

**PENGARUH KELEMBABAN TANAH TERHADAP KARAKTER AGRONOMI,
HASIL RAJANGAN KERING DAN KADAR NIKOTIN TEMBAKAU
(*Nicotiana tabacum* L; *Solanaceae*) TEMANGGUNG PADA TIGA JENIS TANAH*
[Soil Moisture Effects on Agronomic Characters, Yield and Nicotine Content of
Temanggung Tobacco (*Nicotiana tabacum* L; *Solanaceae*) at Three Types of Soil]**

Djumali✉ dan Sri Mulyaningsih
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jl. Raya Karangploso Kotak Pos 199 Malang
Telp. (0341) 491447 Fax. (0341) 485121
email: djumali_62@yahoo.com

ABSTRACT

Research on the effect of soil moisture on agronomic characters, yield and nicotine content of Temanggung tobacco has been conducted in the Research Institute for Tobacco and Fibre Crops at Malang, East Java from March to October 2010. The treatment has been arranged in a Splitplot design with 3 replications. The experimental plot consisted of three types of soil: Complex Eutrudepts-Hapludalfs, Vitraquands, and Complex Dystrudepts-Hapludalfs. The subplot comprised 5 levels of soil moisturation: 60, 70, 80, 90, and 100% of field capacities. The results showed that the dry slice yield, content of nicotine, and agronomic characters of the Temanggung tobacco were affected by the result of interaction between soil moisture and type. The decreasing of soil moisture up to 40% from field capacity in the Complex Eutrudepts-Hapludalfs had decreased dry slice yield, nicotine content, plant height, root length, dry weight of plant, shoots, roots, stems, leaves, flowers, and suckers accounted for 54.3, 19.3, 33.7, 17.1, 74.1, 71.4, 82.3, 80.1, 54.3, 60.5 and 86.5% respectively, in the Vitraquands 72.7, 20.2, 37.0, 13.2, 79.8, 78.5, 84.3, 80.7, 72.7, 63.3 and 87.8% respectively, and in the Complex Dystrudepts-Hapludalfs 74.2, 23.0, 39.6, 15.7, 79.3, 78.0, 83.6, 80.3, 74.2, 79.1 and 80.6% respectively.

Keywords : Agronomy, Java, moisture, nicotine, soil, Temanggung, tobacco.

ABSTRAK

Penelitian tentang pengaruh kelembaban tanah terhadap karakter agronomi, hasil dan kadar nikotin tembakau Temanggung telah dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat Malang, Jawa Timur selama Maret sampai dengan Oktober 2010. Perlakuan disusun dalam Rancangan Petak Terbagi dengan 3 ulangan. Petak utama terdiri 3 jenis tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs, Komplek Dystrudepts-Hapludalfs, dan Vitraquands. Anak petak terdiri 5 tingkat kelembaban tanah (60, 70, 80, 90, dan 100% dari kapasitas lapangan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil rajangan kering, kadar nikotin, dan karakter agronomi tembakau Temanggung dipengaruhi oleh interaksi kelembaban tanah dengan jenis tanah. Penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapang pada tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs menurunkan hasil rajangan kering, kadar nikotin, tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering tanaman, tajuk tanaman, akar, batang, daun, bunga, dan tunas samping masing-masing sebesar 54,3; 19,3; 33,7; 17,1; 74,1; 71,4; 82,3; 80,1; 54,3; 60,5 dan 86,5%, pada tanah Vitraquands masing-masing sebesar 72,7; 20,2; 37,0; 13,2; 79,8; 78,5; 84,3; 80,7; 72,7; 63,3 dan 87,8%, serta pada tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs masing-masing sebesar 74,2; 23,0; 39,6; 15,7; 79,3; 78,0; 83,6; 80,3; 74,2; 79,1 dan 80,6%.

Kata kunci : tembakau, agronomi, nikotin, air, kelembaban, tanah

PENDAHULUAN

Tembakau Temanggung (*Nicotiana tabacum* L; *Solanaceae*) merupakan varietas tembakau lokal yang berkadar nikotin tinggi (3 hingga 8%) sehingga berfungsi sebagai lauk pada percampuran berbagai varietas tembakau dalam satu batang rokok (Djajadi dan Murdiyati, 2000). Kebutuhan tembakau Temanggung untuk menunjang industri rokok kretek diperkirakan sebesar 31.200 ton/tahun. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, tembakau Temanggung dikembangkan di lahan kering dan sawah di Kabupaten Temanggung dan beberapa kabupaten lainnya di Jawa Tengah seperti Magelang, Wonosobo, dan lain-lain.

Luas areal pengembangan tembakau Temanggung di Kabupaten Temanggung seluas 21.000 ha yang tersebar di wilayah lereng Gunung Sindoro dan Sumbing. Ketinggian tempat areal pengembangan sekitar 500-1500 m dpl., kelerengan lahan bervariasi 8 - >45%, curah hujan bervariasi 1500-3500 mm/tahun, berjenis tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs, Komplek Dystrudepts-Hapludalfs, dan Vitraquands, berjenis lahan sawah dan tegal serta bertingkat kesesuaian lahan tanah untuk tembakau bervariasi dari sesuai marginal sampai sangat sesuai (Ropik *et al.*, 2004).

Tembakau Temanggung termasuk varietas tembakau VO yang ditanam pada akhir musim

penghujan dan panen awal pada musim kemarau (Purlani dan Rachman, 2000). Tembakau Temanggung di lahan kering hidup dalam kondisi kelembaban tanah yang rendah sebagai akibat pemenuhan kebutuhan air bergantung dari curah hujan. Di sisi lain tembakau Temanggung di lahan sawah hidup dalam kondisi kelembaban tanah yang tinggi sebagai akibat ketersediaan air yang mencukupi. Hasil penelitian Djumali (2008) memperlihatkan bahwa tembakau Temanggung di lahan kering menghasilkan rajangan kering yang lebih rendah dan mutu yang lebih tinggi dibanding di lahan sawah. Hasil tersebut diduga terkait dengan kondisi kelembaban tanah selama masa hidup tanaman.

