

Tembakau Temanggung: Fotosintesis, Respirasi, Partisi Karbohidrat, Serta Keterkaitannya dengan Hasil dan Mutu Rajangan Kering

Djumali

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat

Jl. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang

E-mail: balittas@litbang.deptan.go.id

Diterima: 10 Mei 2010

disetujui: 17 Juni 2010

ABSTRAK

Peningkatan hasil dan mutu tembakau temanggung dapat dilakukan bila sudah diketahui karakter tanaman serta keterkaitan antara karakter fisiologi dengan hasil dan mutu tersebut. Karakter fisiologi tanaman tembakau temanggung (termasuk fotosintesis, respirasi, dan partisi karbohidrat) serta keterkaitan karakter tersebut dengan hasil dan mutu belum banyak diketahui. Penelitian bertujuan untuk memperoleh informasi fotosintesis, respirasi, partisi karbohidrat, serta kaitannya dengan hasil dan mutu rajangan kering dilakukan di rumah kaca Balittas, Malang pada Maret–Agustus 2008. Sembilan kultivar tembakau temanggung disusun dalam rancangan acak kelompok dan diulang tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis pada berbagai umur pengamatan bervariasi 0,666–0,787 mg CO₂/cm²/detik, sedangkan laju respirasi bervariasi (0,040–0,238) × 10⁻² mg CO₂/g/det. Partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk pada berbagai umur pengamatan bervariasi 65,4–78,7% dari karbohidrat untuk pertumbuhan tanaman. Adapun untuk daun bervariasi 34,8–78,3%, batang bervariasi 23,2–53,3%, bunga bervariasi 11,7–37,4%, dan tunas samping bervariasi 10,6–27,5% dari karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk. Partisi untuk pembentukan nikotin bervariasi 1,8–9,4% dari karbohidrat untuk pertumbuhan akar. Karakter partisi untuk tajuk dan akar pada 0–30 hst, partisi untuk nikotin dan jaringan akar pada > 60 hst, serta laju respirasi pada 45 hst mempunyai pengaruh sebesar 92,3% terhadap hasil tembakau temanggung. Adapun karakter partisi untuk nikotin dan tajuk pada > 60 hst, partisi untuk tajuk pada 30–45 hst, partisi untuk daun pada 0–30 hst, partisi untuk bunga, dan laju respirasi pada 45 hst mempunyai pengaruh sebesar 90,8% terhadap mutu tembakau temanggung.

Kata kunci: Tembakau temanggung, fotosintesis, respirasi, partisi karbohidrat, *Nicotiana tabacum*

Temanggung Tobacco: Photosynthesis, Respiration, Carbohydrate Partitioning, and Its Relationship on Dry Slice Yield and Quality

ABSTRACT

Yield and quality temanggung tobacco could be increased if plant characteristics and the relationship between plant physiology characteristic and yield quality had been identified in which such relationship has not yet been defined clearly. An experiment to find several information of photosynthesis, respiration, carbohydrate partitioning and its relationship with yield and quality was conducted in glasshouse IToFCRI, Malang since March–August 2008. Nine cultivars of temanggung tobacco were arranged in randomized block design with three replications. The results showed that the photosynthetic rates at different ages observations varied from 0.666 to 0.787 mg CO₂/cm²/sec, while the respiration rate varied (0.040 to 0.238) × 10⁻² mg CO₂/g/sec. Carbohydrate partitioning for shoot growth at various ages observations varied from 65.4 to 78.7% from carbohydrates for plant growth. As for the leaves varied from 34.8 to 78.3%, varying 23.2 to 53.3% for stems, flowers vary 11.7 to 37.4%, and suckers varied 10.6 to 27.5% from carbohydrates for shoot growth. Carbohydrate partitioning to the formation of nicotine varied from 1.8 to 9.4% from carbohydrates for root growth. Carbohydrate partitioning for shoot and root at 0–30 dap, the partition to nicotine and root tissue at > 60 dap, and respiration rate at 45 dap have influence 92.3% on yield temanggung tobacco. Carbohydrate

partitioning for nicotine forming and shoot at > 60 dap, the partition for shoot at 30–45 dap, partitioning to leaves at 0–30 dap, the partition to flower, and respiration rate at 45 days having the effect of 90.8% for the quality temanggung tobacco.

Keywords: Temanggung tobacco, photosynthesis, respiration, carbohydrate partitioning, *Nicotiana tabacum*

PENDAHULUAN

TEMBAKAU temanggung berasal dari jenis tembakau yang telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan tumbuh wilayah Temanggung (Rochman dan Suwarso, 2000). Tembakau ini mempunyai ciri khas yakni berkadar nikotin tinggi (Djajadi dan Murdiyati, 2000) dan sangat berbeda dengan tembakau virginia yang ber kandungan gula tinggi. Perbedaan ciri khas tersebut menyebabkan perbedaan pengelolaan tanaman dan metode pengolahan hasilnya. Hasil penelitian Djumali (2008) memperlihatkan bahwa tekstur tanah yang ringan berpengaruh positif terhadap produksi dan mutu tembakau temanggung, sedangkan di luar negeri diperoleh informasi bahwa tekstur tanah ringan berpengaruh negatif terhadap produksi dan mutu tembakau virginia. Dengan demikian, faktor-faktor yang mempengaruhi produksi dan mutu hasil tembakau temanggung, baik faktor lingkungan maupun faktor karakter tanaman, berbeda dengan tembakau virginia.

Produksi tembakau temanggung sangat bervariasi, yakni 368–645 kg/ha dengan rata-rata sebesar 516 kg/ha (Anonymous, 2006), sedangkan potensi produksi berkisar 862–900 kg/ha (Murdiyati *et al.*, 2003). Peningkatan produksi dan mutu hasil dapat dilakukan bila telah diketahui karakter tanaman tembakau temanggung yang menentukan produksi dan mutu hasil. Hasil penelitian Djumali (2008) menunjukkan bahwa penggunaan kultivar tanaman yang berbeda menghasilkan produksi dan mutu hasil tembakau temanggung yang berbeda. Namun sampai saat ini masih sedikit pengetahuan tentang karakter tanaman yang membedakan antarkultivar tembakau temanggung (termasuk laju fotosintesis, laju respirasi, dan partisi karbohidrat) dan kaitan perbedaan karakter tersebut dengan hasil dan mutu

rajangan kering. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh informasi tentang laju fotosintesis, laju respirasi, partisi karbohidrat, serta keterkaitannya dengan hasil dan mutu rajangan kering tembakau temanggung.

BAHAN DAN METODE

Percobaan pot dilakukan di rumah kaca Balittas, Malang selama Maret–Agustus 2008 dengan menggunakan rancangan lingkungan acak kelompok diulang 3 kali. Perlakuan yang dicoba sebanyak 9 kultivar tembakau yang berkembang di wilayah Kabupaten Temanggung (Gober Genjah, Gober Kemloko, Gober Paijo, Genjah Ulir, Ngablak, Kemloko-2, Gober Pelus, Mantili, dan Dorowati). Tanah yang digunakan merupakan seri Glapansari dimana masing-masing perlakuan dalam tiap ulangan terdiri atas 15 pot dengan ukuran pot bervolume 20 liter.

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 pot. Pupuk kandang dan pupuk P diberikan sehari sebelum tanam dengan jalan mengaduk rata dalam tanah, dimana sumber pupuk P berasal dari pupuk SP-36. Selanjutnya pot ditata dengan jarak antarpot 90 cm x 60 cm.

Penanaman dilakukan dengan memindahkan bibit yang telah berumur 40 hari ke dalam pot dimana setiap pot ditanami satu tanaman. Sebelum tanam, tanah dalam pot terlebih dahulu diaplikasi karbofuran untuk mengantisipasi serangan ulat tanah dan diaplikasi pupuk dasar. Setelah aplikasi pupuk kandang dan pupuk P, pot dipasang *gypsum block* untuk mengamati kelembapan tanah agar diperoleh keseragaman kelembapan tanah.

