

Teknik Penggunaan Ajir pada Beberapa Varietas Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) di Dataran Tinggi Papua

*The Using Technique of Stake Angle for Several Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties in the Papua Highlands*

Alberth Soplanit^{1*}, Merlin K. Rumbarar¹, Siska Tirajoh¹, Nur E. Suminarti²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua, Jl. Yahim No.49, Dobonsolo-Sentani, Jayapura, Papua

²Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jl. Veteran, Lowokwaru-Kota Malang, Indonesia

*E-mail Penulis Korespondensi: asoplanit@yahoo.co.id

Tanggal submit: 12 Maret 2020; Tanggal penerimaan: 24 Juni 2020

ABSTRACT

This study aimed to obtain high efficiency in the use of solar radiation energy by combining varieties and stake angle (against horizontal) in sweet potato cultivation in the Papua highlands. The experiment was conducted on entisol soil type at 1560 m above sea level from April to September 2016. The environment experiment was arranged in a factorial Randomized Block Design with three replications. Factor A (variety) consisted of three varieties, i.e. Siate (local), Papua Sollosa, and Cangkuang; factor B (stake angle) consisted of four angles i.e. without stakes, 45°, 60°, and 90°. Specific Leaf Area decreased following an increase in stake angle levels for all varieties. The experiment reveals that Cangkuang with a 90° stake angle was higher on tuber dry weight (248.7 g per plant). The highest tuber yields were achieved by Cangkuang variety at 90° and 60° stakes angle with production 31.53 ton per ha and 28.86 ton per ha, respectively. Under conditions of abiotic stress due to the high level of cloud shade in the Papua highlands, it is recommended to use Cangkuang sweet potato variety or varieties with wide leaves, combined with the use of stakes at 90° and 60° angles.

Keywords: stake, solar radiation energy, sweet potato variety, Papua highland

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan efisiensi penggunaan energi radiasi matahari yang tinggi dengan mengkombinasikan varietas dan kemiringan (sudut terhadap horizontal) ajir pada budidaya tanaman ubi jalar di dataran tinggi Papua. Penelitian berlangsung pada tanah entisol, ketinggian 1560 m di atas permukaan laut dari bulan April - September 2016. Rancangan lingkungan adalah faktorial yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Faktor A (varietas) terdiri dari tiga varietas, yakni Siate (lokal), Papua Sollosa dan Cangkuang; faktor B (sudut kemiringan ajir) terdiri dari empat sudut yakni tanpa ajir, kemiringan ajir 45°, 60°, dan 90°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas daun spesifik (LDS) menurun mengikuti peningkatan kemiringan ajir pada semua varietas, dengan bobot kering umbi tertinggi 248,7 g per tanaman dihasilkan oleh varietas Cangkuang pada kemiringan ajir 90°. Hasil umbi tertinggi secara berturut-turut diperoleh oleh varietas Cangkuang pada kemiringan ajir 90° dan 60° masing-masing 31,53 ton per ha dan 28,86 ton per ha. Pada kondisi cekaman abiotik akibat tingkat keawanan tinggi di dataran tinggi Papua, dianjurkan untuk menanam varietas ubi jalar Cangkuang atau varietas dengan karakter berdaun lebar dikombinasikan dengan penggunaan ajir dengan kemiringan 90° dan 60°.

Kata kunci: Ajir, energi radiasi matahari, varietas ubi jalar, dataran tinggi Papua

PENDAHULUAN

Tanaman ubi jalar atau dikenal dengan sebutan *hipere* oleh suku Dani yang bermukim di lembah *Baliem* dataran tinggi Papua, merupakan tanaman penting karena selain sebagai sumber pangan utama bagi masyarakat setempat tapi juga sebagai sumber

pakan ternak babi, dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari sistem sosial budaya mereka. Karena manusia, ubi jalar dan ternak babi memiliki ketergantungan antara satu dengan lainnya, yang dapat digambarkan sebagai hubungan segitiga dimana ubi jalar memegang peranan penting sebagai sentral sehingga masyarakat setempat menyebutnya sebagai

tanaman ibu atau “mama” maka tanaman ubi jalar tetap dilestarikan secara turun-temurun hingga saat ini (Limbongan dan Soplanit, 2007); Soplanit *et al.* (2018).

Tanaman ubi jalar merupakan salah satu tanaman paling efisien mengkonversi energi matahari dan hanya lebih rendah dibandingkan singkong (Swadija *et al.*, 2016). Sebagai perbandingan, singkong menghasilkan 250×10^3 kal/ha/hari sedangkan ubi jalar menghasilkan 240×10^3 kal/ha/hari, kemudian padi 176×10^3 kal/ha/hari, 110×10^3 kal/ha/hari untuk gandum dan 200×10^3 kal/ha/hari untuk jagung. Selain kaya akan karbohidrat, umbi ubi jalar merupakan sumber vitamin C, B₂, B₆ dan E yang baik serta makanan berserat dan mineral seperti K, Cu, Mn dan Fe. Varietas ubi jalar yang memiliki warna daging kuning atau nila mengandung betakaroten yang tinggi (86-90%), dan beta karoten ini merupakan senyawa karotenoid yang mampu mengubah provitamin A menjadi vitamin A. Sedangkan ubi jalar yang warna dagingnya ungu banyak mengandung antosianin yang merupakan antioksidan dan bermanfaat sebagai pencegah penyakit kanker dan jantung koroner dengan mengikat radikal bebas dalam tubuh (Teow *et al.*, 2007). Kandungan nutrisi tinggi, ditambah sifat anti kanker dan penyakit kardiovaskular menjadikannya sebagai tanaman pangan fungsional atau makanan untuk kesehatan (Chassy *et al.*, 2008).

Namun demikian, produksi ubi jalar di tingkat petani relatif masih rendah yakni rata-rata sekitar 9-10 t/ha (Djufry *et al.* (2011), sedangkan potensi produksi ubi jalar sekitar 30-40 t/ha. Hasil penelitian Saraswati *et al.* (2013) terhadap varietas Cangkuang di lembah Baliem dataran tinggi Papua menghasilkan produksi rata-rata 13,28 t/ha. Selanjutnya produksi tertinggi varietas Cangkuang di Jayawijaya yang pernah dicapai Jusuf *et al.* (2007) sebesar 26,80 t/ha.

Faktor pembatas yang menyebabkan rendahnya produktivitas ubi jalar di dataran tinggi Papua adalah adanya cekaman abiotik akibat kurangnya intensitas radiasi matahari yang dapat diintersep tanaman karena tingkat keawanan yang tinggi, selain itu durasi penyinaran yang sangat pendek sekitar 4 jam/hari ditambah ketinggian yang mencapai 1560 m dpl menyebabkan suhu rata-rata rendah sehingga umur panen ubi jalar menjadi panjang. Hal tersebut menyebabkan rendahnya efisiensi penggunaan energi radiasi matahari yang berdampak terhadap rendahnya hasil fotosintesis. Karena itu diperlukan upaya perbaikan teknologi budidaya dengan menggunakan varietas yang dapat beradaptasi dengan kondisi iklim setempat, selain itu diperlukan rekayasa lingkungan tanaman sehingga diharapkan lebih banyak intensitas radiasi matahari dapat diintersep oleh tajuk tanaman untuk proses fotosintesis.