Sampai saat ini produktivitas tembakau Temanggung masih rendah, yakni sekitar 500 kg/ha dengan rata-rata kelas mutu yang rendah yakni B⁺ (Anonymous, 2006). Di sisi lain potensi produksi tembakau Temanggung berkisar 900 – 1200 kg/ha dengan rata-rata kelas mutu sedang (Murdiyati *et al.* 2003). Produktivitas tembakau Temanggung yang rendah tersebut disebabkan oleh rendahnya produktivitas tembakau di lahan kering, sedangkan rendahnya kelas mutu yang diperoleh disebabkan oleh rendahnya kelas mutu yang dihasilkan oleh tembakau di lahan sawah (Djumali, 2008). Oleh karena itu, untuk meningkatkan produktivitas dan mutu tembakau Temanggung dapat dilakukan dengan meningkatkan produktivitas tembakau di lahan kering tanpa menurunkan kelas mutunya dan meningkatkan kelas mutu tembakau di lahan sawah tanpa menurunkan produktivitasnya.

Produktivitas dan mutu tembakau Temanggung dipengaruhi oleh gabungan antara genetika tanaman, iklim (curah hujan dan ketinggian tempat), jenis tanah (sifat fisik dan kimia tanah) dan teknik budidaya yang diterapkan (Djumali, 2008). Kompleksitas faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dan mutu tersebut sangat menyulitkan dalam menentukan upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas dan mutu yang dihasilkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kesulitan tersebut adalah melalui model simulasi produksi

tanaman (Vries *et al.* 1989). Dalam pembuatan model simulasi produksi tanaman diperlukan penyederhanaan pengaruh masing-masing faktor terhadap produktivitas dan mutu. Pengaruh genetika tanaman terhadap produktivitas dan mutu tembakau Temanggung telah dipelajari oleh Djumali (2010). Pengaruh jenis tanah terhadap produktivitas dan mutu tembakau Temanggung telah dipelajari oleh Hidayati dan Djumali (2011). Pengaruh ketinggian tempat terhadap produktivitas dan mutu tembakau Temanggung telah dipelajari oleh Nurnasari dan Djumali (2010). Pengaruh dosis pupuk N terhadap produktivitas dan mutu tembakau Temanggung telah dipelajari oleh Djumali (2012). Namun pengaruh curah hujan terhadap produktivitas dan mutu tembakau Temanggung belum banyak diketahui.

Curah hujan, jenis tanah dan laju evapotranspirasi merupakan faktor-faktor yang menentukan kelembaban tanah, dimana kelembaban tanah akan menentukan ketersediaan air dalam tanah bagi pertumbuhan tanaman. Sampai saat ini belum banyak informasi mengenai pengaruh kelembaban tanah terhadap karakter agronomi, produktivitas dan mutu tembakau Temanggung. Sebagaimana dengan fungsi air bagi kehidupan tanaman, penurunan ketersediaan air dalam menyebabkan penurunan laju fotosintesis dan peningkatan laju pertumbuhan akar (Anjum *et al.* 2011). Kondisi yang demikian menyebabkan pertumbuhan bagian atas tanaman (tajuk) terhambat dan pertumbuhan bagian bawah tanaman (akar) meningkat sehingga produktivitas tanaman yang dihasilkan menurun (Farooq *et al.* 2009). Nikotin sebagai senyawa alkaloid penentu mutu tembakau Temanggung dibentuk dalam jaringan akar, dimana semakin tinggi laju pembentukan akar semakin banyak jumlah nikotin yang dibentuk dan dikirim ke dalam daun (Tso, 1999). Semakin banyak jumlah nikotin yang dibentuk dan semakin rendah laju pertumbuhan daun maka semakin besar kadar nikotin yang dihasilkan. Diduga penurunan kelembaban tanah akan diikuti oleh penurunan karakter agronomi dan hasil rajangan kering serta peningkatan kadar nikotin. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang

bertujuan untuk mengetahui pengaruh kelembaban tanah terhadap karakter agronomi, hasil dan kadar nikotin tembakau Temanggung pada tiga jenis tanah. Dengan diketahui pengaruh kelembaban tanah terhadap produktivitas dan mutu tembakau Temanggung maka dapat diketahui pengaruh curah hujan terhadap produktivitas dan mutu sehingga dapat disusun model simulasi produksi dan mutu tembakau Temanggung.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian dilakukan di rumah kaca milik Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas), Kementrian Pertanian yang berkedudukan di Malang dimulai pada bulan Maret hingga Oktober 2010. Lokasi penelitian terletak pada ketinggian 560 m dpl. Penelitian disusun dalam Rancangan Petak Terbagi dan diulang 3 kali. Petak utama terdiri 3 jenis tanah (diambil dari Kabupaten Temanggung, Propinsi Jawa Tengah) yakni Komplek Eutrudepts-Hapludalfs (Desa Losari Atas), Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Desa Glapansari), dan Vitraquands (Desa Campursalam) berdasarkan klasifikasi Soil Taxonomy USDA. Anak petak terdiri atas 5 tingkat kelembaban tanah (60, 70, 80, 90, dan 100% dari kapasitas lapangan). Setiap perlakuan dalam satu

ulangan terdiri atas 4 tanaman dengan ukuran pot bervolume 20 liter dan satu tanaman per pot. Kesuburan tanah seperti pada Tabel 1.

Varietas tanaman yang digunakan adalah Kemloko-1 dengan dosis pupuk 6,48 g N + 2,70 gr P₂O₅ + 1,35 kg pupuk kandang per tanaman (120 kg N + 50 kg P₂O₅ + 25 ton pupuk kandang per ha). Pupuk kandang dan pupuk P (SP-36) diberikan sehari sebelum tanam dengan jalan mengaduk rata dalam tanah. Setiap pot dipasang *gypsum block* untuk mengamati kelembaban tanah. Adapun pupuk N diberikan dua kali yaitu lima hari setelah tanam dan 25 hari setelah tanam dengan masing-masing sebesar 1/3 dan 2/3 dosis pupuk N, dimana sumber Nitrogen berasal dari pupuk ZA.

