe, and P.J. Weathers. 2003. Scale-up of Artemisia Hairy Root Cultures Produces Complex Patterns of Terpenoid Gene Expression. Biotechnol. Bioeng. 83 : 653-667.
- Tjitrosudirdjo, S. dan I. Mawardi 2007. Pengaruh Herbisida Diuron terhadap Gulma dan Seedling Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). 12 hlm. (Tidak dipublikasikan).
- Tjokrowardojo, A.S., M.Y. Mile, dan M. Arifin. 1999. Olah Tanah Konservasi dalam Tumpangsari Hutan Tanaman Industri : Suatu Alternatif Pemberdayaan Masyarakat Desa Hutan. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Organik. Palembang, 30 Oktober 1999. hlm. 217-224.
- Tjokrowardojo, A.S. dan Nur Maslahah. 2007. Pengaruh Herbisida Glifosat dan Paraquat untuk Penyiapan Lahan Tanpa Olah Tanah terhadap Perkembangan Mikoriza Arbuskular. Prosiding Seminar Nasional XIII Persada. 9 Agustus 2007. FKH-IPB Bogor. hlm. 1-5.
- Tjokrowardojo, A.S., H. Nurhayati, Gusmaini, N. Maslahah, B.S. Sembiring, JT. Yuhono, Hernani, Kendriyanto, dan S. Wahyudiono. 2008. Pengembangan Agribisnis Tanaman Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) sebagai Bahan Baku Industri Minuman Nasional di Lahan Marjinal Kabupaten Blora. Laporan kerjasama Balitro dengan P₄MI Badan Litbang Pertanian. 28 hlm.
- Trisilawati, O., A.S. Tjokrowardojo, dan Nur Maslahah. 2001. Pengaruh Beberapa Jenis Herbisida Pengendali Alang-alang terhadap Produksi Singkong dan Perkembangan Mikoriza Arbuskular. Prosiding Konferensi Nasional XV Himpunan Ilmu Gulma Indonesia (HIGI). Surakarta, 12-15 Juli 2001. hlm. 733-738.

