

Ketahanan Lapangan Klon-Klon Kentang Hasil Persilangan terhadap Penyakit Busuk Daun (Field Resistance of Potato Clones to Late Blight)

Handayani, T, Sahat, JP, dan Sofari, E

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jln. Tangkuban Parahu, No. 517, Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia 40391
E-mail: trihandayani3@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 25 November 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 26 Oktober 2015

ABSTRAK. Penyakit busuk daun yang disebabkan oleh *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary merupakan penyakit utama pada tanaman kentang. Pemuliaan ketahanan terhadap penyakit busuk daun dilakukan secara konvensional melalui persilangan buatan yang dilanjutkan dengan seleksi, maupun secara nonkonvensional dengan menyisipkan gen ketahanan (gen Rb) ke dalam genom varietas kentang komersial. Tujuan penelitian adalah melakukan seleksi lapangan klon-klon tahan busuk daun yang diharapkan terpilih sedikitnya lima klon dengan genotipe tahan busuk daun. Seleksi dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Margahayu, Lembang pada bulan Mei sampai Agustus 2013. Delapan belas klon hasil silangan ditambah dengan tiga varietas pembandingan ditanam dalam rancangan acak kelompok lengkap dengan tiga ulangan. Dari kegiatan ini diperoleh 12 genotipe yang memiliki nilai AUDPC kurang dari rerata, dan 10 genotipe di antaranya memiliki produksi umbi per plot tinggi. Kesepuluh genotipe tersebut, yaitu Gra.904.6, Gra.904.13, Gra.904.14, Gra.904.17, Gra.904.28, Gra.951.11, Gra.951.18, Gra.951.40, Atl.904.28, dan Atl.904.13.

Katakunci: Pedigree; *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary; Populasi segregasi; Produksi tinggi; Seleksi

ABSTRACT. Late blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary is a major disease on potato. Breeding for late blight resistance has been done conventionally through artificial crossing followed by selection, as well as unconventional by inserting resistance gene (Rb gene) into the genome of cultivated potato varieties. The purpose of this research was to select potato clones resistant to late blight in the field condition. The expected result from this research was selected at least five clones with late blight resistant. Selection was done at Experimental Field Margahayu, Lembang, from May to August 2013. Eighteen clones from artificial crossing and three control varieties were planted in randomized complete block design, with three replications. From this field selection, obtained 12 genotypes with AUDPC values less than the average, and 10 genotypes among them had high production of tubers per plot, namely Gra.904.6, Gra.904.13, Gra.904.14, Gra.904.17, Gra.904.28, Gra.951.11, Gra.951.18, Gra.951.40, Atl.904.28, and Atl.904.13.

Keywords: Pedigree; *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary; Segregation population; High yield; Selection

Busuk daun merupakan salah satu penyakit utama pada tanaman kentang yang sangat merugikan (Tsedaley 2014, Staples 2004, Fry *et al.* 1992). Penyakit ini disebabkan oleh *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (PI). Tingkat kerusakan akibat penyakit ini tergantung pada musim dan varietas kentang yang ditanam (Gaire *et al.* 2014, Rakotonindraina *et al.* 2012). Menurut Rakotonindraina *et al.* (2012), varietas yang ditanam juga sangat berpengaruh terhadap besarnya kehilangan hasil. Kehilangan hasil pada varietas tahan berkisar antara 0 sampai 5%, sedangkan pada varietas rentan dapat mencapai 98,6% (Rakotonindraina *et al.* 2012).