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan meliputi penyulaman pada bibit yang mati, pendangiran bila tanah terlihat padat, pemupukan N, penyiraman, pemangkasan, dan pengendalian hama penyakit. Pemupukan N diberikan dengan dosis 120 kg N/ha atau setara dengan 6,48 g N/pohon. Aplikasi pupuk N diberikan dua kali yaitu lima hari dan 25 hari setelah tanam (hst) dengan masing-masing sebesar 1/3 dan 2/3 dosis pupuk N, dimana sumber pupuk N berasal dari pupuk ZA. Pengairan dilakukan dengan menambah sejumlah air sesuai dengan kelembapan tanah masing-masing pot untuk menjaga agar tanah dalam kondisi kapasitas lapangan. Pemangkasan dilakukan pada awal pembungaan pada setiap kultivar yang digunakan. Pengendalian penyakit dilakukan dengan cara mencabut tanaman yang sakit dan memusnahkannya. Pengendalian ulat *Helicoverpa* sp. dan *Spodoptera litura* dilakukan dengan tiodikarb berkonsentrasi 2 ml per liter air. Pengendalian *Aphis* sp. dengan imidakloprit berkonsentrasi 0,4 ml per liter.

Panen dilakukan secara bertahap dengan memanen setiap daun produksi yang telah masak fisiologi dengan ditandai memudarnya warna hijau menjadi kekuningan seba-

nyak 50%. Daun yang telah menunjukkan ketuaan dipetik dan diperam hingga warnanya berubah menjadi kuning. Lama pemeraman bervariasi 2-30 hari, tergantung jenis daun yang dipanen. Selanjutnya dilakukan perajangan dan penjemuran, dimana lama penjemuran cukup sehari. Hasil rajangan kering selanjutnya dipisah-pisahkan berdasarkan urutan pemetikan.

Pengamatan Hasil dan Mutu

Hasil rajangan kering yang telah dipisah-pisahkan per panen selanjutnya ditimbang untuk mengetahui bobotnya (bh). Hasil rajangan kering per tanaman (hasil) dihitung dengan rumus:

$$\text{Hasil} = bh-1 + bh-2 + bh-3 + \dots + bh-p \dots (\text{g/tan.})$$

dimana 1, 2, 3, p adalah panen ke 1, 2, 3, panen akhir.

Pengamatan mutu dilakukan dengan menganalisis kadar nikotin pada setiap hasil panen. Analisis kadar nikotin dilakukan dengan menggunakan metode *Ether-Petroleum-ether* seperti pada Lampiran 1. Kadar nikotin rajangan kering per tanaman (nikotin) dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Nikotin} = \frac{(bh-1 \times \text{nik-1} + bh-2 \times \text{nik-2} + bh-3 \times \text{nik-3} + \dots + bh-p \times \text{nik-p})}{\text{Hasil}} \dots (\%)$$

dimana nik-1, nik-2, nik-3, dan nik-p adalah kadar nikotin pada hasil panen ke 1, 2, 3, dan panen akhir.

Pengamatan Fisiologi Tanaman

Pengamatan fisiologi tanaman dilakukan dengan mengukur laju fotosintesis dan respirasi pada tanaman berumur 30, 45, dan 60 hari dengan menggunakan alat *Portable Photosynthesis System*. Hasil pengukuran selanjutnya dikoreksi terhadap intensitas cahaya dan temperatur udara dengan metode seperti yang digunakan Penning deVries *et al.* (1989).

Pengamatan Partisi Karbohidrat

Pengamatan partisi karbohidrat dilakukan dengan membongkar tanaman pada umur

0, 30, 45, dan 60 hari, serta saat panen akhir. Tanaman yang telah dibongkar dipisah-pisahkan antara akar dan tajuk. Tajuk tanaman dipisah-pisahkan menjadi batang, daun, bunga, dan tunas samping. Seluruh organ tanaman dikeringkan dalam oven bertemperatur 80°C selama 72 jam dan ditimbang. Daun kering selanjutnya dianalisis kadar nikotin dengan menggunakan metode *Ether-Petroleumether*. Karbohidrat yang tersedia (Kar) untuk pertumbuhan masing-masing organ dan pembentukan nikotin (KarTin) dihitung seperti yang dilakukan oleh Penning deVries *et al.* (1989). Kar-

bohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan tajuk (KarTaj) dihitung dengan rumus:

$$\text{KarTaj} = \text{KarBat} + \text{KarDa} + \text{KarBu} + \text{KarTun}$$

dimana KarBat = karbohidrat untuk pertumbuhan batang, KarDa = untuk pertumbuhan daun, KarBu = untuk pertumbuhan bunga, KarTun = untuk pertumbuhan tunas samping, dan KarAk = untuk pertumbuhan akar.

Proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk (PropTaj) dan akar (PropAK) dihitung dengan rumus:

$$\text{PropTaj} = \text{KarTaj}/(\text{KarAk} + \text{KarTaj})$$

$$\text{PropAk} = 1 - \text{PropTaj}$$

Proporsi partisi masing-masing organ tajuk (batang, daun, bunga, dan tunas samping) dihitung dengan rumus:

$$\text{Prop}(\text{Bat, Da, Bu, Tun}) = \text{Kar}(\text{Bat, Da, Bu, Tun})/\text{KarTaj}$$

Karbohidrat untuk pertumbuhan akar digunakan untuk membentuk jaringan akar dan niko- tin. Proporsi partisi untuk pembentukan niko- tin (PropTin) dan jaringan akar (PropJarAk) di- hitung dengan rumus:

$$\text{PropTin} = \text{KarTin}/\text{KarAk}$$

$$\text{PropJarAk} = 1 - \text{PropTin}$$

Analisis Data

Untuk mengetahui apakah peubah laju fotosintesis, respirasi, dan proporsi partisi karbohidrat pada berbagai umur pengamatan merupakan karakter suatu kultivar tembakau temanggung, maka data dianalisis ragam sesuai dengan rancangan yang digunakan. Bila terdapat perbedaan antarkultivar, maka analisis data dilanjutkan dengan uji jarak Duncan pada taraf 5%. Mengingat kondisi lingkungan tumbuh dibuat seseragam mungkin, maka peubah pengamatan yang menunjukkan adanya perbedaan antarkultivar ditetapkan sebagai karakter kultivar tembakau temanggung.

Untuk mengetahui karakter tanaman yang menentukan produksi dan mutu tembakau temanggung, maka data produksi dan mutu diregresikan dengan semua karakter kulti-

var tembakau temanggung menggunakan metode analisa regresi linier berganda (*Stepwise Analysis*) langkah mundur. Persamaan yang menghasilkan koefisien determinasi (R^2) sekitar 0,95 ditetapkan sebagai persamaan dimana karakter-karakter penyusunnya merupakan karakter yang menentukan produksi dan mutu tembakau temanggung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Fotosintesis dan Respirasi

Laju fotosintesis 9 kultivar tembakau temanggung pada fase pertumbuhan lambat (30 hst), fase pertumbuhan cepat (45 hst), dan fase pertumbuhan konstan (60 hst) bervariasi masing-masing 0,666–0,744; 0,669–0,757; dan 0,671–0,787 mg CO₂/cm²/detik dengan rata-rata sebesar 0,704; 0,717; dan 0,726 mg CO₂/cm²/detik (Tabel 1). Variasi laju fotosintesis pada setiap fase pertumbuhan disebabkan oleh variasi genetik tanaman. Mengingat kultivar yang diuji ditumbuhkan pada kondisi lingkungan yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa laju fotosintesis merupakan salah satu karakter genetik tembakau temanggung.

Dalam kondisi lingkungan bukanlah merupakan faktor pembatas, laju fotosintesis dipengaruhi oleh ketersediaan bahan fotosintesis (energi cahaya, air, dan CO₂), proses fotosintesis (pemecahan molekul air, fosforilasi, dan fiksasi CO₂), dan pengangkutan hasil fotosintesis. Energi cahaya yang melewati daun tembakau mengalami pemantulan, penyerapan, pelolosan. Kuantitas energi cahaya yang dipantulkan tergantung kepadatan bulu daun dan lapisan kutikula pada permukaan daun, dimana semakin lebat bulu daun dan lapisan kutikula semakin banyak energi cahaya yang dipantulkan. Pembentukan bulu daun dan lapisan kutikula dikendalikan oleh banyak gen. Apabila gen-gen pengendali tersebut mempunyai kemampuan aksi berbeda antarvarietas tanaman, maka jumlah energi yang dipantulkan antarvarietas tanaman yang diperoleh menjadi berbeda. Hasil penelitian Djumali

(2001a) memperlihatkan bahwa perbedaan varietas tembakau virginia menyebabkan perbedaan jumlah energi cahaya yang dipantulkan.

