

STATUS HAMA PENGISAP POLONG PADA KEDELAI, DAERAH PENYEBARANNYA DAN CARA PENGENDALIAN

Kurnia Paramita Sari dan Suharsono ¹

ABSTRAK

Hama polong pada kedelai, *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae) merupakan salah satu hama pengisap polong kedelai. Tanaman inang *R. linearis* yaitu kacang hijau, buncis, kacang panjang, *Tephrosia* spp, *Acacia pilosa*, dadap, *Desmodium*, *Solanaceae*, *Convolvulaceae*, dan *Mimosa pigra*. *R. linearis* tersebar di sentra produksi kedelai di Indonesia yaitu pulau Jawa, Lampung, Sumatera dan Kalimantan serta di negara beriklim tropis, antara lain Amerika Utara, India, Brazilia, dan Jepang. Potensi *R. linearis* sebagai hama perlu diwaspadai karena berstatus sebagai hama penting, yang dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 79%. Kerusakan akibat serangan *R. linearis* menyebabkan biji kempis, keriput dan terdapat bekas lubang tusukan sehingga biji tidak dapat dikonsumsi. Pengendalian *R. Linearis* dilakukan dengan teknik budidaya, pengendalian hayati, penggunaan insektisida nabati dan juga penggunaan insektisida kimia secara bijaksana.

Kata kunci: hama kedelai, status, daerah penyebaran, pengendalian, *R. linearis*

ABSTRACT

Pod sucking, *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae) is one of pest on soybean. *R. linearis* has many hosts namely, mungbean, green bean, longbean, *Tephrosia* spp, *Acacia pilosa*, dadap, *Desmodium*, *Solanaceae*, *Convolvulaceae*, and *Mimosa pigra*. *R. linearis* distribution spread in Jawa, Lampung, Sumatera and Kalimantan as well as in tropical country such as North America, India and Japan. *R. linearis* is an important pest on soybean because it can decrease harvest up to 79%. *R. linearis* cause soybean seed become defleted, wrinkled, and cannot consumed. Management to control *R. linearis* can be done by good culture technique, biological control, the use of biological and chemical insecticides.

Key word: soybean pod sucking pest status, distribution, control, *R. linearis*

PENDAHULUAN

Hama merupakan salah satu organisme pengganggu yang dapat merusak dan menurunkan hasil tanaman kedelai. Tengkanono dan Soehardjan (1993) menginformasikan ada sekitar 28 spesies serangga hama yang menggunakan tanaman kedelai sebagai inang. Jackai *et al.* (1990) dari 56 spesies hama kedelai, 12–14 spesies yang berpotensi merugikan.

Hama utama pada tanaman kedelai dikelompokkan menjadi hama perusak bibit, perusak daun, dan perusak polong. Hama perusak polong terdiri dari hama pengisap dan penggerek polong. Beberapa jenis hama pengisap polong pada kedelai di antaranya adalah *Piezodorus hybneri*, *Riptortus* sp., dan *Nezara viridula*.

Kerugian akibat serangan *R. linearis* pada fase R3–R4 menyebabkan biji keriput, biji kempis, dan polong gugur (Marwoto *et al.* 1999). Penelitian Talekar (1997) menunjukkan bahwa serangan *R. linearis* ini meningkat terutama pada saat perkembangan biji pada fase pengisian polong kedelai (R5–R6), serangan pada fase ini menyebabkan biji kempis dan kering (Marwoto *et al.* 1999). Fase pertumbuhan generatif yang sangat disukai oleh hama ini adalah mulai R5 (fase permulaan pembentukan biji) sampai dengan R7 (fase permulaan pemasakan biji) (Masu'dah 2000). Serangan pada fase ini menyebabkan bintik-bintik hitam pada biji sehingga kualitas biji menurun (Marwoto *et al.* 2008).

Kehilangan hasil akibat serangan hama pengisap polong mencapai 79% (Prayogo dan Suharsono 2005). Imago pengisap polong biasanya datang di pertanaman menjelang pembungaan untuk meletakkan telur. Setelah terbentuk polong, hama pengisap polong akan merusak polong dan biji sampai menjelang panen. Serangan terus meningkat apabila tidak dilakukan usaha pengendalian pada awal pembentukan polong (Tengkanono *et al.* 1992).

¹ Staf Peneliti di Balai Penel Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang, Jl. Raya Kendalpayak Km 8. Kotak Pos 66 Malang, email: trimitanina@yahoo.com

TANAMAN INANG *R. linearis*

R. linearis merupakan salah satu anggota Alydidae dan merupakan salah satu famili dari antropoda yang mempunyai anggota paling sedikit. Famili Alydidae sebagian besar inangnya adalah tanaman kacang-kacangan dan rerumputan. *R. linearis* merupakan salah satu serangga yang merusak tanaman inang dengan stiletnya. *R. linearis* merupakan serangga pengisap biji pada tanaman kacang-kacangan (Ventura dan Panizzi 2003). *R. linearis* dikategorikan sebagai hama utama pada pertanaman kedelai umur 51–70 hari (Baliadi *et al.* 2008).

Selain pada tanaman kedelai, *R. linearis* juga ditemukan pada tanaman kacang hijau. Status *R. linearis* pada kacang hijau juga sebagai hama penting karena *R. linearis* ini juga mengisap biji kacang hijau sehingga dapat menurunkan kualitas dan kuantitas biji kacang hijau (Atman 2007). Kacang hijau juga digunakan sebagai tanaman perangkap *R. linearis* pada pertanaman kedelai dalam penerapan Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) kedelai (Baliadi *et al.* 2008). *R. linearis* juga menyerang tanaman buncis. Menurut Pitojo (2008) salah satu kendala yang dihadapi pada penangkaran buncis adalah adanya serangan hama pengisap polong buncis *R. linearis*. Di samping menyerang kacang hijau dan buncis, *R. linearis* juga merupakan hama utama pada kacang panjang (Haryanto *et al.* 2007). Selain menyerang tanaman kacang-kacangan, *R. linearis* juga menyerang tanaman lain seperti *Tephrosia* spp., *Acacia pilosa*, dadap, *Desmodium*, famili *Solanaceae* dan famili *Convolvulaceae* (Suharto 2007). Orwa *et al.* (2009) mengemukakan bahwa pada gulma *Mimosa pigra* juga ditemukan populasi *R. linearis*.

DAERAH PENYEBARAN *R. linearis*

R. linearis merupakan anggota Alydidae yang menyerang tanaman kacang-kacangan di sentra kedelai di Indonesia. Di Indonesia *R. linearis* tersebar di Pulau Jawa (Tengkano *et al.* 1974), Lampung, Sumatera Selatan (Tengkano *et al.* 2005), dan Kalimantan Selatan. *R. linearis* juga tersebar di negara dengan iklim tropis (Ventura dan Panizzi 2003). *Riptortus* sp. ditemukan di Amerika utara, juga merupakan hama penting pada tanaman kacang-kacangan terutama kedelai (Panizzi *et al.* 2001). Tahun 1970, *R. linearis* juga ditemukan di India (Kalshoven 1981). Selain itu, populasi *Riptortus* sp. juga ditemukan di Jepang

(Hiroya *et al.* 1999). Spesies yang banyak terdapat di Jepang adalah *R. clavatus* (Alim dan Lim 2009). Populasi *R. dentipes* ditemukan di Afrika (Wiley dan Sons 1990). Di Brazilia, populasi *R. linearis* dan *R. dentipes* ditemukan pada tanaman kedelai. Hama pengisap polong *Alydus*, *Riptortus*, *Megalotomus* dan *Neomegalotomus* banyak menyerang kedelai di Brazilia (Ventura dan Panizzi 2003).

POTENSI *R. linearis* SEBAGAI HAMA

Potensi *R. linearis* sebagai hama perlu diwaspadai karena merupakan hama polong penting, dan menyebar ke lintas lokasi dan musim tanam, daya rusaknya lebih tinggi dibandingkan hama perusak polong yang lain sehingga mengindikasikan tingkat ambang ekonominya lebih rendah. Marwoto *et al.* (2008) mengemukakan bahwa populasi hama *R. linearis* mempengaruhi tingkat kerusakan biji kedelai pada berbagai stadia pertumbuhan tanaman (Tabel 1). Ambang kendali *R. linearis* berdasarkan PHT sebesar 2,5%. Semua stadium pertumbuhan hama berpotensi merusak dan daya serangnya mulai fase tanaman perkembangan polong dan biji hingga fase tanaman menjelang masak. Pengisap polong dapat menimbulkan kerugian hasil biji baik kuantitatif maupun kualitatif (menurunkan mutu biji) (Nugrahaeni *et al.* 2009).

Tabel 1. Kerusakan biji akibat serangan *R. linearis* pada stadia pertumbuhan polong kedelai di Kebun Percobaan Dinas Perikanan, Kelautan, Peternakan, Pertanian, dan Kehutanan Surabaya, 2005.

Perlakuan	Kerusakan biji pada stadia pertumbuhan polong (%)		
	R3–R4	R5–R 6	R7–R8
Kontrol (tidak diinfestasi nimfa)	0,00 a	0,00 a	0,00 a
1 ekor nimfa	5,73 b	12,62 b	1,07 b
2 ekor nimfa	6,77 c	15,17 c	1,57 c
3 ekor nimfa	7,23 c	17,65 d	3,00 e
4 ekor nimfa	8,27 d	18,78 e	4,01 d
1 ekor imago	8,76 d	15,24 c	1,65 c
2 ekor imago	9,73 e	17,74 d	2,15 d
3 ekor imago	9,97 e	18,65 e	4,09 f
4 ekor imago	11,23 f	20,69 f	4,87 g

Angka-angka selajur yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada P = 0,05.

Sumber: Marwoto dkk. 2008.

R. linearis juga ditemukan di lahan kering masam Sumatera Selatan (Tabel 2). Daerah sebaran *R. linearis* pada tanah masam Sumatera Selatan ditemukan pada 27 daerah.