Untuk menekan tingkat kerugian yang diakibatkan oleh penyakit tersebut di lapangan, petani melakukan pengendalian dengan menggunakan fungisida secara berlebihan. Tindakan tersebut menyebabkan biaya produksi meningkat (Guenther *et al.* 2001) dan berdampak terhadap kerusakan lingkungan (Atkar *et al.* 2009). Sehubungan dengan hal tersebut, penggunaan varietas tahan menjadi suatu keharusan. Perakitan varietas tahan penyakit busuk daun dilakukan melalui persilangan buatan dengan tetua tahan,

maupun modifikasi genetik melalui penyisipan gen ketahanan. Salah satu gen pengatur ketahanan busuk daun adalah gen Rb yang berlokasi di kromosom 8 pada *Solanum tuberosum* (Song *et al.* 2003). Berdasarkan penelitian Halterman & Middleton (2012) diketahui bahwa ketahanan yang diperoleh dari gen Rb tersebut tidak patah setelah melalui 20 siklus seleksi. Penggunaan varietas tahan dapat menurunkan tingkat kerusakan akibat serangan penyakit busuk daun menjadi hanya 2 – 20% dengan produksi umbi tiga kali lebih banyak daripada produksi varietas rentan (Cadena-Hinojosa *et al.* 2007).

Program pemuliaan ketahanan terhadap penyakit busuk daun di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) diawali dengan melakukan persilangan secara manual. Frank A. Shotkoski (komunikasi pribadi 2012) menyatakan bahwa SP 951 dan SP 904 yang merupakan klon-klon dari varietas asal Katahdin-Rb dapat dijadikan sebagai donor gen Rb dan dapat disilangkan dengan varietas yang telah berkembang di petani. Persilangan untuk membentuk populasi tahan penyakit busuk daun telah dilakukan di Balitsa pada

tahun 2004–2005 dan 2008–2009. Seleksi pertama telah dilakukan pada tahun 2011 dan dilanjutkan dengan seleksi kedua pada tahun 2012.

Seleksi pada tahun 2012 terhadap 53 klon hasil silangan 2004–2005 dan silangan 2008–2009 menghasilkan 38 klon kentang dengan karakter tahan busuk daun dan berdaya hasil tinggi (Sofiari 2012). Seleksi lanjutan dilakukan di lapangan pada tahun 2013 untuk mendapatkan klon-klon kentang yang unggul, stabil baik dari hasil, kualitas maupun ketahanannya terhadap OPT khususnya penyakit busuk daun. Kriteria pemilihan sifat tahan penyakit busuk daun, kualitas umbi untuk olahan, dan hasil tinggi atau kombinasinya menjadi salah satu prioritas utama. Tujuan penelitian adalah mendapatkan klon-klon hasil persilangan yang tahan terhadap penyakit busuk daun pada kondisi lapangan. Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah terdapat lima klon tahan penyakit busuk daun.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Agustus 2013 di Kebun Percobaan Margahayu, Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa), Lembang (1.250 m dpl).

Bahan yang digunakan

Materi yang digunakan adalah 18 klon hasil seleksi kedua di tahun sebelumnya. Klon-klon tersebut merupakan hasil persilangan SP 951 dan SP 904 dengan varietas yang lazim digunakan petani (Granola dan Atlantik). SP 951 dan SP 904 merupakan turunan dari varietas Katahdin yang telah disisipi gen Rb dari spesies liar *Solanum bulbocastanum*. Sebagai pembanding

ditanam juga varietas Granola, Atlantik, dan Katahdin sehingga total terdapat 21 genotipe (klon dan varietas).

Rancangan Percobaan

Dua puluh satu genotipe kentang ditanam di lapangan dalam rancangan acak kelompok lengkap, tiga kali ulangan. Populasi masing-masing genotipe sebanyak 30 tanaman per ulangan dengan jarak tanam 50 cm x 30 cm. Di sekeliling petak percobaan ditanam varietas Atlantik sebagai sumber inokulan PI 2 minggu sebelum klon-klon yang diuji ditanam.