Kuantitas energi cahaya yang terserap maupun yang lolos dari daun dipengaruhi oleh aparatus pemanen cahaya dalam daun seperti klorofil. Semakin tinggi kandungan klorofil dalam daun semakin banyak energi yang terserap dan semakin sedikit energi yang lolos. Klorofil merupakan salah satu bentuk senyawa protein, dimana proses pembentukannya dikendalikan oleh banyak gen. Perbedaan aksi gen pengendali proses pembentukan klorofil antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan jumlah klorofil yang dibentuk dan pada akhirnya kandungan klorofil dalam daun antarvarietas tanaman menjadi berbeda. Perbedaan tersebut menyebabkan perbedaan jumlah energi yang terserap dan yang diloloskan oleh tanaman. Hasil penelitian Djumali (2001a) memperlihatkan bahwa perbedaan varietas tembakau virginia menyebabkan perbedaan jumlah energi cahaya yang diserap maupun yang diloloskan.

Air dan CO₂ merupakan bahan utama dalam proses fotosintesis. Air masuk dalam tanaman melalui akar dan daun. Dalam kondisi lingkungan tumbuh bukan merupakan faktor pembatas, laju aliran air ke dalam tanaman melalui akar dan daun dikendalikan oleh gen-gen yang berada dalam akar, batang, dan daun. Apabila aksi dari salah satu gen tersebut melemah maka laju aliran air ke dalam tanaman menurun sehingga ketersediaan air dalam proses fotosintesis menjadi berkurang. Perbedaan aksi gen pengendali ketersediaan air antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan ketersediaan air dalam proses fotosintesis. Demikian pula CO₂ masuk ke dalam daun melalui stomata, dimana laju pemasukan CO₂ ke dalam daun (konduktivitas stomata terhadap CO₂) dikendalikan oleh banyak gen. Perbedaan aksi gen pengendali konduktivitas stomata antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan ketersediaan CO₂ dalam tanaman. Hasil penelitian Djumali (2001a) memperlihatkan bahwa perbedaan varietas tembakau virginia

menyebabkan perbedaan konduktivitas stomata yang dihasilkan.

Proses fotosintesis terdiri dari beberapa tahap seperti pemecahan molekul air, fosforilasi, dan fiksasi CO₂. Pemecahan molekul air menjadi ion H⁺, gas oksigen, dan elektron melalui proses fotosistem I dan II. Dalam proses tersebut melibatkan beberapa reaksi kimia, dimana setiap reaksi kimia dikendalikan minimal satu gen. Dalam kondisi lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, kecepatan pemecahan molekul air ditentukan oleh kekuatan aksi masing-masing gen yang berperan dalam proses tersebut. Perbedaan kekuatan aksi salah satu gen tersebut antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan laju pemecahan molekul air dalam jaringan daun.

Produksi ion H⁺ dan elektron dalam proses pemecahan molekul air digunakan sebagai bahan utama dalam proses fosforilasi. Dalam proses fosforilasi, NADP mengikat ion H dan ADP mengikat ion P dengan menggunakan energi dari elektron masing-masing membentuk NADPH dan ATP. Kedua senyawa tersebut merupakan energi kimia yang diperlukan dalam proses fiksasi CO₂. Proses pengikatan ion H dan ion P melibatkan sejumlah gen untuk pengendaliannya. Perbedaan aksi gen antarvarietas tanaman dalam pengendalian NADPH dan ATP menyebabkan perbedaan jumlah NADPH dan ATP yang dihasilkan.

Dalam proses fiksasi CO₂, gas CO₂ diikat oleh RuBP dengan katalisator enzim ribulosa bifosfat karboksilase dan seterusnya seperti dalam siklus Calvin sehingga dihasilkan glukosa. Setiap reaksi kimia yang terjadi dalam siklus Calvin dikendalikan oleh minimal satu gen. Oleh karena itu, proses reduksi CO₂ dikendalikan oleh banyak gen (multigenik). Perbedaan aksi salah satu gen antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan laju fiksasi CO₂ yang dihasilkan.

Glukosa yang dihasilkan dalam proses fiksasi CO₂ akan diangkut ke jaringan tanaman yang sedang membutuhkan, terutama jaringan meristematik. Kecepatan laju pengangkutan (*phloem loading*) sangat ditentukan oleh

kebutuhan jaringan meristematik, dimana semakin banyak jaringan meristematik memerlukan glukosa semakin cepat laju pengangkutan yang terjadi. Dalam kondisi lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, kebutuhan jaringan meristematik ditentukan oleh aksi gen-gen pengendali yang terlibat dalam proses-proses yang terjadi dalam jaringan tersebut. Perbedaan aksi gen-gen pengendali tersebut antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan laju pengangkutan glukosa. Pengangkutan glukosa dari daun yang berjalan cepat menyebabkan tidak terjadi penumpukan glukosa dalam daun sehingga tidak mengganggu proses fotosintesis.

Dari uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa fotosintesis dikendalikan oleh ratusan gen yang saling terkait. Perbedaan aksi salah satu gen antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan laju fotosintesis yang dihasilkan. Sampai saat ini belum diketahui aksi gen apa yang menyebabkan terjadinya perbedaan laju fotosintesis antarkultivar tembakau temanggung yang diperoleh (Tabel 1). Hal yang sama terjadi pada tanaman tembakau virginia rajangan (Sholeh dan Djumali, 2007) dan tanaman rami (Sastrosupadi *et al.*, 2003; Djumali dan Lestari, 2007).

Ditinjau dari laju fotosintesis antarfase pertumbuhan terlihat bahwa laju fotosintesis pada fase pertumbuhan cepat meningkat 1,95% dan pada fase pertumbuhan konstan meningkat 3,15% bila dibanding dengan pada fase pertumbuhan lambat. Pada fase pertumbuhan cepat, pembentukan jaringan akar, batang, daun, dan bunga berjalan secara cepat sehingga diperlukan karbohidrat yang tinggi untuk mendukung pembentukan jaringan tersebut. Jaringan akar, batang, daun, dan bunga terbentuk dari kumpulan karbohidrat, protein, lemak, lignin, asam organik, dan mineral (K, Ca, P, dan S) dalam komposisi yang berbeda-beda. Untuk membentuk 1 kg jaringan akar, batang, daun, dan bunga memerlukan

glukosa masing-masing sebesar 1,444 kg; 1,513 kg; 1,463 kg; dan 1,463 kg. Glukosa yang diperlukan untuk membentuk jaringan tersebut berasal dari hasil fotosintesis setelah dikurangi dengan respirasi pemeliharaan. Hal inilah yang menyebabkan daun pada fase pertumbuhan cepat berfotosintesis lebih besar dibanding pada fase pertumbuhan lambat. Pada fase pertumbuhan konstan, tanaman tembakau mengalami pemangkasan pucuk (*topping*) dan daun yang tersisa pada batang hanyalah daun produksi. Dengan demikian luas daun yang berfotosintesis lebih sempit dibanding pada fase pertumbuhan cepat. Di sisi lain, pada fase pertumbuhan konstan diperlakukan cekaman kekeringan, dimana perlakuan tersebut menyebabkan laju pembentukan nikotin dan penimbunan karbohidrat simpanan berjalan cepat. Mengingat untuk membentuk 1 kg nikotin diperlukan 1,887 kg glukosa (jauh lebih besar dibanding pembentukan jaringan tanaman), maka fase pertumbuhan konstan memerlukan ketersediaan glukosa yang cukup banyak. Dengan kondisi luas daun berfotosintesis yang lebih sempit dan kebutuhan glukosa yang lebih banyak maka daun dituntut untuk berfotosintesis jauh lebih besar dibanding pada fase pertumbuhan lambat. Hal inilah yang menyebabkan laju fotosintesis pada fase pertumbuhan konstan lebih besar dibanding pada fase pertumbuhan lainnya (Tabel 1). Hasil yang sama diperoleh Djumali (2001a) pada tanaman tembakau virginia.

