

EFISIENSI KONVERSI ENERGI SURYA PADA TANAMAN KENTANG (*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

(RADIATION USE EFFICIENCY IN POTATO (*Solanum Tuberosum* L.))

Agus Suryanto¹⁾, Bambang Guritno¹⁾, Yogi Sugito¹⁾ dan Yonny Koesmaryono²⁾

¹⁾ Fakultas Pertanian - UNIBRAW Malang

²⁾ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam – IPB Bogor

ABSTRACT

Low efficiency of solar energy use in crops is an obstacle for increasing production yield. The aim of the studies is to elucidate solar radiation pattern to increase efficiency of solar energy use in potato crop through population and planting time arrangement, and combining those with prosperous potato varieties. The experiment was conducted in January to August 2001 in highland (1200 asl.) of Tulungrejo, Bumiaji-Batu with daily temperature about 20 °C and 85% RH in average. The experiment was arranged in split-split plot with three replications. The main plot was the treatment of planting time i.e., rainy season (February) and dry season (May), while the split plot was treated with two potato varieties i.e. var. Granola and var. Morene. The split-split plot was the treatment of population namely, low density (35.10³. ha⁻¹), medium density (47. 10³. ha⁻¹) and high density (71.10³.ha⁻¹). Potato growing with low population density gave 40 % higher productivity in dry seasons than that those with either medium or high population density (47. -71. 10³. ha⁻¹). There was a positive correlation between RUE and IE, but it was negative in between RUE and AE. High population density (71.10³. ha⁻¹) has promoted to eliminate the loss of productivity when it grown in rainy season. Var. Granola was slightly superior in number of tuber than var. Morene did, but no significantly different between both varieties in total production.

Key words: Radiation use efficiency, population density, planting time, potato.

PENDAHULUAN

Efisiensi penggunaan radiasi surya adalah nilai konversi radiasi surya menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis. Nilai ini menunjukkan persentase berapa banyak energi radiasi yang diserap tanaman mampu diubah menjadi energi dalam bentuk kimia (Lawlor, 1993). Produksi berat kering berbagai tanaman rata-rata sekitar 1,4 g berat kering per MJ radiasi surya yang diserap tanaman atau dengan kata lain mempunyai nilai Efisiensi Konversi Energi (EKE 2,5) %. Pada tanaman kentang, dengan intensitas 2 GJ m⁻² selama masa pertumbuhan 120 hari umumnya diperoleh nilai EKE 1,3 % (Jones, 1992)

Sampai dengan tahun 2000 perkembangan luas panen tanaman kentang di Indonesia mencapai 73.068 ha, dengan total produksi 977.349 ton, atau produksi rata-rata per hektar berkisar 13,4 ton (BPS, 2000). Di Jawa Timur, Basuki et al. (1993) melaporkan, produktifitas 10 varietas kentang pada nilai ILD 1,26 – 3,93, berkisar 11 - 27 ton per hektar. Produksi ini apabila ditinjau dari sisi penangkapan energi surya, efisiensinya sangat rendah, karena menurut Haeder dan Beringer (1983), pada kisaran ILD tersebut semestinya dapat dihasilkan umbi kentang sekitar 20 – 50 ton per hektar. Kecenderungan hasil yang rendah ini disebabkan praktek budidaya tanaman yang kurang benar sehingga memberikan nilai konversi energi surya yang sangat tidak efisien, misalnya penggunaan jarak tanam yang terlalu lebar, penanaman tanaman pada saat musim hujan dimana

banyak awan yang menghalangi radiasi surya, penanaman tanaman pada dataran tinggi yang cenderung berkabut, saat tanam tanpa memperhatikan fase pertumbuhan yang peka terhadap intensitas radiasi surya, dan lainnya. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan radiasi surya, berbagai cara dapat dilakukan. Sugito (1999) menyarankan beberapa cara perbaikan budidaya tanaman, diantaranya dengan mengurangi energi surya yang lolos pada pertanaman dan mengoptimalkan penggunaan energi surya yang jatuh pada kanopi tanaman, diantaranya dengan meningkatkan populasi tanaman. Haeder dan Beringer (1983) menambahkan peningkatan EKE dapat juga dilakukan dengan memilih kultivar yang berumur panjang dan pemilihan lokasi bersuhu 10 – 20 °C dengan intensitas cahaya tinggi.