Populasi *R. linearis* tidak hanya ditemukan pada tanaman kedelai tetapi juga terdapat pada tanaman lainnya. Tanaman inang lain dari *R. linearis* yaitu kacang hijau, kacang panjang,

Tabel 2. Jenis hama polong kedelai, daerah sebaran, jumlah jenis tanaman inang, populasi dan tingkat serangan. Sumatera Selatan, 2005.

Jenis hama polong	Daerah sebaran (desa)	Jenis tanaman inang (jumlah)	Populasi polong (%)	Tingkat serangan (kumulatif)
<i>Riptortus linearis</i>	27	6	125	24,2 (2,5–80,0)
<i>Nezara viridula</i>	9	5	50	24,2 (2,5–80,0)
<i>Piezodorus hybneri</i>	4	3	29	24,2 (2,5–80,0)
<i>Etiela zinckenella</i>	7	3	11+11	24,0 (2,5–72,5)
<i>Helicoverpa armigera</i>	2	2	4	27,5 (20–35)
<i>Plautia affinis</i>	0	0	0	0
<i>Riptortus</i> sp.	0	0	0	0
<i>Phaedonia inclusa</i>	0	0	0	0
<i>Melanacanthus</i> sp.	0	0	0	0

Sumber: Tengkanono 2007.

Tabel 3. Intensitas serangan pengisap polong kedelai pada umur 65 dan 80 hst. Muneng - Probolinggo, 2007.

Galur/Varietas	Tingkat serangan (%)			
	65 HST		80 HST	
	Polong	Biji	Polong	Biji
1. 100 H/9305-II-C-1-1	32,17 a-c	33,67 a-f	33,00 i-k	9,83 g-i
2. PIP-37	25,67 a-d	24,33 e-g	49,83 c-g	18,50 a-g
3. PIP-39	27,17 a-d	45,83 a	52,33 b-f	15,33 b-i
4. PIP-52	23,17 b-d	42,50 ab	44,00 e-j	18,00 a-h
5. IP-19	21,33 cd	28,00 c-g	40,00 f-k	17,67 a-h
6. SHR W-60	25,33 a-d	29,33 c-g	44,00 e-j	13,17 c-i
7. AOCHI/W-60	31,17 a-c	36,00 a-f	47,83 d-h	8,667 i
8. AOCHI/W-62	25,00 a-d	28,67 c-g	45,83 e-i	15,33 b-i
9. G 100 H/Tgms-D-13	16,50 d	27,67 c-g	48,50 d-h	21,83 a-c
10. G 100 H/T9MS-D-16	28,33 a-d	31,33 b-g	31,50 jk	18,67 a-f
11. MYP/G 100 H-D-2	17,50 d	26,17 d-g	44,83 e-j	21,83 a-c
12. MYP/G 100 H-D-2	24,67 a-d	23,67 fg	29,83 k	20,50 a-e
13. B2F4/G 100 H-D-2	32,33 a-c	33,00 b-f	36,50 g-k	11,83 e-i
14. G 100 H/KW-D-12	24,83 a-d	20,33 g	51,50 b-f	13,00 d-i
15. KW/G 100 H-D-2	27,67 a-d	35,17 a-f	65,00 ab	13,83 c-i
16. Kaba	31,50 a-c	29,17 c-g	61,83 a-d	23,17 ab
17. Burangrang	32,50 a-c	23,67 fg	54,17 b-e	23,00 ab
18. Wilis	36,83 a	37,83 a-d	69,17 a	26,17 a
19. Tgms/G 100 H-D-3	22,17 cd	20,00 g	51,67 b-f	7,333 i
20. G 100 H/Tgms-D-21	21,33 cd	29,50 c-g	29,17 k	11,67 f-i
21. G 100 H/INT KW-D-25	32,17 a-c	25,67 d-g	35,17 h-k	18,67 a-f
22. INT 9837 Br/G 100 H-D-2	25,50 a-d	39,33 a-c	53,67 b-f	14,00 c-i
23. 16 INT KW/G 100 H-D-5	17,50 d	33,83 a-f	46,33 e-i	18,00 a-h
24. G 100 H/INT KW -D-15	26,83 a-d	27,00 c-g	40,17 e-k	18,00 a-h
25. INT KW/G 100 H-D-3	34,00 a-c	24,17 e-g	35,83 g-k	9,333 hi
26. INT KW/G 100 H-D-4	35,33 ab	27,00 c-g	63,33 a-c	8,667 i
27. G 100 H	16,33 d	23,67 fg	35,33 h-k	18,83 a-f
28. B 284-D-2	34,00 a-c	23,83 e-g	48,67 d-h	8,167 i
29. G 100 H/INT 9837 Br-D-1	27,67 a-d	26,00 d-g	49,00 d-h	19,50 a-f
30. G 100 H/INT KW-D-16	24,33 a-d	36,33 a-e	48,33 d-h	21,67 a-d
BNT	12,75	14,11	12,53	8,75
KK	41,78	26,70	36,83	47,41

Sumber: Suharsono *et al.* 2007.

kacang gude, *Crotalaria* sp., dan tanaman penutup tanah. Status *R. linearis* sebagai hama penting juga dibuktikan dalam penelitian Suharsono *et al.* (2007), kerusakan terjadi pada polong dan biji, sehingga biji tidak dapat dikonsumsi (Tabel 3).

Intensitas serangan pengisap polong pada umur 65 hari rata-rata di atas 10%, dan telah melampaui ambang kendali PHT nasional 2,5% baik pada serangan polong maupun pada biji (Tabel 4 dan 5). Terdapat korelasi positif antara intensitas serangan pada polong dengan serangan biji (Gambar 1), dengan nilai $R^2 = 0,9822$ untuk

pengamatan pada 65 HST dan nilai $R^2 = 0,9325$ pada 84 HST. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kerusakan polong akan diikuti oleh peningkatan kerusakan biji. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Suharsono (2001) yang mendapatkan bahwa makin tinggi serangan pada polong, akan diikuti kerusakan pada biji yang makin parah, khususnya pada varietas yang rentan.

CARA PENGENDALIAN *R. LINEARIS*

Kehilangan hasil yang disebabkan oleh *R. linearis* diminimalisir dengan pengendalian hama

Tabel 4. Intensitas kerusakan polong pada 65 dan 84 hst pada evaluasi ketahanan galur kedelai terhadap hama pengisap polong. Probolinggo, 2009.

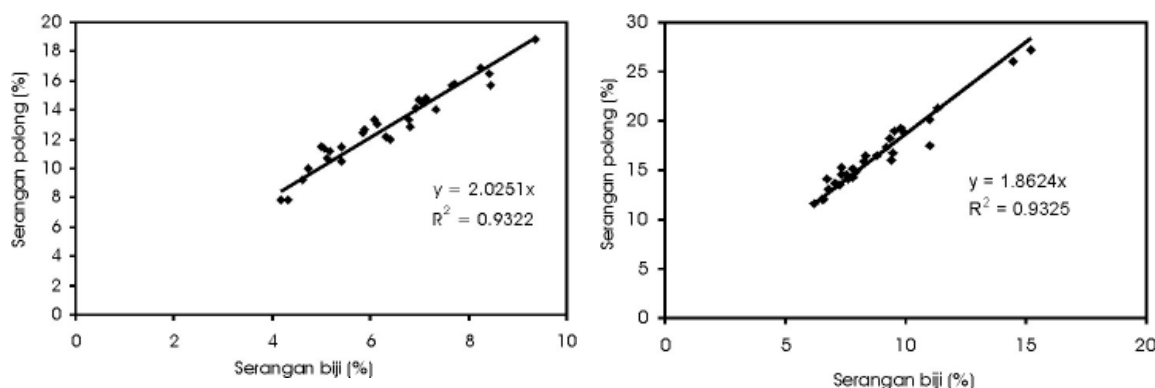
No	Galur	Intensitas kerusakan polong (%)	
		65 hst	84 hst
1	G100H/9305-II-C-IV-1	16,8	13,5
2	P/I//P-10	12,5	14,5
3	P/I//P-12	12,7	18,2
4	G100H/P//P-15	15,7	15,2
5	I/P-19	11,2	11,7
6	Shr/W-60	14,8	17,3
7	Aochi/W-60	13,0	14,3
8	S62Shr/W	16,5	16,5
9	G100H/TGM-D-1-3	10,5	18,8
10	G100H-TGM-D-16	12,2	15,8
11	MYP/G100H-D-2	12,0	14,5
12	MYP/G100H-6	9,2	16,0
13	B2F4/G100H-D-2	15,7	26,0
14	G100H/KW-D-12	12,8	19,3
15	KW/G100H-D-2	10,0	14,2
16	Kaba	11,5	20,2
17	Burangrang	11,5	17,5
18	Wilis	14,2	27,2
19	TGMS/G 100 H-D-3	14,5	13,7
20	G 100 H/TGMS-D-21	14,0	21,3
21	G 100 H/INT.KW-D-25	18,8	12,0
22	INT. 9837 Br/G 100 H-D-2	16,8	13,5
23	INT.KW/G 100 H-D-5	15,8	14,8
24	G 100 H/BRR-E-6	13,3	16,8
25	INT KW/G 100 H-D-3	14,7	16,5
26	INT KW/G 100 H-D-4	7,8	13,2
27	G 100 H	7,8	12,0
28	Mng -W1	11,3	19,0
29	G 100 H/INT 9837 Br-D-1	10,7	14,2
30	G 100 H/INT Kw-D-16	13,3	15,3

Sumber: Suharsono (2009) dalam Nugrahaeni *et al.* (2009).

Tabel 5. Intensitas kerusakan biji pada 65 dan 84 hst pada evaluasi ketahanan galur kedelai terhadap hama pengisap polong. Probolinggo 2009.