Aplikasi perlakuan dilakukan setelah pemupukan II dilakukan yakni pada umur 25 hari setelah tanam, dimana tanah dalam pot dibiarkan mengering. Bila kondisi kelembaban tanah berada di bawah perlakuan, maka pot ditambah air sampai sama dengan kelembaban perlakuan. Kondisi kelembaban tanah dipantau setiap hari dengan menggunakan alat gypsum-meter. Adapun jumlah air yang ditambahkan untuk meningkatkan kelembaban tanah sebesar 1% sesuai jenis tanah yang digunakan. Oleh karena itu pada setiap jenis tanah diambil contoh

Tabel 1. Kondisi kesuburan tanah dari ketiga jenis tanah yang digunakan (*Soil fertility condition of three soil types*)

Karakter tanah (<i>Soil characters</i>)	Komplek Eutrudepts-Hapludalfs (<i>Complex Eutrudepts-Hapludalfs</i>)		Vitraquands (<i>Vitraquands</i>)		Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (<i>Complex Dystrudepts-Hapludalfs</i>)	
	Nilai (<i>Value</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Nilai (<i>Value</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)	Nilai (<i>Value</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
C-org (%)	2,98	S	1,34	R	1,58	R
N-total (%)	0,39	S	0,17	R	0,14	R
C/N	7,6	R	7,9	R	6,6	R
P Bray (mg/kg)	57,95	ST	15,76	T	3,31	SR
K (me/100g)	0,86	T	0,41	S	0,29	R
Bobot isi (<i>bulk density</i>) (g/cc)	1,64		1,31		0,77	
Kapasitas pegang air (<i>Water holding capacity</i>) (mm/m)	65,3		162,9		489,5	
Tekstur (<i>Texture</i>)	Lempung berpasir (<i>Sandy loam</i>)		Lempung (<i>Loam</i>)		Lempung berpasir (<i>Sandy loam</i>)	

Keterangan : SR = sangat rendah (*very low*) R = rendah (*low*) S = sedang (*medium*) T = tinggi (*high*) ST = sangat tinggi (*very high*)

tanah menggunakan ring contoh. Contoh tanah di-jenuhi air dan dibiarkan selama 24 jam sampai contoh tanah dalam kondisi kapasitas lapangan dan ditimbang bobot basahnya. Contoh tanah dikeringkan pada temperatur 80°C selama 72 jam dan ditimbang bobot keringnya. Selisih bobot basah dengan bobot kering merupakan jumlah air yang berada dalam volume ring contoh. Jumlah air dalam polibag

$$\text{Jumlah air} = \frac{\text{Volume tanah pada polibag}}{\text{Volume ring contoh}} \times \text{Jumlah air dalam volume ring}$$

dapat dihitung dengan rumus :

Jumlah air yang diperlukan (JA) untuk meningkatkan 1% kelembaban tanah dihitung dengan persamaan $JA = (\text{jumlah air dalam polibag}) / 100$

Pengamatan hasil rajangan kering dilakukan dengan menimbang hasil rajangan kering setiap kali panen, dimana panen dilakukan pada setiap posisi daun. Adapun pengukuran kadar nikotin dilakukan pada jaringan daun dengan metode analisis Ether - Petroleum Ether. Kadar nikotin daun terpanen dalam

$$\text{Kadar nikotin} = \frac{(\sum (\text{bobot kering setiap panen} \times \text{kadar nikotin setiap panen}))}{\text{Total bobot kering daun produksi}}$$

satu tanaman dihitung dengan rumus :

Pengamatan pertumbuhan dilakukan pada saat pemangkasan sampai panen akhir dengan peubah pertumbuhan meliputi tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering bunga, daun hasil panen, batang, tunas samping, dan akar. Tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering batang dan akar dilakukan pada saat panen akhir dengan jalan membongkar tanaman. Bobot kering tunas samping diperoleh setelah dilakukan pengeringan tunas samping hasil pewartan. Adapun bobot kering daun diperoleh dengan menjumlah bobot kering daun non produksi yang diperoleh sebelum panen awal dengan daun produksi pada saat panen. Bobot kering bunga diperoleh pada saat dilakukan pemangkasan. Pengeringan organ tanaman dilakukan pada temperatur 80°C selama 72 jam.

Analisis ragam digunakan untuk mengetahui apakah kelembaban tanah berpengaruh terhadap karakter agronomi, hasil dan kadar nikotin rajangan kering pada setiap jenis tanah. Bila terjadi interaksi antara kelembaban tanah dengan jenis tanah, maka uji jarak Duncan taraf 5% digunakan untuk mengetahui perbedaan pengaruh kelembaban tanah pada setiap jenis tanah. Analisis regresi linier berganda langkah mundur dilakukan untuk mengetahui karakter agronomi yang mempengaruhi hasil dan kadar nikotin tembakau Temanggung akibat perlakuan kelembaban tanah.

HASIL

Pengaruh kelembaban tanah terhadap hasil dan kadar nikotin pada tiga jenis tanah

Hasil rajangan kering dan kadar nikotin tembakau Temanggung dipengaruhi oleh interaksi antara kelembaban tanah dengan jenis tanah selama masa pertumbuhan tanaman (Tabel 2). Pada jenis tanah Komplek Eutrupepts-Hapludalfs, penurunan kelembaban tanah dari 100 ke 90% berakibat terhadap penurunan hasil rajangan kering dan kadar nikotin sebesar 21,7 dan 2,6% pada tanah Komplek Eutrupepts-Hapludalfs, 30,7 dan 5,6% pada tanah Vitraquands, serta 54,3 dan 4,6% pada tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs. Penurunan kelembaban tanah lebih lanjut sampai menjadi 60% pada masing-masing jenis tanah berakibat terhadap penurunan hasil dan kadar nikotin sebesar 54,3 dan 19,3%, 72,7 dan 20,2%, serta 74,2 dan 23,0%.