Percobaan ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan efisiensi energi surya melalui pengaturan saat tanam, populasi tanaman serta penggunaan varietas yang potensial.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di dataran tinggi 1.200 m dpl., tepatnya di Desa Tulungrejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Klasifikasi tanah Andisol dengan tingkat keasaman (pH) 6 – 7. Suhu rata-rata 20 °C, suhu minimum 16 °C dan suhu maksimum pada siang hari 22 °C. Kelembaban nisbi rata-rata 85 % dan intensitas radiasi surya berkisar 271,0 – 464,0 W.m⁻² dengan lama penyinaran 10 – 12 jam. Percobaan dilaksanakan mulai Januari 2001 hingga Agustus 2001.

Peralatan yang digunakan antara lain : Actinograph, untuk mengukur intensitas radiasi harian; Lightmeter, untuk mengukur intensitas yang jatuh diatas dan dibawah kanopi; Leaf Area Meter tipe Li – 3100 untuk mengukur luas daun; timbangan Nict Voor tipe PS 1200; dan oven Memmert tipe 21037 FNR. Data suhu, curah hujan dan kelembaban diperoleh dari Stasiun Klimatologi Kebun Percobaan Hortikultura – Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Tlekung di Bumiaji – Batu (1.000 m dpl dan ± 10 km dari lokasi percobaan). Bahan yang digunakan antara lain, bibit kentang kultivar Granola dan Morene berukuran 30 g, pupuk organik berasal dari kandang ayam dan pupuk Urea, SP 36 dan KCl. Adapun pestisida yang digunakan untuk mengendalikan *Phytophthora infestans* diantaranya fungisida dengan bahan aktif Mankozeb 80 %, Famoxate 22,54 % dan Cymoxamil 29 %. Pengendalian Lalat kentang (*Liriomyceae* sp.) dilakukan dengan perangkap *Yellow Sticky Trap* dan insektisida yang berbahan aktif Dimehipo 400 g per liter.

Percobaan lapang disusun dalam Rancangan Petak Terbagi Dalam Waktu (*Split Plot in Time*) yang diulang 3 kali, dengan perlakuan, Petak Utama : Saat Tanam yakni, Musim Penghujan/bulan Februari (M₁) dan Saat tanam Musim Kemarau/bulan Mei (M₂); Anak Petak : Varietas, yakni Granola (V₁) dan Morene (V₂); Anak-Anak Petak : Populasi yakni 35.000 tanaman ha⁻¹dengan jarak tanam 70 x 40 cm (P₁), 47.000 tanaman ha⁻¹ dengan jarak tanam 70 x 30 cm (P₂), dan 71.000 tanaman ha⁻¹dengan jarak tanam 70 x 20 cm (P₃).

Pengamatan lingkungan meliputi intensitas radiasi surya, intensitas diatas dan dibawah kanopi, kelembaban dan suhu udara harian. Pengamatan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah dan luas daun, berat kering total tanaman, jumlah dan bobot umbi per tanaman serta jumlah dan bobot umbi per kelas umbi (A = >200g; B = 60 – 200g; C = 30 – 60 g; D = < 30g) per satuan luas. Pengamatan dilakukan secara destruktif sejak 40 hst kemudian dilanjutkan setiap 15 hari sekali sampai 100 hst. Dari data pengamatan tanaman dihitung ILD, LDS, CGR, NAR, EI (Efisiensi Intersepsi), EA (Efisiensi Absorpsi), EPA (Efisiensi Energi Terserap), *k* (Koefisien Pemadaman), EPU (Efisiensi Pengisian Umbi) dan EKE (Efisiensi Konversi Energi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pertumbuhan Tanaman

Tanaman kentang yang ditanam pada musim hujan umumnya menunjukkan tanaman yang lebih tinggi bila dibandingkan tanaman musim kemarau. Pada perlakuan varietas, tanaman kentang varietas Morene lebih tinggi daripada varietas Granola, selanjutnya peningkatan populasi 47.000 dan 71.000 tanaman per ha, menyebabkan pertambahan tinggi tanaman bila dibandingkan dengan perlakuan populasi 35.000 tanaman. Peningkatan populasi sampai 71.000 tanaman akan menyebabkan nilai ILD semakin tinggi. Perkembangan Luas Daun Spesifik (LDS) mempunyai pola yang hampir sama dengan ILD. Tanaman yang ditanam pada musim hujan mempunyai LDS lebih tinggi dibanding dengan tanaman musim kemarau. Diantara varietas, LDS varietas Morene lebih tinggi daripada Granola, sedangkan pada perlakuan populasi, terdapat kecenderungan peningkatan LDS sejalan dengan semakin tingginya populasi tanaman.