No	Galur	Intensitas kerusakan biji (%)	
		65 hst	84 hst
1	G100H/9305-II-C-IV-1	8,3	7,2
2	P/I//P-10	5,9	7,3
3	P/I//P-12	5,9	9,4
4	G100H/P//P-15	7,7	7,8
5	I/P-19	5,2	6,2
6	Shr/W-60	7,1	9,2
7	Aochi/W-60	6,1	7,8
8	S62Shr/W	8,4	8,8
9	G100H/TGM-D-1-3	5,4	10,0
10	G100H-TGM-D-16	6,3	8,3
11	MYP/G100H-D-2	6,4	7,5
12	MYP/G100H-6	4,6	11,0
13	B2F4/G100H-D-2	8,5	14,5
14	G100H/KW-D-12	6,8	9,8
15	KW/G100H-D-2	4,7	7,6
16	Kaba	5,4	9,4
17	Burangrang	5,0	11,0
18	Wilis	6,9	8,4
19	TGMS/G 100 H-D-3	7,0	7,1
20	G 100 H/TGMS-D-21	7,3	11,4
21	G 100 H/INT.KW-D-25	9,4	6,6
22	INT. 9837 Br/G 100 H-D-2	8,3	7,3
23	INT.KW/G 100 H-D-5	7,7	8,0
24	G 100 H/BRR-E-6	6,8	9,5
25	INT KW/G 100 H-D-3	7,0	15,2
26	INT KW/G 100 H-D-4	4,2	6,5
27	G 100 H	4,3	6,8
28	Mng -W1	5,1	9,5
29	G 100 H/INT 9837 Br-D-1	5,1	6,7
30	G 100 H/INT Kw-D-16	6,1	7,4

Sumber: Suharsono (2009) dalam Nugrahaeni *et al.* (2009).



Gambar 1. Hubungan antara serangan biji dan polong pada 65 HST (kiri) dan pada 84 hst (kanan).

Sumber: Suharsono (2009) dalam Nugrahaeni dkk. (2009)

tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian *R. linearis* tidak hanya dilakukan dengan penggunaan insektisida kimia. Berdasarkan pengendalian hama terpadu (PHT) kedelai, penggunaan insektisida kimia dilakukan apabila populasi *R. linearis* telah melampaui ambang ekonomi (AE). AE *R. linearis* adalah 1 ekor/rumpun (Arifin *et al.* 2010). Tengkanan *et al.* (2005) menyebutkan bahwa deltrametrin dan klorpirifos memiliki keefektifan tinggi dalam menurunkan populasi *R. linearis* dan *N. viridula*. Kedua insektisida ini juga memiliki kemampuan mempertahankan hasil panen sebesar 61,6% untuk deltrametrin dan 45,3% untuk klorpirifos. Pemakaian insektisida kimia hendaknya diaplikasikan pada waktu, dosis, volume, dan bagian tanaman yang tepat (Norris *et al.* 2003). Penggunaan insektisida kimia hendaknya harus selektif, bijaksana dan mengedepankan potensi musuh-musuh alamnya (Tengkanan *et al.* 1992).

Penggunaan insektisida biorasional merupakan salah satu upaya dalam pengendalian *R. linearis*. Produk insektisida biorasional yaitu suatu tipe insektisida dari bahan alami antara lain berkategori nabati dan mikroba, misalnya pestisida nabati serta beberapa jamur patogen serangga (Arifin *et al.* 2010). Selain pemakaian insektisida kimia dan insektisida biorasional, *R. linearis* dapat dikendalikan dengan insektisida nabati. Insektisida nabati adalah insektisida yang berasal dari tumbuhan. Biji dan daun mimba dapat digunakan untuk mengendalikan *R. linearis*. Mimba mampu berperan sebagai bakterisida, fungisida, nematisida, virisida, dan moluskasida. Bahan aktif yang dimiliki mimba adalah *azadi-*

rachtin. Cara kerja mimba tidak membunuh hama secara langsung, tetapi mengurangi nafsu makan, pertumbuhan, daya reproduksi, proses ganti kulit, hambatan menjadi serangga dewasa, sebagai pemandul, mengganggu dan menghambat proses perkawinan serangga, menghambat peletakan dan penurunan daya tetas telur, dan bekerja secara sistemik dan kontak serta mudah diabsorpsi tanaman.

Semakin tinggi konsentrasi mimba semakin kecil serangan *R. linearis* (Tabel 6). Pada pengamatan 72 hst persentase serangan *R. linearis* pada perlakuan P5 sebesar 5% (300 ml/liter air). Persentase serangan pada P0 (kontrol) paling tinggi dibandingkan dengan pada perlakuan. Selain mimba, daun *Aglalia odorata* 5% mampu mengendalikan hama pengisap polong serta dapat mencegah kehilangan hasil kedelai (Marwoto 2007).

Tabel 6. Tingkat serangan *R. linearis* pada kedelai dengan aplikasi insektisida nabati mimba. Sumatera Utara, 2009.

Perlakuan	Tingkat serangan <i>R. linearis</i> (%)			
	51 hst	58 hst	65 hst	72 hst
P0 (1 l air)	75 A	85 A	95 A	95 A
P1 (100ml/l air)	57,5 B	47,5 B	45 B	27,5 B
P2 (150ml/l air)	50 BC	40 BC	30 BC	20 C
P3 (200ml/l air)	40 CD	35 CD	27,5 C	17,5 C
P4 (250 ml/l air)	35 CD	32,5 D	25 C	15 C
P5 (300ml/l air)	27,5D	22,5 D	10 D	5 D

Notasi huruf besar yang tidak sama pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada taraf 1% berdasarkan uji jarak Duncan.

Sumber: Sinaga 2009.

R. linearis dapat dikendalikan dengan pengendalian hayati. Parasitoid yang digunakan untuk *R. linearis* adalah *Gryon nigricorne* (Higuche *et al.* 1999), sedangkan predator telur *Dolichoderus* sp., *Solenopsis geminata*, dan *Paederus* sp. Penggunaan cendawan entomopatogen merupakan salah satu cara pengendalian secara biologi untuk *R. linearis*. Prayogo *et al.* 2004 mengemukakan bahwa konsentrasi spora *Beauveria bassiana* berpengaruh terhadap kematian *Riptortus* sp. Semakin tinggi konsentrasi spora *B. bassiana*, semakin tinggi pula persentase kematian imago *Riptortus* sp. Miselium *B. bassiana* mulai berkembang pada 72 jam setelah diaplikasi (JSA) pada tubuh serangga. *Lecanicillium lecanii* juga dapat digunakan untuk pengendalian *R. linearis*. Cendawan *L. lecanii* mampu menginfeksi semua stadia kepik coklat, baik stadia nimfa, imago maupun stadia telur. Efikasi cendawan *L. lecanii* terhadap *Riptortus* nimfa instar I dan II lebih tinggi dibandingkan terhadap imago. Meskipun stadia nimfa dan imago juga dapat terinfeksi oleh cendawan namun mobilitas kedua stadia serangga tersebut tinggi sehingga suspensi konidia cendawan yang diaplikasikan kurang efektif, stadia telur sangat efektif bila diaplikasi dengan *L. lecanii* (Prayogo 2010).

Pengendalian dengan teknik budidaya merupakan salah satu tahap awal pengendalian yang ditempuh berdasarkan prinsip-prinsip dasar PHT. Beberapa teknik budidaya yaitu:

- Pergiliran tanaman untuk memutus rantai makanan bagi hama, misalnya pergiliran kedelai dengan padi atau palawija.
- Penanaman dalam barisan. Teknik ini dapat meningkatkan keragaman sehingga tanaman inang tersamarkan dari serangan hama. Selain itu, tanaman inang dapat berfungsi sebagai tempat berlindung dan sumber pakan bagi organisme berguna.
- Penanaman varietas tahan terhadap *R. linearis*.
- Penanaman tanaman perangkap, misalnya kacang hijau (Arifin *et al.* 2010).

KESIMPULAN

- Tanaman inang *R. linearis* adalah kacang hijau, buncis, kacang panjang, *Tephrosia* spp, *Acacia pilosa*, dadap, *Desmodium*, *Solanaceae* dan *Convolvulaceae*.

- R. linearis* tersebar diseluruh daerah produksi kedelai di Indonesia dan juga negara beriklim tropis yaitu Amerika utara, India, Brazil dan Jepang.
- Status *R. linearis* merupakan hama penting pada tanaman kedelai karena dapat menurunkan kehilangan hasil sebesar 79%.
- Pengendalian *R. linearis* dengan teknik budidaya, pengendalian hayati, penggunaan insektisida nabati dan juga penggunaan insektisida kimia secara bijaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, Md.A. and U. T. Lim. 2009. Refrigeration of *Riptortus clavatus* (Hemiptera: Alydidae) eggs for the parasitization by *Gryon japonicum* (Hymenoptera: Scelionidae). *J First* 19(3): 315–325.
- Arifin, M., Y. Prayogo dan D. Koswanudin. 2010. Insektisida biorasional untuk mengendalikan hama kepik coklat, *Riptortus linearis* pada kedelai. Seminar Nasional Kedelai. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang. 8 hlm.
- Atman. 2007. Teknologi budidaya kacang hijau (*Vigna radiata* L.) di lahan sawah. *J Ilmiah Tambua* 6(1): 89–95.
- Baliadi, Y., W. Tengkan, Bedjo, Suharsono dan Subandi. 2008. Pedoman Penerapan Rekomendasi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kedelai di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 108 hlm.
- Haryanto, E., T. Suhartini, dan E. Rahayu. 2007. Usaha tani kacang panjang. Penebar Swadaya. Jakarta. 61 hlm.
- Hiroya, H., N. Hiroaki, M. Nobuo. 1999. Egg parasitoids of bean bug, *Riptortus linearis* (Fabricius) (Heteroptera: Alydidae) in Okinawa Island. *Japanese J of App Entomol and Zool* 43(2): 99–100.
- Jackai, L.E.N., A.R. Panizzi, G.G. Kundu, and K. Srivastava. 1990. Insect pests of soybean in the tropics, p. 91–156. In: S.R. Singh (ed). *Insect Pest of Tropical Food Legumes*. John Wiley and Sons, Chichester New York Brisbane Toronto Singapore.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. The pests of crops in Indonesia. PT Ichtiar Baru-Van Hoeve, Jakarta. 701 hlm. (eds) P.A. van der Laan.
- Marwoto, Suharsono dan Supriyatin. 1999. Hama kedelai dan komponen pengendalian hama terpadu. Monograf Balitkabi. No 4–1999. 50 hlm. (eds) Winarto dan N. Saleh.