Prosedur Penelitian

Lahan diolah menggunakan *hand tractor* dan dihaluskan menggunakan cangkul. Pembuatan guludan tanam dilakukan bersamaan dengan pemberian pupuk kandang (30 t/ha) bersama dengan setengah dosis NPK 16 : 16 : 16 (1.200 kg/ha). Penanaman umbi bibit pada guludan yang telah disiapkan dilakukan 3 hari setelah pemberian pupuk dasar. Pemupukan susulan dilakukan dengan memberikan setengah dosis NPK pada saat 30 hari setelah tanam (HST). Aplikasi fungisida kontak dilakukan hanya sampai tanaman berumur 15 HST, dan setelahnya hanya disemprot insektisida untuk pengendalian hama. Penyiangan gulma dilakukan bersama dengan pembumbunan guludan, yaitu pada saat 30 HST dan 50 HST. Panen dilakukan pada saat umur tanaman 90 HST.

Parameter Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap:

1. Intensitas serangan busuk daun, diamati mulai umur 30 HST dengan frekuensi 7 hari. Metode pengamatan mengikuti Halterman *et al.* (2008), sebagai berikut:

$$AUDPC = \sum_t^{n-1} \left[\frac{x_t + x_{t+1}}{2} \right] (D_{t+1} - D_t)$$

Skor (Score)	Persentase daun terserang (Percentage of attacked leaves)	Deskripsi (Description)
0	0	Tidak ada gejala serangan
1	< 10	Bercak serangan kurang dari 10% pada daun
2	11 – 25	Bercak kerusakan mulai tampak dan mencapai 25%
3	26 – 40	Bercak kerusakan pada seluruh daun mencapai 40% tetapi tanaman masih hijau.
4	41 – 60	Kerusakan maksimal sudah mencapai 60%
5	61 – 70	Kerusakan maksimal sudah mencapai 70% dan tanaman kelihatan coklat
6	71 – 80	Kerusakan maksimal sudah mencapai 80%, pangkal batang dan pucuk terserang dan gejala layu dan mati.
7	81 – 90	Kerusakan maksimal mencapai 90%, bagian yang berwarna hijau hanya bagian pucuk
8	> 90	Daerah yang berwarna hijau tinggal sedikit.
9	100	Sudah tidak ada lagi daun yang berwarna hijau, kerusakan sudah menyeluruh

2. Nilai *area under the diseases progress curve* (AUDPC) dihitung dengan rumus sebagai berikut:
dimana:
 X_t = Persentase serangan penyakit busuk daun pada pengamatan waktu ke t
 X_{t+1} = Persentase serangan penyakit busuk daun pada pengamatan t + 1
 $(D_{t+1}-D_t)$ = Interval pengamatan dari pengamatan pertama ke pengamatan berikutnya
3. Karakteristik tanaman, meliputi tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah batang utama. Karakter ini diamati pada waktu tanaman berbunga (40 HST) pada 10 tanaman sampel. Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah sampai titik tumbuh batang utama, sementara diameter batang utama diukur menggunakan jangka sorong pada sepertiga bagian dari bawah, sedangkan jumlah batang utama dihitung dengan melihat batang yang muncul dari permukaan tanah.
4. Karakter hasil, meliputi jumlah umbi per tanaman, berat umbi per tanaman, berat umbi per plot, dan persentase umbi konsumsi. Karakter ini diamati pada waktu panen pada 10 tanaman sampel.
5. Karakteristik umbi, meliputi bentuk umbi, kedalaman mata tunas, warna kulit umbi, dan warna daging umbi. Karakter ini diamati pada waktu panen.
6. Data iklim selama penelitian sebagai data pendukung, yang meliputi suhu, kelembaban, dan curah hujan.

Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis varian dan dilanjutkan dengan uji beda rerata menggunakan uji jarak ganda duncan (DMRT test) melalui aplikasi *software Assistant*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan vegetatif tanaman memperlihatkan keragaman antargenotipe. Analisis varian terhadap peubah pertumbuhan menunjukkan bahwa rerata tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah batang utama berbeda nyata antargenotipe yang diuji, meskipun terdapat beberapa genotipe yang tidak berbeda. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa variasi yang muncul pada karakter-karakter tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Sementara untuk genotipe-genotipe yang tidak berbeda nyata mengindikasikan bahwa genotipe-genotipe tersebut memiliki kemampuan genetik yang sama dalam mengekspresikan pertumbuhannya. Rerata masing-

masing karakter kuantitatif tersebut disajikan pada Tabel 1. Tinggi tanaman yang didukung dengan diameter batang menggambarkan penampilan dan vigor tanaman, sedangkan jumlah batang utama akan berpengaruh terhadap jumlah umbi. Pada waktu pengamatan karakter pertumbuhan tanaman ini, penyakit busuk daun sudah mulai menyerang pada beberapa klon, dengan intensitas serangan masih di bawah 20% (Gambar 1 dan 2), dan diasumsikan bahwa pada fase ini penyakit busuk daun belum mengganggu pertumbuhan tanaman.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa pada akhir pengamatan varietas Granola yang merupakan tetua, memiliki persentase serangan penyakit busuk daun mencapai 100% (Gambar 1). Selain Granola, 5 klon turunan Granola juga memiliki intensitas penyakit busuk daun lebih dari 50%, yaitu Gra.951.12, Gra.904.13, Gra.904.20, Gra.951.6, dan Gra.951.23. Katahdin memperlihatkan peningkatan intensitas penyakit busuk daun yang tajam pada 2 minggu awal pengamatan

Varietas Atlantik sebagai pembanding dan salah satu tetua, memperlihatkan intensitas penyakit busuk daun tertinggi dibanding genotipe turunannya maupun Katahdin. Pada awal pengamatan (30–44 HST), terlihat bahwa intensitas penyakit busuk daun meningkat tajam mencapai 43%, dan 3 minggu kemudian terlihat landai, tetapi mulai 65 HST sampai akhir pengamatan terjadi peningkatan yang tajam, mencapai 100% (Gambar 2). Tiga genotipe turunan Atlantik memperlihatkan perkembangan intensitas serangan penyakit busuk daun yang relatif rendah, yaitu Atl.904.13, Atl.904.35, dan Atl.904.28. Sementara Atl.904.29 memperlihatkan peningkatan intensitas serangan penyakit busuk daun mulai umur 51 HST menuju 58 HST, dan selanjutnya terus terjadi peningkatan yang cukup tajam mencapai 80% pada akhir pengamatan. Ini menunjukkan bahwa klon tersebut rentan terhadap penyakit busuk daun.

Perbedaan intensitas serangan penyakit busuk daun antarklon yang diuji dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa genetik berperan dalam ketahanan terhadap penyakit busuk daun. Nyankanga *et al.* (2007) dan Razukas *et al.* (2008) juga menyebutkan bahwa faktor genotipe menjadi penentu utama dalam infeksi penyakit busuk daun. Gen ketahanan terhadap PI membangun sistem ketahanan baik secara vertikal maupun horisontal. Lozola-Saldana (2011) menyebutkan bahwa ketahanan vertikal yang dikendalikan oleh gen tunggal diekspresikan dengan reaksi hipersensitif, sedangkan ketahanan horisontal melibatkan gen-gen pertahanan dan gen-gen pelindung. Ketahanan vertikal disebutkan mudah

Tabel 1. Rerata parameter pertumbuhan vegetatif tanaman (Average of vegetative growth parameters)