Pada akhir pertumbuhan tanaman (100 hst.), berat kering total tanaman musim kemarau pada populasi 35.000 dan 47.000 tanaman mempunyai berat yang lebih tinggi daripada tanaman musim hujan. Peningkatan populasi akan menurunkan berat kering total tanaman pada kedua saat tanam dan juga berat kering total tanaman pada kedua varietas.

Analisis sidik ragam terhadap CGR dan NAR menunjukkan tidak terdapat interaksi perlakuan saat tanam, varietas dan populasi. Data rata-rata CGR dan NAR selama pertumbuhan tanaman (100 hari) disajikan pada Tabel 1. Tampak bahwa interaksi varietas dan populasi menunjukkan peningkatan populasi akan meningkatkan CGR pada kedua varietas. Sebaliknya peningkatan populasi ini juga akan menyebabkan penurunan NAR pada kedua varietas, terutama pada populasi tinggi 71.000 tanaman per ha.

Tabel 1. *Crop Growth Rate* (CGR) dan *Net Assimilation Rate* (NAR) pada perlakuan saat tanam, varietas dan populasi hingga 100 hari setelah tanam (hst)

Perlakuan	CGR (g.m ⁻² .hari ⁻¹)	NAR (mg.cm ⁻² .hari ⁻¹)
Musim		
Hujan	5,33 A	0,30 A
Kemarau	6,03 B	0,50 B
Var. Granola		
Populasi 35.000 tan	3,99 a	0,45 b
Populasi 47.000 tan	5,09 b	0,43 b
Populasi 71.000 tan	8,28 d	0,29 a
Var. Morene		
Populasi 35.000 tan	4,15 a	0,62 c
Populasi 47.000 tan	4,93 b	0,37 ab
Populasi 71.000 tan	7,67 c	0,25 a

Keterangan : - Angka didampingi huruf yang sama pada satu kolom berarti tidak berbeda nyata
 - Huruf besar hasil sidik ragam dan huruf kecil uji Duncan 0,05.

Hasil analisis sidik ragam terhadap kandungan klorofil dan kerapatan stomata memperlihatkan, terdapat interaksi antara saat tanam dengan populasi tanaman terhadap kandungan klorofil dan kerapatan stomata (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan klorofil dan kerapatan stomata pada berbagai perlakuan saat tanam dan populasi saat pengamatan 70 hst

Perlakuan	Kandungan Klorofil ($\mu\text{g.g}^{-1}$)		Kerapatan Stomata (mm^{-2})	
	a	b	atas	bawah
Musim Hujan				
Populasi 35.000 tan	48,54 b	2,88 b	10,64 b	85,70 c
Populasi 47.000 tan	46,30 ab	1,98 ab	10,43 b	67,59 ab
Populasi 71.000 tan	42,53 a	1,38 a	7,98 a	59,71 a
Musim Kemarau				
Populasi 35.000 tan	75,77 d	3,77 c	13,38 c	85,69 c
Populasi 47.000 tan	60,54 c	3,11 c	11,10 b	84,16 c
Populasi 71.000 tan	50,13 b	2,62 b	8,98 a	77,54 bc

Keterangan : - Angka didampingi huruf yang sama pada satu kolom berarti tidak berbeda nyata (Uji Duncan 0.05).

Hasil panen

Analisis sidik ragam terhadap peubah jumlah umbi dan berat umbi per tanaman saat panen memperlihatkan, tidak terdapat interaksi antara perlakuan saat tanam, varietas dan populasi. Untuk jumlah umbi, terdapat perbedaan akibat perlakuan varietas, sedang untuk berat umbi terjadi interaksi antara perlakuan saat tanam dan populasi. Data jumlah umbi dan berat umbi per tanaman disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah dan berat umbi per tanaman saat panen 100 hst

Perlakuan	Jumlah Umbi per Tanaman
Varietas Granola	6,33 B
Varietas Morene	5,33 A
Berat Umbi per Tanaman (kg.tan^{-1})	
Musim Hujan	
Populasi 35.000 tan	0,49 c
Populasi 47.000 tan	0,38 b
Populasi 71.000 tan	0,36 b
Musim Kemarau	
Populasi 35.000 tan	0,70 d
Populasi 47.000 tan	0,47 c
Populasi 71.000 tan	0,30 a

Keterangan : - Angka didampingi huruf yang sama pada satu kolom berarti tidak berbeda nyata
- Huruf besar hasil sidik ragam dan huruf kecil uji Duncan 0,05.

