

Evaluasi Resistensi dan Daya Hasil Enam Klon Harapan Kentang Transgenik Terhadap Serangan Penyakit Hawar Daun (Evaluation of Resistance to Late Blight and Tuber Yield of Six Potential Potato Transgenic Clones)

Kusmana¹⁾ dan Alberta Dinar Ambarwati²⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu No. 517 Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391

²⁾Balai Besar Penelitian dan Penembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian,

Jln. Tentara Pelajar No. 3A, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16111

E-mail:kusmana63@yahoo.com

Diterima: 6 April 2018; direvisi: 23 Mei 2018; disetujui: 1 Agustus 2018

ABTRAK. Penyakit hawar daun (*Phytophthora infestans*) merupakan salah satu penyakit utama pada tanaman kentang. Kerusakan yang berat akibat penyakit hawar daun dapat menyebabkan kehilangan hasil panen sampai 80%. Gen pembawa ketahanan terhadap penyakit hawar daun dikenal dengan nama gen *RB* dan telah berhasil dimasukkan ke dalam genom kentang dan menghasilkan kentang transgenik. Tujuan penelitian untuk menguji ketahanan enam klon kentang transgenik terhadap serangan penyakit hawar daun (*P. infestans*) dan daya hasil. Penelitian dilakukan di Lapangan Uji Terbatas Desa Citere, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, 1.400 m di atas permukaan laut. Rancangan percobaan menggunakan rancangan petak terpisah, dengan petak utama perlakuan tidak disemprot fungisida dan disemprot fungisida dua kali seminggu dan anak petak 10 genotipe kentang yang terdiri atas enam hibrida kentang transgenik, satu genotipe kentang transgenik Katahdin SP951 sebagai pembanding resisten dan tiga varietas pembanding rentan kentang nontransgenik Granola, Atlantic, dan Katahdin. Jumlah ulangan tiga kali dengan populasi tanaman terdiri atas 50 tanaman/plot. Pengamatan dilakukan terhadap vigor tanaman, insiden serangan hawar daun, dan komponen hasil. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa untuk vigor tanaman tidak terjadi interaksi serta antarperlakuan tidak berbeda nyata. Genotipe yang resisten terhadap hawar daun adalah klon 20, 27, 65, dan 66 setara dengan kontrol positif Katahdin SP951 dan nyata lebih resisten dari varietas pembanding Granola, Atlantic, dan Katahdin. Klon yang resisten terhadap hawar daun menampilkan hasil yang tinggi pada plot tidak disemprot fungisida, sementara pada plot disemprot fungisida 20 kali semua genotipe menampilkan hasil optimalnya. Tingkat kehilangan hasil mencapai 18,8–84,4%. Genotipe dengan intensitas serangan hawar daun tinggi memiliki tingkat kehilangan hasil yang juga tinggi. Klon 20 dan 27 menampilkan daya hasil yang relatif tinggi dengan penundaan penggunaan fungisida 7 minggu setelah tanam.

Kata kunci: Genotipe; *P. infestans*; *Solanum tuberosum* L.

ABSTRACT. Late blight (*Phytophthora infestans*) is one of main potato diseases. Due to severe damage to late blight potato, crop will be cause lost of harvest up to 80%. Gene carriers of resistance to late blight known as the *RB* gene and have been incorporate into the genom of potato and produce transgenic potato. The objective of the research was to test six advanced transgenic potato clones for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). The research was conducted at Confined Field Trial at Citere Village, Pangalengan District Bandung (1,400 m above sea level). The experimental design was split plot. The main plot was spray with fungicides twice/week and was replicated three times. Subplot were 10 potato genotypes, consists of six transgenic potato hybrids, transgenic Katahdin SP951 as resistant check and three varieties of nontransgenic as susceptible check, *i.e.* Granola, Atlantic, and Katahdin. An experimental unit consists of 50 plants/plot, every treatment with three replicates. Plant observed were plant vigor, intensity of late blight damage, tuber yield component, and lost of yield. The result showed that there were no interaction of plant vigor and also all the treatments were not significantly different. Transgenic potato clones of 20, 27, 65, 66, and Katahdin SP951 were resistant to late blight compare to check varieties of Granola, Atlantic, and Katahdin. The highest yielding at none spraying of fungicides were obtained from the resistance clones. Whereas, on the 20 sprayed fungicides all of the clones were high yielding. Tuber yield loss ranged from 18,8–84,4%, the susceptible genotypes were also showed high losses. Clones 20 and 27 showed relative high yielding and can be delayed application fungicides for period of 7 weeks after planting.

Keywords: Genotypes; *P. infestans*; *Solanum tuberosum* L.

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Indonesia merupakan komoditas yang penting dan banyak diusahakan oleh petani. Hal tersebut tercermin dari luas areal kentang di Indonesia yang mencapai 72.000 hektar dengan produktivitas mencapai 1,34 juta ton/tahun (BPS 2015).

Peningkatan produktivitas kentang sering menghadapi kendala akibat serangan hama dan

penyakit. Salah satu penyakit utama adalah hawar daun yang disebabkan oleh cendawan patogen *Phytophthora infestans*, yang dapat menyebabkan kehilangan hasil pada tanaman kentang (Haverkort 1990; Forbes & Arvis 1994). Penanganan penyakit hawar daun yang kurang tepat dapat menyebabkan kehilangan hasil panen sampai dengan 40% (Kusmana 2003). Bahkan pada varietas yang rentan kehilangan

hasil yang diakibatkan oleh cendawan *Phytophthora infestans* dapat mencapai 98,6% (Rakotonindrana *et al.* 2012). Untuk menanggulangi penyakit hawar daun, para petani kentang biasanya menggunakan fungisida yang diaplikasikan sebanyak 20–30 kali dalam satu musim tanam dan menghabiskan biaya produksi antara 25–30% (Adiyoga 2009). Hasil penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa genotipe kentang yang mengandung gen *RB* cukup disemprot dengan 10 kali penyemprotan fungisida dan dapat menghasilkan umbi yang optimal (Ambarwati, Handayani & Sofiari 2015 & Handayani, Sahat, & Sofiari 2015).

