

Tanggapan Fisiologi Tanaman Tembakau Temanggung terhadap Dosis Pupuk Nitrogen serta Kaitannya dengan Hasil dan Mutu Rajangan

Djumali dan Elda Nurnasari

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang
E-mail: balittas@litbang.deptan.go.id

Diterima: 3 Desember 2011

disetujui: 5 April 2012

ABSTRAK

Tembakau temanggung merupakan tembakau lokal yang berkadar nikotin tinggi. Ketersediaan hara N dalam tanah dapat mempengaruhi hasil dan kandungan nikotin rajangan kering. Percobaan dilakukan di rumah kaca Balittas Malang selama Maret–Agustus 2009. Perlakuan terdiri atas 6 dosis pupuk N (0; 1,62; 3,64; 4,86; 6,48; dan 8,10 g N/tanaman) disusun dalam rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Setiap perlakuan dalam satu ulangan terdiri atas 4 pot dan setiap pot diberi pupuk dasar 2,70 g P_2O_5 + 1,35 kg pupuk kandang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peubah fisiologi tanaman (kandungan N-daun, klorofil, bobot spesifik daun, laju fotosintesis, respirasi, efisiensi cahaya mereduksi CO_2 (EF0), dan koefisien respirasi pemeliharaan daun (KRPD)), hasil rajangan kering, dan kandungan nikotin tembakau temanggung dipengaruhi oleh dosis pupuk N dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, dosis maksimum masing-masing sebesar 7,89; 7,89; 54,75; 9,50; 26,25; 21,50; 10,00; 6,08; dan 6,86 g N/tanaman. Peubah fisiologi tanaman yang paling menentukan hasil rajangan kering berturut-turut adalah klorofil, N-daun, laju respirasi, dan bobot spesifik daun. Adapun peubah fisiologi tanaman yang paling menentukan kandungan nikotin berturut-turut adalah fotosintesis, KRPD, respirasi, dan kandungan klorofil.

Kata kunci: *Nicotiana tabaccum* L., tembakau temanggung, fisiologi, nitrogen

Physiological Responses of Temanggung Tobacco to Dose of Nitrogen Fertilizer and Its Relationship with Dry Slice Yield and Nicotine Content

ABSTRACT

Temanggung tobacco is a local tobacco, with high nicotine content. Nitrogen available in soil affects dry sliced yield and nicotine content. The experiment was conducted in glasshouse of IToFCRI Malang from March–August 2009. The treatment consist of six levels of N fertilizer (0, 1.62, 3.64, 4.86, 6.48, and 8.10 g N/plant), were arranged in randomized block design with three replications. Every threatment in one replication received 2.70 g P_2O_5 + 1.35 kg manure. The results showed that physiological plant parameters (N-leaf, chlorophyll content, specific leaf weight, photosynthesis rate, respiration rate, light efficiency to CO_2 reduction (EF0), and coefficient of leaf maintenance respiration (CLMR)), dry slice yield, and nicotine content were affected by N rates. The response of these parameters on N fertilizer were expressed by closed quadratic curves, which maximum rate of N fertilizer were 7.89, 7.89, 54.75, 9.50, 26.25, 21.50, 10.00, 6.08, and 6.86 g N/plant respectively. Dry sliced yield were affected by chlorophyll content, respiration rate, and specific leaf weight. Nicotine content were affected by photosynthesis rate, CLMR, respiration rate, and chlorophyll content.

Keywords: *Nicotiana tabaccum* L., temanggung tobacco, physiology, nitrogen

PENDAHULUAN

TEMBAKAU temanggung merupakan jenis tembakau lokal yang mempunyai ciri khas yakni berkandungan nikotin tinggi. Dalam pemanfaatannya sebagai bahan rokok keretek, tembakau temanggung berfungsi sebagai pembawa rasa (Djajadi dan Murdiyati, 2000).

Harga produk tembakau temanggung ditentukan oleh mutu rajangan kering yang dihasilkan. Penentuan mutu tembakau temanggung dilakukan melalui metode sensorik berdasarkan warna, aroma, dan pegangan rajangan kering. Hasil penelitian Djumali (2008) menunjukkan adanya korelasi positif antara harga produk rajangan kering dengan kandungan nikotin. Oleh karena itu, pendapatan usaha tani tembakau temanggung tidak hanya ditentukan oleh kuantitas hasil melainkan juga oleh kandungan nikotin rajangan kering. Menurut Tso (1990), secara umum peningkatan hasil tembakau diikuti oleh penurunan kandungan nikotin, demikian pula bila terjadi sebaliknya.

Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dan kandungan nikotin tembakau temanggung adalah dosis pupuk N yang diaplikasikan (Djumali, 2008). Dosis pupuk maksimum untuk tembakau temanggung di lahan sawah adalah 4,9 g N/tanaman (Rachman dan Djajadi, 1991), sedangkan di lahan tegal sebesar 6,5 g N/tanaman (Rachman *et al.*, 1988). Dalam aplikasi di lapangan, dosis pupuk N yang digunakan sangat bervariasi dari 4,6–20,5 g N/tanaman dengan rata-rata sebesar 11,9 g N/tanaman (Djumali, 2008). Penggunaan dosis pupuk N yang tinggi diharapkan dapat memperoleh hasil rajangan kering yang tinggi. Sampai saat ini belum banyak diketahui, apakah peningkatan dosis pupuk hingga di atas dosis yang direkomendasikan masih diikuti oleh peningkatan proses fisiologi tanaman, hasil rajangan kering, dan kandungan nikotin tembakau temanggung. Hasil penelitian Sholeh dan Djumali (2007) pada tembakau virginia rajangan menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk N hingga 4,9 g N/tanaman masih diikuti oleh peningkatan kandungan klorofil,

fotosintesis, bobot spesifik daun, laju respirasi tanaman, dan hasil. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui tanggapan fisiologi tembakau temanggung terhadap dosis pupuk N serta kaitannya dengan hasil dan kandungan nikotin rajangan kering.