Salah satu kearifan lokal masyarakat asli setempat dalam tata cara budidaya ubi jalar adalah dengan merambatkan tanaman pada ajir di kebun mereka. Sistem ajir merupakan salah satu teknologi budidaya tanaman ubi jalar yang masih dipertahankan di lembah Baliem, dan umumnya model ajir yang digunakan oleh masyarakat suku Dani hingga saat ini adalah model tunggal serta tegak dengan ketinggian

rata-rata 150 cm. Tujuannya adalah untuk meningkatkan hasil, dengan asumsi bahwa melalui penggunaan ajir, penerimaan energi radiasi matahari dapat ditingkatkan dan efek saling menaungi antar daun yang terbentuk dapat dikurangi, tidak terjadi kontak langsung antara batang dengan tanah yang dapat menyebabkan terbentuknya umbi sekunder (Gultom, 2004). Namun demikian, dengan penggunaan model ajir tersebut, hasil yang diperoleh belum seperti yang diharapkan, walaupun sudah mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan teknologi budidaya tanpa ajir.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka sejumlah modifikasi lingkungan perlu dilakukan, dan salah satu bentuk rekayasa tersebut adalah melalui penggunaan ajir dengan berbagai sudut kemiringan, yaitu 90°, 60° dan 45° pada berbagai varietas ubi jalar dengan morfologi daun yang berbeda. Adapun kegunaan ajir dengan berbagai sudut kemiringan ini tidak lain adalah untuk mencari dan menentukan sudut kemiringan ajir yang tepat dalam upaya memaksimalkan tangkapan energi radiasi matahari oleh tanaman sehingga hasil ubi jalar dapat ditingkatkan.

Tujuan penelitian kami adalah untuk mendapatkan efisiensi penggunaan energi radiasi matahari yang tinggi dengan mengkombinasikan varietas dan sudut kemiringan ajir pada budidaya ubi jalar di dataran tinggi Papua. Indikator efisiensi penggunaan energi radiasi matahari dapat dilihat pada komponen hasil dan indeks panen ubi jalar.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan lahan kering desa Wesakin, distrik Wouma Kabupaten Jayawijaya Papua Indonesia, (138°57' BT, 04° 04' LS, 1550 m diatas permukaan laut) dari bulan April - September 2016. Pada lahan kering dengan jenis tanah entisol, tekstur tanah lempung berpasir, pH tanah 5,2, P-tersedia 38.1 (ppm), K-tersedia 56 (ppm) dan KTK 15,51 (me/100 g).

Bahan dan Alat

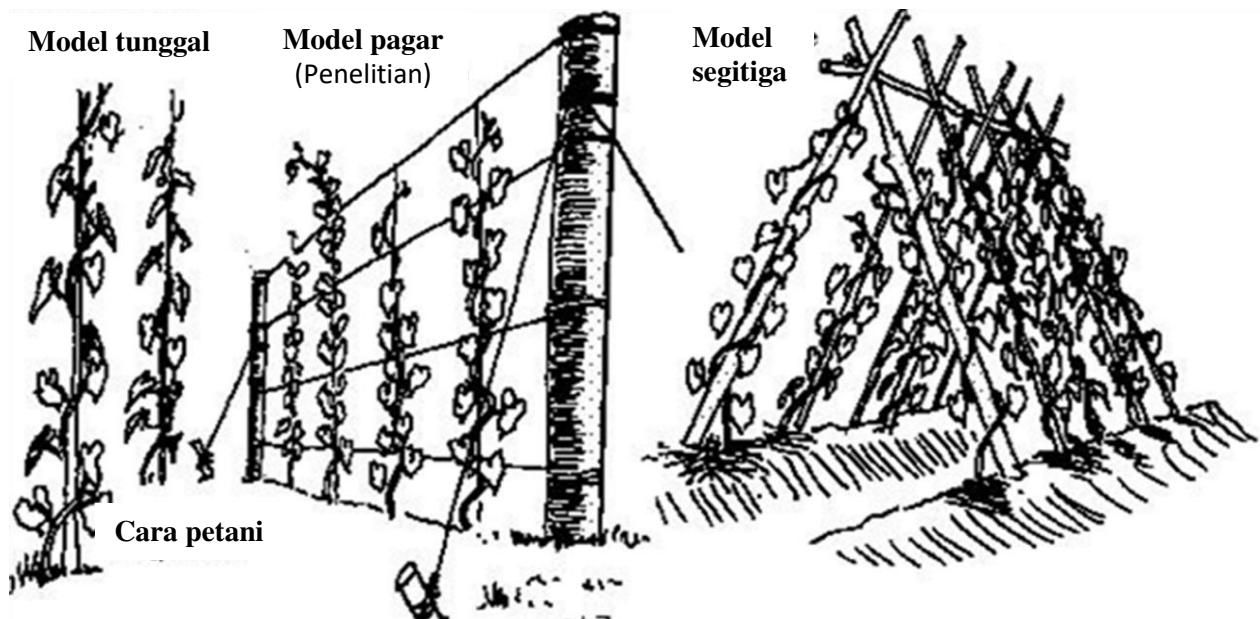
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni tiga varietas ubi jalar dengan ukuran daun berbeda yakni: daun kecil (lokal Siate), daun sedang (Papua Sollosa) dan daun lebar (Cangkuang), bambu/kayu dengan diameter 10 mm dan panjang 150 m serta tali tambang nilon berukuran 1.5 mm dan pupuk organik (pupuk dasar). Alat yang digunakan yakni: Busur derajat, Lux meter (Sanfix, LX-1330B), termometer suhu udara (HTC-2) dan termometer suhu tanah (Kilner, 0025-559), pH tester (Takemura, DM15), oven pengering (Memmert-Type 21037 FNR), sekop potong dan *sege* (kayu untuk memanen ubi jalar).

Metode Penelitian

Percobaan menggunakan rancangan lingkungan Faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Faktor A yakni varietas terdiri dari tiga

macam: Varietas lokal Siate (v_1), Papua Sollosa (v_2) dan Canguang (v_3). Faktor B yakni empat sudut kemiringan ajir yang berbeda terdiri dari tanpa ajir (a_0), kemiringan ajir 45° (a_1) kemiringan ajir 60° (a_2), dan kemiringan ajir 90° (a_3). Pemasangan ajir dilakukan sesuai derajat kemiringan dan diperkuat dengan kayu penyangga, kemudian dibentangkan tali tambang nilon sebanyak 3 baris sesuai arah barisan tanaman dan mengikuti panjang petak perlakuan sehingga model ajir terlihat seperti pagar (Gambar 1). Pengolahan tanah dilakukan menggunakan sekop khusus untuk mengolah tanah, lahan percobaan dibagi tiga kelompok dan masing-masing kelompok dibagi menjadi masing-masing petak dengan ukuran petak 5,25 m \times 6,50 m.