Spesies kentang liar diploid *S. bulbocastanum* memiliki gen resisten terhadap penyakit hawar daun (Graham, Niederhauseret & Servin 1959; Ramanna & Hermsen 1975), yang dikode oleh gen *RB* (Song *et al.* 2003). Menurut Handayani, Sahat, & Sofiari (2015), gen *RB* yang terbawa melalui persilangan dapat meningkatkan ketahanan lapang terhadap penyakit hawar daun. Spesies *S. bulbocastanum* tidak dapat disilangkan dengan *S. tuberosum* karena terhalang faktor inkompatibilitas (Johnston & Hanneman 1982; Evenhuis & Zadoks 1991). Dalam kasus tersebut maka pendekatan pemuliaan inkonvensional dapat dilakukan. Melalui teknik transformasi, gen *RB* dapat dimasukkan ke dalam genom tanaman kentang dan menghasilkan kentang transgenik Katahdin *event* SP951 (Song *et al.* 2003 dalam Ambarwati *et al.* 2015).

Di Indonesia, transformasi gen *RB* sudah dilakukan pada empat varietas kentang, yaitu Granola, Atlantic, Manohara, dan Amudra dan telah menghasilkan 50 tanaman Granola transforman yang positif mengandung gen *RB* (Listanto *et al.* 2009). Selain itu perakitan tanaman kentang tahan penyakit hawar daun dilakukan melalui persilangan antara tanaman transgenik Katahdin SP951 yang resisten terhadap *P. infestans* dengan Atlantic atau Granola. Hasil persilangan telah positif mengandung gen *RB* (Ambarwati *et al.* 2009) dan resisten terhadap *P. infestans* dalam pengujian di beberapa lokasi Lapang Uji Terbatas (LUT) Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan, Garut dan Banjarnegara (Ambarwati *et al.* 2011; 2012). Klon-klon hasil persilangan yang resisten terhadap *P. infestans* perlu diuji daya hasilnya di LUT. Kentang transgenik mempunyai peluang untuk dikembangkan karena tahan terhadap hama dan penyakit utama sehingga penggunaan pestisida lebih sedikit.

Penelitian bertujuan untuk menguji resistensi enam klon kentang transgenik (hasil persilangan dengan tanaman transgenik turunannya adalah tanaman transgenik) terhadap serangan penyakit hawar daun (*P. infestans*) dan daya hasil di LUT. Diperolehnya kentang transgenik resisten terhadap penyakit hawar daun diharapkan dapat menghemat penggunaan

fungisida dan akan mengurangi terjadinya kegagalan panen.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Pengujian dilakukan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2013. Lokasi pengujian Lapang Uji Terbatas (LUT) di Desa Citere, Kecamatan Pangalengan (1.300 m dpl.) Kabupaten Bandung.

Bahan Pengujian terdiri atas enam genotipe kentang transgenik hasil persilangan (Ambarwati *et al.* 2012), terdiri atas dua klon silangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951, yaitu klon 20 dan 27, serta empat klon silangan Granola dengan transgenik Katahdin SP951, yaitu klon 62, 65, 66, dan 69. Pembanding rentan menggunakan varietas Atlantic, Granola, dan Katahdin sedangkan pembanding tahan menggunakan genotipe transgenik Katahdin SP951.

Penelitian dirancang menggunakan rancangan petak terpisah, petak utama perlakuan tidak disemprot fungisida dan disemprot fungisida sebanyak 20 kali dengan menggunakan bahan aktif mancozeb dan xymocsanil. Anak petak terdiri atas 10 genotipe kentang termasuk empat genotipe pembanding. Jumlah tanaman per plot sebanyak 50 tanaman, sedangkan jumlah tanaman sampel sebanyak 10 tanaman contoh yang dipilih secara acak dengan jumlah ulangan tiga kali.

Untuk memastikan ketersediaan sumber inokulum alami, disekeliling plot perlakuan ditanami varietas kentang yang rentan terhadap penyakit hawar daun dan tanaman *border* jagung ditanam lima baris di sekeliling plot perlakuan dan plot percobaan untuk menghindari terjadinya *gene flow*. Tanaman *border* jagung dan sumber inokulum ditanam 2 minggu sebelum tanaman uji. Terminasi (pemusnahan tanaman) dilakukan pada saat panen, di mana semua bahan tanaman tidak akan digunakan untuk penelitian selanjutnya dimusnahkan dengan cara dibakar kemudian sisa bakaran dimasukkan ke dalam lubang dan ditimbun. Isolasi jarak antara penelitian dengan pertanaman kentang petani lebih dari 10 m.

Budidaya tanaman meliputi persiapan lahan dengan cara pengolahan tanah dengan dicangkul kemudian diratakan dan dibuat larikan untuk meletakkan bibit, pupuk kandang, pupuk buatan, dan nematisida. Pupuk kandang yang digunakan adalah pupuk kandang ayam sebanyak 15 ton/ha, untuk pupuk buatan dosis yang digunakan 1.000 kg NPK Mutiara 16:16:16 diberikan dua kali, yaitu pada waktu tanam dan pada saat tanaman

berumur 3 minggu. Pemeliharaan tanaman meliputi pembumbunan dilakukan dua kali, yaitu pada umur 3 dan 6 minggu, pada saat pembumbunan pertama sekaligus dilakukan penyiangan dan pemberian pupuk susulan. Penyiraman tidak dilakukan karena pengujian dilakukan pada musim penghujan.

Pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) bukan sasaran dilakukan seminggu sekali dengan menggunakan insektisida berbahan aktif profenofos. Untuk pengendalian penyakit hawar daun dilakukan secara terpisah antara plot yang disemprot fungisida dengan yang tidak disemprot fungisida. Untuk yang disemprot fungisida dilakukan secara rutin seminggu dua kali dengan menggunakan fungisida berbahan aktif mancozeb dan cymoxanil secara bergantian dengan total penyemprotan selama periode tanam mencapai 20 kali.