BAHAN DAN METODE

Percobaan pot dilakukan di rumah kaca Balittas Malang dari Maret–Agustus 2009 dengan menggunakan rancangan acak kelompok yang diulang 3 kali. Perlakuan yang dicoba sebanyak 6 dosis pupuk N, yaitu 0, 30, 60, 90, 120, 150 kg N/ha atau setara dengan 0; 1,62; 3,64; 4,86; 6,48; dan 8,10 g N/tanaman. Setiap perlakuan dalam satu ulangan terdiri atas 4 pot dengan ukuran pot bervolume 20 liter. Kondisi kesuburan tanah yang digunakan seperti tertera pada Lampiran 1. Kultivar tanaman yang digunakan adalah Gober Genjah dengan dosis pupuk dasar 50 kg P_2O_5 + 25 ton pupuk kandang per ha atau setara dengan 2,70 g P_2O_5 + 1,35 kg pupuk kandang per tanaman. Pupuk kandang dan pupuk P diberikan sehari sebelum tanam dengan jalan mengaduk rata dalam tanah, sumber pupuk P berasal dari pupuk SP-36. Selanjutnya pot ditata dengan jarak antarpot 90 cm x 60 cm.

Penanaman dilakukan dengan memin-dahkan bibit yang telah berumur 40 hari ke dalam pot dan setiap pot ditanami satu tanaman. Sebelum tanam, tanah dalam pot terlebih dahulu diaplikasi karbofuran (Furadan 3G) untuk mengantisipasi serangan ulat tanah.

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan melakukan penyulaman pada bibit yang mati, melakukan pendangiran bila tanah terlihat padat, dan melakukan pengendalian hama penyakit. Pemupukan 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 yang bersumber dari pupuk ZA. Pengairan dilakukan untuk menjaga agar tanah dalam kondisi kapasitas lapangan. Pemangkasan dilakukan pada awal pembungaan

pada setiap perlakuan yang digunakan. Pengendalian penyakit dilakukan dengan cara mencabut tanaman yang sakit dan memusnahkannya. Sedangkan pengendalian ulat *Helicoverpa* spp. dan *Spodoptera litura* dilakukan aplikasi tiodikarb berkonsentrasi 2 ml/l air. Pengendalian *Aphis* spp. dilakukan aplikasi imidakloprit berkonsentrasi 0,4 ml/l. Pemangkasan dilakukan apabila terdapat satu bunga telah mekar sempurna dengan cara memotong pucuk tanaman tepat di bawah dua daun bendera. Wiwil dilakukan 7 hari sekali dengan cara memotong tunas samping yang tumbuh di setiap ketiak daun.

Panen dilakukan secara bertahap pada saat daun produksi menunjukkan ketuaan. Ketuaan daun produksi ditandai dengan mudarnya warna hijau menjadi kuning sebanyak 50%. Daun yang telah menunjukkan ketuaan dipetik dan diperam hingga warnanya berubah menjadi kuning. Selanjutnya dilakukan perajangan dan penjemuran. Hasil rajangan kering selanjutnya dipisah-pisahkan berdasarkan urutan pemetikan.

Pengamatan fisiologi tanaman

Pengamatan fisiologis dilakukan terhadap 3 tanaman contoh pada 60 hari setelah tanam (HST). Alat *portable photosynthesis system* (ADC, 2000) digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur laju fotosintesis, laju respirasi, temperatur, dan energi PAR saat pengamatan. Dengan menggunakan metode yang digunakan oleh de Vries *et al.* (1989), maka diperoleh nilai fotosintesis setiap perlakuan dalam kondisi lingkungan yang sama (intensitas cahaya 300 Joule/m²/det dan temperatur udara 30°C) dan laju respirasi setiap perlakuan dalam kondisi lingkungan yang sama (temperatur 30°C). Dengan menggunakan metode yang digunakan oleh de Vries *et al.* (1989), maka diperoleh nilai efisiensi cahaya untuk mereduksi CO₂ (EF0) dan koefisien respirasi pemeliharaan daun (KRPD).

Pengamatan kandungan N dan klorofil daun serta bobot spesifik daun dilakukan dengan mengambil 6 lembar contoh daun (daun bawah, tengah, dan atas). Tiga lembar contoh

daun digunakan untuk pengukuran bobot spesifik daun dan 3 lembar sisanya digunakan untuk pengukuran kandungan N dan klorofil daun. Pengukuran bobot spesifik daun dilakukan dengan mengukur luas contoh daun (LD), mengovennya pada temperatur 80°C selama 72 jam, dan menimbanginya (BK). Bobot spesifik daun dihitung dengan membagi BK dengan LD. Adapun pengukuran kandungan N dan klorofil dilakukan membagi helaian daun contoh menjadi dua, setengah dari ketiga contoh tersebut digunakan untuk analisis kandungan N dan sisanya digunakan untuk analisis kandungan klorofil. Analisis kandungan N dilakukan dengan metode titrasi, sedangkan analisis kandungan klorofil dilakukan dengan metode fotometri.