Selanjutnya Tabel 4 memperlihatkan, bila populasi pada musim hujan ditingkatkan sampai 71.000 tanaman per ha, maka akan dihasilkan berat umbi yang sama dengan saat tanam musim kemarau. Pada berat umbi per kelas, peningkatan populasi akan menurunkan berat umbi kelas A dan B serta meningkatkan berat umbi kelas C dan D pada kedua varietas.

Tabel 4. Berat umbi total akibat interaksi saat tanam dan populasi pada 100 hst

Perlakuan	Berat Umbi Total (kg.m ⁻²) Saat Panen 100 hst.
Musim Hujan	
Populasi 35.000 tan	1,60 a
Populasi 47.000 tan	1,83 a
Populasi 71.000 tan	2,58 bc
Musim Kemarau	
Populasi 35.000 tan	2,31 b
Populasi 47.000 tan	2,58 bc
Populasi 71.000 tan	2,66 c

Keterangan : Angka didampingi huruf yang sama pada satu kolom berarti tidak berbeda nyata (uji Duncan 0.05).

Efisiensi Konversi Energi (EKE), Intersepsi (EI), Absorpsi (EA) dan Penggunaan Energi Terabsorpsi (EPA)

Tidak terdapat interaksi antara saat tanam, varietas dan populasi tanaman terhadap Efisiensi Konversi Energi Surya (EKE), Intersepsi (EI), Absorpsi (EA) dan Penggunaan Energi Terabsorpsi (EPA), serta Koefisien Pemandaman (k). Data tersebut ditampilkan pada Tabel 5 dan pada Tabel 6.

Tabel 5. Efisiensi konversi energi 100 hari, intersepsi, absorpsi dan penggunaan energi terabsorpsi akibat perlakuan saat tanam, varietas dan populasi pada 70 hst.

Perlakuan	EKE (%)	EI (%)	EA (%)	EPA (%)	Intensitas Radiasi Surya 100 Hari (MWm ⁻²)	Suhu Rata-2 Selama 100 Hari (°C)
Musim Hujan	1,43 A	33,30 A	62,17 A	2,45 A	1.385,20	17,5
Kemarau	1,57 B	30,49 A	65,82 B	2,54 A	1.433,94	15,6
Varietas Granola	1,53 A	33,60 B	54,78 A	2,10 A		
Morene	1,47 A	30,19 A	73,21 B	2,89 B		
Populasi 35.000 tan	1,07 a	26,04 a	68,54 c	1,60 a		
47.000 tan	1,32 b	30,54 b	65,73 b	2,07 b		
71.000 tan	2,10 c	39,10 c	57,72 a	3,81 c		

Keterangan : - Angka didampingi huruf yang sama pada satu kolom dan satu baris berarti tidak berbeda nyata
 - Huruf besar hasil sidik ragam dan huruf kecil uji Duncan 0.05

Nilai EKE dan EA musim kemarau lebih tinggi daripada musim hujan, namun tidak mempengaruhi EI dan EPA. Peningkatan populasi tanaman sampai 47.000 tanaman, malahan

sampai dengan 71.000 tanaman per ha, meningkatkan nilai EKE yang diikuti pula dengan EI dan EPA, namun menurunkan nilai EA.