Peubah yang diamati adalah:

1. Insiden serangan hawar daun diamati sejak minggu ke-3 sampai dengan minggu ke-7 setelah tanam, dengan rumus:

$$I = \frac{\sum (n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

- I = Intensitas gejala serangan
- n = Jumlah tanaman yang termasuk ke dalam skala gejala tertentu
- v = Nilai *scoring* gejala tertentu
- N = Jumlah tanaman yang diamati
- V = Nilai *scoring* keparahan gejala tertinggi

Nilai skor persentase kerusakan berdasarkan Henfling (1979) dalam Handayani, Sahat & Sofian (2015).

Skor (score)	Persentase daun terserang (Percentage of leaves damage)
0	0
1	<10
2	11–25
3	26–40
4	41–60
5	61–70
6	71–80
7	81–90
8	>90
9	100

2. Vigor tanaman diamati dengan menggunakan skor 1= sangat buruk dan 9= sangat vigor, diamati pada umur 60 hari setelah tanam. Vigor tanaman merupakan arsitektur tanaman yang meliputi tinggi tanaman, lebar kanopi daun, ukuran helai daun, dan ukuran batang.
3. Hasil umbi per tanaman, yaitu jumlah dan bobot, dihitung dari 10 tanaman sampel yang diambil secara acak.

4. Potensi hasil/ha, dihitung berdasarkan bobot umbi per plot.
5. Hasil umbi konsumsi dihitung dengan cara memisahkan atau *grading* umbi ukuran >60 g dibagi total hasil/plot kemudian dikalikan 100%.
6. Persentase kehilangan hasil dihitung berdasarkan selisih antara potensi hasil/ha pada plot disemprot fungisida dengan plot tidak disemprot fungisida dikalikan 100%.

Analisis Data

Analisis data menggunakan aplikasi *software* statistik program PKBT STAT dan uji lanjut menggunakan BNJ taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Serangan Hawar Daun

Interaksi kerusakan tanaman oleh penyakit hawar daun terjadi pada semua pengamatan, yaitu mulai pengamatan minggu ke-3 sampai dengan pengamatan minggu ke-7 setelah tanam (Tabel 1). Tampak bahwa mulai pengamatan minggu ke-3, varietas pembanding Granola menampilkan tingkat serangan yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Tingkat kerusakan tanaman pada minggu ke-4 untuk varietas pembanding (Atlantic dan Katahdin) serta klon 62 memperlihatkan tingkat serangan yang semakin tinggi demikian juga varietas Granola yang sebelumnya sudah mencapai 70%. Tingkat kerusakan pada minggu ke-4 kurang dari 10% pada plot tidak disemprot fungisida dihasilkan oleh klon 27, 65, 66, dan Katahdin SP951 sebagai kontrol positif. Keempat genotipe tersebut pada pengamatan minggu berikutnya, yaitu minggu ke-5 tetap konsisten menampilkan tingkat serangan penyakit hawar daun yang terendah, yaitu kurang dari 15%.

Pada pengamatan minggu ke-6, klon 20 memiliki laju perkembangan penyakit yang relatif lambat sehingga klon tersebut menunjukkan tingkat serangan penyakit hawar daun yang sama rendahnya dengan klon 27, 65, 66, dan genotipe Katahdin SP951 dengan tingkat kerusakan tanaman kurang dari 40%. Tingkat serangan kurang dari 40% masuk dalam kategori tahan (Halterman *et al.* 2008). Sementara itu, tingkat kerusakan varietas pembanding peka masing-masing yaitu Granola 86,67%, Atlantic 96,67%, dan Katahdin 60% (Tabel 1). Genotipe kentang yang mengandung gen *RB* seperti pada klon 27, 65, 66, 20, dan Katahdin SP951 tidak membuat tanaman menjadi imun terhadap serangan penyakit hawar daun, namun menghasilkan

tanaman yang tahan. Pada tanaman yang tahan dan toleran tingkat kerusakan tanaman dapat dihambat sehingga tanaman masih dapat memproduksi cukup baik. Terjadinya resistensi penyakit hawar daun pada tanaman kentang hibrida hasil silangan dengan Katahdin SP951 karena pada klon-klon tersebut memiliki gen *RB* (Song *et al.* 2003; Kuhl *et al.* 2007; Bradeen *et al.* 2009).

Pada pengamatan minggu ke-7, dengan ganasnya serangan hawar daun hanya tertinggal satu klon, yaitu klon 66 dengan tingkat serangan penyakit hawar daun 40%. Namun demikian, semua klon hibrida yang mengandung gen *RB* memiliki tingkat ketahanan terhadap penyakit hawar daun yang sama tahannya dengan varietas pembanding positif Katahdin SP951 dan lebih tahan dari varietas pembanding peka Granola dan Atlantic. (Gambar 1, 2, 3, dan Gambar 4). Terjadinya serangan penyakit hawar daun yang cukup berat pada klon-klon yang mengandung gen *RB* terjadi pada minggu ke-7. Pada minggu ke-7, secara

fisiologi tanaman kentang sedang dalam masa proses pembesaran umbi (*tuber bulking*) sehingga semua proses pembentukan umbi sudah terjadi dan tidak akan berpengaruh terhadap jumlah umbi yang akan dihasilkan (Struik & Wiersema 1999).

Klon-klon yang membawa gen *RB* mulai terserang penyakit hawar daun pada minggu ke-7 sehingga aplikasi fungisida dapat ditunda sampai dengan tanaman menjelang minggu ke-7. Sementara itu pada varietas yang peka seperti Granola dan Atlantic, aplikasi fungisida sudah mulai dilakukan sejak tanaman berumur 2 minggu setelah tanam (MST). Dengan demikian, penggunaan varietas yang tahan seperti pada genotipe klon 27, 65, 66, 20 dan Katahdin SP951 dapat menghemat penggunaan fungisida karena dapat menunda waktu aplikasi penggunaan fungisida.