- Marwoto. 2007. Potensi ekstrak daun *Aglaia odorata* untuk pengendalian hama polong kedelai. Pros Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. hlm 397–404.
- Marwoto, A. Susilo., R.S. Kusriningrum, dan Basuki W. 2008. Pengaruh kepadatan populasi hama pengisap polong *Riptortus linearis* terhadap hasil kedelai. Prosiding Inovasi Teknologi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan dan Kecukupan Energi. hlm 371–379.
- Masu'dah, L. 2000. Kepekaan fase pertumbuhan generatif tanaman kedelai terhadap *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae). Skripsi. Jurusan Biologi FMIPA, Univ Brawijaya, Malang. 48 hlm.
- Nugrahaeni, N., Suhartina, H. Kuswantoro, T. Sundari, dan M. J. Mejaya. 2009. Perakitan varietas kedelai untuk lahan kering, lahan sawah, dan lahan pasang surut. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2009. Balitkabi. 143 hlm.
- Orwa, C., A. Mutua, R. Kindt, R. Jamnadass, A. Simons. 2009. *Mimosa pigra*. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide. <http://www.worldagroforestry.org/af/treedb>. Akses 24 Feb 2011.
- Panizzi, A. R., C. W. Schaefer and Y. Natuhara. 2001. Heteroptera of economic importance. CRC Press. p. 321–336 (eds) C. W. Schaefer and A. R. Panizzi.
- Pitojo, S. 2008. Benih Buncis Seri Penangkaran. Kanisius. Yogyakarta. 76 hlm.
- Prayogo, Y., W. Tengkanan dan Suharsono. 2004. Efektivitas *Beauveria bassiana* isolat Probolinggo terhadap hama pengisap polong kacang-kacangan. Jurnal Sainteks 11(2): 110–117.
- Prayogo dan Suharsono. 2005. Optimalisasi pengendalian hama pengisap polong kedelai (*Riptortus linearis*) dengan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* pada media minyak nabati. Pros Peningkatan produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. hlm 385–395.
- Prayogo, Y. 2010. Efikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) untuk pengendalian hama kepik coklat pada kedelai. Bul Palawija 20: 47–61.
- Suharsono. 2001. Kajian aspek ketahanan beberapa genotipe kedelai terhadap hama pengisap polong, *Riptortus linearis* F. Disertasi. UGM. Yogyakarta.
- Suharsono, M. M. Adie, dan Saleh, N. 2007. Evaluasi ketahanan galur kedelai terhadap hama dan penyakit utama. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2009. Balitkabi. 36 hlm.
- Suharto. 2007. Pengenalan dan pengendalian hama tanaman pangan. Andi. Jakarta. 112 hlm.
- Sinaga, S. W. 2009. Pengaruh pemberian insektisida nabati terhadap serangan hama polong tanaman kedelai (*Glycyne max* L. Merrill) di lapangan. Skripsi Fakultas Pertanian USU. 64 hlm.
- Talekar, N. S. 1997. Source of resistance of insect pest of soybean in Asia. Proc Soybean Feeds the World Soybean Conf V, 21–27 February 1994, Chiang Mai, Thailand.
- Tengkanan, W., M. Roovers, Vreden, G. Van. 1974. Varietal screening for resistance to the soybean bug, *Riptortus linearis* F. In Agric. Coop. Res. Rep. 1968–74 Jakarta: 169–170 In Kalshoven, L.G.E. 1981. The Pests of Crops in Indonesia. P.T. Ichtiar Baru-van Hoeve, Jakarta. 701 hlm. (eds) P.A. van der Laan.
- Tengkanan, W., Harnoto, H. Taufiq dan M. Imam. 1992. Dampak negatif insektisida terhadap musuh alami pengisap polong. Seminar Hasil Penelitian Pendukung Pengendalian Hama Terpadu. Kerjasama Program Nasional PHT, Bappenas dengan Faperta IPB. 29 hlm.
- Tengkanan, W. dan M. Soehardjan. 1993. Jenis hama utama pada berbagai fase pertumbuhan tanaman kedelai, hlm 295–318. dalam Somaatmadja, S., M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung dan Yuswadi (Eds). Kedelai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor.
- Tengkanan, W., Y. Baliadi, dan Purwatoro. 2005. Pengendalian pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* L. dan *Nezara viridula* L. dengan insektisida kimia di lahan kering masam Provinsi Lampung. Pros Inovasi teknologi kacang-kacangan dan umbi-umbian mendukung kemandirian pangan dan kecukupan energi. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. hlm 363–370.
- Tengkanan, W. 2007. Daerah penyebaran hama kedelai dan musuh alamnya di lahan kering masam Sumatera Selatan. Pros Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. hlm 369–383.
- Ventura, U. M., and A. R. Panizzi. 2003. Population dynamics, gregarious behavior and oviposition preference of *Neomegalotomus parvus* (Westwood) (Hemiptera: Heteroptera: Alydidae). J Brazilian Archives of Biol and Tech 46 p. 33–39.
- Wiley, J. and Sons. 1990. Insect Pests of Tropical Food Legumes. Singapore (eds) S.R. Singh. 451 hlm.

PENGELOLAAN HARA KALIUM UNTUK UBIKAYU PADA LAHAN KERING MASAM

Subandi ¹

ABSTRAK

Produktivitas ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz). nasional tergolong rendah (18,24 t/ha ubi segar), salah satu penyebab pentingnya adalah ketersediaan hara yang rendah dalam tanah, di antaranya K. Kecukupan hara K sangat menentukan pertumbuhan tanaman serta kuantitas dan kualitas hasil ubikayu, sebab K terlibat dalam berbagai proses fisiologi, di antaranya pertumbuhan sel, pembukaan stomata, pembentukan dan translokasi karbohidrat, pembentukan protein, dan senyawa fenol yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Pengelolaan hara K pada ubikayu di lahan kering masam perlu mendapat perhatian besar, sebab: (a) areal ubikayu telah dan terus berkembang ke lahan kering masam yang tersedia luas, khususnya di Sumatera dan Kalimantan yang antara tahun 2005 dan 2009 tumbuh secara signifikan, berturut-turut 17,6% dan 6,5%, dan (b) ubikayu relatif banyak membutuhkan hara K jika dibandingkan dengan tanaman pangan yang lain (padi, jagung, kedelai, kacang tanah). Ketersediaan K (K-dd) pada lahan kering masam umumnya kurang dari 0,10 me/100 g tanah, padahal untuk ubikayu batas kritis K-dd adalah 0,15 me/100 g tanah; sehingga tambahan K melalui pemupukan mutlak diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan K dalam tanah. Berdasarkan pola pertumbuhan biomas dan perakaran ubikayu, serta potensi erosi dan pelindian hara K yang tinggi pada lahan kering masam, maka pupuk K dianjurkan diberikan dua kali, masing-masing 50% pada umur satu dan tiga bulan. Pupuk diaplikasi secara ditanam/ditugal di samping tanaman pada kedalaman 5–10 cm. Selain melakukan pemupukan, upaya lain yang harus dilakukan untuk mengurangi kehilangan serta meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara K dalam tanah adalah: (a) menerapkan sistem pertanaman lorong dengan menanam pagar hidup untuk mengurangi erosi dan pelindian, dan (b) meningkatkan kandungan bahan organik tanah, sebagai sumber K dan agar tanah lebih banyak mengikat/menyediakan air/lengas untuk memperlancar pergerakan K ke permukaan akar melalui proses aliran masa dan

difusi. Kadar kritis bahan organik dalam tanah untuk ubikayu adalah 3,2%.

Kata kunci: *Manihot esculenta*, ubikayu, kalium, lahan kering masam

ABSTRACT

Potassium management on cassava in acidic dry land. In average, Indonesian cassava productivity is still low, i.e. 18,24 t/ha fresh roots. One of the important factor affecting this productivity is low nutrients content in soils, and among of them is potassium (K). The sufficiency of K nutrient is very crucial to plant growth as well as quantity and quality yield of crops (cassava), because K is involved in some physiological processes in plant include cell development, opening and closing of stomata, synthesis and translocation of carbohydrates, and synthesis of proteins and phenols. The last mentioned substances are useful to increase the tolerance of crops to diseases. Potassium management in cassava production, should be notice because: (a) cassava have been and continuously developed on acidic dry lands which widely distributed, especially in Sumatera and Kalimantan where the harvested area of cassava increased during 2005 to 2009, i.e. 17.6% and 6.5% respectively, while in the other place the harvested areas of cassava decreased significantly, and (b) compared to the other food crops (rice, maize, soybean, peanut), cassava relatively needs more of K. In general, acidic dry lands are poor in exchangeable K. K available on soil usually less than 0.10 me/100 g of soil, it is lower to those of a critical level for cassava which need minimum 0.15 me K/100 g, so that K fertilization absolutely needed to increase K availability in the soil. Based on biomass production patterns and roots distribution of cassava, as well as a high potential of erosion and leaching on acidic drylands, in application K fertilizers it should be done as follows: (a) two split applications, 50% each at one and three months after planting, and (b) for individual plant, fertilizers are applied by dibbling of 5–10 cm depth. Addition to fertilization, among the other efforts can be carried out to decrease the losses and to increase availability of K in the soil and absorption of K by roots are: (a) practicing alley cropping by establishment hedgerow to decrease erosion and leaching, and (b) increasing soil organic content as a source of K and to improve the capacity of soil to held and store moisture for facilitating a rapid movement of K to roots by mass flow and diffusion.

¹ Peneliti Ekofisiologi Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Kotak Pos 66 Malang 65101, Telp. (0341) 801468, e-mail: balitkabi@litbang.deptan.go.id

For cassava, critical level of soil organic matter is 3.2%.