Jarak antara kelompok 100 cm dan jarak antar petak 50 cm, jarak tanam 75 \times 50 cm, satu stek ditanam per lubang dalam guludan tunggal. Penyiangan dilakukan pada hari ke 15, 45 dan 80 hst. Pemupukan dan pengendalian hama secara kimiawi tidak dilakukan karena adanya regulasi PEMDA setempat tentang larangan penggunaan bahan kimia untuk pertanian. Pengamatan secara destruktif yakni mengambil 2 tanaman yang bukan tanaman pinggir sebagai sampel pada umur 40, 70, 100 dan 130 HST dari parameter yang diamati pada setiap pengamatan. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara panen menggunakan tongkat kayu sesuai kebiasaan penduduk lokal.



Gambar 1. Ajir model tunggal (cara petani), model pagar (penelitian) dan model segitiga

Pengukuran Tanaman

Variabel pengamatan meliputi jumlah daun, luas daun spesifik, harga satuan daun, bobot kering umbi, hasil umbi dan indeks panen. Luas daun diukur menggunakan metode *punch* (Etje dan Osiru, 1988), Luas daun spesifik dan Harga Satuan Daun dihitung menggunakan metode Gardner *et al.* (1991). Bobot kering umbi dihitung setiap periode pengamatan dengan menimbang bobot kering oven. Bagian tanaman dipisahkan menjadi akar, batang, daun dan umbi, dikeringkan sampai berat konstan dalam oven pada suhu 80°C . Hasil umbi segar dihitung setelah kegiatan panen dengan mengkonversi hasil panen per petak menjadi per hektar dengan rumus:

$$\frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Luas petak panen}} \times \text{bobot umbi/petak panen} \times 0.90$$

Analisis Data

Analisis statistik dilakukan menggunakan analisis ragam pada taraf kepercayaan 95%. Apabila terdapat

perbedaan maka dilakukan analisis perbandingan nilai tengah dengan uji beda nyata terkecil (BNT) dan analisis regresi untuk melihat hubungan antara dua variabel. Data dianalisis dengan menggunakan program statistik GenStat 18 dan Microsoft Excel 2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penanaman tanaman ubi jalar dilakukan setelah berakhirnya musim kemarau panjang (*el nino*) pada tahun 2015 di daerah pegunungan tengah Papua. Rata-rata durasi penyinaran sebesar 8 jam atau 66%/hari. Rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 137,98 kal/cm²/hari atau selama percobaan sebesar 20.661,90 kal/cm² (data tidak ditampilkan).

Komponen Pertumbuhan Tanaman

Jumlah Daun

Perkembangan jumlah daun ubi jalar yang ditanam setelah berakhirnya musim kemarau panjang

menunjukkan perbedaan nyata pada awal pertumbuhan hingga umur 130 hst. Jumlah daun meningkat pada semua perlakuan mengikuti perkembangan tanaman dan mencapai tertinggi pada varietas Siate tanpa ajir umur 100 hst kemudian cenderung menurun pada umur 130 hst hingga menjelang panen. Jumlah daun terendah diperoleh pada kombinasi varietas Siate dan sudut ajir 90°, hal ini disebabkan sebagian daun menjadi kering tidak diimbangi munculnya tunas baru (Tabel 1). Pada posisi sudut daun yang tegak lurus dan morfologi daun yang relatif kecil memungkinkan tingginya intensitas radiasi matahari yang menerpa semua permukaan daun. Pada kemiringan ajir 90° maka sudut datang radiasi matahari terhadap posisi sudut daun tanaman menjadi tegak lurus dan itu terjadi pada jam 12.00. Fenomena ini juga didukung durasi penyinaran matahari sebesar 8 jam/hari yang memungkinkan terjadinya akumulasi peningkatan suhu di sekitar daun. Faktor ini diduga sebagai penyebab peningkatan suhu di sekitar daun melewati batas toleransi, akibatnya banyak daun yang mengering. Hal ini sesuai laporan yang disampaikan (Naruoka *et al.*, 2012) terhadap durasi hijau daun pada tanaman gandum, yang menyimpulkan bahwa kondisi suhu yang meningkat melewati batas toleransi panas mempercepat penuaan daun.

Luas Daun Spesifik

Luas daun spesifik (LDS) memberikan gambaran tentang efisiensi daun dalam membentuk bobot kering daun dan memberikan petunjuk tentang tebal tipisnya

daun tanaman akibat pengaruh lingkungan (Kadekoh, 2002). Semakin tinggi nilai LDS mengekspresikan tipisnya daun dan semakin besarnya luas daun. Pengaruh interaksi ($p < 0,05$) antara varietas dan kemiringan ajir terhadap peubah luas daun spesifik hanya terjadi pada umur pengamatan 130 hst. Rata-rata luas daun spesifik pada berbagai varietas dan kemiringan ajir disajikan pada Tabel 2.

Tanggapan tanaman terhadap luas daun spesifik menunjukkan tidak terdapatnya interaksi pada umur 40 hst hingga 100 hst. Namun ketika tanaman berumur 130 hst terlihat bahwa respon tanaman memperlihatkan interaksi terhadap LDS. Perkembangan LDS pada fase awal menunjukkan peningkatan yang tajam kemudian relatif konstan dan cenderung menurun pada fase akhir pertumbuhan. Fenomena ini berkaitan dengan keterbatasan jumlah sel pada akhir pertumbuhan yang menentukan luas daun melalui pembesaran dan pembelahan sel. Hal ini sesuai pendapat Sitompul (2016), bahwa jumlah sel yang aktif dalam proses pembesaran dan pembelahan, semakin berkurang pada fase akhir dibandingkan fase awal pertumbuhan.

Rata-rata nilai LDS lebih tinggi dihasilkan pada perlakuan yang tidak menggunakan ajir dan berangsur menurun dengan meningkatnya sudut kemiringan ajir pada ketiga varietas baik varietas lokal Siate yang berdaun sempit, Papua Sollosa yang berdaun sedang maupun varietas Canguang yang berdaun lebar (Tabel 2).

Tabel 1. Rata-rata jumlah daun akibat perbedaan varietas pada berbagai kemiringan ajir umur tanaman 40-130 hst.

	Perlakuan	Varietas		
		Siate (v ₁)	Papua Sollosa (v ₂)	Canguang (v ₃)
40 hst	Tanpa ajir (a ₀)	25,7 a	22,2 b	14,0 a
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	34,7 b	12,7 a	20,5 b
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	28,0 a	13,5 a	16,7 ab
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	31,7 a	15,7 a	11,0 a
	BNT 5%:	6,1		
70 hst	Tanpa ajir (a ₀)	180,0 b	132,5	148,8 b
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	118,3 a	158,0	139,3 a
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	179,8 b	134,7	123,3 a
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	138,5 a	131,7	113,0 a
	BNT 5%:	29,4	tn	
100 hst	Tanpa ajir (a ₀)	213,5 b	170,7 a	194,7 b
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	157,5 a	205,0 b	155,7 a
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	200,7 b	180,0 ab	132,8 a
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	181,7 ab	165,5 a	144,3 a
	BNT 5%:	28,2		
130 hst	Tanpa ajir (a ₀)	182,5 c	167,0 c	212,2 c
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	153,5 b	132,7 b	124,5 a
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	151,7 b	128,2 b	113,2 a
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	89,3 a	100,2 a	150,2 b
	BNT 5%:	18,4		

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji BNT ($p = 0,05$); hst: hari setelah tanam; tn: tidak berpengaruh nyata.