Gambar 1. Genotipe Atlantic, 6 MST (*Atlantic genotype*, 6 WAP)



Gambar 3. Genotipe 20 (Atlantic x transgenik Katahdin SP951), 6 MST [*Genotype 20 (Atlantic x transgenik Katahdin SP951)*, 6 WAP]



Gambar 2. Genotipe 62 (Granola x transgenik Katahdin SP951), 6 MST [*Genotype 62 (Granola x transgenik Katahdin SP951)*, 6 WAP]



Gambar 4. Genotipe 65 (Granola x transgenik Katahdin SP951), 6 MST [*Genotype 65 (Granola x transgenik Katahdin SP951)*, 6 WAP]

Tabel 1. Interaksi antara perlakuan penyemprotan fungisida 0 dan 20 kali pada 10 genotipe kentang terhadap intensitas kerusakan penyakit hawar daun pengamatan minggu ke-3-ke-7 setelah tanam, di LUT Pangalengan 2013 (Interaction between 0 and 20 times spraying fungicides on 10 potato genotypes on intensity of late blight damage observation at 3 to 7 weeks after planting, in CFT Pangalengan 2013)

Genotype (Genotype)	Intensitas kerusakan oleh <i>P. infestans</i> (Intensity plant damage due to late blight), %**													
	3 MST (WAP)			4 MST (WAP)			5 MST (WAP)			6 MST (WAP)			7 MST (WAP)	
	TF	DF	TF	DF	TF	DF	TF	DF	TF	DF	TF	DF	TF	DF
Klon 20	6,67 c	2,00 c	21,67 cd	5,00 d	25,00 de	5,00 e	36,67 cde	13,33 de	53,33 cd	13,33 fg				
Klon 27	6,67 c	2,00 c	6,67 d	6,67 d	11,67 de	6,67 de	36,67 cde	20,00 de	70,00 bc	23,33 efg				
Klon 62	53,33 ab	2,00 c	60,00 ab	6,67 d	66,67 ab	6,67 de	66,67 abc	10,00 e	70,00 bc	10,00 g				
Klon 65	8,33 c	2,00 c	8,33 d	6,67 d	11,67 de	6,67 de	28,33 de	10,00 e	50,00 cde	10,00 g				
Klon 66	5,00 c	2,00 c	6,67 d	6,67 d	10,00 de	6,67 de	20,00 de	10,00 e	40,00 def	10,00 g				
Klon 69	20,00 c	4,67 c	21,67 cd	5,00 d	33,33 cde	5,00 e	43,33 cd	10,00 e	63,33 cd	10,00 g				
Atlantic	26,67 bc	4,00 c	50,00 abc	10,00 d	60,00 abc	10,00 de	96,67 a	11,67 e	100,00 a	13,33 fg				
Granola	70,00 a	3,67 c	70,00 a	8,33 d	80,00 a	8,33 de	86,67 ab	13,33 de	97,33 a	16,67 fg				
Katahdin	26,67 bc	4,00 c	30,00 bcd	8,33 d	38,33 bcd	8,33 de	60,00 bc	10,00 e	73,33 ab	10,00 g				
Katahdin SP 951	5,00 c	2,00 c	6,67 d	5,00 d	13,33 de	5,00 e	43,33 cd	10,00 e	60,00 cd	10,00 g				
KK (CI), % /HSD	24,30/ 31,48		19,0/ 26,85		25,7/ 31,68		24,30/ 21,48		21,74/31,85					

Keterangan (Remarks): TF: tidak disemprot fungisida (without fungicide), DF: disemprot fungisida (sprayed with fungicide), MST: minggu setelah tanam (week after planting), 20 dan 27: Atlantic x transgenik Katahdin SP951, klon 62, 65, 66, dan 69: Granola x transgenik Katahdin SP951. Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada masing-masing pengamatan tidak berbeda nyata menurut uji HSD pada taraf 5% (Mean followed by the same letter in each observation are not significantly different according to HSD at 5%), **= data ditransformasi (transformed data)

Hasil Umbi

Terdapat perbedaan nyata antara perlakuan penyemprotan pada plot yang disemprot dua kali memberikan rata-rata jumlah umbi yang lebih banyak dibandingkan plot tidak disemprot fungisida (Tabel 2). Rata-rata jumlah umbi yang dihasilkan antara 7,33–10,00 umbi/tanaman, serta tidak ada perbedaan nyata di antara genotipe yang diuji. Pada plot tanaman tidak disemprot, serangan penyakit hawar daun menyebabkan daun tanaman busuk sehingga mengganggu proses fotosintesis dan berpengaruh terhadap proses pembentukan umbi. Proses terjadinya pembentukan umbi pada tanaman kentang antara 30–40 hari setelah tanam (HST) pada saat itu insiden serangan penyakit hawar daun sudah mulai menyerang.

Pada pengamatan minggu ke-6, klon 20 memiliki laju perkembangan penyakit yang relatif lambat sehingga klon tersebut menunjukkan tingkat serangan penyakit hawar daun yang sama rendahnya dengan klon 27, 65, 66, dan genotipe Katahdin SP951 dengan tingkat kerusakan tanaman kurang dari 40%. Tingkat serangan kurang dari 40% masuk dalam kategori tahan (Halterman *et al.* 2008). Sementara itu, tingkat kerusakan varietas pembanding peka masing-masing Granola 86,67%, Atlantic 96,67%, dan Katahdin 60% (Tabel 3). Genotipe kentang yang mengandung gen *RB* seperti pada klon 27, 65, 66, 20, dan Katahdin SP951 tidak membuat tanaman menjadi imun terhadap serangan penyakit hawar daun, namun menghasilkan tanaman yang tahan (Gambar 1). Pada tanaman yang tahan dan toleran tingkat kerusakan tanaman dapat dihambat sehingga tanaman masih dapat berproduksi cukup baik. Terjadinya resistensi penyakit hawar daun pada tanaman kentang hibrida hasil silangan dengan Katahdin SP951 karena pada klon-klon tersebut memiliki gen *RB* (Song *et al.* 2003; Kuhl *et al.* 2007; Bradeen *et al.* 2009)

Pada pengamatan minggu ke-7, dengan ganasnya serangan hawar daun hanya menyisakan satu klon, yaitu klon 66 dengan tingkat serangan penyakit hawar daun 40%. Semua klon hibrida yang mengandung gen *RB* memiliki tingkat ketahanan terhadap penyakit hawar daun yang sama tahannya dengan varietas pembanding positif Katahdin SP951 dan lebih tahan dari varietas pembanding peka Granola dan Atlantic (Gambar 2, 3, 4, dan 5). Terjadinya serangan penyakit hawar daun yang cukup berat pada klon-klon yang mengandung gen *RB* terjadi pada minggu ke-7. Pada minggu ke-7, secara fisiologi tanaman kentang sedang dalam masa proses pembesaran umbi (*tuber bulking*) sehingga semua proses pembentukan umbi sudah terjadi dan tidak akan berpengaruh terhadap jumlah umbi yang akan dihasilkan (Struik & Wiersema 1999).