Laju respirasi tembakau temanggung pada fase pertumbuhan lambat, cepat, dan konstan masing-masing bervariasi ($0,040-0,209 \times 10^{-2}$; $(0,130-0,201) \times 10^{-2}$; dan $(0,139-0,238) \times 10^{-2}$ mg CO₂/g/det dengan rata-rata sebesar $0,125 \times 10^{-2}$; $0,167 \times 10^{-2}$; $0,188 \times 10^{-2}$ mg CO₂/g/det (Tabel 1). Variasi laju respirasi pada setiap fase pertumbuhan disebabkan oleh variasi genetik tanaman yang digunakan. Dengan demikian laju respirasi merupakan salah

Tabel 1. Laju fotosintesis daun tunggal dan respirasi berbagai kultivar tembakau temanggung pada beberapa umur pengamatan

Kultivar	Fotosintesis (mg CO ₂ /cm ² /det)			Respirasi (10 ⁻² mg/g/det)		
	30 hst	45 hst	60 hst	30 hst	45 hst	60 hst
G. genjah	0,717 abc	0,742 ab	0,737 bc	0,077 cd	0,162 bcd	0,161 cd
G. kemloko	0,720 ab	0,698 cd	0,714 cd	0,090 bcd	0,146 cd	0,151 d
G. paijo	0,744 a	0,739 abc	0,736 bc	0,143 abc	0,141 cd	0,185 bc
Genjah ulir	0,709 bcd	0,757 a	0,752 ab	0,209 a	0,202 a	0,238 a
Ngablak	0,686 cde	0,700 bcd	0,681 de	0,040 d	0,169 abc	0,207 ab
Kemloko-2	0,721 ab	0,736 abc	0,759 ab	0,070 cd	0,130 d	0,139 d
G. pelus	0,666 e	0,669 d	0,671 e	0,181 a	0,187 ab	0,170 bc
Mantili	0,676 de	0,681 d	0,696 de	0,157 ab	0,165 bcd	0,216 ab
Dorowati	0,694 bcd	0,735 abc	0,787 a	0,155 ab	0,201 a	0,204 ab
Rata-rata	0,704	0,717	0,726	0,125	0,167	0,188
KK (%)	2,21	2,78	2,37	11,29	9,95	8,56

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%.

satu karakter genetik tanaman tembakau temanggung.

Dalam kondisi lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, laju respirasi tanaman ditentukan oleh proses respirasi dan penggunaan energi yang dihasilkan. Proses respirasi tidak hanya sekedar mengoksidasi glukosa menjadi CO₂ dan energi saja melainkan terdiri dari serangkaian proses kimia yang panjang dan melibatkan ratusan gen pengendali. Secara umum proses respirasi terdiri dari pemecahan glukosa menjadi CO₂ + air dan penyimpanan energi ke dalam bentuk energi kimia. Pemecahan glukosa menjadi CO₂ + air merupakan kebalikan dari proses fiksasi CO₂ dalam siklus Calvin sehingga jumlah gen yang mengendalikan proses pemecahan glukosa sama dengan proses fiksasi CO₂. Perbedaan aksi gen dalam proses pemecahan glukosa menyebabkan perbedaan laju pemecahan tersebut.

Energi yang dilepas dalam proses pemecahan glukosa tidak dengan serta merta dapat digunakan oleh tanaman untuk melakukan aktivitasnya. Energi tersebut harus disimpan dalam bentuk energi kimia seperti ATP. Proses perubahan energi hasil pemecahan glukosa menjadi energi kimia ATP merupakan proses yang rumit dan panjang serta memerlukan banyak gen pengendali. Dalam kondisi lingkungan

an bukan merupakan faktor pembatas, laju pembentukan energi kimia ATP ditentukan oleh aksi masing-masing gen pengendalinya.

Dari uraian tersebut di atas dapat diketahui bahwa perbedaan aksi gen-gen pengendali proses respirasi antarvarietas tanaman dapat menyebabkan perbedaan laju respirasi yang dihasilkan.

Ditinjau dari fungsi energi yang dihasilkan dalam proses respirasi, respirasi dapat dibagi menjadi dua jenis yakni respirasi pemeliharaan dan respirasi pertumbuhan. Respirasi pemeliharaan merupakan respirasi dengan hasil energi dipergunakan untuk memelihara sel beserta aktivitasnya agar tidak mengalami kematian. Telah diketahui bersama bahwa sel tanaman yang masih hidup mengadakan aktivitas cukup banyak dan setiap aktivitas dikendalikan oleh minimal satu gen. Perbedaan aksi gen dalam salah satu aktivitas sel menyebabkan perbedaan energi yang diperlukan. Semakin banyak energi yang diperlukan untuk memelihara sel beserta aktivitasnya semakin tinggi laju respirasi pemeliharaan yang terjadi.

Pembentukan jaringan baru baik melalui pembesaran sel maupun pembelahan sel dalam pertumbuhan tanaman memerlukan energi. Respirasi yang menghasilkan energi untuk memenuhi pertumbuhan tanaman tersebut di-

sebut respirasi pertumbuhan. Sebagaimana telah dijelaskan di atas bahwa untuk membentuk 1 kg jaringan akar diperlukan 1,444 kg glukosa. Hal ini mempunyai arti bahwa energi yang diperlukan untuk membentuk 1 kg jaringan akar sebesar energi yang dihasilkan dari pembongkaran 0,444 kg glukosa. Semakin cepat laju pertumbuhan tanaman semakin besar energi yang dibutuhkan dan semakin cepat laju respirasi pemeliharaan tanaman yang akan terjadi. Dalam kondisi lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, laju pertumbuhan tanaman dikendalikan oleh banyak gen (multigenik). Perbedaan aksi gen-gen pengendali pertumbuhan tanaman menyebabkan perbedaan laju pertumbuhan dan pada akhirnya menyebabkan perbedaan laju respirasi pertumbuhan.

Sampai saat ini belum diketahui apakah perbedaan laju respirasi antarvarietas tembakau temanggung disebabkan oleh perbedaan laju respirasi pemeliharaan, respirasi pertumbuhan, proses respirasi, atau kesemuanya. Yang jelas perbedaan salah satu aksi gen pengendali dalam serangkaian proses respirasi dapat menyebabkan perbedaan laju respirasi yang dihasilkan. Hal inilah yang menyebabkan laju respirasi antarkultivar tembakau temanggung berbeda-beda (Tabel 1). Hal yang sama terjadi pada tanaman tembakau virginia rajangan (Sholeh dan Djumali, 2007) dan tanaman rami (Djumali dan Lestari, 2007).

Ditinjau dari laju respirasi antarfase pertumbuhan tanaman terlihat bahwa laju respirasi pada fase pertumbuhan cepat meningkat 33,7% dibanding pada fase pertumbuhan lambat, demikian pula pada fase pertumbuhan konstan meningkat 50,5%. Hal ini dapat dimengerti mengingat pembentukan jaringan tanaman, senyawa nikotin, karbohidrat simpanan, translokasi senyawa nikotin dari akar ke daun, dan translokasi karbohidrat simpanan dari daun ke organ penyimpan memerlukan energi. Energi yang diperlukan tersebut hanya dapat diperoleh melalui proses respirasi pertumbuhan. Semakin banyak energi yang diperlukan dalam proses tersebut semakin tinggi

laju respirasi pertumbuhan yang terjadi. Hasil yang sama diperoleh Djumali (2001a) pada tanaman tembakau virginia.