Pengaruh kelembaban tanah terhadap karakter agronomi pada tiga jenis tanah

Interaksi antara kelembaban dengan jenis tanah mempengaruhi karakter agronomi yang meliputi tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering tanaman, tajuk, akar, batang, daun, bunga, dan tunas samping (Tabel 3, 4, dan 5). Penurunan kelembaban pada tanah Komplek Eutrupepts-Hapludalfs menjadi 90% menyebabkan penurunan tinggi tanaman, panjang akar dan bobot kering tanaman masing-masing sebesar 10,8; 4,5 dan 28,9%, tanah Vitraquands

Tabel 2. Hasil rajangan kering dan kadar nikotin pada tiga jenis tanah akibat perlakuan kelembaban tanah (*The dry sliced yield and nicotine content on three soil types due to soil moisturation treatment*)

Kelembaban tanah (Soil moisturation) (%) ^{*)}	Hasil (Yield) (g/tanaman) (<i>g plant⁻¹</i>)			Kadar nikotin (Nicotine content) (%)		
	KeuHap	Vitraqu	KdysHap	KeuHap	Vitraqu	KdysHap
100	30,75 a	37,58 a	29,05 a	7,65 a	8,18 a	7,66 a
90	24,08 b	26,17 b	19,72 b	7,45 b	7,72 b	7,31 b
80	20,77 c	21,57 c	15,42 c	7,19 c	7,41 c	7,04 c
70	17,17 d	14,94 d	10,46 d	6,73 d	7,06 d	6,46 d
60	14,06 e	10,27 e	7,50 d	6,17 e	6,53 e	5,90 e
KK (%)	4,45	4,78	9,87	0,92	0,92	0,63

Keterangan: ^{*)} Persen dari kapasitas lapangan. Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%. (*Percent of field capacity. Numbers followed by same letter in a coloumn are not significantly different at 5% based on the Duncan Multi Range Test*)

KEuHap = Komplek Eutrudepts-Hapludalfs (*Complex Eutrudepts-Hapludalfs*)

Vitraqu = Vitraquands (*Vitraquands*)

KDysHap = Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (*Complex Dystrudepts-Hapludalfs*)

KK = koefisien keragaman (*coefficient of variation*)

Tabel 3. Tinggi tanaman, panjang akar dan bobot kering tanaman tembakau Temanggung pada tiga jenis tanah akibat perlakuan kelembaban tanah (*Plant height, root length, and plant dry weight of Temanggung tobacco on three soil types due to soil moisturation treatment*)

Kelembaban tanah (Soil moisturation) (%) ^{*)}	Tinggi tanaman (Plant height) (cm)			Panjang akar (Root length) (cm)			Bobot kering tanaman (Plant dry weight) (g/tanaman) (<i>g plant⁻¹</i>)		
	KEuHap	Vitraqu	KDysHap	KEuHap	Vitraqu	KDysHap	KEuHap	Vitraqu	KDysHap
100	72,89 a	69,33 a	67,89 a	49,22 a	49,72 a	46,67 a	99,73 a	108,18 a	90,09 a
90	65,00 b	59,44 b	61,11 b	47,00 ab	47,33 ab	45,67 ab	70,90 b	73,38 b	55,49 b
80	61,78 b	54,22 c	57,67 b	46,06 ab	46,67 ab	44,56 b	53,20 c	56,95 c	41,02 c
70	56,33 c	51,22 d	47,00 c	44,78 b	43,78 bc	41,44 c	37,65 d	36,20 d	28,49 d
60	48,33 d	43,67 e	41,00 d	40,78 c	42,89 c	39,33 d	25,84 e	21,81 e	18,66 e
KK (%)	3,20	2,19	3,58	4,32	4,45	2,33	4,88	5,38	4,95

Keterangan: ^{*)} Persen dari kapasitas lapangan. Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%. (*Percent of field capacity. Numbers followed by same letter in a coloumn are not significantly different at 5% based on the Duncan Multi Range Test*)

KEuHap = Komplek Eutrudepts-Hapludalfs (*Complex Eutrudepts-Hapludalfs*)

Vitraqu = Vitraquands (*Vitraquands*)

KDysHap = Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (*Complex Dystrudepts-Hapludalfs*)

KK = koefisien keragaman (*coefficient of variation*)

sebesar 14,3; 4,8% dan 32,2%, serta tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs sebesar 10,0; 2,1 dan 38,4%. Penurunan kelembaban lebih lanjut menjadi 60% dapat menurunkan masing-masing sebesar 33,7; 17,1 dan 74,1% untuk tanah Komplek Eutrudepts-

Hapludalfs, 37,0; 13,2 dan 79,8% untuk tanah Vitraquands, serta 39,6; 15,7 dan 79,3% untuk tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 3).

Penurunan kelembaban tanah menjadi 90% dari kapasitas lapangan dapat menurunkan bobot

kering tajuk sebesar 26,3; 32,9; dan 36,3% serta menurunkan bobot kering akar sebesar 37,3; 29,8; dan 45,7% masing-masing untuk tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs, Vitraquands, dan Komplek Dystrudepts-Hapludalfs. Penurunan kelembaban tanah lebih lanjut sampai menjadi 60% dari kapasitas lapangan dapat menurunkan bobot kering tajuk sebesar 71,4; 78,5; dan 78,0% serta menurunkan bobot

kering akar sebesar 82,3; 84,3; dan 83,6% untuk masing-masing jenis tanah (Tabel 4).

Bobot kering batang, daun, bunga, dan tunas samping sebagai organ-organ penyusun tajuk tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara jenis tanah dan kelembaban tanah selama masa pertumbuhan tanaman (Tabel 5). Penurunan kelembaban tanah menjadi 90% dapat menurunkan bobot kering batang, daun, bunga dan tunas samping masing-masing sebesar

Tabel 4. Bobot kering tajuk dan akar pada tiga jenis tanah akibat perlakuan kelembaban tanah (*Shoot and root dry weight on three soil types due to soil moisturation treatment*)

Kelembaban tanah (Soil moisturation) (%) *)	Bobot kering tajuk (Shoot dry weight)			Bobot kering akar (Root dry weight)		
	KeuHap	Vitraqu	KdysHap	KeuHap	Vitraqu	KdysHap
100	76,33 a	83,05 a	70,28 a	23,40 a	25,13 a	19,81 a
90	56,22 b	55,74 b	44,73 b	14,68 b	17,64 b	10,76 b
80	43,00 c	45,17 c	33,37 c	10,20 c	11,78 c	7,65 c
70	31,25 d	29,09 d	23,24 d	6,40 d	7,11 d	5,24 d
60	21,81 e	17,87 e	15,43 e	4,03 e	3,94 e	3,24 e
KK (%)	4,94	4,76	5,03	6,65	11,21	5,48

Keterangan: *) Persen dari kapasitas lapangan. Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%. (*Percent of field capacity. Number s followed by same letter in a coloumn are not significantly different at 5% based on the Duncan Multi Range Test*)