Keywords: *Manihot esculenta*, cassava, potassium, acidic dry land

PENDAHULUAN

Ubikayu mempunyai peranan penting bagi perekonomian Indonesia. Di antara tanaman pangan, komoditas ini menempati urutan ketiga dalam memberikan kontribusi terhadap Pendapatan Domestik Bruto setelah padi dan jagung (Sani 2006). Ubikayu menghasilkan bahan karbohidrat untuk pangan, pakan, dan aneka industri.

Mencermati kebutuhan yang terus meningkat untuk berbagai keperluan, Indonesia diperkirakan kekurangan 5,3 juta ton (Suyanto dan Wargiono 2006). Menyadari hal tersebut maka pemerintah berupaya meningkatkan produksi ubikayu, dan untuk itu diperlukan berbagai dukungan, di antaranya penyediaan teknologi budidaya untuk meningkatkan produktivitas ubikayu nasional yang sekarang masih rendah.

Produksi nasional ubikayu pada tahun 2009 sekitar 22 juta ton, diperoleh dari areal panen seluas 1,2 juta ha dengan produktivitas 18,24 t/ha (BPS 2009). Tingkat produktivitas ini tergolong rendah, mengingat kini telah tersedia teknologi yang mampu menghasilkan 30–50 t/ha ubi segar, tergantung pada kondisi lahan dan tingkat penerapan teknologi. Penyebab produktivitas ubikayu nasional rendah antara lain: (a) terbatasnya penggunaan varietas unggul berdaya hasil tinggi, dan (b) kurangnya penggunaan pupuk (Karama 2003).

Berdasarkan perkembangan areal ubikayu, kini dan ke depan, wilayah pertanaman ubikayu akan bergeser dari Jawa ke luar Jawa, khususnya Sumatera dan Kalimantan. Di provinsi tersebut, ubikayu banyak dibudidayakan pada lahan kering masam yang tergolong tidak subur karena di antaranya miskin sejumlah hara esensial, termasuk hara K.

Sehubungan data dan informasi di atas, maka dalam upaya peningkatan produksi ubikayu nasional masalah-masalah mengenai peranan, kebutuhan, dan pengelolaan hara K pada ubikayu di lahan kering masam penting untuk diketahui.

PRODUKSI UBIKAYU

Membandingkan data tahun 1995 dengan tahun 2009 (Tabel 1), dapat diketahui bahwa

produksi nasional ubikayu mengalami peningkatan 13,8%. Peningkatan ini sepenuhnya disebabkan oleh kenaikan produktivitas sebesar 14,6%, mengingat areal panen sedikit menurun (0,006%). Areal panen di semua daerah menurun, kecuali Sumatera dan Kalimantan yang naik secara signifikan berturut-turut 17,6% dan 6,5%. Di Jawa dan Maluku serta Papua, areal panen mengalami penurunan berturut-turut 9,9% dan 12,2%. Areal panen yang menurun mengindikasikan penurunan minat petani dalam mengusahakan ubikayu, karena beralih ke komoditas lain yang lebih diminati.

Peningkatan produktivitas memberi petunjuk adanya perbaikan dalam penerapan teknologi produksi, seperti penggunaan varietas unggul dan pemupukan. Peningkatan produktivitas terjadi di semua regional namun tingkat kenaikan beragam, tertinggi di Sumatera yakni 35,5% dan terendah di Sulawesi yaitu 0,004% (Tabel 1).

Penurunan areal panen ubikayu yang cukup signifikan terjadi di Jawa dan Maluku serta Papua, namun peningkatan areal panen yang cukup besar terjadi di Sumatera dan Kalimantan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa areal pertanaman ubikayu akan bergeser dari regional yang lahannya relatif subur ke regional yang lahannya tergolong suboptimal, khususnya lahan kering masam yang tanahnya didominasi oleh Podsolik Merah-Kuning. Jenis tanah ini bereaksi masam dengan tingkat kejenuhan Al dapat ditukar tinggi sehingga dapat meracuni tanaman dan miskin sejumlah hara esensial. Oleh karena itu, dalam upaya peningkatan produksi ubikayu nasional, pengelolaan hara/lahan perlu mendapat perhatian yang besar.

Peranan Kalium pada Tanaman

Di dalam tanaman, meskipun K bukan menjadi komponen dasar penyusun senyawa karbohidrat, protein, maupun lemak, namun diperlukan dalam metabolisme atau pembentukan ketiga senyawa tersebut.

Peranan K dalam tubuh tanaman berhubungan erat dengan proses biofisika dan biokimia (Beringer 1980). Secara biofisika, K memegang peran penting dalam pengaturan tekanan osmosis cairan di dalam dan turgor sel tanaman, yang pada gilirannya berpengaruh besar terhadap pembukaan dan penutupan stomata, serta pertumbuhan dan perkembangan sel tanaman.

Tabel 1. Produksi, produktivitas, dan areal panen ubikayu di Indonesia tahun 1995 dan 2009.

Regional	Areal panen (ribu ha)		Produksi (ribu ton)		Produktivitas**) (t/ ha)	
	1995	2009*)	1995	2009*)	1995	2009*)
Sumatera	335,6	394,7	5847,8	9311,7	17,43	23,59
Kenaikan (%)	-	17,6	-	5,9	-	35,3
Jawa	653,3	588,7	10637,4	9802,5	16,28	16,65
Kenaikan(%)	-	-9,9	-	7,9	-	2,3
Bali & Nusa Tenggara	106,8	105,0	1140,6	1163,0	10,68	11,08
Kenaikan (%)	-	-1,7	-	2,0	-	3,8
Kalimantan	35,5	37,8	491,4	533,6	13,84	14,12
Kenaikan, %	-	6,5	-	8,6	-	2,0
Sulawesi	57,5	57,7	906,6	913,5	15,77	15,83
Kenaikan (%)	-	0,004	-	0,007	-	0,004
Maluku & Papua	24,7	21,7	297,5	266,1	12,05	12,26
Kenaikan (%)	-	-12,2	-	-10,6	-	1,7
Indonesia	1213,5	1205,4	19321,3	21990,4	15,92	18,24
Kenaikan (%)	-	-0,006	-	13,8	-	14,6

*) Angka Ramalan II; **) Produktivitas: Data produksi dibagi dengan data areal panen.

Sumber: BPS (2009).

Gangguan pada pembukaan dan penutupan stomata akibat tanaman kahat (*deficiency*) K akan menurunkan fotosintesis karena terganggunya pemasukan CO₂ ke daun (Beringer 1980). Tanaman yang cukup K lebih mampu mempertahankan kandungan air dalam jaringannya karena lebih mampu menyerap lengas tanah dan mengikat air melawan penguapan, sehingga tanaman lebih tahan terhadap cekaman kekeringan.

Dari segi biokimia, peranan K bertalian erat dengan sejumlah reaksi ensimatis, di antaranya yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat dan protein. Kalium diperlukan dalam proses perubahan tenaga surya menjadi tenaga kimia (Mengel dan Kirkby 1978). Ada hubungan erat antara kadar K dalam jaringan dengan asimilasi CO₂ pada tanaman jagung, peningkatan kadar K hingga 3% selalu diikuti peningkatan asimilasi CO₂ (Smid dan Peaslee 1970 dalam Beringer 1980). Pada tanaman yang kekurangan K, pengalihan (translocation) karbohidrat dari daun ke organ lainnya terhambat, sehingga hasil fotosintesis cenderung terakumulasi dalam daun. Keadaan yang demikian akan menurunkan kecepatan fotosintesis (Hartt 1975 dalam Mengel dan Kirkby 1978). Pembentukan protein pada tanaman yang kekurangan K akan terganggu. Kadar

N-protein menurun di satu pihak, sedangkan di pihak lain kadar N-bukan protein meningkat, dan apabila kekurangannya sudah serius maka dalam jaringan tanaman banyak dijumpai nitrat dan ammonium bebas serta amida-amida dan asam-asam organik, sehingga menurunkan kualitas produk pertanian (Tisdale dan Nelson 1975).

Tanaman yang cukup K akan lebih tahan terhadap serangan penyakit. Penyakit bercak bakteri (*bacterial blight*) pada ubikayu akan menurun serangannya dengan perbaikan kecukupan K (Huber dan Amy 1985), hal ini terkait dengan peningkatan pembentukan senyawa fenol. Pemberian K pada ubikayu yang kekurangan K selain meningkatkan hasil ubi, juga meningkatkan kadar pati dan menurunkan kandungan HCN (Howeler 1985).

Kebutuhan Kalium Ubikayu

Berdasarkan data yang dikemukakan Howeler 1991 (dalam Howeler 2002), dihitung kebutuhan hara N, P, dan K untuk komoditas tanaman pangan yang banyak dibudidayakan di Indonesia seperti padi, jagung, kedelai, kacang tanah, dan ubikayu (Tabel 2). Kebutuhan N, P, dan K tersebut dihitung untuk perolehan hasil yang memadai dan berpeluang besar dapat dicapai

Tabel 2. Kebutuhan K untuk target hasil tertentu pada tanaman padi gogo, jagung, ubikayu, kedelai, dan kacang tanah pada lahan kering masam.

Komoditas	Kebutuhan hara (t/ha)*)	Target hasil (kg/ha)**)		
		N	P	K
Padi gogo (gabah kering)	3,0	45	6	10
Jagung (pipilan kering)	5,0	86	16	23
Ubikayu (ubi segar)	40,0	62	15	126
Kedelai (biji kering)	1,5	105	27	117
Kacang tanah (polong kering)	2,0	163	10	54

*) Target hasil yang memadai dan berpeluang besar dapat dicapai pada lahan kering masam.