Peubah Partisi Karbohidrat

Karbohidrat hasil fotosintesis daun setelah digunakan untuk proses respirasi akan digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Dalam pertumbuhan tanaman, karbohidrat akan mengalami proses partisi ke tajuk dan akar tanaman. Proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk dan akar pada berbagai umur pengamatan dipengaruhi oleh kultivar tanaman (Tabel 2). Dengan demikian proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk dan akar merupakan karakter genetik tanaman tembakau temanggung.

Dalam kondisi lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, laju partisi karbohidrat ke tajuk dan akar dikendalikan oleh beberapa gen. Perbedaan aksi salah satu gen antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan proporsi partisi karbohidrat yang dihasilkan. Sampai sekarang belum banyak diketahui gen mana yang menyebabkan terjadi perbedaan proporsi partisi karbohidrat antarkultivar untuk tajuk dan akar (Tabel 2). Hal yang sama terjadi pada tanaman tembakau virginia fc (Djumali, 2001b).

Pada fase pertumbuhan lambat (0–30 hst), tajuk mendapatkan proporsi partisi karbohidrat sebesar 74,5–78,7% (76,9%) dari karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman, sedangkan sisanya untuk pertumbuhan akar. Pada fase pertumbuhan selanjutnya (30–45 hst), proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk menurun menjadi 66,8–72,9% (71,8%). Namun pada 45–60 hst, proporsi untuk pertumbuhan tajuk meningkat lagi menjadi 71,2–78,2% (75,0%). Adapun pada fase pertumbuhan konstan (> 60 hst), proporsi untuk pertumbuhan tajuk menurun menjadi 65,4–75,6% (70,5%). Pola partisi karbohidrat tersebut berbeda dengan tembakau virginia fc yang mempunyai pola dari fase pertumbuhan lambat ke awal pertumbuhan cepat mengalami peningkatan, selanjutnya menga-

Tabel 2. Proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk dan akar beberapa kultivar tembakau temanggung pada berbagai umur pengamatan

Kultivar	0-30 hst		30-45 hst		45-60 hst		60 hst-Panen	
	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar
G. genjah	0,787 a	0,213 d	0,725 b	0,275 b	0,753 abc	0,247 bcd	0,732 ab	0,268 de
G. kemloko	0,773 abc	0,227 bcd	0,779 a	0,221 c	0,720 bcd	0,280 abc	0,721 bc	0,279 cd
G. paijo	0,784 ab	0,216 cd	0,706 c	0,294 ab	0,782 a	0,218 d	0,699 c	0,301 c
Genjah ulir	0,777 abc	0,223 bcd	0,668 c	0,332 a	0,768 a	0,232 d	0,667 de	0,333 ab
Ngablak	0,745 d	0,255 a	0,725 b	0,275 b	0,765 a	0,235 d	0,692 cd	0,308 bc
Kemloko-2	0,786 a	0,212 d	0,727 b	0,273 b	0,717 cd	0,283 ab	0,756 a	0,244 e
G. pelus	0,753 cd	0,247 ab	0,729 b	0,271 b	0,712 d	0,295 a	0,720 bc	0,280 cd
Mantili	0,762 abc	0,238 abc	0,680 c	0,320 a	0,757 ab	0,243 cd	0,654 e	0,346 a
Dorowati	0,756 bcd	0,244 abc	0,722 b	0,278 b	0,778 a	0,222 d	0,700 c	0,300 c
Rata-rata	0,769	0,231	0,718	0,282	0,750	0,250	0,705	0,295
KK (%)	1,76	5,86	2,63	6,70	2,42	7,35	2,12	5,06

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%.

lami penurunan sampai fase pertumbuhan konstan (Djumali, 2001b). Pola partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk tersebut merupakan ciri khas tembakau temanggung, meski tembakau temanggung berasal dari tembakau impor yang telah mengalami adaptasi dengan kondisi lingkungannya (Rochman dan Suwarso, 2000).

Karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan tajuk mengalami partisi ke masing-masing organ tanaman seperti batang, daun, bunga, dan tunas samping. Pada fase pertumbuhan lambat hingga pertengahan fase pertumbuhan cepat (30-45 hst), organ penyusun tajuk hanya batang dan daun, sedangkan pada fase pertumbuhan selanjutnya hingga pematangan (45-60 hst) bertambah organ bunga. Adapun setelah pematangan (> 60 hst) muncul organ tunas samping. Proporsi partisi karbohidrat untuk masing-masing organ tajuk tanaman tersebut pada berbagai umur pengamatan dipengaruhi oleh kultivar tanaman (Tabel 3).

Dalam kondisi lingkungan bukan merupakan faktor pembatas, partisi karbohidrat dalam tajuk tanaman dikendalikan oleh banyak gen (multigenik). Pada fase pertumbuhan lambat hingga fase pertengahan pertumbuhan cepat, gen pengendali hanya bekerja pada parti-

si untuk batang dan daun. Pada fase pertumbuhan cepat selanjutnya, gen pengendali yang bekerja ditambah untuk bunga, dan pada fase selanjutnya gen pengendali untuk bunga diganti dengan gen pengendali untuk tunas samping. Perbedaan aksi gen pengendali tersebut antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan laju pertumbuhan organ-organ tajuk masing-masing varietas tanaman. Kondisi yang demikian menyebabkan jumlah karbohidrat yang diperlukan masing-masing varietas tanaman menjadi berbeda. Hal inilah yang menyebabkan proporsi partisi organ-organ tajuk antarkultivar tembakau temanggung menjadi berbeda-beda (Tabel 3). Hal yang sama terjadi pada tembakau virginia fc (Djumali, 2001b).

Pada fase pertumbuhan lambat (0-30 hst), batang mendapatkan proporsi partisi karbohidrat sebesar 21,7-33,4% (27,2%) dari total karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan tajuk, selanjutnya meningkat menjadi 29,7-46,4% (36,3%) pada 30-45 hst, menurun menjadi 26,9-42,1% (32,2%) pada 45-60 hst, dan akhirnya meningkat kembali menjadi 37,8-53,3% (43,8%) setelah > 60 hst. Berbeda dengan batang, daun mendapatkan proporsi partisi karbohidrat pada fase pertumbuhan lambat cukup besar yakni 66,6-78,3% (72,8%), selanjutnya menurun terus menjadi

Tabel 3. Proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan batang, daun, bunga, dan tunas samping beberapa kultivar tembakau temanggung pada berbagai umur pengamatan

Kultivar	0–30 hst		30–45 hst		45–60 hst		60 hst–Panen			
	Batang	Daun	Batang	Daun	Batang	Daun	Bunga	Batang	Daun	Tunas samping
G. genjah	0,334 a	0,666 b	0,389 bc	0,611 bc	0,421 a	0,399 c	0,180 de	0,378 e	0,354 bc	0,268 a
G. kemloko	0,326 a	0,674 b	0,409 ab	0,591 cd	0,308 c	0,406 bc	0,286 b	0,494 ab	0,360 bc	0,146 cd
G. paijo	0,308 a	0,692 b	0,402 ab	0,598 cd	0,394 ab	0,490 a	0,117 f	0,380 e	0,345 bc	0,275 a
Genjah ulir	0,249 b	0,751 a	0,328 cd	0,672 ab	0,366 b	0,464 ab	0,170 e	0,417 cd	0,371 bc	0,212 b
Ngablak	0,226 b	0,774 a	0,316 d	0,684 a	0,269 cd	0,498 a	0,233 bc	0,465 bc	0,391 b	0,144 cd
Kemloko-2	0,308 a	0,692 b	0,464 a	0,537 d	0,373 b	0,403 bc	0,224 cd	0,406 e	0,348 c	0,246 ab
G. pelus	0,251 b	0,747 a	0,348 bc	0,620 ab	0,269 cdc	0,465 ab	0,266 bc	0,533 a	0,361 bc	0,106 d
Mantili	0,217 b	0,783 a	0,297 d	0,703 a	0,270 cd	0,512 a	0,217 cd	0,457 bc	0,377 bc	0,166 c
Dorowati	0,228 b	0,772 a	0,318 d	0,682 a	0,232 d	0,393 c	0,374 a	0,408 de	0,437 a	0,155 c
Rata-rata	0,272	0,728	0,363	0,637	0,322	0,448	0,230	0,438	0,371	0,191
KK (%)	8,98	3,36	8,36	4,77	7,35	9,00	11,79	5,47	4,90	10,91

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%.