Klon (Clones)	Tinggi tanaman (Plant height), cm	Diameter batang (Diameter of stem), mm	Jumlah batang utama (Number of main stem)
Gra.904.6	57,67 ab	8,51 bc	5,57 cd
Gra.904.13	50,57 ef	10,21 ab	4,80 cd
Gra.904.14	48,12 fg	8,28 cd	5,77 bc
Gra.904.17	58,33 a	8,02 cd	4,80 cd
Gra.904.19	50,60 ef	8,81 ab	3,96 de
Gra.904.20	45,27 h	7,03 d	7,03 ab
Gra.904.28	55,77 ab	9,45 ab	4,73 cd
Gra.951.5	51,63 bc	8,68 bc	4,73 cd
Gra.951.6	52,03 ab	8,66 bc	5,03 cd
Gra.951.11	50,47 ef	8,39 cd	4,57 cd
Gra.951.12	54,23 ab	8,74 bc	3,70 e
Gra.951.18	50,87 de	7,78 cd	4,43 cd
Gra.951.23	51,37 bc	7,92 cd	4,17 cd
Gra.951.40	53,40 ab	8,14 cd	8,27 a
Atl.904.13	57,07 ab	9,49 ab	4,47 cd
Atl.904.28	57,33 ab	8,99 ab	5,33 cd
Atl.904.29	51,13 cd	10,45 a	4,20 cd
Atl.904.35	50,50 ef	9,16 ab	5,43 cd
Granola	45,33 h	7,87 cd	5,70 bc
Atlantik	46,77 gh	7,81 cd	1,83 f
Katahdin	53,87 ab	8,92 ab	3,67 e
KK (CV), %	6,35	10,21	16,74

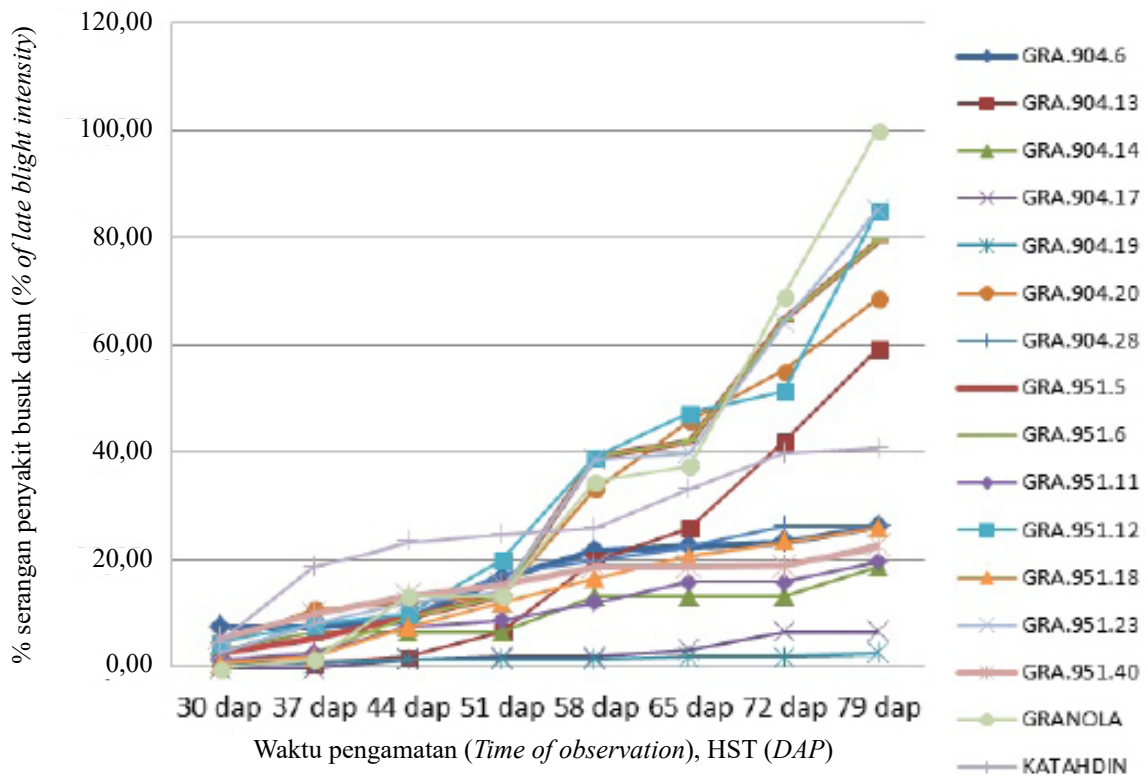
Rerata dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5% (Mean with the same letter at same column are not significantly different at DMRT 5%)

patah, akan tetapi sekarang terbuka kemungkinan untuk mengumpulkan beberapa gen R ke dalam satu genotipe kentang sehingga dapat diperoleh ketahanan yang tidak mudah patah (*durable*) (Jo et al. 2014).