Pengamatan Hasil Rajangan Kering dan Kandungan Nikotin

Hasil rajangan kering setiap panen ditimbang sesuai dengan perlakuan. Akumulasi bobot rajangan kering setiap panen merupakan hasil rajangan kering. Selanjutnya hasil rajangan kering dicampur rata dan diambil contoh sebagai bahan analisis kandungan nikotin. Analisis kandungan nikotin dilakukan dengan metode Ether-Petroleum ether.

Analisis Data

Uji ragam setiap peubah fisiologi, hasil rajangan kering, dan kandungan nikotin dilakukan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk N terhadap peubah tersebut. Bila hasil uji ragam menunjukkan adanya perbedaan di antara perlakuan yang dicoba, maka analisis data dilanjutkan dengan analisis regresi untuk mengetahui bentuk tanggapan fisiologi terhadap aplikasi dengan metode analisis regresi. Bila bentuk tanggapan berupa kurva kuadratik tertutup, maka dosis pupuk maksimum dihitung dengan rumus turunan pertama yakni $dy/dx=0$. Untuk mengetahui hubungan antara peubah fisiologi dengan hasil dan mutu rajangan kering maka dilakukan analisis regresi berganda langkah mundur antara hasil dan mutu rajangan kering dengan peubah fisiologi tanaman. Data yang digunakan dalam analisis ragam dan regresi diperoleh dari rerata 3 tanaman contoh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

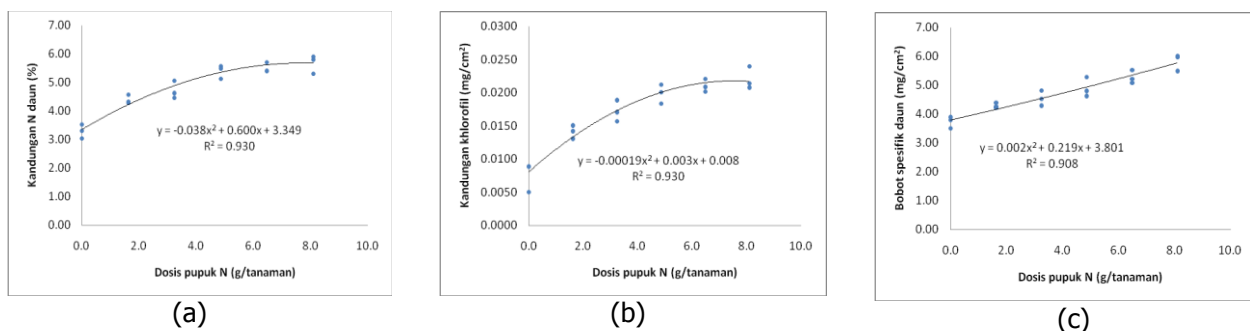
Tanggapan Kandungan N dan Klorofil dalam Daun, serta Bobot Spesifik Daun terhadap Dosis Pupuk N

Perbedaan dosis pupuk N yang diaplikasikan pada pertanaman tembakau temanggung menyebabkan perbedaan kandungan N daun, kandungan klorofil, dan bobot spesifik daun yang diperoleh (Lampiran 2). Peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan diikuti oleh peningkatan kandungan N daun dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, kandungan N daun tertinggi diperoleh pada dosis 7,89 g N/tanaman (Gambar 1a).

Dalam tanah, pupuk N yang diaplikasikan mengalami pencucian, penguapan, dan penyerapan oleh tanaman (Hardjowigeno, 1987), semakin tinggi dosis pupuk yang diaplikasikan semakin banyak hara N yang mengalami pencucian, penguapan, dan penyerapan. Dalam kondisi genetik tanaman yang sama, laju penyerapan dipengaruhi oleh ketersediaan hara N dalam tanah, dalam penelitian ini ketersediaan hara N ditentukan oleh dosis pupuk N yang diaplikasikan. Semakin tinggi dosis pupuk N yang diaplikasikan semakin besar ketersediaan hara N dalam tanah. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N diikuti oleh peningkatan kandungan N dalam daun (Gambar 1). Hasil yang sama diperoleh Sholeh dan Djumali (2007) pada tembakau virginia rajangan dan Boroujerdnia *et al.* (2007) pada tanaman leci.

Hara N dalam tanaman berfungsi sebagai bahan pembentukan senyawa protein (Salisbury dan Ross, 1995), yaitu semakin tinggi kandungan N dalam tanaman semakin besar jumlah protein yang terbentuk. Klorofil merupakan salah satu bentuk senyawa protein dalam daun tanaman (Gardner *et al.*, 1985). Dalam penelitian ini diperoleh hubungan yang erat ($Klor = 1,414 N - 0,452$ dengan $R^2 = 0,942$) antara kandungan hara N dalam daun dengan kandungan klorofil. Hasil yang sama diperoleh Djumali dan Swari (2005) pada pertanaman wijen. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan diikuti oleh peningkatan kandungan klorofil yang dihasilkan dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, kandungan klorofil tertinggi diperoleh pada dosis 7,89 g N/tanaman (Gambar 1b). Hasil yang sama diperoleh Schlemmer *et al.* (2005) pada tanaman jagung.