53,6–70,3% (63,7%) pada 30–45 hst, 39,3–49,8% (44,8%) pada 45–60 hst, dan akhirnya tinggal 34,5–43,7% (37,1%) pada > 60 hst.

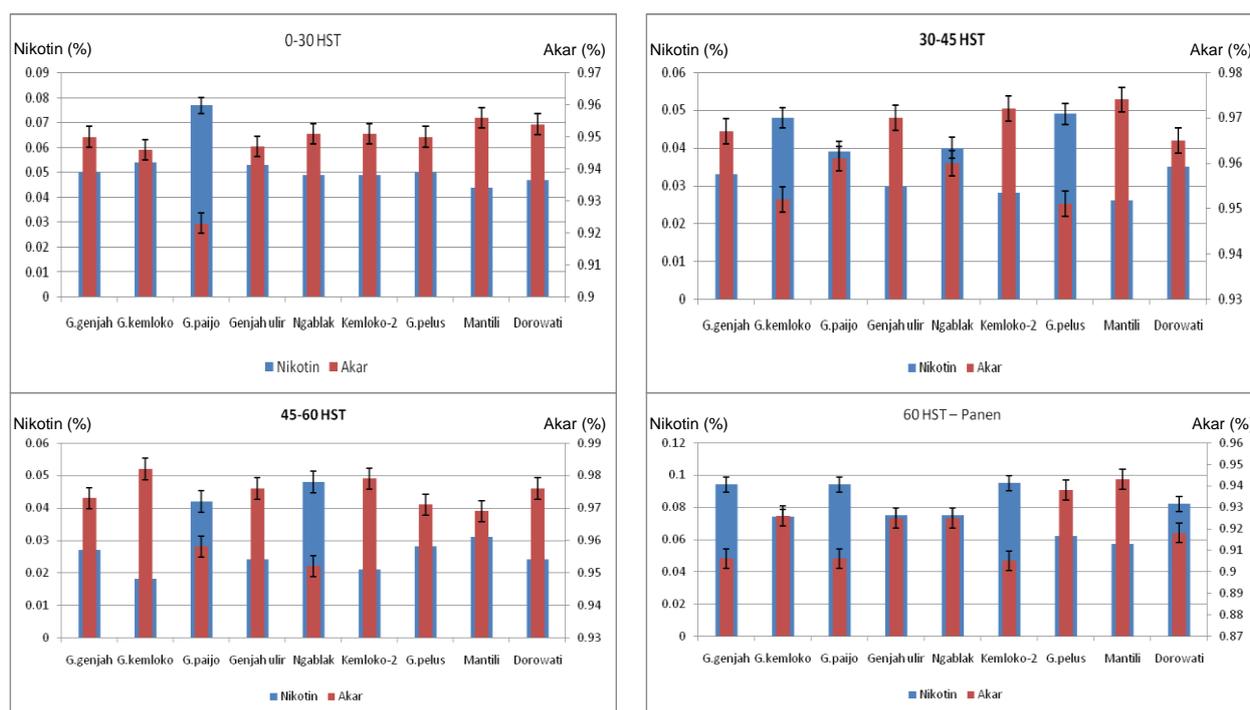
Dalam akar, karbohidrat yang tersedia untuk pertumbuhan akar mengalami partisi ke jaringan akar dan pembentukan nikotin. Proporsi partisi karbohidrat untuk keduanya dipengaruhi oleh kultivar tanaman (Gambar 1).

Sebagaimana diketahui bahwa pembentukan nikotin melibatkan dua gen dominan yang terletak pada lokus yang berbeda. Perbedaan aksi kedua gen tersebut antarvarietas tanaman menyebabkan perbedaan laju pembentukan nikotin, dimana semakin tinggi laju pembentukan nikotin semakin banyak jumlah karbohidrat yang dibutuhkan. Semakin banyak jumlah karbohidrat yang digunakan untuk membentuk nikotin semakin sedikit jumlah karbohidrat untuk membentuk jaringan akar. Perbedaan aksi kedua gen inilah yang menyebabkan perbedaan proporsi karbohidrat untuk pembentukan jaringan akar dan nikotin antar-kultivar tembakau temanggung (Gambar 1).

Selama fase pertumbuhan lambat (0–30 hst), pembentukan nikotin mendapatkan proporsi partisi sebesar 4,4–7,7% (5,3%), sedangkan pada fase pertumbuhan cepat mengalami penurunan menjadi 2,8–4,9% (3,6%) pada 30–45 hst dan 1,8–4,8% (2,9%) pada

45–60 hst. Pada fase pertumbuhan selanjutnya (60 hst–panen), pembentukan nikotin mendapatkan proporsi partisi yang lebih tinggi lagi yakni 5,7–9,4% (7,9%). Hal berbeda terjadi pada jaringan akar, dimana pada fase pertumbuhan lambat (0–30 hst) mendapat proporsi partisi sebesar 92,3–95,6% (94,7%) selanjutnya meningkat pada fase pertumbuhan cepat yakni 95,1–97,2% (96,3%) pada 30–45 hst dan 95,2–98,2% (97,1%) pada 45–60 hst, dan menurun menjadi 90,6–94,3% (92,1%) pada fase selanjutnya.

Selama fase pertumbuhan lambat dan fase pertumbuhan konstan, tanaman tembakau diperlakukan cekaman kekeringan. Adapun pada fase pertumbuhan cepat, tanaman tembakau diperlakukan kecukupan air. Laju pembentukan nikotin selama mengalami cekaman kekeringan jauh lebih tinggi dibanding pada saat kecukupan air. Laju pembentukan nikotin yang tinggi menyebabkan kebutuhan akan karbohidrat. Kondisi yang demikian menyebabkan proporsi partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin lebih tinggi pada fase pertumbuhan lambat dan pertumbuhan konstan dibanding pada fase pertumbuhan cepat. Demikian pula sebaliknya untuk pembentukan jaringan akar (Gambar 1).



Gambar 1. Proporsi partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin dan pertumbuhan jaringan akar beberapa kultivar tembakau temanggung pada berbagai umur pengamatan

Hasil dan Mutu Rajangan Kering

Hasil rajangan kering dan kadar nikotin tembakau temanggung dipengaruhi oleh kultivar tanaman (Tabel 4). Hasil rajangan kering 9 kultivar bervariasi 46,7–61,47 g/tanaman dengan rata-rata sebesar 56,48 g/tanaman, sedangkan kadar nikotin bervariasi 6,11–8,56% dengan rata-rata sebesar 7,48%. Dengan demikian, hasil rajangan kering dan kadar nikotin merupakan karakter genetik tanaman tembakau temanggung.

Rajangan kering merupakan hasil perajangan daun-daun produksi, dimana daun produksi dipilih berdasarkan mutu yang akan dihasilkan. Daun-daun yang diperkirakan menghasilkan mutu lebih rendah dari mutu minimal yang dikehendaki konsumen tidak dipilih menjadi daun produksi. Dengan demikian hasil rajangan kering tidak hanya ditentukan oleh pertumbuhan daun melainkan juga ditentukan oleh laju pembentukan nikotin.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas bahwa pertumbuhan jaringan organ tanaman termasuk daun dikendalikan oleh banyak gen (multigenik). Perbedaan aksi salah satu gen pe-

ngendali antarvarietas tanaman akan menghasilkan laju pertumbuhan jaringan daun yang berbeda pula. Demikian pula perbedaan aksi gen pengendali pembentukan nikotin menye-

Tabel 4. Hasil dan kadar nikotin rajangan kering berbagai kultivar tembakau temanggung

Kultivar	Hasil rajangan kering (g/tanaman)	Kadar nikotin (%)
G. genjah	47,92 c	8,47 a
G. kemloko	57,01 b	7,35 b
G. paijo	49,83 c	8,56 a
Genjah ulir	58,93 b	8,12 a
Ngablak	61,47 ab	7,24 b
Kemloko-2	46,70 c	6,98 b
G. pelus	66,79 a	6,11 c
Mantili	59,87 b	7,18 b
Dorowati	59,82 b	7,31 b
Rata-rata	56,48	7,48
KK (%)	4,95	4,20

Keterangan: Angka yang didampingi huruf sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada uji jarak Duncan taraf 5%.

babkan perbedaan jumlah nikotin yang diproduksi. Perbedaan aksi gen pengendali inilah yang menyebabkan perbedaan hasil rajangan kering dan kadar nikotin antarvarietas tembakau temanggung. Hasil yang sama diperoleh Sholeh dan Djumali (2007) pada tembakau virginia rajangan.