Namun hasil penelitian ini membuktikan bahwa pengaruh bentuk dan karakter luas daun dalam kaitan dengan kemampuan tanaman mengintersep cahaya matahari dari masing-masing varietas menjadi berkurang manakala sudut daun ditingkatkan melalui penggunaan ajir. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman yang tidak menggunakan ajir cenderung menghasilkan nilai LDS yang relatif tinggi dibandingkan tanaman yang menggunakan ajir. Tingginya nilai LDS mengisyaratkan bahwa daun tersebut lebih tipis tetapi melebar. Hal ini disebabkan struktur kanopi menjadi tumpang tindih sehingga antara daun saling menaungi menyebabkan kurangnya radiasi matahari yang dapat diintersep pada daun lapisan bagian bawah dibandingkan daun pada lapisan atas. Tanaman ubi jalar memiliki kemampuan agronomis yang tinggi, terbukti dengan banyaknya jumlah daun yang dihasilkan dan dengan sudut daun yang rendah menyebabkan terjadinya efek saling menaungi antar daun, karena itu tanaman dengan sudut daun rendah cenderung kurang efisien terhadap penggunaan cahaya (June, 1999). Kondisi ini mengisyaratkan bahwa respon tanaman untuk mendapatkan cahaya lebih banyak pada kondisi cahaya rendah di dataran tinggi adalah dengan melakukan pelebaran daun. Hal ini sesuai pendapat Sitompul dan Guritno (1995); Sitompul (2016) bahwa pembentukan daun yang lebih luas pada kondisi cahaya rendah merupakan strategi tanaman menghadapi

lingkungan agar dapat mengintersep cahaya lebih banyak.

Semakin rendahnya nilai LDS pada varietas yang menggunakan ajir menunjukkan bahwa posisi sudut daun semakin vertikal menyebabkan semua lapisan daun pada struktur kanopi mendapat intensitas radiasi matahari yang tinggi sehingga membentuk daun yang tebal dan relatif sempit (Tabel 2). Dalam hubungannya dengan efisiensi penggunaan energi matahari maka penebalan daun dimaksudkan agar radiasi matahari yang jatuh mengenai permukaan daun tidak banyak yang hilang karena diteruskan ke lapisan bagian bawah (Sugito, 2012).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai LDS semakin menurun mengikuti peningkatan sudut kemiringan ajir pada semua varietas baik varietas Siate yang berdaun sempit hingga varietas Canguang yang berdaun lebar. Penurunan LDS pada kombinasi varietas Siate, Papua Sollosa dan Canguang pada kemiringan ajir 90° berturut-turut sebesar 24,50%, 19,04% dan 23,24%. Sitaniapessy (1988) menyimpulkan bahwa indeks luas daun, sudut daun dan kerapatan luas daun berpengaruh terhadap cahaya langsung maupun diffuss atau radiasi baur yang dapat diintersep tanaman. Dikatakan pula bahwa struktur teratas dari tegakan sangat mempengaruhi penerusan cahaya dalam tajuk sedangkan jumlah cahaya yang dapat diintersep tajuk tanaman sangat dipengaruhi orientasi daun.

Tabel 2. Rata-rata luas daun spesifik pada varietas yang berbeda dengan berbagai kemiringan ajir umur 130 hst

Perlakuan	Luas daun spesifik (cm ² /g)		
	Varietas		
	Siate (v ₁)	Papua Sollosa (v ₂)	Canguang (v ₃)
Tanpa ajir (a ₀)	147,20 c	147,20 b	177,53 c
Kemiringan ajir 45° (a ₁)	130,80 bc	147,20 b	147,20 ab
Kemiringan ajir 60° (a ₂)	126,43 ab	141,73 b	147,20 ab
Kemiringan ajir 90° (a ₃)	111,17 a	109,17 a	136,27 a
BNT 5%:	19,2		

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji BNT (p = 0,05); tn: tidak berbeda nyata; hst: hari setelah tanam.

Tabel 3. Rata-rata harga satuan daun pada varietas dan kemiringan ajir umur pengamatan 40-70 dan 100-130 hst

Perlakuan	Rata-rata harga satuan daun (mg/m ² /hari) per umur pengamatan (hst)	
	40-70	100-130
Varietas		
Siate	1,99	3,26 a
Papua Sollosa	2,02	5,07 a
Canguang	2,03	19,88 b
BNT 5%	tn	10,90
Kemiringan ajir		
Tanpa ajir	4,08 a	1,43
Kemiringan ajir 45°	4,07 a	1,76
Kemiringan ajir 60°	3,66 a	2,00
Kemiringan ajir 90°	6,20 b	3,22
BNT 5%	0,88	tn

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada umur dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT (p = 0,05). hst: hari setelah tanam, tn: tidak berpengaruh nyata.

Tabel 4. Rata-rata harga satuan daun ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{hari}$) pada varietas yang berbeda dan berbagai kemiringan ajir periode pengamatan 70-100 hst

Perlakuan	Varietas		
	Siate (v ₁)	Papua Sollosa (v ₂)	Cangkuang (v ₃)
Tanpa ajir (a ₀)	5,8 a	6,5 a	18,9 b
Kemiringan ajir 45° (a ₁)	8,8 a	20,5 c	11,3 a
Kemiringan ajir 60° (a ₂)	19,5 b	12,5 b	88,2 d
Kemiringan ajir 90° (a ₃)	31,8 b	61,3 d	47,2 c
BNT 5%:	3,4		

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji BNT ($p = 0,05$); hst: hari setelah tanam.

Harga Satuan Daun (HSD)

Harga satuan daun menggambarkan besarnya asimilat yang mampu dihasilkan tanaman per satuan luas daun per satuan waktu. Semakin besar asimilat yang dapat diakumulasikan dalam proses fotosintesis maka semakin baik perkembangan tanaman yang dihasilkan dalam bentuk biomassa tanaman. Berdasarkan analisis ragam terhadap peubah harga satuan daun pada umur pengamatan 40-70 hst, secara nyata dipengaruhi oleh kemiringan ajir, sedangkan harga satuan daun pada umur tanaman 100-130 hst secara nyata dipengaruhi oleh varietas. Terdapat interaksi antara varietas dan kemiringan ajir terhadap peubah harga satuan daun pada umur tanaman 70-100 hst.