Pada pertanaman tembakau, semakin banyak protein yang terbentuk dalam daun semakin tebal daun tembakau yang terbentuk (Tso, 1990; Noggle dan Fritz, 1989). Semakin tebal daun yang terbentuk semakin besar bobot spesifik daunnya (Salisbury dan Ross, 1995). Dalam penelitian ini diperoleh hubungan yang erat ($BSD = 0,578 Klor^2 - 0,224 Klor + 0,635$ dengan $R^2 = 0,841$) antara kandungan klorofil dengan bobot spesifik daun. Hasil yang sama diperoleh Sholeh dan Djumali (2007) serta Djumali dan Swari (2005). Hal inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N pada pertanaman tembakau temanggung diikuti oleh



Gambar 1. Tanggapan (a) kandungan N dalam daun, (b) kandungan klorofil dalam daun, dan (c) bobot spesifik daun tembakau temanggung terhadap aplikasi dosis pupuk N

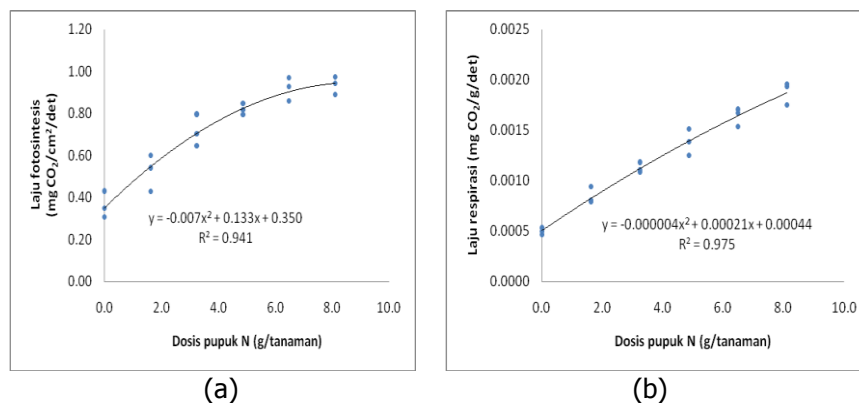
peningkatan bobot spesifik daun dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, bobot spesifik daun tertinggi diperoleh pada dosis 54,75 g N/tanaman (Gambar 1c). Hasil yang sama diperoleh Schlemmer *et al.* (2005) pada tanaman jagung.

Tanggapan laju fotosintesis dan respirasi terhadap dosis pupuk N

Dalam kondisi ketersediaan CO₂ di udara dan intensitas cahaya yang sama, laju fotosintesis daun tunggal ditentukan oleh ruang tempat proses fotosintesis dan kandungan senyawa pamanen cahaya dalam daun (Gardner *et al.*, 1985). Tempat proses fotosintesis dapat diwakili oleh bobot spesifik daun, dan senyawa pamanen cahaya diwakili oleh klorofil (Evan dan Farquhar, 1991). Peningkatan bobot spesifik daun pada batas-batas tertentu diikuti oleh peningkatan laju fotosintesis, sedangkan peningkatan selanjutnya tidak diikuti oleh peningkatan maupun penurunan laju fotosintesis (de Vries *et al.*, 1989). Adapun peningkatan kandungan klorofil diikuti oleh peningkatan laju fotosintesis (Evan dan Farquhar, 1991). Dalam penelitian ini diperoleh hubungan kuadratik tertutup ($Fot = -3,592 BSD^2 + 7,459 BSD - 2,87$ dengan $R^2 = 0,871$) antara laju fotosintesis (Fot) dan bobot spesifik daun (BSD) dan hubungan linier positif ($Fot = 1,008 Klor + 0,018$ dengan $R^2 = 0,942$) antara fotosintesis dengan kandungan klorofil ($klor$). Hal

inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan diikuti oleh peningkatan laju fotosintesis dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, laju fotosintesis tertinggi diperoleh pada dosis 9,50 g N/tanaman (Gambar 2a). Hasil yang sama diperoleh Sholeh dan Djumali (2007) pada tanaman tembakau virginia, Djumali dan Swari (2005) pada tanaman wijen, dan Jamaati-e-Somarin *et al.* (2010) pada tanaman gandum.

Respirasi merupakan proses fisiologi untuk menghasilkan energi kimia, dimana energi tersebut digunakan untuk pembentukan jaringan baru yang sering disebut respirasi pertumbuhan dan untuk pemeliharaan aktivitas sel yang disebut respirasi pemeliharaan (Pannangpetch, 1992). Untuk membentuk 1,0 g protein diperlukan 1,887 g glukosa dan dilepas 0,817 g CO₂ (de Vries *et al.*, 1989), sedangkan pemeliharaan protein dalam sel memerlukan energi yang tinggi sebagai akibat senyawa protein mudah terdegradasi (Salisbury dan Ross, 1995). Oleh karena itu, semakin tinggi kandungan protein dalam jaringan tanaman semakin tinggi laju respirasi yang terjadi. Dalam penelitian ini diperoleh hubungan secara kuadratik terbuka ($Res = 1,041 Klor^2 - 0,222 Klor + 0,215$ dengan $R^2 = 0,910$) antara laju respirasi dengan kandungan klorofil. Bentuk hubungan yang sama diperoleh Djumali (2001) pada tembakau virginia kerosok. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N yang di-



Gambar 2. Tanggapan (a) laju fotosintesis dan (b) respirasi tembakau temanggung terhadap aplikasi dosis pupuk N