Tabel 6. Koefisien pemadaman pada berbagai ketinggian saat pengamatan 70 hst

Perlakuan	Koefisien pemadaman (<i>k</i>) pada ketinggian (cm)			
	0	20	40	60
Musim				
Hujan	0,35 A	0,27 B	0,20 A	0,15 A
Kemarau	0,32 A	0,23 A	0,16 A	0,14 A
Varietas				
Granola	0,35 B	0,27 B	0,21 B	0,14 A
Morene	0,32 A	0,23 A	0,15 A	0,14 A
Populasi				
35.000 tan	0,29 a	0,23 a	0,16 a	0,14 a
47.000 tan	0,35 b	0,25 ab	0,18 ab	0,14 a
71.000 tan	0,36 b	0,28 b	0,20 b	0,15 a

Keterangan : - Angka didampingi huruf yang sama pada satu kolom dan satu baris berarti tidak berbeda nyata

- Huruf besar hasil sidik ragam dan huruf kecil uji Duncan 0,05.

Varietas Granola umumnya mempunyai nilai koefisien pemadaman yang lebih besar daripada varietas Morene, khususnya pada ketinggian lapisan tajuk 0 – 40 cm. Selanjutnya koefisien pemadaman pada ketinggian 0 – 40 cm semakin besar seiring dengan peningkatan populasi tanaman sampai 47.000 dan 71.000 tanaman per ha.

Pembahasan

Pertumbuhan Tanaman

Saat tanam musim hujan, terjadi pertumbuhan tanaman yang cukup rimbun karena rendahnya intensitas radiasi surya ($1.385,20 \text{ MWm}^{-2}$) dan tingginya curah hujan (1.051 mm), bila dibanding musim kemarau dengan intensitas radiasi surya $1.433,94 \text{ MWm}^{-2}$ dan curah hujan 238 mm. Saat tanam musim hujan tidak mempengaruhi ILD, namun daunnya cenderung lebih tipis, seperti ditunjukkan dengan nilai LDS yang tinggi saat musim hujan. Nilai ILD dan LDS semakin meningkat sejalan dengan penambahan populasi tanaman sampai 71.000 tanaman per ha. Hal yang sama juga terjadi pada tanaman kedelai yang ditanam dengan populasi tinggi, yakni 26,7 tanaman per m^2 , nyata meningkatkan nilai ILD dan LDS (Koesmaryono *et al.*, 1997a). Di antara varietas, Varietas Morene yang morfologinya lebih ramping dan tinggi, mempunyai ILD yang lebih tinggi daripada Granola yang bentuk kanopinya cenderung melebar. Varietas Morene juga mempunyai tinggi tanaman yang lebih tinggi daripada Granola. Pada kedua varietas yang ditanam dengan populasi tinggi (47.000 dan 71.000 tanaman per ha) maka didapati pula gejala etiolasi.

Populasi tinggi mengakibatkan saling penaungan diantara daun tanaman, sehingga intensitas yang diterima daun bagian bawah akan berkurang dan selanjutnya menurunkan kandungan klorofil daun. Koesmaryono *et al.* (1997a) melaporkan bahwa semakin tinggi kepadatan tanaman akan cenderung menurunkan kandungan klorofil daun dan ketebalan daun. Tanaman musim kemarau umumnya mempunyai CGR dan NAR yang lebih besar daripada tanaman musim hujan. Fenomena

ini juga dikemukakan oleh Koesmaryono et al. (1997b), dimana tanaman kedelai yang ditanam dalam kondisi cukup air pada intensitas 14-22 MJ dengan lama penyinaran 5-10 jam per hari menghasilkan ILD, CGR, NAR dan hasil biji yang lebih rendah daripada tanaman yang ditanam pada intensitas 14-24 MJ dengan lama penyinaran 7-10 jam per hari.

Pada interaksi varietas dan populasi menunjukkan, peningkatan populasi akan meningkatkan CGR pada kedua varietas, namun sebaliknya menyebabkan penurunan NAR. Peningkatan CGR pada populasi tinggi mengindikasikan pemanfaatan ruang yang lebih efisien dalam memanen radiasi surya yang jatuh diatas permukaan tanaman, selanjutnya akan meningkatkan pula penimbunan energi dalam bentuk berat kering tanaman (Sinclair dan Muchow, 1999). Koesmaryono *et al.* (1997a) juga menunjukkan bahwa penanaman kedelai pada populasi tinggi, yakni 10,7 dan 26,7 tanaman per m², dapat meningkatkan ILD dan CGR pada fase vegetatif maupun generatif dan menghasilkan berat kering tanaman yang maksimum.