Rendahnya HSD ubi jalar pada fase awal pertumbuhan 40-70 hst, diduga disebabkan pembentukan daun sebagai agen fotosintesis pada fase tersebut belum sempurna sehingga mempengaruhi penambahan berat kering per satuan luas daun namun meningkat tajam pada umur tanaman 70-100 hst dan kemudian cenderung menurun ketika tanaman mencapai umur 100-130 hst. Fenomena ini diduga disebabkan peningkatan luas daun mengikuti umur tanaman dan mencapai tertinggi pada umur 70-100 hst dan ketika tanaman berada pada fase pengisian umbi yakni pada umur tanaman 100-130 hst, maka kemampuan daun per satuan luas untuk memproduksi biomassa cenderung menurun karena banyaknya daun mulai menua dan tidak diimbangi dengan pertumbuhan daun baru (Tabel 3 dan 4). Sitompul (2016) menyatakan bahwa HSD untuk tanaman jagung pada fase awal, rendah dengan sedikit peningkatan dengan bertambahnya umur tanaman, namun meningkat cukup tinggi pada fase berikutnya hingga mencapai 80 hst dan terjadi penurunan indeks yang cukup besar ketika mencapai fase akhir. Gardner *et al.* (1991) menyatakan bahwa nilai HSD untuk ubi jalar tidak konstan namun meningkat pada fase pertumbuhan vegetatif dan kemudian berangsur menurun seiring bertambahnya umur tanaman, karena dengan meningkatnya umur tanaman maka sebagian besar fotosintat digunakan untuk pembentukan dan pengisian umbi. Meningkatnya HSD dimulai pada umur 40-70 hst, dipengaruhi oleh sudut kemiringan ajir dan nilai HSD tertinggi diperoleh pada kemiringan ajir 90°

sebesar 6,20 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{hari}$, selanjutnya nilai HSD pada umur 100-130 hst, dipengaruhi varietas dengan nilai HSD tertinggi diperoleh varietas Cangkuang sebesar 19,88 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{hari}$ (Tabel 3). Nilai HSD lebih tinggi pada umur 70-100 hst, diperoleh varietas Cangkuang dengan sudut kemiringan ajir 60° serta varietas Papua Sollosa pada kemiringan ajir 90° dan varietas Siate pada sudut kemiringan ajir 60° dan 90° (Tabel 4). Hal ini dapat menjelaskan bahwa peningkatan sudut kemiringan ajir pada varietas ubi jalar baik varietas Siate, Papua Sollosa maupun varietas Cangkuang mampu meningkatkan HSD. Hasil ini lebih tinggi dari penelitian Ossom *et al.* (2009) di Swaziland pada ketinggian 732 m dpl; Widaryanto dan Saitama (2017) di Malang, Indonesia pada ketinggian 303 m dpl.

Komponen Hasil

Bobot Kering Umbi (BKU)

Peubah bobot kering umbi meningkat seiring bertambahnya umur tanaman. Peningkatan sudut kemiringan ajir pada semua varietas dapat meningkatkan bobot kering umbi kecuali kombinasi varietas Siate dan Papua Sollosa pada kemiringan ajir 90° justru menurunkan bobot kering umbi. Menurunnya BKU kedua varietas yang memiliki karakter daun berukuran sempit dan sedang dengan kemiringan ajir 90° lebih dipengaruhi proses penuaan daun, ditandai dengan banyaknya daun menjadi kering (Tabel 1). Hal ini diakibatkan posisi sudut daun terhadap cahaya matahari menjadi tegak lurus menyebabkan suhu meningkat tajam di sekitar kanopi tanaman, sehingga berpengaruh terhadap kemampuan tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Pengaruh varietas dan sudut kemiringan ajir terhadap bobot kering umbi tidak berbeda nyata pada fase pertumbuhan vegetatif (40 hst), namun pada fase generatif sampai menjelang panen atau umur 70-130 hst menunjukkan terjadinya interaksi ($p < 0,05$). Hasil ini dapat menjelaskan bahwa fase pembentukan umbi dimulai pada umur 70 hst bergerak linier sampai fase panen. Bobot kering umbi tertinggi diperoleh pada varietas Cangkuang dengan sudut kemiringan ajir 90° pada umur 130 hst, sebesar 248,7 g/tanaman (Tabel 5). Peningkatan BKU pada perlakuan

ini menunjukkan bahwa sifat morfologi daun varietas Canguang yang relatif lebih besar dikombinasikan dengan sudut inklinasi daun yang cenderung vertikal memungkinkan distribusi cahaya ke setiap lembar daun merata sehingga laju fotosintesis menjadi tinggi. Produksi bobot kering umbi yang dihasilkan tanaman ternyata berhubungan erat dengan hasil umbi per tanaman dan peningkatan hasil umbi dipengaruhi seberapa besar radiasi matahari yang dapat dikonversi tanaman menjadi asimilat serta kemampuan tanaman untuk menyalurkannya ke bagian umbi.

Jumlah Umbi dan Proporsi Jumlah Umbi yang Dapat Dipasarkan

Kondisi penyinaran rendah di lembah Baliem, memungkinkan varietas Canguang yang memiliki morfologi daun lebar lebih efisien untuk menangkap energi radiasi matahari, seperti ditunjukkan pada peubah jumlah umbi/tanaman lebih banyak (3,68) dibandingkan varietas Papua Sollosa (3,08) dan Siate (2,72). Sedangkan kemiringan ajir 45°, 60° dan 90° lebih efisien untuk menangkap energi radiasi matahari dibandingkan tanpa menggunakan ajir (Tabel 6). Hasil yang sama ditunjukkan pada peubah proporsi umbi yang dapat dipasarkan cenderung lebih tinggi pada varietas Canguang dibandingkan varietas Papua Sollosa dan Siate. Sedangkan kemiringan ajir 45°, 60° dan 90° lebih efisien untuk menangkap energi radiasi matahari dibandingkan tanpa menggunakan ajir (Tabel 6). Cekaman abiotik yang ditandai dengan tingkat keawanan tinggi di dataran tinggi Papua merupakan

faktor pembatas yang menyebabkan rendahnya intensitas cahaya matahari yang dapat diintersep oleh tajuk tanaman sehingga berdampak terhadap rendahnya hasil umbi ubi jalar. Karena itu penggunaan varietas Canguang yang berkarakter daun lebar dan penggunaan sudut kemiringan ajir ternyata mampu meningkatkan jumlah umbi per tanaman dan proporsi umbi yang dapat dipasarkan. Hasil ini sesuai pendapat Maryasa (1990) bahwa penggunaan ajir menyebabkan tanaman dapat menangkap cahaya matahari lebih efisien untuk proses fotosintesis. Selanjutnya Oswald *et al.* (1995) menyatakan bahwa naungan pada tanaman ubi jalar dapat mengurangi inisiasi pembentukan umbi, jumlah umbi dan ukuran umbi.