Klon-klon yang membawa gen *RB* mulai terserang penyakit hawar daun pada minggu ke-7 sehingga

Tabel 2. Perlakuan penyemprotan fungisida 0 dan 2x/minggu pada 10 genotipe kentang terhadap jumlah umbi/tanaman, di LUT Pangalengan 2013 (*Treatment of 0 and 2 x/week spraying of fungicides on 10 potato genotypes for number of tubers/hill, in CFT Pangalengan 2013*)

Perlakuan (Treatments)	Jumlah umbi/tanaman (Number of tubers/hill), #
Perlakuan disemprot fungisida (Number of spraying fungicides)	
0 x semprot (<i>Without spraying</i>)	7,27 b
2 x semprot/minggu (<i>2x spraying/week</i>)	9,83 a
Klon/varietas (Clones/varieties)	
Klon 20	9,33 a
Klon 27	8,50 a
Klon 62	10,00 a
Klon 65	8,33 a
Klon 66	7,83 a
Klon 69	8,67 a
Atlantic	8,17 a
Granola	7,33 a
Katahdin	8,83 a
Katahdin SP 951	8,50 a
Rata-rata (<i>Average</i>)	
Penyemprotan (<i>Spraying</i>)	tn(<i>ns</i>)
Interaksi (<i>Interaction</i>)	tn (<i>ns</i>)
HSD (5%)	4,01
KK (CV), %	23,7

Keterangan (*Remarks*) : Lihat Tabel 1 (*See Table 1*)

aplikasi fungisida dapat ditunda sampai dengan tanaman menjelang minggu ke-7. Sementara itu pada varietas yang peka seperti Granola dan Atlantic, aplikasi fungisida sudah mulai dilakukan sejak tanaman berumur 2 MST. Dengan demikian, penggunaan varietas yang tahan seperti pada genotipe klon 27, 65, 66, 20, dan Katahdin SP951 dapat menghemat penggunaan fungisida karena dapat menunda waktu aplikasi penggunaan fungisida.

Pada pengamatan jumlah umbi/tanaman, antara perlakuan disemprot fungisida dengan genotipe, tidak dihasilkan interaksi namun terjadi perbedaan nyata antara perlakuan. Plot yang disemprot fungisida sebanyak dua kali memberikan rata-rata jumlah umbi yang lebih banyak dibandingkan plot tidak disemprot fungisida. Rata-rata jumlah umbi yang dihasilkan antara 7,33–10,00 umbi/tanaman serta tidak ada perbedaan nyata di antara genotipe yang diuji. Pada plot tanaman tidak disemprot, serangan penyakit hawar daun menyebabkan daun tanaman busuk sehingga mengganggu proses fotosintesis dan berpengaruh

Tabel 3. Interaksi antara perlakuan penyemprotan fungisida 0 dan 2 x/minggu dengan genotipe kentang untuk hasil umbi ukuran konsumsi di LUT Pangalengan 2013 (*Interaction between 0 and 2 x/week spraying fungicides with the potato genotypes on marketable yield, in CFT Pangalengan 2013*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Ukuran umbi konsumsi (<i>Marketable yield</i>), %	
	Tanpa fungisida (<i>Without fungicide</i>)	Disemprot fungisida dua kali (<i>2 x/week fungicide spray</i>)
Umbi konsumsi (<i>marketable yield</i>)		
Klon 20	47,67a b	70,33 a
Klon 27	54,00 ab	64,00 ab
Klon 62	50,67 ab	43,67 b
Klon 65	49,00 ab	75,00 a
Klon 66	61,67 ab	57,00 ab
Klon 69	57,33 ab	59,00 ab
Atlantic	0,00 c	68,67 ab
Granola	0,00 c	52,67 ab
Katahdin	44,67 b	67,00 ab
Katahdin SP 951	56,00 ab	65,33 ab
KK (CV) = 11,9 ; HSD= 28,8		

Keterangan (*Remarks*) : Lihat Tabel 1 (*See Table 1*)

terhadap proses pembentukan umbi. Proses terjadinya pembentukan umbi pada tanaman kentang antara 30–40 HST yang pada saat itu insiden serangan penyakit hawar daun sudah mulai menyerang.

Interaksi antara perlakuan penyemprotan fungisida terhadap genotipe kentang terjadi pada karakter umbi kelas konsumsi (umbi berukuran >60 g). Varietas pembanding Atlantic dan Granola tidak menghasilkan umbi kelas konsumsi pada perlakuan tanpa penyemprotan fungisida (Tabel 3). Pada varietas yang rentan terhadap penyakit hawar daun seperti Granola dan Atlantic pada saat *tuber bulking* daun tanaman telah habis terserang penyakit sehingga umbi yang tadinya terbentuk terhambat proses pembesarnya sehingga umbi tetap kecil.