Keterkaitan Fisiologi Tanaman dan Partisi Karbohidrat dengan Hasil dan Mutu Rajangan Kering

Tiga puluh dua karakter fisiologis tembakau temanggung yang merupakan karakter genetik tanaman bila dihubungkan dengan hasil rajangan kering dan kadar nikotin seperti tertera pada Tabel 5 dan 6, dimana 97,0% hasil rajangan kering dan 95,0% kadar nikotin ditentukan oleh karakter-karakter tersebut.

Proporsi partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk dan akar pada fase pertumbuhan lambat (0–30 hst) merupakan karakter fisiologis yang paling menentukan hasil rajangan kering dengan persentase penentu sebesar 72,5%. Karakter fisiologis selanjutnya yang

menentukan hasil rajangan kering adalah proporsi partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin dan jaringan akar pada 60 hst–panen akhir, disusul laju respirasi pada 45 hst, proporsi partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin pada 30–45 hst, laju fotosintesis pada 30 hst, dan proporsi partisi karbohidrat untuk pembentukan jaringan akar pada 30–45 hst. Total persentase penentu kelima karakter tersebut terhadap hasil rajangan kering sebesar 93,4% (Tabel 5).

Tanaman tembakau selama fase pertumbuhan lambat (0–30 hst) diperlakukan cekaman kekeringan untuk memacu pertumbuhan akar yang cepat. Dengan pertumbuhan akar yang cepat pada fase tersebut diharapkan pada fase selanjutnya akar mampu menopang pertumbuhan tajuk dengan baik sehingga diperoleh hasil rajangan kering yang tinggi. Pertumbuhan akar yang cepat pada fase pertumbuhan lambat menyebabkan partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk menjadi rendah. Pertumbuhan tajuk yang cepat pada fase tersebut menyebabkan pertumbuhan akar men-

Tabel 5. Hubungan antara produksi rajangan kering dengan karakter fisiologi tanaman tembakau temanggung

Karakter tanaman	Nilai T-student pada persamaan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ptaj 30	-5,326	-7,975	-8,586	-8,496	-8,925	-8,442	-8,996	-10,794	-10,156	-10,102	-9,767	-11,701
Pdau 30	2,478	3,722	4,315	3,411	2,755	2,588	2,203	-	-	-	-	-
Pnik 30	-4,418	-4,450	-3,723	-2,397	-2,374	-1,704	-	-	-	-	-	-
Ptaj 45	1,044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pdau 45	-2,117	-2,487	-1,448	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pnik 45	3,056	5,894	5,475	4,372	4,134	3,699	3,249	2,385	2,391	-	-	-
Ptaj 60	2,320	2,238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pdau 60	2,072	1,520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pbun 60	-2,053	-2,525	-2,687	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptaj >60	1,341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pdau >60	2,215	1,493	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptun >60	0,722	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pnik >60	-5,608	-6,616	-7,927	-7,968	-7,500	-8,459	-9,051	-9,733	-9,103	-9,219	-8,009	-
Lfot 30	3,084	4,010	4,141	3,950	3,453	3,478	2,988	1,978	-	-	-	-
Lres 30	3,440	3,572	2,731	2,463	1,977	-	-	-	-	-	-	-
Lfot 45	0,559	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lres 45	3,201	4,146	4,071	2,750	1,985	4,803	4,465	4,694	4,604	5,397	-	-
Lfot 60	-0,783	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lres 60	-3,286	-3,477	-2,572	-2,046	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	0,970**	0,965**	0,960**	0,953**	0,948**	0,944**	0,940**	0,934**	0,926**	0,923**	0,878**	0,725**

Keterangan: **) persamaan pada setiap kolom berpengaruh nyata pada uji F taraf 1%.

Ptaj 30 = proporsi partisi untuk tajuk pada 0–30 hst; Pdau 45 = proporsi partisi untuk daun pada 30–45 hst; Pnik 60 = proporsi partisi untuk pembentukan nikotin pada 45–60 hst; Pbun = proporsi partisi untuk bunga; Ptun >60 = proporsi partisi untuk tunas samping pada 60 hst–panen akhir; Lfot 30 = laju fotosintesis pada 30 hst; Lres 45 = laju respirasi pada 45 hst, Konst = konstanta; dan R² = koefisien determinasi.

njadi terhambat dan pada gilirannya tidak dapat menopang pertumbuhan tajuk pada fase pertumbuhan selanjutnya. Kondisi yang demikian menyebabkan produksi rajangan kering yang diperoleh menjadi rendah. Hal inilah yang menyebabkan partisi karbohidrat pada fase pertumbuhan lambat (0-30 hst) menjadi faktor utama yang berpengaruh negatif terhadap hasil rajangan kering (Tabel 5).

Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa pada fase pertumbuhan konstan, tanaman tembakau diperlakukan cekaman kekeringan dengan harapan partisi karbohidrat terarah pada pembentukan nikotin dan karbohidrat simpanan (gula) dalam daun. Laju pembentukan nikotin yang tinggi menyebabkan kebutuhan karbohidrat meningkat dan pada gilirannya karbohidrat untuk pertumbuhan daun menurun. Kondisi yang demikian menyebabkan hasil rajangan kering menjadi rendah namun kandungan nikotin menjadi tinggi. Hal inilah yang menyebabkan partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin menjadi salah satu faktor yang berpengaruh negatif terhadap hasil rajangan kering (Tabel 5).

Proporsi partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin dan jaringan akar serta un-

tuk tajuk dan akar pada 60 hst-panen akhir merupakan karakter fisiologis tanaman yang paling menentukan kadar nikotin tembakau temanggung dengan persentase penentu sebesar 74,4%. Karakter fisiologis lainnya yang menjadi penentu kadar nikotin adalah proporsi partisi karbohidrat untuk tajuk dan akar pada 30-45 hst, proporsi partisi karbohidrat untuk daun dan batang pada 0-30 hst, dan proporsi partisi karbohidrat untuk bunga. Total persentase penentu kelima karakter tersebut terhadap kadar nikotin sebesar 89,4% (Tabel 6).

Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa pada fase pertumbuhan konstan (60 hst-panen akhir), karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk lebih banyak digunakan untuk karbohidrat simpanan sedangkan karbohidrat untuk pertumbuhan akar digunakan untuk pembentukan nikotin. Nikotin yang dibentuk dalam jaringan akar ditranslokasikan ke dalam jaringan daun. Semakin banyak nikotin yang dibentuk semakin tinggi kandungan nikotin dalam daun. Hal inilah yang menyebabkan partisi karbohidrat untuk pembentukan nikotin selama fase pertumbuhan konstan menjadi faktor utama yang mempengaruhi kadar nikotin rajangan kering (Tabel 6).