Intensitas radiasi yang lebih tinggi pada musim kemarau mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik, seperti ditunjukkan berat kering total tanaman musim kemarau pada populasi 35.000 dan 47.000 tanaman per ha yang lebih tinggi daripada tanaman musim hujan. Hal ini seperti dijelaskan oleh Mills (2001) bahwa ketersediaan intensitas radiasi surya yang tinggi disertai dengan suhu yang ideal pada malam hari akan meningkatkan berat kering total tanaman.

Hasil Panen

Pada peubah hasil umbi per tanaman, varietas Granola mempunyai jumlah umbi yang lebih banyak daripada varietas Morene. Hal ini seperti pendapat Beukema dan van der Zaag (1979) bahwa jumlah umbi tidak banyak dipengaruhi lingkungan tetapi lebih ditentukan oleh faktor genetik dan kualitas umbi bibit. Untuk berat umbi per tanaman, tanaman yang ditanam saat musim kemarau dengan populasi rendah (35.000 tanaman) mempunyai berat umbi per tanaman yang tinggi. Pada populasi tinggi, baik pada musim hujan maupun kemarau menghasilkan berat umbi per tanaman yang rendah.

Selanjutnya perlakuan populasi ternyata lebih mempengaruhi perimbangan jumlah umbi dan berat umbi per kelas per m². Semakin tinggi populasi tanaman ternyata mengurangi jumlah dan berat umbi kelas A dan B serta meningkatkan jumlah dan berat umbi kelas C dan D. Hal ini juga dilaporkan Love dan Thompson (1999) bahwa setiap varietas mempunyai karakteristik hasil yang berbeda, pada populasi tinggi, yakni jarak tanam 8 cm dalam baris, akan menghasilkan banyak umbi kecil. Varietas Russet Burbank dan Frontier Russet akan menghasilkan umbi yang marketable (236 – 452 g), masing-masing 36.7 dan 41.5 ton per ha, bila jarak tanam dalam baris diperlebar sampai 23 cm, sedang untuk Ranger Russet dapat menghasilkan umbi tersebut 43.6 ton per ha pada kisaran jarak tanam dalam baris 8 – 23 cm.

Peningkatan populasi terlebih pada musim hujan, akan mengurangi ketersediaan intensitas radiasi surya bagi individu tanaman, karena terjadinya saling penaanngan yang intensif diantara tanaman dan selanjutnya menurunkan laju fotosintesis total dan memperlambat laju translokasi fotosintat pada sink organ dalam hal ini umbi, padahal pada tanaman kentang, umbi merupakan 80 % bagian berat kering tanaman (Wheeler *et al.*, 1991).

Tingginya rata-rata berat umbi total per m² saat musim kemarau, yakni sekitar 2,5 kg.m² bila dibanding musim hujan 1,8 kg.m², tidak lepas dari pertumbuhan individu tanaman yang cukup baik, seperti ditunjukkan dengan nilai CGR dan NAR. Keadaan ini menunjukkan translokasi fotosintat berlangsung kondusif akibat penerimaan intensitas radiasi surya yang optimal oleh kanopi tanaman,

disamping diikuti dengan suhu malam hari (minimum) yang cukup rendah pada musim kemarau, yakni sekitar 15,6 °C bila dibanding musim hujan dengan suhu minimum 17,5 °C.

Perkembangan umbi dengan perbedaan suhu ini dilaporkan pula oleh Manrique dan Bartholomew (1991) di Hawaii. Hasil penelitian tersebut menunjukkan hubungan linier negatif antara rasio daun dan berat kering tanaman dengan suhu. Tanaman kentang varietas Katahdin dan Desiree yang ditanam pada ketinggian 1.097 m dpl dengan suhu minimum 14,3 – 15,0 °C memberikan hasil umbi yang lebih tinggi daripada tanaman yang ditanam pada ketinggian 91 m dpl dengan suhu minimum 20,5 – 20,9 °C. Dijelaskan pula bahwa suhu minimum pada malam hari yang berkisar 15,0 – 20,0 °C sangat besar perannya bagi peningkatan translokasi fotosintat ke bagian umbi. Keadaan yang hampir sama dilaporkan oleh Sugimoto, Koesmaryono dan Sato (2001) pada tanaman talas yang ditanam pada empat suhu tanah yang berbeda, dimana pada perlakuan suhu tanah yang sama dengan suhu udara, yakni sekitar 25,0 °C akan memberikan rasio umbi (33,3 %) dan hasil umbi talas (178,8 g per tanaman) yang lebih tinggi, dibanding dengan perlakuan suhu diatas dan dibawahnya. Dengan kata lain, untuk mendapatkan hasil umbi yang optimal, perlu menjaga suhu yang ideal bagi pertumbuhan tanaman.