Hasil umbi/tanaman disajikan pada Tabel 4. Interaksi antara perlakuan tidak disemprot dan disemprot fungisida terhadap genotipe (klon dan varietas) nyata pada pengamatan hasil umbi/tanaman. Genotipe yang resisten atau toleran terhadap serangan hawar daun menampilkan hasil umbi/tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe kentang rentan seperti Granola dan Atlantic. Pada perlakuan disemprot fungisida hampir semua perlakuan menampilkan potensi hasil/tanaman yang sama kecuali klon 66 yang menampilkan daya hasil yang lebih rendah dibandingkan varietas pembanding Atlantic dan Granola. Hal tersebut membuktikan bahwa dengan melakukan persilangan antara varietas Granola dengan Katahdin SP951 dan persilangan Atlantic dengan Katahdin SP951 tidak merubah potensi hasil kedua varietas tersebut (Atlantic dan Granola). Hasil umbi/tanaman untuk varietas Atlantic pada kondisi disemprot fungisida 20 kali pada pengujian ini (641

g/tanaman) jauh lebih tinggi dibandingkan hasil pengujian sebelumnya yang hanya mencapai 357 g/tanaman (Kusmana 2012). Perbedaan hasil pada varietas Atlantic tersebut disebabkan pada penelitian ini menggunakan benih generasi pertama (benih asal impor) sementara pada penelitian sebelumnya benih Atlantic yang digunakan adalah benih generasi kedua setelah impor.

Interaksi antara perlakuan disemprot dan tidak disemprot fungisida terhadap genotipe kentang terjadi juga pada komponen hasil umbi/ha (Tabel 4). Seperti halnya hasil umbi/tanaman, hasil umbi/ha untuk genotipe yang resisten atau toleran terhadap penyakit hawar daun menampilkan hasil yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan varietas pembanding rentan Granola dan Atlantic. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fry & Shtienberg (1990) bahwa untuk varietas yang sudah terserang hawar daun pada masa pertumbuhan awal akan mengalami kehilangan hasil yang tinggi. Varietas Atlantic walaupun sangat baik untuk bahan baku kripik, namun varietas tersebut tidak disukai petani karena sangat rentan terhadap penyakit hawar daun, rentan terhadap serangan layu bakteri dan degenerasi benih sangat cepat (Kusmana & Basuki 2004). Hal tersebut membuktikan bahwa petani sangat mengharapkan adanya varietas kentang yang tahan terhadap serangan penyakit hawar daun.

Kehilangan hasil yang diakibatkan oleh serangan hawar daun cukup bervariasi mulai dari 18,8–84,4% (Tabel 5). Pada genotipe yang sangat rentan terhadap serangan hawar daun tingkat kehilangan hasil sangat tinggi seperti pada varietas pembanding Granola mencapai 84,4% dan Atlantic 74,4%. Untuk genotipe yang resisten terhadap serangan hawar daun tingkat

Tabel 4. Interaksi antara perlakuan penyemprotan fungisida 0 dan 20 kali dengan genotipe kentang, untuk hasil umbi per tanaman, hasil umbi/plot dan hasil ton/ha, di LUT Pangalengan 2013 (*Interaction between 0 and 20 times spraying fungicides with the potato genotypes on tuber yield /plant, tuber yield per plot and ton/ha, in CFT Pangalengan 2013*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Hasil umbi (<i>Tuber yield</i>)	
	Tanpa disemprot fungisida (<i>Without fungicide</i>)	Disemprot fungisida 20 kali (<i>20 times fungicide spray</i>)
Hasil umbi/tanaman (<i>Tuber yield/plant</i>), g		
Klon 20	545 ab	693 a
Klon 27	451 ab	580 a
Klon 62	479 ab	567 a
Klon 65	484 ab	677 a
Klon 66	455 ab	393 b
Klon 69	481 ab	623 a
Atlantic	95 c	641 a
Granola	86 c	707 a
Katahdin	479 ab	683 a
Katahdin SP951	533 ab	641 a
KK (<i>CV</i>)= 21,4; HSD=354		
Hasil umbi (<i>Tuber yield</i>), ton/ha		
Klon 20	16,59 abcde	20,44 abc
Klon 27	14,81 abcde	23,11 a
Klon 62	10,97 def	22,81 a
Klon 65	11,26 cdef	21,63 a
Klon 66	12,15 bcdef	21,34 ab
Klon 69	11,56 cdef	21,63 a
Atlantic	3,46 f	22,22 a
Granola	5,39 f	21,03 ab
Katahdin	9,19 ef	20,15 abcde
Katahdin SP 951	16,59 abcde	21,63 a
KK (<i>CV</i>)= 17,8; HSD=9,29		

Keterangan (*Remarks*): Lihat Tabel 1 (*See Table 1*)

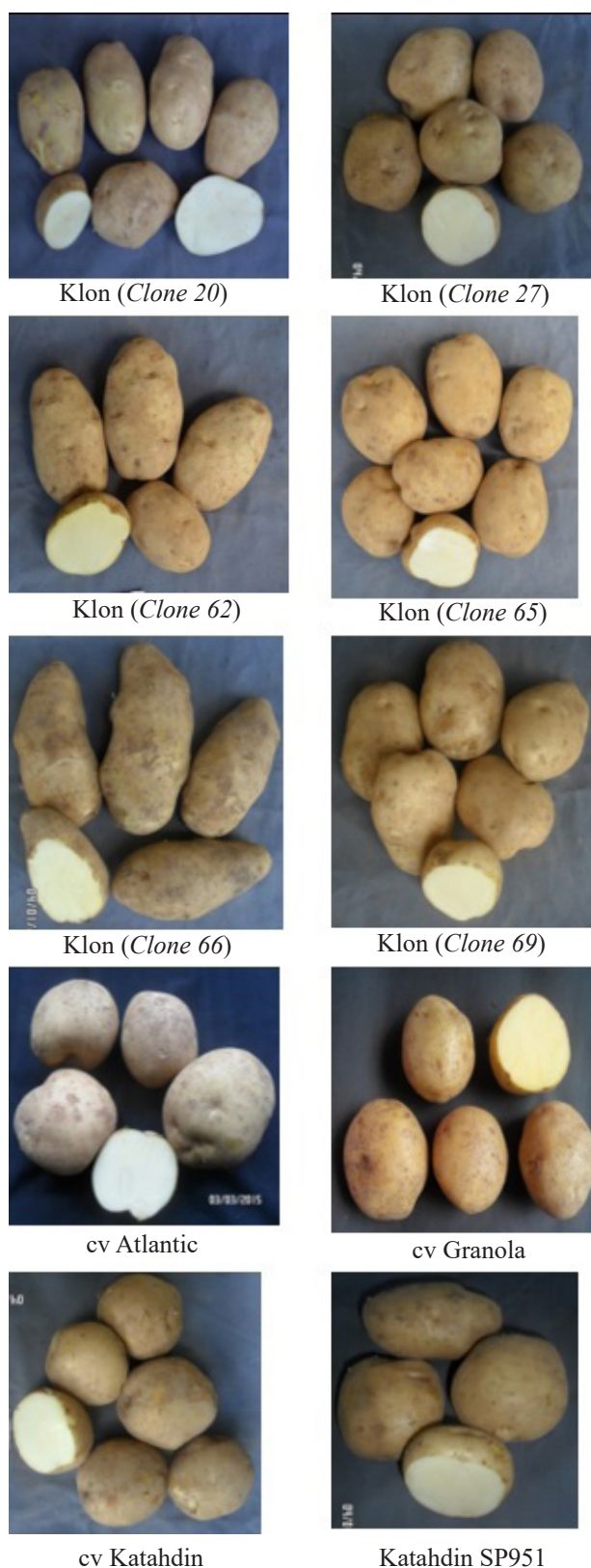
Tabel 5. Hasil umbi tanpa penyemprotan fungisida 0 dan 20 kali penyemprotan fungisida serta persentase kehilangan hasil pada 10 genotipe kentang, di LUT Pangalengan 2013 (*Tuber yield on non spraying and 20 times spraying fungicides and yield lost on 10 potato genotypes, in CFT Pangalengan 2013*)