KEuHap = Komplek Eutrudepts-Hapludalfs (*Complex Eutrudepts-Hapludalfs*)

Vitraqu = Vitraquands (*Vitraquands*)

KDysHap = Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (*Complex Dystrudepts-Hapludalfs*)

KK = koefisien keragaman (*coefficient of variation*)

Tabel 5. Bobot kering batang, daun, bunga dan tunas samping pada tiga jenis tanah akibat perlakuan kelembaban tanah (*Dry weight of stem, leaf, flower and sucker on three soil types due to soil moisturation treatment*)

Kelembaban tanah (Soil moisturation) (%)	Bobot kering organ tajuk tanaman (<i>Dry weight of shoot organs</i>) (g/tanaman) (<i>g plant⁻¹</i>)											
	Batang (stem)			Daun (leaf)			Bunga (flower)			Tunas samping (sucker)		
	KEuHap	Vitraqu	KDysHap	KEuHap	Vitraqu	KDysHap	KEuHap	Vitraqu	KDysHap	KEuHap	Vitraqu	KDysHap
100	29,52 a	27,23 a	22,44 a	27,46 a	33,56 a	25,95 a	2,96 a	2,97 a	3,02 a	16,39 a	19,29 a	18,88 a
90	20,88 b	17,58 b	13,92 b	21,51 b	23,38 b	17,94 b	2,51 b	1,88 b	2,34 b	11,33 b	12,91 b	10,53 b
80	15,66 c	13,70 c	10,13 c	18,55 c	19,27 c	13,77 c	2,13 c	1,66 b	1,69 c	6,65 c	10,53 c	7,78 c
70	10,05 d	8,98 d	6,99 d	15,33 d	13,34 d	9,68 d	1,81 c	1,49 bc	0,86 d	4,06 d	5,28 d	5,71 d
60	5,87 e	5,26 e	4,42 e	12,56 e	9,17 e	6,70 e	1,17 d	1,09 c	0,63 d	2,21 e	2,35 e	3,67 e
KK (%)	7,91	9,25	4,47	4,45	4,78	9,23	8,58	13,54	15,95	6,90	7,17	4,29

Keterangan: *) Persen dari kapasitas lapangan. Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%. (*Percent of field capacity. Number s followed by same letter in a coloumn are not significantly different at 5% based on the Duncan Multi Range Test*)

KEuHap = Komplek Eutrudepts-Hapludalfs (*Complex Eutrudepts-Hapludalfs*)

Vitraqu = Vitraquands (*Vitraquands*)

KDysHap = Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (*Complex Dystrudepts-Hapludalfs*)

KK = koefisien keragaman (*coefficient of variation*)

29,3; 21,7; 15,2 dan 30,9% untuk tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs, 35,4; 30,3; 36,7 dan 33,1% untuk tanah Vitraquands, serta 38,0; 30,9; 22,5 dan 44,2% untuk jenis tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs. Penurunan kelembaban tanah lebih lanjut sampai menjadi 60% dapat menurunkan bobot kering masing-masing sebesar 80,1; 54,3; 60,5 dan 86,5% untuk tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs, 80,7; 72,7; 63,3 dan 87,8% untuk tanah Vitraquands, serta 80,3; 74,2; 79,1 dan 80,6% untuk tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 5).

Hubungan antara karakter pertumbuhan tanaman dengan hasil dan kadar nikotin

Analisis regresi langkah mundur antara karakter pertumbuhan dengan hasil rajangan kering diperoleh informasi bahwa hanya bobot kering daun yang berpengaruh terhadap hasil rajangan kering dengan bobot pengaruh sebesar 99,9%. Adapun analisis regresi antara karakter pertumbuhan dengan kadar nikotin diperoleh informasi bahwa tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering daun dan tunas samping berpengaruh terhadap kadar nikotin dengan total pengaruh sebesar 88,2%. Dengan demikian pengaruh kelembaban tanah terhadap hasil rajangan kering melalui bobot kering daun dan terhadap kadar nikotin melalui karakter tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering daun dan tunas samping.

PEMBAHASAN

Penurunan kelembaban tanah diikuti oleh penurunan kandungan air relatif dalam daun dan serapan hara NPK (Kurniawan *et al.* 2001; Cui *et al.* 2011). Penurunan kandungan air relatif dalam daun dan serapan hara NPK menyebabkan penurunan konduktivitas stomata dan pembentukan pigmen fotosintetik (Yan *et al.* 2003, Anjum *et al.* 2011; Jaleel *et al.* 2009). Oleh karena itu penurunan kelembaban tanah akan diikuti oleh penurunan laju fotosintesis (Cornic and Massacci, 2004) sehingga akumulasi biomassa menjadi rendah (Wang *et al.* 2011). Hal inilah yang menyebabkan penurunan kelembaban tanah di ketiga jenis tanah diikuti oleh penurunan bobot kering tana-

man yang dihasilkan (Tabel 3). Hasil yang sama diperoleh Chantzoulakis *et al.* (2002) pada tanaman adpoket, Fazeli *et al.* (2007) pada tanaman wijen, Lobato *et al.* (2008) pada tanaman kedelai, dan Yamada *et al.* (2005) pada tanaman petunia.

Bobot kering tanaman merupakan hasil akumulasi fotosintat bersih selama masa hidupnya. Menurut Salisbury dan Ross (1995), laju fotosintesis jauh lebih besar dibanding dengan laju respirasi sehingga fotosintat bersih sangat ditentukan oleh laju fotosintesis. Dalam kondisi nutrisi dan energi cahaya bukan merupakan faktor pembatas, laju fotosintesis dipengaruhi oleh ketersediaan air dalam tanah (Vries *et al.* 1989). Salah satu peranan air dalam fotosintesis adalah penyediaan CO₂ dalam daun melalui proses membuka dan menutupnya stomata serta penyediaan ion H⁺ dan elektron dalam proses fotosistem I (Salisbury dan Ross, 1995). Semakin rendah ketersediaan air dalam daun semakin sedikit CO₂ dalam jaringan daun dan semakin rendah ketersediaan ion H⁺ dan elektron dalam fotosistem I. Kandungan CO₂ yang rendah menyebabkan laju fiksasi CO₂ menurun dan pada akhirnya laju fotosintesis menjadi rendah. Demikian pula ketersediaan ion H⁺ dan elektron dalam fotosistem I yang rendah menyebabkan proses perubahan energi cahaya menjadi energi kimia (proses fotokimia) terhambat sehingga laju fotosintesis terhambat. Hasil penelitian Vanaja *et al.* (2011) pada tanaman jagung dan bunga matahari, Krouma (2010) pada tanaman *Cicer arietinum*, dan Lobato *et al.* (2008) pada tanaman kedelai menunjukkan bahwa penurunan ketersediaan air bagi tanaman diikuti oleh penurunan laju fotosintesis. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kelembaban tanah diikuti oleh penurunan bobot kering tanaman (Tabel 3).