Efisiensi Konversi Energi (EKE)

Tanaman yang ditanam pada musim kemarau dengan intensitas selama 100 hari sebesar 1.433,94 MW m⁻² dan suhu minimum 15,6 °C mempunyai EKE 1,57 %, lebih tinggi daripada tanaman saat musim hujan yang mempunyai EKE 1,43 % pada intensitas sebesar 1.385,20 MW m⁻² dan suhu minimum 17,5 °C. Hal ini juga dilaporkan Manrique dan Bartholomew (1991) bahwa EKE pada tanaman kentang dipengaruhi oleh intensitas radiasi surya dan suhu. EKE akan meningkat dari 2,0 menjadi 3,5 g.MJ⁻¹ bila suhu turun dari 25 menjadi 10 °C. Nilai EKE yang tinggi pada musim kemarau daripada musim hujan menunjukkan, tanaman lebih efisien dalam menggunakan cahaya seperti ditunjukkan dengan nilai EA yang tinggi pada musim kemarau dibanding musim hujan, walaupun nilai EI antara kedua musim tersebut tidak berbeda. Hal ini juga didukung oleh kenyataan bahwa kandungan klorofil dan jumlah stomata yang berbeda juga antara kedua musim tersebut. Bange *et al.* (1997) juga melaporkan dalam penelitiannya dengan tanaman bunga matahari, bahwa pada intensitas 80 dan 85 %, tanaman mempunyai nilai EKE yang lebih tinggi daripada intensitas 100 % namun tidak terdapat perbedaan pada LAI dan EI. Lebih lanjut Mills (2001) menjelaskan bahwa keberadaan intensitas yang cukup tinggi disertai suhu minimum yang rendah, akan meningkatkan translokasi fotosintat ke bagian umbi. Hal ini juga ditunjukkan pula dengan nilai EPU yang cukup tinggi pada musim kemarau (0,92) dibanding musim hujan (0,88). Sugito (1999) menyatakan bahwa tingginya efisiensi translokasi akan meningkatkan pula efisiensi konversi energi.

Nilai EKE tidak berbeda antara varietas Granola dan Morene. Sesuai dengan morfologi tanamannya, nilai EI varietas Granola yang mempunyai kanopi lebar (columnar) lebih tinggi, namun EA dan EPA varietas tersebut lebih rendah daripada varietas Morene yang mempunyai kanopi lebih ramping (piramidal).

Diantara perlakuan populasi, penambahan populasi tanaman sampai dengan 71.000, menyebabkan peningkatan nilai EKE. Peningkatan nilai EKE ini tidak lepas dari nilai ILD yang tinggi, sehingga meningkatkan pula nilai EI dan EPA, namun menurunkan EA. Terdapat hubungan linier positif antara EKE dengan EI ($y = 13,525 + 12,273x$) dan linier negatif antara EKE dengan EA ($y = 79,635 - 10,449x$).

Pada populasi rapat 47.000 atau 71.000 tanaman per ha, kanopi tanaman akan lebih banyak mengintersep intensitas radiasi surya, seperti ditunjukkan dengan nilai EI dan koefisien pepadaman yang tinggi terutama pada lapisan kanopi 40 cm kebawah. Bange *et al.* (1997) menyatakan koefisien pepadaman akan meningkat seiring dengan perkembangan luas daun. Selain itu, pada kanopi yang rapat, intensitas radiasi yang jatuh akan banyak pula dipantulkan seperti ditunjukkan dengan EA yang rendah. Namun pada populasi tinggi, tanaman lebih efisien dalam menggunakan energi yang terabsorpsi seperti ditunjukkan oleh nilai EPA. Pada pertanaman dengan populasi tinggi akan terdapat susunan kanopi yang lebih rapat dan kasar, sehingga intensitas radiasi surya dapat diterima berbagai lapisan kanopi, dengan cara langsung maupun pantulan, daripada tanaman yang ditanam dengan populasi rendah.