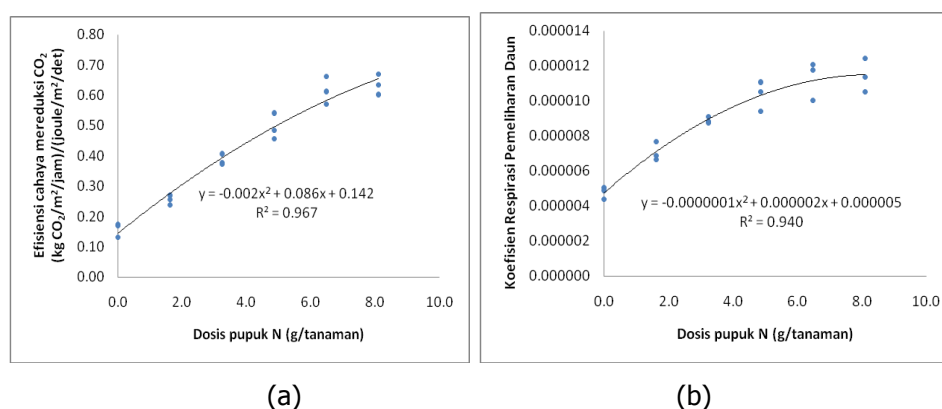
aplikasikan ditanggapi laju respirasi dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, respirasi tertinggi diperoleh pada dosis pupuk 26,25 g N/tanaman (Gambar 2b). Hasil yang sama diperoleh Sholeh dan Djumali (2007) pada tembakau virginia rajangan serta Jamaati-e-Somarin *et al.*, 2010) pada tanaman gandum.

Tanggapan Efisiensi Cahaya Mereduksi CO₂ (EF0) dan Koefisien Respirasi Pemeliharaan Daun (KRPD)

EF0 menunjukkan kemampuan daun untuk mengolah energi cahaya yang diterima menjadi karbohidrat dalam proses fotosintesis pada temperatur referen (Pannangpetch, 1992), dan nilainya dipengaruhi oleh genetik tanaman dan kondisi lingkungan (de Vries *et al.*, 1989). Faktor lingkungan yang mempengaruhi EF0 salah satunya adalah ruang tempat penampungan CO₂ dalam daun (Pannangpetch, 1992). Ruang tempat penampungan CO₂ dalam daun sangat terkait dengan ketebalan daun atau sering disebut bobot spesifik daun (Salisbury dan Ross, 1995). Oleh karena itu, semakin besar bobot spesifik daun semakin besar pula nilai EF0. Dalam penelitian ini diperoleh hubungan yang erat ($EF0 = 2,128 \text{ BSD} - 1,053$ dengan $R^2 = 0,877$) antara EF0 dengan bobot spesifik daun. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan

diikuti oleh peningkatan EF0 secara kuadratik tertutup, nilai EF0 tertinggi diperoleh pada dosis pupuk 21,50 g N/tanaman (Gambar 3a). Bentuk tanggapan yang sama diperoleh Marchetti *et al.* (2006) pada tanaman tembakau flue-cured serta Djumali dan Swari (2005) pada tanaman wijen.

Koefisien respirasi pemeliharaan daun menunjukkan nilai pengaruh faktor genetik dan lingkungan terhadap laju respirasi pemeliharaan tanaman (Pannangpetch, 1992). Dalam kondisi genetik tanaman yang sama, maka laju respirasi pemeliharaan hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang dalam penelitian ini hanya dosis pupuk N. Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa respirasi pemeliharaan tanaman merupakan kegiatan tanaman dalam memelihara aktivitas sel, pemeliharaan aktivitas sel semakin meningkat dengan meningkatnya kandungan protein dalam sel. Dengan demikian, semakin tinggi kandungan klorofil dalam daun semakin tinggi nilai KRPD. Dalam penelitian ini diperoleh hubungan yang erat ($KRPD = 0,901 \text{ Klor} + 0,084$ dengan $R^2 = 0,920$). Hasil yang sama diperoleh Djumali (2001) pada tembakau virginia kerosok. Hal inilah yang menyebabkan peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan ditanggapi KRPD dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, nilai KRPD tertinggi diperoleh pada dosis 10,00 g N/tanaman (Gambar 3b).



Gambar 3. Tanggapan (a) efisiensi cahaya mereduksi CO₂ dan (b) koefisien respirasi pemeliharaan daun tembakau temanggung terhadap aplikasi dosis pupuk N

Tanggapan Hasil dan Kandungan Nikotin

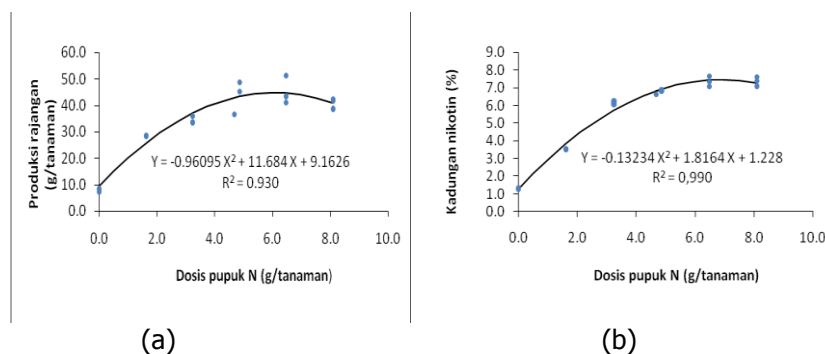
Sebagaimana dengan peubah fisiologi tanaman, hasil rajangan kering tembakau temanggung menanggapi dosis pupuk N yang diaplikasikan dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, hasil tertinggi diperoleh pada dosis 6,08 g N/tanaman (Gambar 4a). Hasil yang sama diperoleh Schmidt *et al.* (2002) serta Kuo dan Jellum (2002) pada tanaman jagung, Fritsch *et al.* (2003) pada tanaman kapas pima, serta Sholeh dan Djumali (2007) pada tanaman tembakau virginia rajangan.

Sama halnya dengan hasil rajangan kering, kandungan nikotin dalam rajangan kering menanggapi peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, kandungan nikotin tertinggi diperoleh pada dosis 6,86 g N/tanaman (Gambar 4b). Bentuk tanggapan yang sama diperoleh Rachman dan Djajadi (1991) pada tanaman tembakau di lahan sawah serta Xi *et al.* (2005) pada tanaman tembakau flue-cured.