Dalam kondisi kandungan air dalam jaringan tanaman yang menurun, tanaman akan mengakumulasi osmotekan dalam jaringannya untuk mengurangi kehilangan air akibat evapotranspirasi, diantaranya sukrosa (Rathinasabapathi, 2000). Kandungan sukrosa yang tinggi dalam jaringan tanaman menyebabkan auksin terkonjugasi oleh sukrosa

membentuk konjugat auksin-sukrosa sehingga auksin berada dalam kondisi tidak aktif. Kondisi yang demikian menyebabkan laju inisiasi daun mengalami penurunan dan tanaman tembakau menjadi pendek (Clough dan Miltthorpe, 1975). Oleh karena itu penurunan kelembaban tanah pada ketiga jenis tanah diikuti oleh penurunan tinggi tanaman dan panjang akar yang dihasilkan (Tabel 3). Hasil penelitian Baher *et al.* (2002) pada tanaman *Satureja hortensis*, Fleisher *et al.* (2008) pada tanaman kentang, serta Mukherjee and Kumar (2005) pada tanaman pigeon-pea menunjukkan bahwa penurunan kelembaban tanah diikuti oleh penurunan tinggi dan panjang tanaman yang dihasilkan.

Bobot kering tanaman tersusun atas bobot kering akar dan tajuk tanaman. Adapun bobot kering tajuk tanaman tersusun atas bobot kering batang, daun, bunga, dan tunas samping. Oleh karena penurunan kelembaban tanah diikuti oleh penurunan bobot kering tanaman pada ketiga jenis tanah, maka penurunan kelembaban tanah juga diikuti oleh penurunan bobot kering akar, tajuk tanaman, batang, daun, bunga, dan tunas samping yang dihasilkan (Tabel 4 dan 5). Hasil penelitian Mohammadkhani and Heidari (2008) pada tanaman jagung dan Chartzoulakis *et al.* (2002) pada tanaman jagung juga memperlihatkan bahwa penurunan kelembaban tanah dapat menurunkan bobot kering akar dan tajuk tanaman. Demikian pula hasil penelitian Fazeli *et al.* (2007) memperlihatkan bahwa penurunan kelembaban tanah diikuti oleh penurunan bobot kering batang, daun, dan buah wijen.

Penurunan kelembaban tanah dapat menurunkan serapan hara P, K dan Ca namun tidak menurunkan serapan hara Mg dan Na (Osuagwu and Edeoga, 2012). Hara P sangat dibutuhkan sebagai bahan baku proses transfer energi kimia dalam metabolisme tanaman, sedangkan hara K sangat dibutuhkan tanaman untuk membantu dalam perbaikan osmotik selama tanaman mengalami kekurangan air (Farooq *et al.* 2009). Bila kedua hara tersebut tersedia dalam jaringan tanaman maka tanaman dapat menekan pengaruh negatif kekurangan air terhadap pertum-

buhan dan produksi tanaman (Waraich *et al.* 2011). Kandungan hara P dan K pada jenis tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs tergolong sangat tinggi dan tinggi, pada jenis tanah Vitraquands tergolong tinggi dan sedang, dan pada jenis tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs tergolong rendah (Tabel 1). Kondisi ketiga jenis tanah yang demikian menyebabkan tanaman tembakau yang ditanam pada tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs lebih dapat menekan pengaruh negatif penurunan kelembaban tanah dibanding yang ditanam pada tanah Vitraquands, dan tanaman yang ditanam pada tanah Vitraquands lebih dapat menekan pengaruh negatif penurunan kelembaban tanah dibanding yang ditanam pada tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapangan diikuti oleh penurunan tinggi tanaman, bobot kering daun dan bunga pada tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs yang lebih rendah dibanding pada tanah Vitraquands, dan pada tanah Vitraquands lebih rendah dibanding pada tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 3, 4, dan 5).

Penurunan kelembaban tanah menyebabkan penurunan laju inisiasi daun dan jumlah daun per tanaman yang terbentuk (Mukherjee dan Kumar, 2005), laju pertumbuhan daun (Schurr *et al.* 2000), ukuran daun (Anjum *et al.* 2011), dan tinggi sel palisade sehingga daun menjadi tipis (Heckenberger *et al.* 1998). Mengingat hasil tembakau Temanggung berasal dari daun produksi yang dirajang maka peningkatan bobot kering daun produksi akan diikuti oleh peningkatan hasil rajangan kering. Hal inilah yang menyebabkan pengaruh kelembaban tanah terhadap hasil rajangan kering terjadi melalui bobot kering daun.

Penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapangan pada tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs diikuti oleh penurunan bobot kering daun yang lebih rendah dibanding pada tanah Vitraquands, dan pada tanah Vitraquands lebih rendah dibanding pada Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 5). Di sisi lain pengaruh penurunan kelembaban tanah ter-

hadap hasil rajangan kering tembakau Temanggung melalui bobot kering daun. Oleh karena itu penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapangan pada Komplek Eutrudepts-Hapludalfs diikuti oleh penurunan hasil rajangan kering yang lebih rendah dibanding pada tanah Vitraquands, dan pada tanah Vitraquands lebih rendah dibanding pada Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 2).