Hasil Umbi dan Indeks Pembagian

Perbedaan varietas dan sudut kemiringan ajir berpengaruh terhadap peubah hasil umbi dan indeks pembagian. Hasil umbi lebih tinggi pada varietas Siate dan Papua Sollosa dengan kemiringan ajir 45° dan 60° yakni sebesar 20,66 t/ha dan 22,40 t/ha serta 20,90 t/ha dan 23,19 t/ha dan terendah sebesar 10,17 t/ha dan 13,20 t/ha pada varietas Siate dengan ajir 90° dan Papua Sollosa tanpa menggunakan ajir. Sedangkan hasil umbi lebih tinggi pada varietas Canguang diperoleh pada sudut kemiringan ajir 60° dan 90° berturut-turut sebesar 28,86 t/ha dan 31,53 t/ha dan hasil terendah diperoleh pada varietas Canguang tanpa ajir sebesar 17,25 t/ha (Tabel 7). Terlihat bahwa perbedaan karakter pada varietas ubi jalar mempengaruhi respon tanaman terhadap proses fisiologi.

Tabel 5. Rata-rata bobot kering umbi (g/tanaman) pada varietas yang berbeda dengan berbagai kemiringan ajir umur tanaman 70-130 hst

Perlakuan		Varietas		
Kemiringan ajir		Siate (v ₁)	Papua Sollosa (v ₂)	Canguang (v ₃)
70 hst	Tanpa ajir (a ₀)	5,6 ab	11,2 ab	8,5 a
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	8,8 b	12,4 bc	24,9 b
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	11,4 c	16,2 c	30,2 c
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	2,0 a	8,2 a	39,2 d
BNT 5%: 4,1				
100 hst	Tanpa ajir (a ₀)	21,5 a	47,1 a	56,7 a
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	31,4 b	54,4 a	101,4 b
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	51,7 c	73,3 b	109,1 b
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	28,7 ab	46,8 a	140,8 c
BNT 5%: 9,3				
130 hst	Tanpa ajir (a ₀)	52,5 a	76,8 a	105,8 a
	Kemiringan ajir 45° (a ₁)	76,8 b	102,9 b	168,0 b
	Kemiringan ajir 60° (a ₂)	108,3 c	130,7 c	186,3 c
	Kemiringan ajir 90° (a ₃)	68,8 b	120,0 c	248,7 d
BNT 5%: 11,8				

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji BNT (p = 0,05); hst: hari setelah tanam.

Hal tersebut terlihat pada karakter varietas Siate dan Papua Sollosa yang berdaun sempit dan sedang dibandingkan varietas Cangkuang dengan karakter berdaun lebar dikombinasikan dengan sudut ajir yang semakin meningkat menyebabkan sudut daun semakin vertikal dan pada kondisi rendah cahaya matahari, memungkinkan sebagian besar lembar daun dapat menangkap cahaya untuk proses fotosintesis. Penggunaan varietas ubi jalar tanpa menggunakan ajir menyebabkan posisi daun saling tumpang tindih sehingga terjadi efek saling menaungi antar daun dan hanya lembar daun lapisan atas saja yang dapat menerima cahaya maksimum, sebaliknya daun pada lapisan bawah mengalami kekurangan cahaya karena ternaungi dan berdampak terhadap rendahnya hasil fotosintesis. Menurunnya hasil ubi jalar pada varietas Siate dan Papua Sollosa dengan sudut ajir 90°, disebabkan sebagian daun yang menjadi agen fotosintesis mengalami penuaan dan tidak sebanding dengan munculnya tunas baru terutama ketika tanaman mencapai umur setelah 100 hst (Tabel 7).

Efisiensi translokasi ke hasil ekonomis atau ke umbi dinyatakan sebagai indeks pembagian, merupakan ukuran proporsi bobot biologi yang ditranslokasikan ke hasil panen. Pengaruh varietas dan sudut kemiringan ajir terhadap indeks pembagian, besarnya bervariasi antara 0.36 - 0.62. Nilai indeks pembagian pada varietas Siate dan Papua Sollosa cenderung meningkat mengikuti peningkatan kemiringan ajir hingga mencapai maksimum pada kemiringan ajir 60° dan relatif menurun ketika mencapai kemiringan ajir 90°. Sedangkan nilai indeks pembagian untuk varietas Cangkuang cenderung meningkat mengikuti kemiringan ajir hingga mencapai kemiringan ajir 90°. Namun demikian untuk pengaruh antar ketiga varietas dengan berbagai kemiringan ajir tidak menunjukkan perbedaan nyata (Tabel 7).

Berdasarkan Tabel 7, menunjukkan bahwa penggunaan ajir untuk semua varietas ternyata dapat meningkatkan nilai indeks pembagian kecuali varietas

Siate yang berdaun sempit dengan sudut ajir 90° dan hal ini disebabkan banyak daun yang mengalami penuaan. Semakin tinggi indeks pembagian maka semakin efisien tanaman memanfaatkan hasil fotosintesis untuk pembentukan umbi. Hasil ini dapat menjelaskan bahwa posisi sudut daun terhadap sudut datang matahari semakin tinggi atau susunan daun semakin vertikal maka sebagian besar cahaya matahari dapat didistribusikan ke seluruh lembar daun pada setiap lapisan kanopi sehingga tanaman lebih efisien dalam memanfaatkan cahaya. Wigham dan Wooley (1974) mengatakan bahwa orientasi daun mempengaruhi jumlah intersepsi radiasi matahari oleh tajuk tanaman, tipe tajuk tanaman yang vertikal lebih efisien mengintersepsi radiasi matahari dibandingkan tajuk yang horizontal. Selanjutnya Maddonni dan Otegui (1996) menyatakan bahwa fotosintesis aktif radiasi yang ditersepsi oleh kanopi tanaman umumnya berhubungan langsung dengan indeks luas daun dan sudut daun.