KESIMPULAN

1. Penanaman tanaman kentang pada musim kemarau, dengan populasi 35.000 – 47.000 tanaman per ha, dapat meningkatkan berat umbi total per m² sekitar 40 % pada kedua varietas, sedangkan Efisiensi Konversi Energi (EKE) meningkat 9.7 %, daripada musim hujan.
2. Nilai Efisiensi Pengisian Umbi (EPU) pada musim kemarau sebesar 0,92 lebih tinggi dibanding musim hujan sebesar 0,88. Terdapat hubungan linier positif antara EKE dengan Efisiensi Intersepsi ($y = 13,525 + 12,273x$) dan linier negatif antara EKE dengan Efisiensi Absorpsi ($y = 79,635 - 10,449x$).

DAFTAR PUSTAKA

- Bange, M.P. G.L. Hammer and K.G. Rickert. 1997. Effect of Radiation Environment on Radiation Use Efficiency and Growth of Sunflower. *Crop Sci.* 37 : 1208 – 1214.
- Basuki, N., A. Suryanto, M. D. Maghfoer, Koesriharti, N. Aini dan Rosilawati. 1993. Upaya Peningkatan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Berwawasan Lingkungan. Lap. Penelitian PSLH. UNIBRAW. Malang. 50 h.
- Beukema, H.P. and D.E. van der Zaag. 1979. Potato Improvement. Some Factors and Facts. International Agricultural Centre. Wageningen. The Netherlands. 222 p.
- BPS (Biro Pusat Statistik). 2000. Harvest Area, Production and Yield of Potatoes, 2000. www.bps.go.id
- Haeder, H. E. and H. Beringer. 1983. Potato. Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environment. IRRI. Los Banos. Philippines. p. 307 – 315.
- Jones, H.G. 1992. Plants and Microclimate. A Quantitative Approach To Environmental Plant Physiology. (2nd ed). Cambridge Univ. Press. New York. 428 p.
- Koesmaryono, Y., H. Sugimoto, D. Ito, T. Sato and T. Haseba. 1997a. The Effect of Plant Population Density on Photosynthesis, Dry Matter Production and ¹³C-Labeled Distribution in Soybeans. *J. Agric. Meteorol.* 52 (5) : 875 – 878.

- _____, H. Sugimoto, D. Ito, T. Sato and T. Haseba. 1997b. The Influence of Different Climatic Conditions on the Yield of Soybeans Cultivated under Different Population Densities. *J. Agric. Meteorol.* 52 (5) : 875 – 878.
- Lawlor, D.W. 1993. *Photosynthesis. Molecular, Physiological, and Environmental Processes.* Longman Sci. Tech. Hongkong. 318 p.
- Love, S.L. and J.A. Thompson. 1999. Seed Piece Spacing Influence Yield, Tuber Size Distribution, Stem and Tuber Density, and Net Returns of Three Processing Potato Cultivars. *Hort. Science* 34 (4) : 629 – 633.
- Manrique, L.A. and D.P. Bartholomew. 1991. Growth and Yield Performance of Potato Grown at Three Elevations in Hawaii: II. Dry Matter Production and Efficiency of Partitioning. *Crop. Sci.* 31 : 367 – 372.
- Mills, H. A. 2001. Potato (*Solanum tuberosum* L.) UGA Horticulture. Univ. of Georgia. www.uga.edu/vegetable/potato. 13 p.
- Sinclair, T.R. and R.S. Muchow. 1999. Radiation Use Efficiency. *Advances in Agronomy.* Edited by D.I. Sparks. Academic Press. California. 65:215 – 259.
- Sugimoto, H. Y. Koesmaryono and T. Sato. 2001. Effect of Controlled Soil Temperature on Dry Matter Production and Tuber Growth of Eddoe Plants (*Colocasia esculenta* L. Shott). *Environ. Control in Biol.* 39 (4) : 313 – 319
- Sugito, Y. 1999. *Ekologi Tanaman.* Fakultas Pertanian UNIBRAW. Malang. 127 h.
- Tanaka, A. 1983. Physiological Aspect of Productivity in Fields Crops. Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environment. IRRI. Los Banos. Philippines. p. 62 – 78.
- Wheeler, R.M., T.W. Tibbitts and A.H. Fitzpatrick. 1991. Carbon Dioxide Effects on Potato Growth under Different Photoperiods and Irradiance. *Crop Sci.* 31 : 1209 - 1213.