Hubungan peubah fisiologi tanaman dengan hasil dan kandungan nikotin

Seluruh peubah fisiologi tanaman tembakau temanggung yang diamati menanggapi peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan dengan membentuk kurva kuadratik tertutup dengan dosis maksimum yang berbeda-beda (Gambar 1–3). Demikian pula hasil rajangan kering dan kandungan nikotin menanggapi peningkatan dosis pupuk N yang diaplikasikan dengan membentuk kurva kuadratik tertutup dengan dosis optimum yang berbeda (Gambar 4). Hasil analisis regresi linier berganda langkah mundur menunjukkan bahwa kandungan klorofil dalam daun merupakan peubah fisiologi yang paling menentukan hasil rajangan kering, disusul oleh kandungan N-daun, laju respirasi, dan bobot spesifik daun (Tabel 1).

Hasil rajangan kering tembakau temanggung merupakan hasil proses perajangan daun-daun terpanen. Bobot kering daun-daun terpanen sangat ditentukan oleh akumulasi



Gambar 4. Tanggapan (a) hasil rajangan kering dan (b) kandungan nikotin dalam rajangan kering tembakau temanggung terhadap aplikasi dosis pupuk N

Tabel 1. Persamaan regresi antara peubah fisiologi dengan hasil rajangan

Peubah fisiologi	Koefisien regresi persamaan ke					
	1	2	3	4	5	6
- BSD	0,2910	0,3456	0,3644	-	-	-
- Klorofil	0,8025	0,7541	0,7681	0,7676	0,5757	1,1258
- Fotosintesis	-0,0815	-	-	-	-	-
- Respirasi	-0,4648	-0,4995	-0,4611	-0,3007	-	-
- N-daun	1,0275	0,9885	1,0047	1,0173	0,8254	-
- EFO	0,1116	0,0630	-	-	-	-
- KRPD	0,0661	-	-	-	-	-
Konstanta	-0,0666	-0,6928	-0,7151	-0,5369	-0,4321	-0,1444
Koefisien determinasi (R^2)	0,922	0,922	0,921	0,918	0,909	0,896

karbohidrat tersedia untuk pertumbuhan tanaman selama masa hidup daun-daun tersebut. Jumlah karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan daun ditentukan oleh (1) energi yang tersedia untuk membentuk glukosa, (2) laju respirasi, (3) laju transportasi (*loading* dan *unloading*) fotosintat, dan (4) kapasitas ruang tampung CO₂ dalam daun (Salisbury dan Ross, 1995).

Dalam kondisi intensitas cahaya yang sama, energi yang diperlukan dalam pembentukan karbohidrat ditentukan kemampuan tanaman memanen cahaya, alat pemanen cahaya dalam tanaman disebut klorofil. Secara umum, semakin banyak kandungan klorofil dalam daun semakin banyak energi cahaya yang terpanen sehingga semakin banyak karbohidrat yang terbentuk (Gardner *et al.*, 1985). Hal inilah yang menyebabkan kandungan klorofil merupakan peubah fisiologi yang berpengaruh positif terhadap hasil rajangan kering (Tabel 1).

Sebagian karbohidrat yang terbentuk dalam daun akan dirombak untuk menghasilkan energi kimia yang digunakan untuk membentuk jaringan baru, proses perombakan tersebut disebut respirasi pertumbuhan (Pannang-etch, 1992). Mengingat karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan merupakan hasil pengurangan antara karbohidrat yang terbentuk dengan karbohidrat yang terbongkar (respirasi), maka semakin besar laju respirasi semakin rendah karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan. Hal inilah yang menyebabkan laju respirasi berpengaruh negatif terhadap hasil rajangan kering tembakau temanggung (Tabel 1). Hasil penelitian Djumali (2010) menunjukkan bahwa laju respirasi berpengaruh negatif terhadap hasil rajangan kering tembakau temanggung.

Karbohidrat yang terbentuk dalam daun harus segera ditranslokasi ke jaringan tanaman yang membutuhkannya. Jika tidak terjadi translokasi, karbohidrat akan tersimpan dalam daun dan hal tersebut akan menghambat proses pemanenan cahaya. Laju translokasi karbohidrat dari daun ke organ tanaman lainnya dipengaruhi oleh kecepatan pembentukan ja-

ringan baru, keberadaan hara N dalam jaringan berpengaruh besar dalam proses pembentukan jaringan baru (Salisbury dan Ross, 1995). Semakin besar kandungan N dalam organ tanaman semakin cepat laju translokasi karbohidrat, sehingga pembentukan karbohidrat dalam daun semakin cepat. Hal inilah yang menyebabkan kandungan N-daun berpengaruh positif terhadap hasil rajangan kering (Tabel 1).

Kapasitas ruang tampung CO₂ dalam daun per luasan daun dipengaruhi oleh ketebalan daun, sedangkan ketebalan daun biasanya dinyatakan dalam bobot spesifik daun. Dalam kondisi kandungan CO₂ di udara yang sama, kapasitas ruang tampung CO₂ dalam daun yang tinggi menyebabkan ketersediaan CO₂ dalam daun yang tinggi pula. CO₂ merupakan bahan utama dalam pembentukan karbohidrat. Oleh karena itu, semakin besar kapasitas ruang tampung CO₂ dalam daun semakin cepat laju pembentukan karbohidrat dalam daun. Hal inilah yang menyebabkan ketebalan daun berpengaruh positif terhadap hasil rajangan kering (Tabel 1).