Keberadaan auksin dalam jaringan batang dan akar tanaman tembakau sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan kedua organ tersebut (Clough dan Miltthorpe, 1975). Konjugasi auksin oleh sukrosa akibat penurunan kelembaban tanah menyebabkan pertumbuhan memanjang akar dan batang menjadi terhambat sehingga panjang akar dan tinggi tanaman menjadi pendek. Laju pemanjangan akar yang tinggi mengindikasikan karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan akar yang tinggi pula. Karbohidrat yang tersedia untuk akar tidak hanya digunakan untuk pemanjangan akar melainkan juga untuk pembentukan nikotin dalam jaringan akar. Oleh karena itu semakin tinggi laju pemanjangan akar semakin tinggi nikotin yang dihasilkan. Hal inilah yang menyebabkan tinggi tanaman dan panjang akar berpengaruh positif terhadap kadar nikotin akibat penurunan kelembaban tanah. Hasil penelitian Djumali (2011) juga memperlihatkan adanya pengaruh tinggi tanaman dan pertumbuhan akar terhadap kadar nikotin tembakau Temanggung.

Karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan akar, batang, daun, bunga dan tunas samping serta pembentukan nikotin berasal dari fotosintat bersih dimana kuantitasnya sangat tergantung dari laju fotosintesis kanopi tanaman. Dalam kondisi energi cahaya yang diterima oleh kanopi tanaman sama maka laju fotosintesis kanopi ditentukan oleh kuantitas daun sebagai tempat proses fotosintesis. Semakin tinggi kuantitas daun semakin besar karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman dan pembentukan nikotin dalam jaringan akar. Hal inilah yang menyebabkan bobot kering daun berpengaruh positif terhadap kadar nikotin akibat penurunan kelembaban tanah. Hasil penelitian Djumali (2008) memperlihatkan

kan adanya pengaruh bobot daun terhadap kadar nikotin tembakau Temanggung.

Pada tembakau Temanggung, tunas samping mulai tumbuh setelah tanaman memasuki fase pembungaan. Pertumbuhan tunas samping berlangsung secara cepat setelah bunga dipangkas sampai panen akhir, dimana selama waktu tersebut karbohidrat lebih banyak digunakan untuk pembentukan nikotin (Tso, 1999). Jika tunas samping dibiarkan tumbuh cepat maka karbohidrat yang diperlukan untuk pertumbuhan tersebut sangat besar dan mengurangi karbohidrat untuk pembentukan nikotin. Oleh karena itu peningkatan bobot kering tunas samping akan diikuti oleh penurunan kadar nikotin yang dihasilkan. Hal inilah yang menyebabkan bobot kering tunas samping berpengaruh negatif terhadap kadar nikotin. Hasil penelitian Djumali (2008) memperlihatkan adanya pengaruh negatif bobot kering tunas samping terhadap kadar nikotin tembakau Temanggung.

Penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapangan pada tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs diikuti oleh penurunan tinggi tanaman dan bobot kering daun yang lebih rendah dibanding pada tanah Vitraquands, dan pada tanah Vitraquands lebih rendah dibanding pada Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 3 dan 5). Di sisi lain pengaruh penurunan kelembaban tanah terhadap kadar nikotin tembakau Temanggung melalui tinggi tanaman dan bobot kering daun. Oleh karena itu penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapangan pada Komplek Eutrudepts-Hapludalfs diikuti oleh penurunan kadar nikotin yang lebih rendah dibanding pada tanah Vitraquands, dan pada tanah Vitraquands lebih rendah dibanding pada Komplek Dystrudepts-Hapludalfs (Tabel 2).

KESIMPULAN

Penurunan kelembaban tanah menyebabkan penurunan hasil, kadar nikotin, dan karakter agronomi tembakau Temanggung dengan tingkat penurunan bergantung dari tingkat penurunan kelembaban tanah dan jenis tanah yang digunakan. Penurunan kelembaban tanah hingga 40% dari kapasitas lapang

menurunkan hasil rajangan kering, kadar nikotin, tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering tanaman, tajuk tanaman, akar, batang, daun, bunga, dan tunas sampling masing-masing sebesar 54,3; 19,3; 33,7; 17,1; 74,1; 71,4; 82,3; 80,1; 54,3; 60,5; dan 86,5% pada tanah Komplek Eutrudepts-Hapludalfs, 72,7; 20,2; 37,0; 13,2; 79,8; 78,5; 84,3; 80,7; 72,7; 63,3; dan 87,8% pada tanah Vitraquands, dan 74,2; 23,0; 39,6; 15,7; 79,3; 78,0; 83,6; 80,3; 74,2; 79,1; dan 80,6% pada tanah Komplek Dystrudepts-Hapludalfs. Kelembaban tanah mempengaruhi hasil rajangan kering melalui bobot kering daun dan mempengaruhi kadar nikotin melalui tinggi tanaman, panjang akar, bobot kering daun dan tunas sampling.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kepala Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian ini. Tak lupa kami juga mengucapkan terima kasih kepada Saudara Moch. Sohri, SP. dan Kepala Percobaan Karangploso yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan ini diucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjum SA, X Xie, L Wang, MF Saleem, C Man, and W Lei. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stresses. *African Journal of Agriculture Research* 6(9), 2026-2032.
- Baher ZF, M Mirza, M Ghorbanli, and MB Rezaii. 2002. The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. *Flavour and Fragrance Journal* 17(4), 275-277.
- Chartzoulakis K, A Patakas, G Kofidis, A Bosabalidis, and A Nastou. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae* 95, 39-50.
- Clough BF and FL Milthorpe. 1975. Effects of water deficit on leaf development in tobacco. *Australian Journal of Plant Physiology* 2(3), 291-300.
- Cornic G and A Massacci. 2004. Leaf photosynthesis under drought stress. *Advances in Photosynthesis and Respiration* 5, 347-366.
- Cunhua S, S Jian-jie, W Dan, L Bai-wei, and S Dong. 2011. Effects on physiological and biochemical characteristics of medicinal plant pigweed by drought stresses. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(17), 4041-4048.
- Djajadi dan AS Murdiyati. 2000. Hara dan pemupukan tembakau Temanggung. Dalam: *Tembakau Temanggung*. A Rachman, A Sastrosupadi, B Heliyanto, Subiyakto, G