Genotipe (<i>Genotype</i>)	Hasil umbi ton/ha (<i>Tuber yield ton/ha</i>)		Kehilangan hasil (<i>Yield lost</i>), %
	Tanpa penyemprotan fungisida (<i>Without fungicide</i>)	Disemprot fungisida 20 kali (<i>20 times fungicide spray</i>)	
Klon 20	16,59	20,44	18,8
Klon 27	14,81	23,11	35,9
Klon 62	10,97	22,81	51,9
Klon 65	11,26	21,63	47,9
Klon 66	12,15	21,34	43,1
Klon 69	11,56	21,63	46,6
Atlantic	3,46	22,22	84,4
Granola	5,39	21,03	74,4
Katahdin	9,19	20,15	54,4
Katahdin SP951	16,59	21,63	23,3

Keterangan (*Remarks*): Lihat Tabel 1 (*See Table 1*)

kehilangan hasil relatif rendah yaitu 18,8 % (untuk klon 20) dan 23,3% untuk genotipe transgenik Katahdin SP951. Untuk klon yang tahan terhadap penyakit hawar daun seperti pada klon 20, 27, 62, 65, dan 69 sekalipun tidak disemprot fungisida hasil panen cukup tinggi.

Untuk klon-klon tersebut produktivitas masih dapat ditingkatkan dengan sedikit penambahan pemberian fungisida untuk mengendalikan penyakit hawar daun. Penelitian yang dilakukan oleh (Niklaus *et al.* 2000) mengungkapkan bahwa penyemprotan fungisida yang



Gambar 5. Penampilan umbi hasil panen di LUT Pangalengan 2013 (*Performance of harvested tuber in CFT Pangalengan 2013*) Klon 20 dan 27: Atlantic x transgenik Katahdin SP951, Klon 62, 65, 66, 69: Granola x transgenik Katahdin SP951

Tabel 6. Perlakuan tanpa fungisida dan dengan fungisida pada 10 genotipe kentang terhadap vigor tanaman, di LUT Pangalengan 2013 (*Treatment with fungicides and without fungicides of 10 potato genotypes for plant vigor, in CFT Pangalengan 2013*)

Perlakuan (Treatments)	Vigor tanaman (Plant vigor), 1-9
Tanpa fungisida (<i>Without fungicides</i>)	6,87 a
Penyemprotan fungisida (<i>Spayed with fungicides 2 x / week</i>)	6,93 a
Klon 20	6,67 a
Klon 27	7,00 a
Klon 62	7,33 a
Klon 65	7,33 a
Klon 66	7,00 a
Klon 69	6,67 a
Atlantic	6,33 a
Granola	6,67 a
Katahdin	6,33 a
Katahdin SP951	7,67 a
Rata-rata (Average)	
Penyemprotan (spraying)	tn (ns)
Interaksi (<i>Interaction</i>)	tn (ns)
HSD (5%)	1,97
KK (CV), %	14,44

Keterangan (*Remarks*): Lihat Tabel 1 (*See Table 1*)

dilakukan dengan interval 1 minggu dapat meningkatkan resistensi 20% untuk varietas kentang yang rentan terhadap penyakit hawar daun. Hal tersebut sesuai dengan konsep pengendalian hama terpadu (PHT), yaitu tidak menghilangkan penggunaan pestisida tetapi menggunakan pestisida secara bijaksana.

Interaksi tidak terjadi pada pengamatan vigor tanaman, bahkan antara plot perlakuan tidak disemprot fungisida dan plot disemprot fungisida 20 kali tidak menghasilkan perbedaan yang nyata. Vigor yang dihasilkan berkisar antara 6,33–7,67 (Tabel 6) atau masuk dalam kategori baik. Dengan demikian, tampilan tanaman atau arsitektur tanaman klon-klon yang diuji yaitu klon-klon hasil transgenik memiliki kesetaraan dengan genotipe kentang nontransgenik, yaitu Granola, Atlantic, dan Katahdin.

KESIMPULAN DAN SARAN

Klon 20, 27, dan 65 masih resisten terhadap *P. infestans* sampai pengamatan minggu ke-6 setelah

tanam, bahkan klon 66 masih resisten sampai pengamatan minggu ke-7 setelah tanam.

Klon 20 dan 27 menampilkan daya hasil yang relatif tinggi dibandingkan varietas pembanding peka Granola, Atlantic, dan Katahdin.