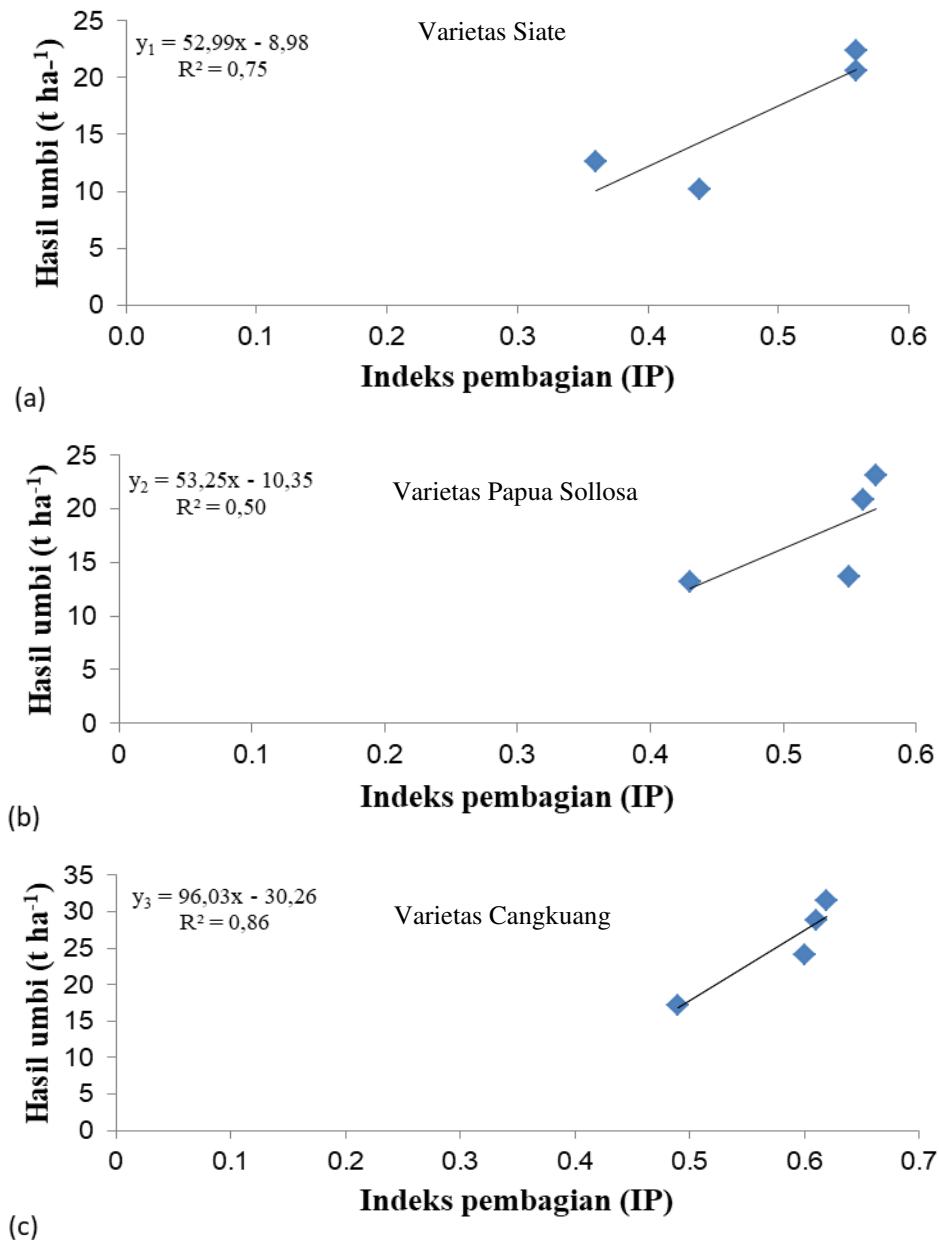
Meningkatnya indeks pembagian ternyata sangat mendukung tingginya hasil umbi, terbukti dari hubungan antara indeks pembagian dengan hasil umbi/ha pada persamaan regresi sebagai berikut: $Y_1 = 52,99x - 8,98$, $R^2 = 0,75$ (Gambar 2a); $Y_2 = 53,25 - 10,35x$, $R^2 = 0,50$ (2b) dan $Y_3 = 96,03 - 30,26x$, $R^2 = 0,86$ (2c). Hasil analisis regresi memperlihatkan bahwa indeks pembagian memiliki kontribusi cukup besar terhadap peningkatan hasil umbi. Bertambah tingginya indeks pembagian (x) maka akan mengakibatkan hasil umbi/ha (y) semakin meningkat.

Model persamaan ini dapat menjelaskan sekitar 75 persen hubungan antara indeks pembagian dengan hasil umbi/ha pada varietas Siate dengan berbagai kemiringan ajir, 50 persen dapat menjelaskan hubungan antara indeks pembagian dengan hasil umbi/ha pada varietas Papua Sollosa dan berbagai kemiringan ajir dan 86 persen dapat menjelaskan hubungan antara indeks pembagian dengan hasil umbi/ha pada varietas Cangkuang dan berbagai kemiringan ajir (Gambar 2).

Tabel 6. Rata-rata jumlah umbi dan proporsi umbi yang dapat dipasarkan pada varietas dan sudut kemiringan ajir saat panen

Perlakuan	Rata-rata jumlah umbi saat panen	
	Rata-rata jumlah umbi/tanaman saat panen	% umbi yang dapat dipasarkan
Varietas		
Siate	2,72 a	42,77 a
P. Sollosa	3,08 a	39,50 a
Cangkuang	3,68 b	52,25 b
BNT 5%	0,46	0,54
Kemiringan ajir		
Tanpa ajir	2,56 a	36,52 a
Kemiringan ajir 45°	3,70 c	50,09 b
Kemiringan ajir 60°	3,27 bc	51,09 b
Kemiringan ajir 90°	3,11 b	41,08 a
BNT 5%	5,40	6,23

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf yang sama pada perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ($p = 0,05$). hst: hari setelah tanam.



Gambar 2. Hubungan antara indeks pembagian dan hasil ubi jalar dengan berbagai kemiringan ajir pada varietas Siate (a); Papua Sollosa (b) dan Cangkuang (c).

Wang *et al.* (2014) mengatakan bahwa efisiensi intersepsi yang rendah akibat naungan, secara signifikan dapat menurunkan hasil umbi dan akumulasi bahan kering namun meningkatkan shoot/root ratio. Selanjutnya Baghasri and Ashley (1990) menyimpulkan bahwa hasil umbi segar ubi jalar maupun kering berkorelasi secara signifikan dengan indeks pembagian.

KESIMPULAN

Peningkatan jumlah daun dan harga satuan daun akibat perlakuan kombinasi varietas dan kemiringan ajir

mempengaruhi peningkatan bobot kering umbi, jumlah umbi dan hasil umbi. Kombinasi varietas Cangkuang pada kemiringan ajir 90° menghasilkan bobot kering umbi tertinggi 248,7 g per tanaman dan kombinasi varietas Cangkuang pada kemiringan ajir 90° dan 60° memberikan hasil umbi tertinggi, yakni masing-masing 31,5 dan 28,8 ton per ha. Jika ingin meningkatkan hasil ubi jalar pada kondisi cekaman abiotik di dataran tinggi maka sebaiknya menggunakan varietas Cangkuang atau varietas dengan karakter berdaun lebar dikombinasikan dengan penggunaan ajir pada 90° dan 60°.

Tabel 7. Rata-rata hasil umbi/ha dan indeks pembagian saat panen pada varietas berbeda dengan berbagai kemiringan ajir.