**) Dihitung berdasarkan pada data yang dikemukakan Howeler 1991 (*dalam* Howeler 2002).

pada lahan kering masam, yakni padi gogo (padi lahan kering) 3,0 t/ha gabah kering, jagung 5,0 t/ha pipilan kering, ubikayu 40,0 t/ha ubi segar, kedelai 1,5 t/ha biji kering, dan kacang tanah 2,0 t/ha polong kering. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dibandingkan komoditas pangan yang lain kecuali kedelai, ubikayu jauh lebih banyak memerlukan K, dan kebutuhan K pada ubikayu relatif banyak dibandingkan dengan kebutuhan N maupun P. Oleh karena itu, dalam budidaya ubikayu pada lahan kering masam, pengelolaan hara K harus mendapat perhatian yang besar, hal ini belum dilakukan secara memadai di tingkat petani.

Kandungan Hara Kalium Lahan Kering Masam

Lahan kering masam di Indonesia didominasi oleh tanah tua atau yang telah mengalami pelapukan dan perkembangan lanjut seperti Ultisol dan Oxisol (Podsolik Merah-Kuning dan Latosol), sehingga miskin mineral primer sumber K, dan hara K telah banyak terlindi (*leached*). Oleh karena itu, lahan kering masam umumnya miskin hara K tersedia atau K-dd. Pada lahan kering masam di Lampung Tengah, tanah lapisan atas (topsoil) dan lapisan bawah (subsoil) mengandung K-dd berturut-turut 0,05–0,17 me/100 g dan 0,03–0,11 me/100 g; untuk hal yang sama pada lahan kering masam di Tulang Bawang 0,04–0,09 me/100 g dan 0,03–0,05 me/100 g (Taufiq *et al.* 2004). Subandi dan Wijanarko (2009) melaporkan kandungan K-dd lima contoh tanah lahan kering masam di Lampung Timur yang digunakan untuk budidaya ubikayu monokultur dalam jangka pan-

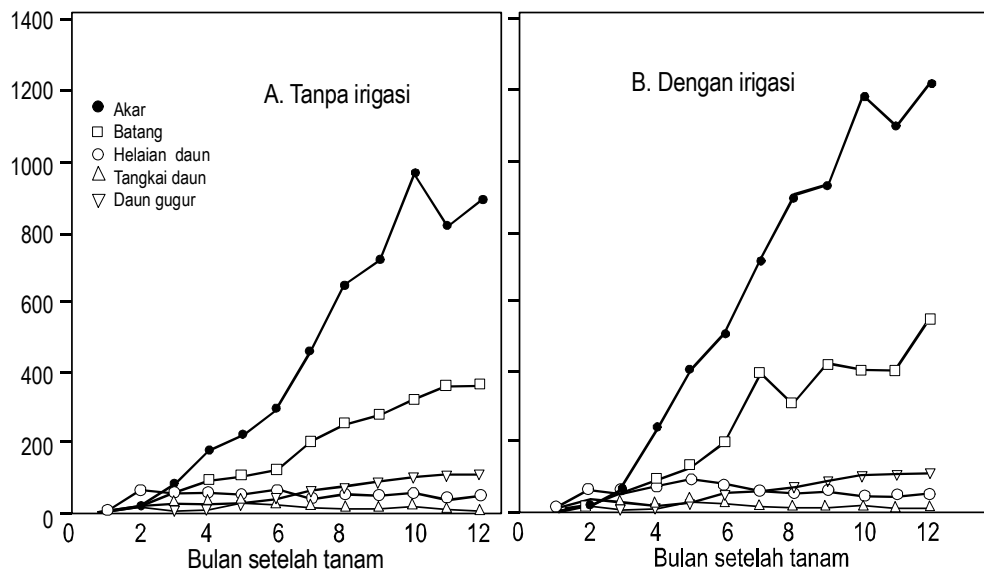
jang sebagai berikut: (1) kandungan K-dd tanah lapisan atas 0,02–0,05 me/100 g dan tanah lapisan bawah 0,03–0,04 me/100 g, (2) relatif lebih tingginya kandungan K-dd pada lapisan atas dibandingkan dengan lapisan bawah tampaknya berkorelasi dengan kandungan bahan organik, tanah lapisan atas mengandung bahan organik lebih tinggi daripada tanah lapisan bawah. Satu contoh tanah lapisan olah lahan kering masam di Lampung Timur lokasi penelitian Subandi *et al.* (2010) mengandung K-dd 0,11 me/100 g. Data tersebut di atas menunjukkan bahwa kandungan K tersedia (K-dd) pada lahan kering masam tergolong sangat rendah.

PENYERAPAN K TANAMAN UBIKAYU

Pergerakan K ke Permukaan Akar

Agar dapat diserap tanaman, unsur hara harus mencapai permukaan akar melalui tiga mekanisme, yaitu pemotongan akar (*root interception*), aliran massa (*mass flow*), dan difusi (*diffusion*). Bagi hara K, mekanisme yang paling berperan penting adalah difusi, kemudian secara berurutan disusul oleh aliran massa dan pemotongan akar, yang masing-masing berkontribusi 71%, 26%, dan 3% dari total K yang diserap tanaman (Barber 1969 *dalam* Corey 1973).

Mengingat pergerakan K ke permukaan akar yang utama melalui proses difusi, maka jumlah dan kecepatan hara K mencapai permukaan akar sangat tergantung pada kandungan dan kesinambungan lengas tanah dalam pori-pori tanah, serta jarak antara sumber hara K dengan akar. Difusi K ke permukaan akar semakin cepat



Gambar 1. Distribusi bobot kering ubi, batang, helaian daun, tangkai daun, dan daun yang gugur tanaman ubikayu umur 12 bulan (tanaman dipupuk) yang tidak diairi (A) dan yang diairi (B) di Carimagua, Colombia.

Sumber: CIAT 1985 (dalam Howeler 2002).

dengan: (1) meningkatnya kadar lengas tanah, (2) perbedaan kadar K yang semakin besar antara lokasi sumber K dengan lokasi akar, dan (3) jarak yang semakin pendek antara sumber K dengan akar.

Pola Penyerapan K oleh Ubikayu

Pola penyerapan K oleh tanaman sangat erat mengikuti pola pertumbuhan tanaman atau bobot kering biomas (Cooke 1985, Hanway dan Johnson 1985). Distribusi bobot bahan kering antara ubi, batang, helaian daun, tangkai daun, dan daun-daun yang gugur selama 12 bulan pertumbuhan ubikayu adalah seperti pada Gambar 1. Sesuai dengan pertumbuhan biomas tanaman, maka penyerapan K yang cepat oleh tanaman ubikayu akan dimulai pada umur tiga bulan. Distribusi bobot kering biomas dan serapan hara N, P, dan K pada tanaman ubikayu umur 12 bulan seperti pada Tabel 3. Pola distribusi serapan hara N, P, dan K berbeda antar bagian tanaman ubikayu. Untuk hara N, tertinggi pada bagian tanaman di atas tanah, kemudian secara berurutan diikuti ubi dan daun yang gugur. Bagi hara P, antara bagian tanaman di atas tanah dan ubi tidak banyak berbeda, khususnya pada pertanam-

an yang tidak dipupuk; sedang pada daun yang gugur jauh lebih rendah. Untuk hara K, serapan yang tertinggi berada pada ubi, kemudian disusul pada bagian tanaman di atas tanah, dan selanjutnya jauh lebih rendah pada daun yang gugur.

Sesuai dengan data distribusi serapan hara tersebut, maka praktik panen ubikayu yang umumnya mengangkut seluruh hasil ubi serta daun berikut batang mudanya, akan banyak mengangkut hara K ke luar lahan. Oleh sebab itu, lahan yang dalam jangka panjang ditanami ubikayu tanpa pemberian pupuk K yang memadai dipastikan akan menurun kesuburan dan produktivitasnya, khususnya pada lahan kering masam yang umumnya miskin hara (Gambar 2).

Pengelolaan Hara K untuk Ubikayu pada Lahan Kering Masam

Pengelolaan hara K untuk ubikayu pada lahan kering masam menyangkut aspek ameliorasi, pemupukan, pengembalian hara yang terserap biomas, dan konservasi lengas/lahan.

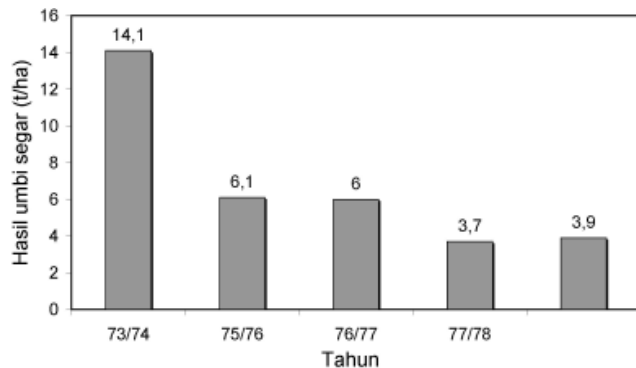
Ameliorasi

Ameliorasi diperlukan untuk membenahi lahan kering masam agar lahan lebih optimal sehingga

Tabel 3. Distribusi bobot biomas kering dan serapan hara N, P, dan K pada tanaman ubikayu (cv. M Ven 77) umur 12 bulan di Carimagua, Colombia.

Bagian tanaman	Bobot biomas kering (t/ha)	Serapan hara (kg/ha)		
		N	P	K
A. Tidak dipupuk				
Bagian di atas tanah	5,11	69,1	7,4	33,6
- Ubi	10,75	30,3	7,5	54,9
- Daun yang jatuh	1,55	23,7	1,5	4,0
Total	17,41	123,1	16,4	92,5
B. Dipupuk				
- Bagian di atas tanah	6,91	99,9	11,7	74,3
- Ubi	13,97	67,3	16,8	102,1
- Daun yang jatuh	1,86	30,5	2,0	7,1
Total	22,74	197,7	30,5	183,5

Sumber: Howeler 1985 (dalam Howeler 2002).



Gambar 2. Hasil ubikayu pada pertanaman jangka panjang (5 tahun) yang ditanam secara tumpang-sari dengan padi gogo, jagung, kacang tanah, dan kacang merah tanpa pemberian ameliorasi (kapur dan mulsa) dan pupuk di Bandar Jaya, Lampung Tengah.