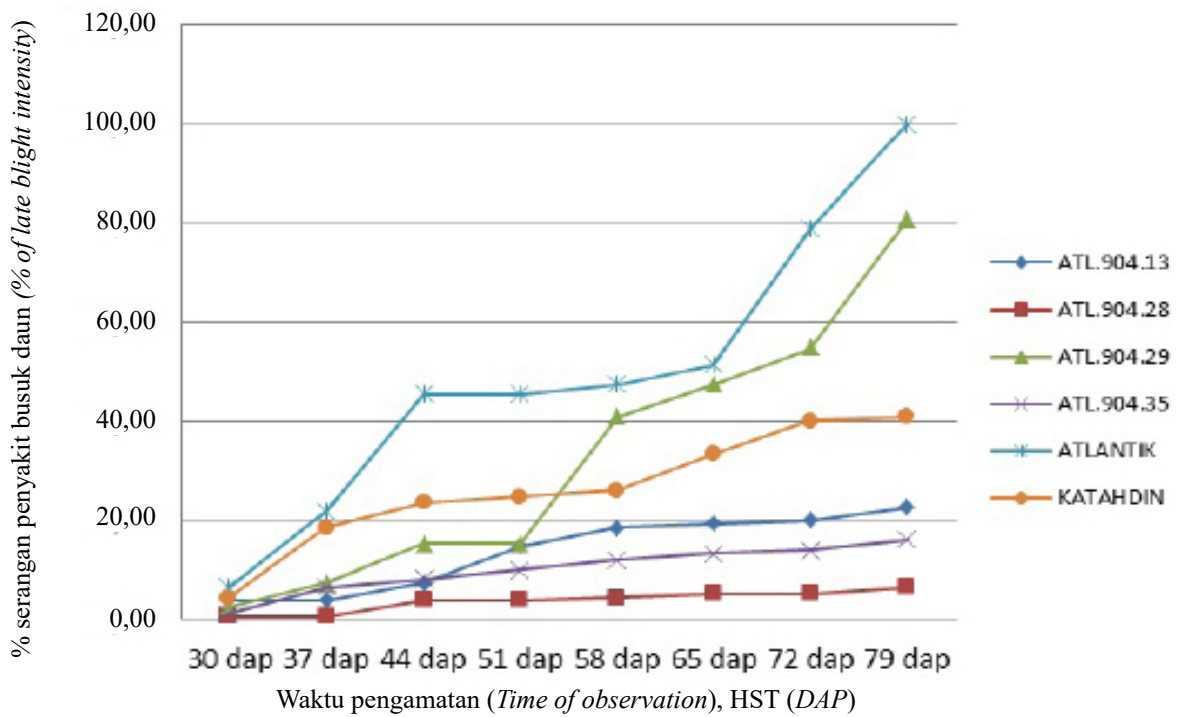
Rerata produksi umbi per tanaman (jumlah dan berat umbi) dan persentase umbi konsumsi per tanaman dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil umbi pertanaman menunjukkan bahwa walaupun hanya dilakukan 2 kali penyemprotan fungisida untuk mengendalikan penyakit busuk daun ternyata masih ada 13 klon yang menghasilkan umbi di atas 400 g per tanaman. Hasil tersebut secara statistik tidak berbeda nyata dengan pembanding varietas Granola (372,27 g/tanaman) tetapi berbeda nyata dengan varietas Atlantik (100,47 g/tanaman). Rerata umum jumlah umbi ukuran konsumsi yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 47,40% dan berat umbi ukuran konsumsi adalah 75,96%. Serangan penyakit busuk daun, selain berpengaruh terhadap hasil umbi secara umum, juga berpengaruh terhadap jumlah umbi ukuran konsumsi (Dowley et al. 2008). Hasil penelitian Dowley et al. (2008) mengungkapkan terjadi penurunan produksi

umbi ukuran konsumsi sampai 23% akibat penyakit busuk daun.