Berbeda dengan hasil rajangan kering, kandungan nikotin dalam rajangan kering ditentukan oleh laju fotosintesis, baru dilanjutkan oleh KRPD, respirasi, dan yang terakhir kandungan klorofil (Tabel 2).

Nikotin merupakan senyawa kimia produk sekunder khusus dari tanaman tembakau, senyawa tersebut dibentuk dalam jaringan akar (Bush, 1999). Pertumbuhan akar tembakau temanggung akan mempengaruhi laju pembentukan nikotin, dan semakin besar laju pertumbuhan akar semakin tinggi kandungan nikotin dalam rajangan kering.

Dalam proses fotosintesis, air akan dipecah menjadi proton dan dilepas O₂. Dalam kondisi intensitas cahaya dan ketersediaan CO₂ di udara yang sama, laju fotosintesis ditentukan oleh ketersediaan air dalam tanaman. Dalam kondisi ketersediaan air dalam tanah yang sama, ketersediaan air dalam tanaman ditentukan oleh kemampuan akar untuk menyerap air dari dalam tanah (Gardner *et al.*,

Tabel 2. Persamaan regresi antara peubah fisiologi dengan kandungan nikotin

Peubah fisiologi	Koefisien regresi persamaan ke					
	1	2	3	4	5	6
- BSD	0,3161	0,2851	-	-	-	-
- Klorofil	0,2159	0,2525	0,3147	-	-	-
- Fotosintesis	0,7877	0,7158	0,7159	0,9202	0,8456	1,2842
- Respirasi	-0,2533	-0,2879	-0,1163	-0,1497	-	-
- N-daun	0,0429	-	-	-	-	-
- EF0	-0,1004	-	-	-	-	-
- KRPD	0,5784	0,5754	0,4587	0,6039	0,5091	-
Konstanta	-0,5038	-0,4570	-0,2984	-0,3091	-0,2799	-0,2329
Koefisien Determinasi	0,938	0,938	0,937	0,935	0,934	0,923

1985). Semakin besar air yang terserap berarti semakin besar kemampuan akar untuk menyerap air. Dengan demikian, semakin besar laju fotosintesis semakin besar pertumbuhan akar, sehingga semakin tinggi laju pembentukan nikotin dalam akar. Hal inilah yang menyebabkan fotosintesis berpengaruh positif terhadap kandungan nikotin dalam rajangan kering (Tabel 2).

Ketersediaan air dalam tanaman berpengaruh terhadap laju perombakan karbohidrat menjadi energi yang tersedia untuk pertumbuhan (respirasi pertumbuhan) dan pemeliharaan aktivitas sel (respirasi pemeliharaan). Laju respirasi pertumbuhan jauh lebih besar dibanding laju respirasi pemeliharaan (de Vries *et al.*, 1989). Semakin tinggi laju respirasi pertumbuhan semakin banyak karbohidrat yang dirombak menjadi energi kimia sehingga karbohidrat yang tersedia untuk pembentukan nikotin menjadi semakin rendah. Hal inilah yang menyebabkan laju respirasi berpengaruh negatif terhadap kandungan nikotin dalam rajangan kering (Tabel 2).

Klorofil merupakan alat pemanen cahaya dalam tanaman. Dalam kondisi lingkungan tumbuh yang sama, semakin besar kandungan klorofil dalam daun semakin besar pula laju fotosintesis yang terjadi (Salisbury dan Ross, 1995). Mengingat laju fotosintesis berpengaruh positif terhadap kandungan nikotin dalam rajangan kering, maka klorofil juga berpengaruh positif terhadap kandungan nikotin (Tabel 2).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa peubah fisiologi tanaman yang meliputi kandungan N-daun, klorofil, bobot spesifik daun, laju fotosintesis, respirasi, efisiensi cahaya mereduksi CO₂ (EF0), dan koefisien respirasi pemeliharaan daun (KRPD) serta hasil rajangan kering dan kandungan nikotin tembakau temanggung dipengaruhi oleh dosis pupuk N yang diaplikasikan dengan membentuk kurva kuadratik tertutup, dosis maksimum masing-masing sebesar 7,89; 7,89; 54,75; 9,50; 26,25; 21,50; 10,00; 6,08; dan 6,86 g N/tanaman. Peubah fisiologi tanaman yang paling menentukan hasil rajangan kering akibat aplikasi dosis pupuk N berturut-turut adalah klorofil, N-daun, laju respirasi, dan bobot spesifik daun. Adapun peubah fisiologi tanaman yang paling menentukan kandungan nikotin berturut-turut adalah fotosintesis, KRPD, respirasi, dan kandungan klorofil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Nunung Sudibyo dan Bapak Adi Kuncoro yang berkenan membantu dalam pengamatan fisiologi tanaman. Demikian pula kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Sohri, SP. yang telah membantu dalam persiapan pembibitan dan media tanam. Tak lupa kami juga mengucapkan terima kasih

kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ADC, 2000. LCI Portable Photosynthesis System: Instruction manual. ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, Herts.
- Boroujerdnia, M., N.A. Ansori, and F.S. Dehcordie, 2007. Effect of cultivars, harvesting time, and levels of nitrogen fertilizer on nitrate and nitrite content, yield in romaine lettuce. *Asian J. of Plant Sci.* 6(3):550–553.
- Bush, L.P. 1999. Alkaloid biosynthesis. p. 285–291. *In Tobacco: Production, Chemistry, and Technology*. Ed. D.I. Davis and M.T. Nielsen. Blackwell Science, Oxford.
- Djajadi dan A.S. Murdiyati. 2000. Hara dan pemupukan tembakau temanggung. Hlm. 32–39. *Dalam Monograf Tembakau Temanggung*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Djumali. 2001. Model simulasi potensi pertumbuhan dan produksi tembakau virginia. Tesis. Program Pascasarjana Unibraw, Malang.
- Djumali dan E.I. Swari, 2005. Respon tanaman wijen terhadap aplikasi pupuk N. *Jurnal Agronomi* 9(2):83–91.
- Djumali. 2008. Produksi dan mutu tembakau temanggung (*Nicotiana tabacum* L.) di daerah tradisional serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Disertasi. Program Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- 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.
- Evan, J.R. and G.D. Farquhar. 1991. Modeling canopy photosynthesis from the biochemistry of the C3 chloroplast. pp. 1–15. *In Modeling Crop Photosynthesis-from Biochemistry to Canopy* (Eds. K.J. Boote and R.S. Loomis), CSSA Special Publication Number 19, Wisconsin, USA.
- Fritschi, F.B., B.A. Roberts, R.L. Travis, D.W. Rains, and R.B. Hutmacher. 2003. Response of irrigated acala and pima cotton to nitrogen fertilizer: growth, dry matter partitioning, and yield. *Agron J.* 95:133–146.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1985. *Physiology of crops plant*. The Iowa State University Press, Iowa, USA.
- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu tanah. PT Mediatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Jamaati-e-Somarin, S., R. Zabihi-e-Mahmoodabad, A. Yari, M. Khayatnezhad, and R. Gholamin. 2010. Effect of nitrogen fertilizer levels and plant density on some physiological traits of durum wheat. *Am-Euras. J. Agric. Sci.* 9(2):121–127.
- Kuo, S. and E.J. Jellum. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn. *Agron. J.* 94: 501–508.
- Marchetti, R., F. Castelli, and R. Contillo. 2006. Nitrogen requirements for flue-cured tobacco. *Agron. J.* 98:666–674.
- Noggle, G.R. and G.J. Fritz. 1989. *Introductory plant physiology*. Second edition. Prentice Hall of India Private Limited, New-Delhi.
- Pannangpetch, K. 1992. Introduction to simulation of crop growth on microcomputer. Department of Agronomy Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Thailand.
- Rachman, A. dan Djajadi. 1991. Pengaruh dosis pupuk N dan K terhadap sifat-sifat agronomis dan susunan kimia daun tembakau temanggung di lahan sawah. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 6(1):21–31.
- Rachman, A., Djajadi, dan A. Sastrosupadi. 1988. Pengaruh pupuk kandang dan pupuk nitrogen terhadap produksi dan mutu tembakau temanggung. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 6(1):21–31.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1995. *Plant physiology*. 4th edition. Wadsworth Publishing Co., New York.
- Schlemmer, M.R., D.D. Francis, J.F. Shanahan, and J.S. Schepers. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agron. J.* 97:106–112.
- Schmidt, J.P., A.J. De Joia, R.B. Ferguson, R.K. Taylor, R.K. Young, and J.C. Havlin. 2002. Corn yield respons to nitrogen at multiple in-field locations. *Agron. J.* 94:798–806.
- Sholeh, M. dan Djumali. 2007. Respon fisiologis dua galur unggul tembakau virginia rajangan terhadap nitrogen. *Agritek*. 15(3):629–635.

Tso, T.C. 1990. Production, physiology, and biochemistry of tobacco plant. IDEALS Inc., Beltsville, Maryland, USA.

Vries, F.W.T.P. de, D.M. Jansen, H.F.M. ten Berge, and A. Bakema. 1989. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Simulation Monograph 29, Pudoc, Wageningen.

Xi, X.Y., C.J. Li, and F.S. Zhang. 2005. Nitrogen supply after removing the shoot apex increases the nicotine concentration and nitrogen content of tobacco plants. *Annals of Botany*. 96:793–797.

Lampiran 1. Kondisi kesuburan tanah yang digunakan dalam penelitian

Karakteristik tanah	Nilai	Kategori
pH H ₂ O	5,80	Agak masam
pH HCl	4,50	
C-organik (%)	1,34	Rendah
N-total (%)	0,17	Rendah
C/N	8,00	Rendah
P Bray (mg/kg)	15,76	Tinggi
K (me/100 g)	0,29	Sangat Rendah
Na (me/100 g)	0,13	Rendah
Ca (me/100 g)	5,72	Sedang
Mg (me/100 g)	4,29	Rendah
KTK (me/100 g)	17,73	Sedang
Jumlah basa (me/100 g)	10,44	
Kejenuhan basa (%)	59,00	Sedang
Pasir (%)	44,00	
Debu (%)	35,00	Lempung
Liat (%)	21,00	

Lampiran 2. Sidik ragam kandungan N, klorofil, bobot spesifik daun, laju fotosintesis, dan laju respirasi tembakau temanggung dalam rancangan acak kelompok

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah pada peubah				
		Kandungan N daun	Bobot spesifik daun	Kandungan klorofil	Fotosintesis	Respirasi
Ulangan	2	0,72635*	0,86006*	0,01360*	0,07733**	0,00078*
Perlakuan	5	2,38825**	1,64091**	0,08790**	0,15759**	0,00785**
Acak	10	0,13362	0,12314	0,00286	0,00323	0,00013
Koefisien keragaman (%)		7,29	7,37	9,98	7,70	9,33

Keterangan: tanda * dan ** berarti berpengaruh pada uji F 5% dan 1%.