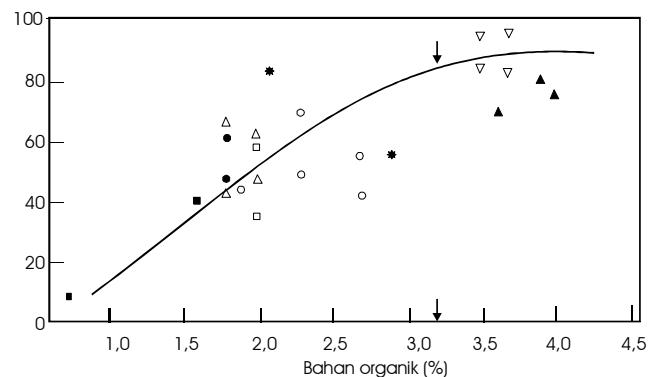
Sumber: McIntosh (1979).

pemupukan K semakin efektif dan efisien. Berke-naan dengan ini, upaya yang dapat dilakukan adalah pengapuran dan atau pemberian bahan organik.

Batas toleransi kejenuhan Al untuk ubikayu adalah sekitar 80% (Arya 1990). Menurunkan kejenuhan Al akan mengurangi keracunan Al sehingga dapat memperbaiki pertumbuhan akar, sebab bagian tanaman yang paling terpengaruh oleh keracunan Al adalah akar; akar tumbuh pendek dan lebih rapuh. Perbaikan pertumbuhan akar akan meningkatkan penyerapan hara K. Di sisi lain, penurunan tingkat kejenuhan Al memperbesar peluang hara K terjerap pada kompleks pertukaran tanah (Sudarman 1987),

sehingga K tidak mudah hilang karena terlindi dan tercuci, ini berarti meningkatkan ketersediaan K bagi tanaman.

Pada umumnya kandungan bahan organik lahan kering masam rendah. Peningkatan kandungan bahan organik tanah akan meningkatkan: (a) KTK tanah sehingga K tidak mudah terlindi dan tercuci, (b) kemampuan tanah untuk menyimpan lengas tanah, sehingga memperlancar gerakan hara K ke permukaan akar melalui difusi dan aliran massa, dan (c) sumber hara K dalam tanah, sebab bahan organik mengandung K yang kadarnya beragam, tergantung pada jenisnya. Kadar kritis kandungan bahan organik tanah untuk ubikayu adalah sekitar 3,2% (Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan antara hasil relatif ubikayu dengan kadar bahan organik dalam tanah.

Sumber: Howeler 1998 (dalam Howeler 2002).

Pemupukan

Untuk meningkatkan ketersediaan K pada tanah lahan kering masam, penambahan hara K dari luar berupa pupuk mutlak diperlukan, sebab secara alamiah tanah tersebut miskin K karena tidak cukup mengandung mineral primer sumber K dan tanah telah mengalami pelindian dan pencucian secara intensif dalam jangka panjang (tanah tua). Kadar kritis kandungan K-dd untuk ubikayu adalah sekitar 0,15 me/100 g (Gambar 4). Batasan kadar kritis ini sejalan dengan batasan yang disampaikan Graham 1953 (*dalam McLean 1977*) bahwa kandungan K dalam tanah dinilai cukup apabila kejenuhan K-dd 2–5%. Tanah lahan kering masam di Indonesia nilai kapasitas tukar kationnya (KTK-nya) umumnya sekitar 4–7 me/100 g, sehingga kandungan K dalam tanah cukup apabila K-dd sebesar 0,14–0,20 me/100 g.

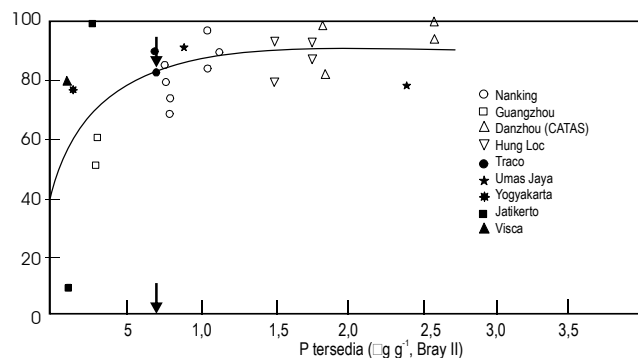
Pada lahan kering Podsolik Merah-Kuning di Lampung yang mempunyai pH 4,5, C-organik 1,45%, P_2O_5 2,2 ppm, N-total 0,13%, dan K-dd 0,05 me/100 g, klon ubikayu umur genjah CMM02048-6 yang dipupuk dasar 180 kg N/ha, pemupukan K dengan takaran 30 kg K_2O /ha (setara 50 kg KCl/ha) secara nyata meningkatkan hasil ubi segar dari 19,67 t/ha (tanpa pupuk K) menjadi 25,75 t/ha. Penambahan takaran K dari 30 kg K_2O hingga 150 kg K_2O /ha tidak nyata diikuti peningkatan hasil ubi (Sholohin *et al.* 2009). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan unsur hara lain menjadi faktor pembatas pertumbuhan, mengingat tanah lahan kering masam juga miskin sejumlah hara lain,

di antaranya P, Ca, Mg, S, dan Zn (Supadmo 1983; Sudarman 1987; Subandi *et al.* 2009; Subandi *et al.* 2010). Hasil penelitian pada tanah Alfisol, meskipun tidak tergolong tanah masam, dapat digunakan untuk menjelaskan adanya faktor pembatas sehingga penambahan takaran pupuk K pada tanah dengan ketersediaan K yang sangat rendah tidak meningkatkan hasil. Pada tanah Alfisol dengan kandungan bahan organik 1,1%, P_2O_5 2,0 ppm, dan K-dd 0,07 me/100 g, dengan pupuk dasar 92 kg N + 36 kg P_2O_5 /ha, pemupukan K 30 dan 60 K_2O /ha meningkatkan hasil ubi segar berturut-turut dari 11,88 t/ha (tanpa K) menjadi 18,42 kg dan 22,80 kg/ha. Peningkatan takaran K menjadi 120 kg K_2O /ha tidak meningkatkan hasil secara signifikan apabila tidak ada tambahan pupuk organik, yaitu hanya menghasilkan ubi segar 23,46 t/ha. Dengan pemberian 10 t/ha pupuk kandang, pemupukan 120 kg K_2O /ha meningkatkan hasil menjadi 29,84 t/ha (Suyanto 1998).

Sebagai sumber K, tidak ada perbedaan pengaruh antara KCl, K_2SO_4 , maupun Sulfomag (CIAT 1985 *dalam Howeler 2002*), ketiganya memberikan keefektifan yang sama pada ubikayu. Di Indonesia, pupuk yang mengandung K yang relatif banyak di pasaran adalah Phonska, yakni pupuk majemuk yang mengandung 15% N, 5% P_2O_5 , 15% K_2O dan 10% S.

Mengingat beberapa hal, yaitu: (a) umur panen ubikayu cukup panjang, minimal tujuh bulan untuk varietas genjah seperti UJ-3, (b) pola pertumbuhan tanaman atau biomas ubikayu (Gambar 1), serta (c) potensi kehilangan K pada lahan kering masam tinggi karena KTK-nya rendah dan banyak hujan, maka pupuk K (anorganik) dianjurkan diberikan dua kali, yakni pertama pada umur satu bulan, dan yang kedua pada umur tiga bulan, masing-masing 50%.

Akar ubikayu sebagian besar berada pada tanah lapisan atas. Campos dan Sena 1974 serta Sena dan Campos 1973 (*dalam Howeler 1981*) dari percobaannya pada tanah Oxisol di Brasil melaporkan bahwa pada umur tujuh bulan 66% akar ubikayu berada di 10 cm lapisan tanah teratas, dan pada umur 12 bulan 86% akar di lapisan tersebut. Sehubungan dengan itu, pupuk kalium dianjurkan untuk diberikan per individu tanaman secara ditugal pada kedalaman sekitar 5–10 cm.



Gambar 4. Hubungan antara hasil relatif ubikayu dengan K-dd dalam tanah.

Sumber: Howeler 1998 *dalam* Howeler 2002.

Mengurangi Erosi dan Pelindian

Curah hujan yang relatif banyak pada wilayah penyebaran lahan kering masam, serta KTK dan kemampuan tanah memegang lengas/air yang rendah, menyebabkan potensi kehilangan hara K melalui erosi dan pelindian (*leaching*) adalah besar. Budidaya lorong (*alley cropping*) dapat memperkecil potensi kehilangan K tersebut. Budidaya lorong dapat mengurangi aliran permukaan dan erosi tanah sehingga dapat menekan kehilangan K (Tabel 4). Pemberian mulsa juga dapat menurunkan kehilangan K, namun hal ini tampaknya tidak mudah untuk dilakukan petani ubikayu, apalagi di luar Jawa seperti di Lampung, mengingat bahan mulsa sulit diperoleh. Praktik petani dalam menyiang yang umumnya menggunakan herbisida pada areal ubikayu menyebabkan rumput sebagai bahan mulsa yang relatif mudah didapat/dekat tidak banyak tumbuh.

Kehilangan K melalui pelindian yang potensial besar merupakan masalah penting bagi usaha pertanian intensif pada lingkungan tropika basah yang tanahnya didominasi Podsolik (Ultisol). Jumlah K yang terlindi bervariasi selain tergantung pada jenis tanah dan curah hujan, juga kondisi pertumbuhan vegetasi atau pertanaman dan cara budidayanya, yakni antara 90–238 kg K/ha Villaticha 1974 (*dalam* Ritchey 1979). Pelindian K lebih rendah apabila lahan bervegetasi atau ditanami.