Perlakuan	Rata-rata hasil umbi (t/ha)		
	Varietas		
	Siate (v ₁)	Papua Sollosa (v ₂)	Cangkuang (v ₃)
Kemiringan ajir			
Tanpa ajir (a ₀)	12,60 a	13,20 a	17,25 a
Kemiringan ajir 45° (a ₁)	20,66 b	20,90 b	24,09 b
Kemiringan ajir 60° (a ₂)	22,40 b	23,19 b	28,86 c
Kemiringan ajir 90° (a ₃)	10,17 a	13,68 a	31,53 c
BNT 5%:	2,8		
Perlakuan	Indeks pembagian		
	Varietas		
	Siate (v ₁)	Papua Sollosa (v ₂)	Cangkuang (v ₃)
Kemiringan ajir			
Tanpa ajir (a ₀)	0,36	0,43	0,49
Kemiringan ajir 45° (a ₁)	0,56	0,56	0,60
Kemiringan ajir 60° (a ₂)	0,56	0,57	0,61
Kemiringan ajir 90° (a ₃)	0,44	0,55	0,62
BNT 5%:	tn	tn	tn

Keterangan: Bilangan yang didampingi oleh huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji BNT (p = 0,05); tn: tidak berbeda nyata; hst: hari setelah tanam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Badan LITBANG Pertanian, Indonesia. Apresiasi kami juga kepada Proyek ACIAR/SARDI/CIP/BPTP Papua, yang telah memberikan bantuan keuangan atas penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baghasri, A.S. and D.A. Ashley. 1990. Relationship of photosynthesis and harvest index to sweet potato yield. *Journal of American Society of Horticultural Science* 115: 288-293. DOI: 10.21273/jashs.115.2.288.
- Chassy B., M. Egnin, Y. Gao, K. Glenn, G.A. Kleter, P. Nestel, M. Newell-McGloughlin, R.H. Phipps, and R. Shillito. 2008. Nutritional and safety assessments of food and feeds nutritionally improved through biotechnology: Case Studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 1: 50-113. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00579.
- Djufry, F., M. S. Lestari, A. Kassim dan A. Soplanit. 2011. Pertumbuhan dan produksi ubi jalar di dataran rendah pada berbagai varietas dan sumber stek. *Jurnal Agrivigor* 10: 228-234.
- Etje, O.T. and D.S.E. Osiru. 1988. Methods for determining leaf area in some crop plants. Casava-based Cropping Systems Research I. Contributions from the First Annual Meeting of the Collaborative Group in Cassava-based Cropping Systems Research. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 16-19 November 1987.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. *Physiology of Crop Plants* (diterjemahkan dari: Fisiologi Tanaman Budidaya, penerjemah: Herawati Susilo). Universitas Indonesia. Jakarta. 428 halaman.
- Gultom, D.M. 2004. Pengaruh Teknis Pemasangan Lanjaran terhadap Pertumbuhan dan Produksi pada Tiga Galur Kacang Panjang (*Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk.). Skripsi. Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor. 42 halaman.
- June, T. 1999. Kapita Selekta Agroklimatologi. Ekofisiologi Tanaman. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. FMIPA. IPB. Bogor. p. 349-368.
- Jusuf, M., A. Setiawan, D. Peters, C. Cargil, S. Mahalaya, J. Limbongan, dan Subandi. 2007. Perbaikan Efisiensi Produksi Ubi jalar-Babi di Kabupaten Jayawijaya Papua melalui Varietas Unggul Adaptif Dataran Tinggi Papua Sollosa, Papua Pattipi dan Sawentar, *Prosiding Seminar Nasional dan Ekspose. Percepatan Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi*. Jayapura 5-6 Juni 2007. p.71-95.
- Kadekoh, I. 2002. Pola Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hipogaea* L.) dengan Jarak Tanam Bervariasi dalam Sistem Tumpangsari Dengan Jagung Pada Musim Kemarau. *Agrista* 6: 63-70.
- Limbongan, J. dan A. Soplanit. 2007. Ketersediaan teknologi dan potensi pengembangan ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) di Papua. *Jurnal Litbang Pertanian* 26: 131-138.
- Maryasa, A. 1990. Pengaruh tinggi lanjaran dan waktu pemetikan sebagian polong muda terhadap produksi dan viabilitas benih kacang panjang (*Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk.). Skripsi.

- Jurusan Budidaya Pertanian, Faperta, IPB. Bogor. 63 halaman.
- Maddonni, G.A. and M.E. Otegui. 1996. Leaf area, light interception and crop development in mize. *Filed Crops Research* 48: 81-87.
- Naruoka Y., J.D. Sherman, S.P. Lanning, N.K. Blake, J.M. Martin, and L.E. Talbert. 2012. Genetic analysis of green leaf duration in spring wheat. *Crop Science* 52: 99-109. DOI: 10.2135/cropsci2011.05.0269.
- Ossom, E.M., L.M. Kuhlase, and R.L. Rhykerd. 2009. Soil nutrient concentrations and crop yields under sweet potato (*Ipomoea batatas*) and groundnut (*Arachis hypogaea*) intercropping in Swaziland. *International Journal of Agriculture & Biology* 11: 591-595.
- Oswald, A., J. Alkamper, and D.J. Midmore. 1995. The effect of different shade levels on growth and tuber yield of sweet potato. II. Tuber yield. *Journal of Agronomy and Crop Science* 175: 29-40. DOI: 10.1111/j.1439-037X.1995.tb01126.x.
- Sitaniapessy, P. M. 1988. Agrometeorologi. Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Ambon. 226 halaman.
- Sitompul, S.M. dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Yogyakarta: UGM Press. 412 halaman.
- Sitompul, S.M. 2016. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Malang: UB Press. 406 halaman.
- Sugito, Y. 2012. Ekologi Tanaman: Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Dan Beberapa Aspeknya. Malang: UB Press.
- Saraswati, P., A. Soplanit, A.T. Syahputra, L. Kossay, N. Muid, E. Ginting, and G. Lyons. 2013. Yield trial and sensory evaluation of sweetpotato cultivars in Highland Papua and West Papua Indonesia. *Journal of Tropical Agriculture* 51: 74-83. DOI: <http://hdl.handle.net/2440/82093>.
- Swadija, O.K., A. Jayapal, and V.B. Padmanabhan. 2016. Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops. *Tropical Tuber Crops*, pp 343-368. DOI: 10.1007/978-81-322-2725-0_19.
- Soplanit, A., B. Guritno, Ariffin, and N.E. Suminarti. 2018. Relationship between yield and growth of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) on abiotic stress in Papua highland, Indonesia: Adaptation of varieties and sticks inclination angles. *Bioscience Research* 15: 762-771.
- Teow, C.C., V.D. Truon, R.F. McFeeters, R.L. Thompson, K.V. Pecota, and G.C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and beta-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours, *Food Chemistry*. 103: 829-838. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.033>.
- Wargiono, J. 1980. Ubi jalar dan cara bercocok tanamnya. Lembaga Pusat Penelitian Pertanian. Bul. Tek. No.5. 37 halaman.
- Wigham, D.K. and D.Wooley. 1974. Effect of leaf orientation. leaf area and plant densities on corn production. *Agronomy Journal* 66: 482-486. <https://lib.dr.iastate.edu/rtd>.
- Wang, Q., F. Hou, S. Dong, B. Xie, A. Li, H. Zhang, and L. Zhang. 2014. Effects of shading on the photosynthetic capacity, endogenous hormones, and root yield in purple fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.)). *Plant Growth Regulation* 72: 113-122. DOI: 10.1007/s10725-013-9842-3
- Widaryanto, E. and A. Saitama. 2017. Analysis of plant growth of ten varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivated in rainy season. *Asian Journal Plant Science* 16: 193-199. DOI: 10.3923/ajps.2017.193.199