Klon 20 dan 27 berpotensi untuk dikembangkan karena potensi hasil relatif tinggi dengan penundaan penggunaan fungisida hingga 7 MST.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Project USAID ABSP II (*Agriculture Biotechnology Support Project*) yang telah mendanai penelitian ini, dan kepada Prof (R). Dr. M. Herman sebagai *country coordinator* ABSP II. Ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada Dedeh Suarsih dan Ibnu Santoso yang telah membantu melakukan pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adiyoga, W 2009, *Costs and benefits of transgenic late blight resistant potatoes in Indonesia*, in Norton, GW & Desiree, MH (eds.), Los Banos Laguna.
2. Ambarwati, A, Handayani, T & Sofiari, E 2015, 'Bioefikasi klon-klon kentang transgenik RB hasil silangan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* dan karakter agronomi di lapang uji terbatas', *J. Hort.*, vol. 25, no. 4, pp. 340–349.
3. Ambarwati, A, Herman, M, Listanto, E, Suryaningsih, E & Sofiari, E 2012, 'Pengujian ketahanan klon-klon hasil silangan tanaman kentang transgenik dengan nontransgenik terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* di lapangan uji terbatas', *J. Hort.*, vol. 22, no. 2, pp. 96–187.
4. Ambarwati, A, Herman, M, Purwito, A, Sumaraw, S & Aswidinnoor, H 2011, 'Resistance evaluation on populations of crosses between transgenic potato Katahdin RB and non-transgenic Atlantic and Granola to late blight (*Phytophthora infestans*) in confined field trial', *Indonesian J. Agric. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 9–33.
5. Ambarwati, A, Purwito, A, Herman, M, Sumaraw, S & Swidinnoor, H 2009, 'Analisis integrasi dan segregasi gen ketahanan terhadap hawar daun pada progeni F1 hasil persilangan tanaman kentang transgenik dengan non transgenik', *Jurnal Agro Biogen*, vol. 5, no. 1, pp. 23–51.
6. BPS 2015, 'Produksi sayuran menurut provinsi tahun 2015', accessed from <<http://www.bps.go.id/tab>>.
7. Bradeen, J, Iorizzo, M, Mollov, D, Raasch, J, Kramer, L, Millet, B, Austin-Phillips, S, Jiang, J & Carputo, D 2009, 'Higher copy numbers of the potato RB transgene correspond to enhanced transcript and late blight resistance levels', *Mol. Plant-Microbe Interact.*, vol. 22, no. 4, pp. 46–437.
8. Evenhuis, A & Zadoks, J 1991, 'No possible hazards to wild plants of growing transgenic plants, A contribution to risk analysis', *Euphytica*, vol. 55, pp. 4–81.
9. Forbes, G & Arvis, M 1994, 'Host resistance for management of potato late blight', in *American Phytopathology Society, USA*, pp. 57–439.
10. Fry, W & Shtienberg, D 1990, 'Integration of host resistance and fungicides to manage potato diseases', *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 12, pp. 16–111.
11. Graham, M, Niederhauseret, J & Servin, L 1959, 'Studies on fertility and late blight resistance in *Solanum bulbocastanum* Dun', *Journal Botany*, vol. 37, pp. 9–41.
12. Halterman, D, Kramer, L, Wielgus, S & Jiang, J 2008, 'Performance of transgenic potato containing the late blight resistance gene RB', *Plant Disease*, vol. 92, no. 3, pp. 339–343.
13. Handayani, T, Sahat, J & Sofiari, E 2015, 'Ketahanan lapang klon-klon kentang hasil persilangan terhadap penyakit busuk daun', *J. Hort.*, vol. 25, no. 4, pp. 294–303.
14. Haverkort, A 1990, 'Ecology of potato cropping system in relation to latitude and altitude', *Agric. Sys.*, vol. 32, pp. 72–251.
15. Johnston, S & Hanneman, R 1982, 'Manipulations of endosperm balance number overcome crossing barriers between diploid *Solanum* species', *Science*, vol. 217, pp. 446–448.
16. Kuhl, J, Zarka, K, Coombs, J, Kirk, W & Douches, D 2007, 'Late blight resistance of RB transgenic potato lines', *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, vol. 132, no. 6, pp. 89–783.
17. Kusmana 2003, 'Evaluasi beberapa klon kentang asal stek batang untuk uji ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*', *J. Hort.*, vol. 13, no. 4, pp. 28–220.
18. Kusmana 2012, 'Uji adaptasi klon kentang hasil persilangan varietas Atlantic sebagai bahan baku kripih kentang di dataran tinggi Pangalengan', *J. Hort.*, vol. 22, no. 2, pp. 52–246.
19. Kusmana & Basuki, R 2004, 'Produksi dan mutu umbi klon kentang dan kesesuaiannya sebagai bahan baku kentang goreng dan kripih kentang', *J. Hort.*, vol. 14, no. 2, pp. 52–246.
20. Listanto, E, Watimena, G, Armini, M, Sinaga, M, Sofiari, E & Herman, M 2009, 'Regenerasi beberapa kultivar kentang dan transformasi kentang dengan gen RB melalui *Agrobacterium tumefaciens*', *J. Hort.*, vol. 19, no. 3, pp. 137–147.
21. Niklaus, N, Rubio-Covarrubias, O & Fry, W 2000, 'Potato late blight management in the Toluca Valley: Forecast and Resistance cultivars', *Plant Diseases*, vol. 84, pp. 16–410.
22. Rakotonindrainy, T, Clauvin, J, Pelle, R, Faivre, R, Chatot, C, Savary, S & Aubertot, J 2012, 'Modeling of yield losses caused by potato late blight on eight cultivars with different level of resistance to *P. infestans*', *Plant Dis.*, vol. 96, pp. 95–106.
23. Ramanna & Hermsen 1975, 'Barriers to hybridization of *Solanum bulbocastanum* Dun. and *S. verrucosum* Schlecht. and structural hybridity in their F1 plants', *Euphytica*, vol. 25, pp. 1–10.
24. Song, J, Bradeen, J, Naess, S, Raasch, J, Wielgus, S, Haberland, G, Liu, J, Kuang, H, Austin-Phillips, S, Buell, C, Helgeson, J & Jiang, J 2003, 'Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight', in *Proc. Natl. Acad. Sci, USA*, pp. 133–9128.
25. Struik, P & Wiersema, S 1999, *Seed potato technology*, Wageningen Pers, Netherland.