Tabel 4. Pengaruh budidaya terhadap aliran permukaan, erosi tanah, dan kehilangan K^{*}

Budidaya	Aliran permukaan (mm)**)	Tanah tererosi (t/ha)	Kehilangan K (kg/ha)
Budidaya bukan lorong	371	141	66
Budidaya lorong, tanah diolah tidak diberi mulsa***)	209	24	34
Budidaya lorong, tanah diolah diberi mulsa***)	88	3	9
Budidaya lorong, tanah tidak diolah diberi mulsa***)	99	2	4

Keterangan: *) Kejadian dari 1989–1991; **) Curah hujan 2.286 mm/tahun; ***) Tanaman pagar hidup: *Desmanthus vulgaris*
Sumber: Comia *et al.* 1993 (*dalam* Agus 1999).

Tanaman selain mengurangi jumlah K yang potensi terlindi juga mengurangi potensi air perkolasi karena diserap tanaman. Pagar hidup berupa pohon yang memiliki perakaran dalam berfungsi sebagai pemompa unsur K. Hara K yang terlindi ke bawah di luar jangkauan akar tanaman budidaya akan diserap akar tanaman pagar hidup kemudian dikembalikan ke permukaan tanah melalui mekanisme pengguguran daun atau pasokan biomas/pupuk hijau. Pagar hidup lamtoro varietas K-28 yang ditanam dengan jarak antarbarisan 4 m dengan frekuensi pemangkasan lima kali per tahun dihasilkan biomas kering 5,0–6,5 t/ha yang mengandung 150 kg K (Kang *et al.* 1985).

KESIMPULAN

1. Produktivitas ubikayu nasional tergolong masih rendah, yakni 18,24 t/ha ubi segar, sebagian penyebabnya adalah ketersediaan hara dalam tanah yang rendah, di antaranya K.
2. Sebagai hara esensial yang relatif banyak dibutuhkan tanaman, kecukupan hara K bagi tanaman (ubikayu) akan menentukan pertumbuhan tanaman serta kuantitas dan kualitas hasil, sebab K terlibat dalam berbagai proses fisiologi/pembentukan senyawa, di antaranya pertumbuhan sel, membuka dan menutupnya stomata, pembentukan dan translokasi karbohidrat, pembentukan protein, dan senyawa fenol yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit.
3. Pengelolaan hara K pada ubikayu di lahan kering masam perlu mendapat perhatian besar, sebab: (a) areal ubikayu telah dan akan terus berkembang ke lahan kering masam yang tersedia luas di luar Jawa, khususnya di Sumatera dan Kalimantan yang antara tahun 2005 dan 2009 tumbuh secara signifikan, berturut-turut 17,6% dan 6,5%, sementara di pulau/regional yang lain areal panen ubikayu menyusut (Jawa, Bali/Nusa Tenggara, Maluku/Papua) atau tidak berubah (Sulawesi), dan (b) ubikayu relatif banyak membutuhkan hara K jika dibandingkan dengan tanaman pangan lain (padi, jagung, kedelai, kacang tanah).
4. Ketersediaan K (K-dd) pada lahan kering masam umumnya kurang dari 0,10 me/100 g tanah, padahal untuk ubikayu batas kritis K-dd adalah 0,15 me/100 g tanah; sehingga tambahan K melalui pemupukan mutlak diperlu-

kan untuk meningkatkan ketersediaan K dalam tanah. Pupuk anorganik buatan yang digunakan sebagai sumber K di antaranya adalah KCl, K_2SO_4 , dan Phonska. Berdasarkan pada pola pertumbuhan biomas dan perakaran ubikayu, serta potensi erosi dan pelindian hara K yang tinggi pada lahan kering masam, maka pupuk K harus diaplikasikan dua kali, masing-masing 50% pada umur satu dan tiga bulan; pupuk diaplikasikan secara dibenamkan/ditugal untuk setiap individu tanaman pada kedalaman 5–10 cm.

5. Di samping melakukan pemupukan, upaya-upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi kehilangan serta meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara K dalam tanah adalah: (a) menanam sistem pertanaman lorong (*alley cropping*) dengan menanam pagar hidup (*hedgerow*) pada bibir teras untuk mengurangi erosi dan pelindian, dan (b) meningkatkan kandungan bahan organik tanah, sebagai sumber K dan agar tanah mampu mengikat/menyediakan lengas lebih tinggi untuk membantu memperlancar pergerakan K ke permukaan akar melalui proses aliran masa (*mass flow*) dan difusi (*diffusion*). Kandungan kritis bahan organik tanah untuk ubikayu adalah 3,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. 1999. Kontribusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering bereaksi masam, hlm 8–18. *Dalam* Seminar Nasional Sumber Daya Lahan (Kumpulan Ringkasan). Cisarua, 9–11 Februari 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Arya, L. M., 1990. Properties and process in upland acid soils in Sumatera and their management for crop production. Sukarami Res. Inst. for Food Crops. 109p.
- Beringer, H. 1980. The role of potassium in crop production, p. 25–32. *In* The role of potassium in crop production. Proc. of the Internat. Seminar, 12–13 Nov 1979. Pretoria, Republic of South Africa.
- BPS. 2009. Statistik Indonesia 2009. Badan Pusat Statistik. 640 hlm.
- Cooke, G.W. 1985. Potassium in the agricultural systems of humid tropics, p. 21–28. *Dalam*: Potassium in the Agricultural Systems of Humid Tropics. Proc. of the 19th Colloquium of the Internat. Potash Inst. Held in Bangkok, Thailand.
- Corey, R.B. 1973. Factors affecting the availability of nutrient to plant, p. 23–33. *In* L.M. Wals and J.D. Beaton (Ed.). Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, USA.
- Hanway, J.H. and J.W. Johnson. 1985. Potassium nutrition of soybeans, p. 753–764. *Dalam*: Munson (Ed.). Potassium in Agricultural. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Howeler, R.H. 1981. Mineral Nutrition and Fertilization of cassava. Centro Internat. de Agric. Trop. 52p.
- Howeler, R.H. 1985. Potassium nutrition of cassava, p. 819–841. *In* Munson (Ed.). Potassium in Agriculture. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization, p. 115–147. *In*: R.J. Hillocks *et al.* (Eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publ. CAB Internat. Wallingford, New York.
- Huber, D.M and D.C. Army. 1985. Interaction of potassium with plant diseases, p. 469–488. *In*: Munson (Ed.). Potassium in Agricultural. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Kang, B.T., G.F. Wilson, and T.L. Lowson. 1985. Alley cropping a stable alternative to shifting cultivation. Internat. Inst. of Trop. Agric. Ibadan, Nigeria. 22 p.
- Karama, S. 2003. Potensi, tantangan dan kendala ubikayu dalam mendukung ketahanan pangan, p. 1–14. *Dalam*: Koes Hartojo *et al.* (Ed.). Pemberdayaan Ubikayu Mendukung Ketahanan Pangan Nasional dan Pengembangan Agribisnis Kerakyatan. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- McIntosh, J.L. 1979. Soil fertility implications of cropping patterns and practices for cassava, p. 77–85. *Dalam*: E. Weber *et al.* (Eds.). Intercropping with Cassava. Proc. of an Internat. Workshop Held at Trivandrum, India, 27 Nov – 1 Dec 1978.
- McLean, E.O. 1977. Contrasting concepts in soil test interpretation: Sufficiency levels of available nutrients versus basic cation saturation ratios, p. 39–54. *In*: T.R. Peck *et al.* (Ed.). Soil Testing: Correlating and Interpreting the Analytical Results. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA.
- Mengel, K and E.A. Kirkby. 1978. Principles of Plant Nutrition. Internat Potash Inst. Worblaufen-Beru, Switzerland. 593 p.

- Ritchey, D.K. 19789. Potassium fertility on Oxisol and Ultisol of the humid tropics. Cornell Internat. Agric. Bull 37. Cornell Univ, Ithaca, New York. 44 p.
- Sani, S. 2006. Kebijakan dan strategi pengembangan ubikayu untuk agroindustri, hlm. 20–28. *Dalam*: D. Harnowo (Ed.). Prospek, Strategi, dan Teknologi Pengembangan Ubikayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Subandi dan A. Wijanarko. 2009. Pengaruh ameliorasi sampai lapisan tanah subsoil dan mekanisasi pada lahan kering masam terhadap produktivitas dan pendapatan usahatani kedelai. Laporan Akhir Tahun 2009. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (*belum dipublikasi*).
- Subandi dan A. Wijanarko. 2010. Pengaruh ameliorasi sampai lapisan tanah subsoil dan pemupukan pada lahan kering masam terhadap produktivitas dan pendapatan usahatani kedelai. Laporan Penelitian Tahun 2010. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (*belum dipublikasi*).
- Subandi, A. Harsono, dan A. Wijanarko. 2010. Perakitan pupuk organik diperkaya hara untuk tanaman aneka kacang dan ubi di lahan kering masam. Laporan Akhir Tahun 2010. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. (*belum dipublikasi*).
- Sudarman, S. 1987. Kajian pengaruh pemberian kapur pada tanah Ultisol atas kelakuan kalium dan agihan aluminium. Tesis Doktor, Univ Gadjah Mada. 305 hlm.
- Supadmo, H. 1983. Pengapuran di tanah Podsolik dalam hubungannya dengan ketersediaan unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo) dan bahaya keracunan Al bagi tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). Tesis Sarjana Utama Fak Pertanian Univ Gadjah Mada.
- Suyamto. 1998. Potassium increases cassava yield on Alfisol soils, p. 12–13. *Better Crops*. Vol. 12.
- Suyamto & J. Wargiono. 2006. Potensi, Hambatan, dan Peluang Pengembangan Ubi Kayu untuk Industri Bioetanol, hlm 39–59. *Dalam*: Harnowo, Subandi, & Nasir Saleh (Ed.). Prospek, Strategi, dan Teknologi Pengembangan Ubikayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Taufiq, H. Kuntastuti, dan A.G. Mansuri. 2004. Pemupukan dan ameliorasi lahan kering masam untuk peningkatan produktivitas kedelai, p. 21–40. *Dalam* Lokakarya Pengembangan Kedelai Melalui Pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) di Lahan Masam. BPTP Lampung, 30 September 2004.
- Tisdale, S. & W. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizer. McMillan Publ. Co., Inc., New York. 694 p.