Tabel 6. Hubungan antara kandungan nikotin dengan karakter fisiologi tanaman tembakau temanggung

Karakter tanaman	Nilai T-student pada persamaan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ptaj 30	1,371	1,928	2,164	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pdau 30	-2,608	-4,486	-4,982	-5,739	-5,097	-4,559	-3,453	-4,106	-4,532	-	-	-
Pnik 30	0,152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptaj 45	2,176	6,276	6,376	7,614	7,950	7,559	6,123	5,673	5,191	4,546	-	-
Pdau 45	-0,711	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pnik 45	-0,812	-2,681	-3,140	-3,264	-2,639	-3,386	-	-	-	-	-	-
Ptaj 60	3,202	3,990	3,781	2,976	2,181	-	-	-	-	-	-	-
Pdau 60	0,920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pbun 60	-1,474	-2,932	-3,207	-5,640	-5,100	-5,027	-4,260	-3,114	-	-	-	-
Pnik 60	-1,629	-1,360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptaj >60	-3,625	-5,716	-5,579	-5,619	-11,432	-10,953	-9,658	-10,768	-12,485	-9,964	-7,593	-
Pdau >60	0,505	1,810	2,312	2,279	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptun >60	0,353	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pnik >60	4,361	5,278	5,191	4,894	10,722	10,910	9,997	9,158	9,969	13,382	11,304	6,583
Lfot 30	-1,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lres 30	-0,452	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lfot 45	0,736	0,816	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lres 45	1,333	2,800	3,310	3,260	3,178	3,803	2,685	-	-	-	-	-
Lfot 60	-2,142	-2,011	-1,859	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lres 60	0,750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	0,954**	0,950**	0,947**	0,940**	0,933**	0,926**	0,908**	0,894**	0,872**	0,819**	0,744**	0,455**

Keterangan: **) persamaan pada setiap kolom berpengaruh nyata pada uji F taraf 1%.

Ptaj 30 = proporsi partisi untuk tajuk pada 0-30 hst; Pdau 45 = proporsi partisi untuk daun pada 30-45 hst; Pnik 60 = proporsi partisi untuk pembentukan nikotin pada 45-60 hst; Pbun = proporsi partisi untuk bunga; Ptun >60 = proporsi partisi untuk tunas samping pada 60 hst-panen akhir; Lfot 30 = laju fotosintesis pada 30 hst; Lres 45 = laju respirasi pada 45 hst, Konst = konstanta; dan R² = koefisien determinasi.

Laju pertumbuhan tajuk yang tinggi pada fase pertumbuhan konstan (60 hst–panen akhir) menyebabkan karbohidrat untuk pertumbuhan akar menjadi rendah. Rendahnya karbohidrat untuk pertumbuhan akar menyebabkan laju pembentukan nikotin semakin lambat. Kondisi yang demikian menyebabkan hasil rajangan kering berkadar nikotin rendah. Hal inilah yang menyebabkan partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk pada fase pertumbuhan konstan (60 hst–panen akhir) menjadi salah satu faktor yang berpengaruh negatif terhadap kadar nikotin (Tabel 6).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa laju fotosintesis pada berbagai umur pengamatan bervariasi 0,666–0,787 mg CO₂/cm²/detik, sedangkan laju respirasi bervariasi (0,040–0,238) × 10⁻² mg CO₂/g/det. Partisi karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk pada berbagai umur pengamatan bervariasi 65,4–78,7% dari karbohidrat untuk pertumbuhan tanaman. Adapun untuk daun bervariasi 34,8–78,3%; batang bervariasi 23,2–53,3%; bunga bervariasi 11,7–37,4%; dan tunas samping bervariasi 10,6–27,5% dari karbohidrat untuk pertumbuhan tajuk. Partisi untuk pembentukan nikotin bervariasi 1,8–9,4% dari karbohidrat untuk pertumbuhan akar. Karakter partisi untuk tajuk dan akar pada 0–30 hst, partisi untuk nikotin dan jaringan akar pada > 60 hst, serta laju respirasi pada 45 hst mempunyai pengaruh sebesar 92,3% terhadap hasil tembakau temanggung. Adapun karakter partisi untuk nikotin dan tajuk pada > 60 hst, partisi untuk tajuk pada 30–45 hst, partisi untuk daun pada 0–30 hst, partisi untuk bunga, dan laju respirasi pada 45 hst mempunyai pengaruh sebesar 90,8% terhadap mutu tembakau temanggung.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous. 2006. Laporan perkembangan tanaman tembakau temanggung tahun 2005. Dinas Perkebunan, Kehutanan, dan Konservasi Sumber Daya Alam Kabupaten Temanggung.

- Djajadi dan A.S. Murdiyati. 2000. Hara dan pemupukan tembakau temanggung. Hal. 32–39 *Dalam* Tembakau Temanggung. Monograf Balittas No. 5. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Djumali. 2001a. Model simulasi potensi pertumbuhan dan produksi tembakau virginia. Tesis. Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya, Malang.
- Djumali. 2001b. Partisi karbohidrat pada beberapa varietas tembakau virginia (*Nicotiana tabacum* L.). Hal. 220–227. *Dalam* Prosiding Simposium Pemuliaan VI: Kontribusi Pemuliaan dalam Inovasi Teknologi Ramah Lingkungan. (Eds. A. Kasno, S. Lamadji, N. Basuki, D.M. Arsyad, R. Mardjono, Mirzawan, Baswarsiaty, dan Sudjindro). Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia.
- Djumali. 2008. Produksi dan mutu tembakau temanggung (*Nicotiana tabacum* L.) di daerah tradisional serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Disertasi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Djumali dan Lestari. 2007. Peranan hara fosfor dan kalium pada pertumbuhan dan produksi tiga klon rami di Wonosobo. *Agritek*. 15(5):1228–1235.
- Murdiyati, A.S., Suwarso, dan G. Dalmadiyo. 2003. Dukungan teknologi budi daya tembakau. Hal. 46–54. *Dalam* Prosiding Lokakarya Agribisnis Tembakau. (Penyunting Suwarso, S. Tirtosastro, A.S. Mudiayati, G. Dalmadiyo, Mastur, dan Mukani). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Penning de Vries, F.W.T., 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.
- Rochman, F. dan Suwarso. 2000. Kultivar lokal tembakau temanggung dan usaha perbaikannya. Hal. 7–13. *Dalam* Tembakau Temanggung. Monograf Balittas No. 5. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Sastrosupadi, A., B. Santoso, dan Djumali. 2003. Pengaruh zat pengatur tumbuh dan pupuk pelengkap cair terhadap pertumbuhan dan produksi rami di Wonosobo. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 9(1):4–10.
- Sholeh, M. dan Djumali. 2007. Respon fisiologis dua galur unggul tembakau virginia rajangan terhadap nitrogen. *Agritek*. 15(3):629–635.

Lampiran 1. Prosedur analisis nikotin menggunakan metode *Ether-Petroleum-ether*

1. Persiapan contoh

- Ambil contoh secara acak 200 gram
- Jemur di panas matahari sampai keras (kalau dipegang hancur) supaya mudah ditumbuk
- Tumbuk dan ayak dengan ayakan berdiameter 0,5 mm
- Masukkan contoh ke dalam botol berwarna coklat dan diberi label

2. Alat-alat:

- Erlenmeyer 100 ml
- Pipet 20 ml, 10 ml, dan 1 ml
- Pemanas listrik
- Buret

3. Bahan Kimia:

- NaOH-alkohol
- 33 g NaOH dilarutkan dengan 60 ml akuades, setelah dingin tambahkan akuades sampai volume menjadi 100 ml. Tambahkan 33 ml alkohol 96% sambil dikocok.
- *Ether - Petroleomether* = 1 : 1

- HCl 0,01 N
- 0,83 HCl pekat dilarutkan dalam akuades hingga volume menjadi 1.000 ml.
- Indikator *methyl red*.
- 200 mg *methyl red* dilarutkan dalam alkohol 70% hingga volume menjadi 100 ml.

4. Cara Kerja:

- Timbang 1 g contoh dengan teliti
- Masukkan dalam erlenmeyer 100 ml, tambahkan 1 ml NaOH-alkohol. Aduk sampai rata dengan gelas pengaduk, bersihkan gelas pengaduk dengan kapas.
- Tambahkan 20 ml *ether-petroleomether*. Tutup rapat-rapat dan dikocok. Diamkan selama 1-2 jam.
- Pipet 10 ml larutan yang jernih, masukkan erlenmeyer dan panaskan hingga volume larutan tinggal 1 ml.
- Tambahkan 10 ml akuades dan indikator *methyl red*.
- Titar dengan HCl 0,01 N hingga warna menjadi jernih.

5. Perhitungan:

- Kadar nikotin = $(2 \times \text{ml HCl} \times \text{N HCl} \times 16,2) / (\text{bobot contoh}) \dots\dots\dots \%$