- Dalmadiyo, Budi-Saroso dan Mukani (Eds), 32-39. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Djumali. 2008. *Produksi dan mutu tembakau Temanggung (Nicotiana tabacum L.) di daerah tradisional serta faktor-faktor yang mempengaruhinya*. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. [Disertasi] Disertasi. .
- Djumali. 2010. Tembakau Temanggung: fotosintesis, respirasi, partisi karbohidrat, serta keterkaitannya dengan hasil dan mutu rajangan kering. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri* 2(2), 60-74.
- Djumali. 2011. Karakter agronomi yang berpengaruh terhadap hasil dan mutu rajangan kering tembakau Temanggung. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri* 3(1), 17-29.
- Djumali. 2012. Tanggapan fisiologi tanaman tembakau Temanggung terhadap dosis pupuk nitrogen serta kaitannya dengan hasil dan mutu rajangan. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri* 4(1), 10-20.
- Farooq M, A Wahid, N Kobayashi, D Fujita, and SMA Basra. 2009. Plant drought stress : effects, mechanisms and management. *Agronomy of Sustainable and Development* 29, 185-212.
- Fazeli F, M Ghorbanli, and V Niknam. 2007. Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars. *Biologia Plantarum* 51(1), 98-103.
- Fleisher DH, DJ Timlim, and VR Reddy. 2008. Interactive effects of carbon dioxide and water stress on potato canopy growth and development. *Agronomy Journal* 100(3), 711-719.
- Heckenberger U, U Roggatz, and U Schuur. 1998. Effect of drought stress on the cytological status in *Ricinus communis*. *Journal of Experimental Botany* 49(319), 181-189.
- Hidayati SN dan Djumali. 2011. Produksi dan kadar nikotin tembakau Temanggung pada tiga seri tanah. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan: Inovasi teknologi mendukung peningkatan nilai tambah, daya saing, dan ekspor perkebunan*. E Karmawati, B Prastowo, D Soetopo dan RS Hartati (Penyunting), 100-110. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Jaleel CA, P Manivannan, A Wahid, M Farooq, HJ Al-Jubiri, R Somasundaran, and R Panneerselvann. 2009. Drought stress in plants : a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology* 11(1), 100-105.
- Kirnak H, C Kaya, TAS Ismail, and D Higgs. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. *Bulgaria Journal of Plant Physiology* 27(3-4), 34-46.
- Krouma A. 2010. Plant water relations and photosynthetic activity in three Tunisian chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes subjected to drought. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry* 34, 257-264.
- Lobato AKS, CFO Neto, BGS Filho, RCL deCosta, FJR Cruz, HKB Noves, and MJS Lopes. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. *Australian Journal of Crop Science* 2(1), 25-32.
- Muhammadiyah N and R Heidari. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Turkey Journal of Biology* 32, 23-30.
- Mukherjee D and R Kumar. 2005. Water stress induced physiological and biochemical changes in different plant parts of pigeonpea. *Bulletin of the National Institute of Ecology* 15, 191-199.
- Murdiyati AS, Suwarso, dan G Dalmadiyo. 2003. Dukungan teknologi budidaya tembakau. *Prosiding Lokakarya Agribisnis Tembakau*. Suwarso, S Tirtosastro, AS Murdiyati, G

- Dalmadiyo, Mastur dan Mukani (Penyunting), 46-54. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Nurnasari E dan Djumali.** 2010. Pengaruh kondisi ketinggian tempat terhadap produksi dan mutu tembakau Temanggung. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri* **2(2)**, 45-59.
- Osuagwu GGE and HO Edeoga.** 2012. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin content of the leaves of *Gongronema latifolium* (Benth). *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants* **2(2)**, 301-309.
- Purlani E dan A Rachman.** 2000. Budidaya tembakau Temanggung. Dalam :*Tembakau Temanggung*. A Rachman, A Sastrosupadi, B Heliyanto, Subiyakto, G Dalmadiyo, Budi-Saroso dan Mukani (Penyunting), 19-31. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Rathinasabapathi B.** 2000. Metabolic engineering for stress tolerance : installing osmoprotectant synthesis pathways. *Annals of Botany* **86**, 709-716.
- Ropik, H Suhendra, U Sutrisno, M Halim, Sarjana, dan N Suharta.** 2004. Penyusunan peta pewilayahan komoditas pertanian berdasarkan zone agroekologi skala 1:50.000 di Kabupaten Temanggung, Prop. Jateng. Balai Penelitian Tanah, Bogor. 132.
- Salisbury FB and CW Ross.** 1995. *Plant physiology*. 4th edition. Wadsworth Publishing Co., New York.
- Schurr U, U Heckenberger, K Herdel, A Walter, and R Feil.** 2000. Leaf development in *Ricinus communis* during drought stress : dynamics of growth processes of cellular structure and of sink-source transition. *Journal of Experimental Botany* **51(350)**, 1515-1529.
- Tso TC.** 1999. Seed to smoke. In: *Tobacco Production, Chemistry, and Technology*. DL. David and MT. Nielsen (Eds). 1-31. Blackwell Sci. Ltd., Malden, USA.
- Vanaja M, SK Yadav, G Archana, NJ Lakshmi, PRR Reddy, P Vagheera, SKA Razak, M Maheswari, and B Venkateswarlu.** 2011. Response of C4 (maize) and C3 (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration. *Plant soil Environment* **57** (5), 207-215.
- Vries FWTP, DM Jansen, HFM ten Berge, and A Bakema.** 1989. *Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops*. Simulation monograph 29, Pudoc, Wageningen.
- Wang W, R Wang, Y Yuan, N Du, and W Guo.** 2011. Effects of salt and water stress on plant biomass and photosynthetic characteristics of tamarisk (*Tamarix chinensis* Lour) seedlings. *African Journal of Biotechnology* **10(78)**, 17981-1789.
- Waraich EA, R Ahmad, Saifullah, MY Ashrof, and Ehsanullah.** 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science* **5(6)**, 764-777.
- Yamada M, H Morishita, K Urano, N Shiozaki, K Yamaguchi-Shinozaki, K Shinozaki, and Y Yoshida.** 2005. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. *Journal of Experimental Botany* **56(417)**, 1975-1981.
- Yan J, J Wang, D Tissue, AS Holaday, R Allen, and H Zhang.** 2003. Photosynthesis and seed production under water deficit conditions in transgenic tobacco plants that overexpress an Arabidopsis ascorbate peroxidase gene. *Crop Science* **43**, 1477-1483.