Jumlah umbi per plot menunjukkan keragaman antarklon (Tabel 3). Genotipe Gra.904.13 memiliki berat umbi per plot tertinggi (18,45 kg) dan tidak berbeda nyata dengan Granola, tapi berbeda nyata dengan Atlantik dan Katahdin. Rerata nilai AUDPC pada pengujian ini adalah 995,28. Genotipe yang memiliki nilai AUDPC di bawah rerata, dikategorikan tahan terhadap penyakit busuk daun. Terdapat 12 genotipe yang memiliki nilai AUDPC kurang dari rerata (Tabel 3), dan 10 genotipe di antaranya memiliki produksi umbi per plot tinggi. Kesepuluh genotipe tersebut, yaitu Gra.904.17, Gra.951.40, Gra.904.14, Atl.904.28, Atl.904.13, Gra.951.11, Gra.904.28, Gra.951.18, Gra.904.6, dan Gra.904.13, sedangkan Gra. 904.19 dan Atl. 904.35 meskipun memiliki nilai AUDPC di bawah rerata (67,67 dan 508,67) tetapi produksi umbinya rendah (8,23 dan 8,62 kg/plot). Hal ini mungkin disebabkan karena potensi genetik untuk produksi umbi kedua genotipe tersebut rendah. Meskipun produksinya rendah, kedua genotipe tersebut



Gambar 1. Intensitas serangan penyakit busuk daun pada genotipe turunan Granola dan pembandingan (Granola dan Katahdin) (*Late blight intensity of Granola based genotypes, Granola, and Katahdin*)



Gambar 2. Intensitas busuk daun pada genotipe turunan Atlantik dan pembandingan (Atlantik dan Katahdin) (*Late blight intensity of Atlantik-based genotypes, Atlantik, and Katahdin*)

Tabel 2. Rerata hasil umbi per tanaman (*The average of tuber yield per plant*)

Klon (Clones)	Jumlah umbi per tanaman (Number of tuber per plant)	Persentase jumlah umbi ukuran konsumsi (Percentage of consumed size tuber number), %	Berat umbi per tanaman (<i>Weight of tuber per plant</i>) g	Persentase berat umbi ukuran konsumsi (Percentage of consumed size tuber weight), %
Gra.904.6	8,23 bc	56,23 ab	413,1 ab	85,61 ab
Gra.904.13	14,90 ab	47,32 bc	636,8 a	72,35 bc
Gra.904.14	13,57 ab	45,61 bc	563,9 ab	81,76 ab
Gra.904.17	10,53 ab	32,83 ef	521,3 ab	73,45 ab
Gra.904.19	7,17 bc	19,36 g	279,5 cd	38,96 d
Gra.904.20	10,37 ab	33,40 ef	404,4 ab	57,35 c
Gra.904.28	6,67 bc	58,75 ab	346,9 ab	86,78 ab
Gra.951.5	7,60 bc	42,14 cd	251,4 ab	77,10 ab
Gra.951.6	12,60 ab	41,40 cd	506,8 ab	71,13 bc
Gra.951.11	8,00 bc	52,14 ab	359,4 ab	87,53 ab
Gra.951.12	11,47 ab	47,71 bc	467,3 ab	73,22 ab
Gra.951.18	8,33 bc	54,35 ab	479,5 ab	85,35 ab
Gra.951.23	6,53 bc	62,84 ab	484,3 ab	83,90 ab
Gra.951.40	18,23 a	28,77 fg	591,7 ab	57,78 c
Atl.904.13	8,33 bc	61,20 ab	622,2 a	79,66 ab
Atl.904.28	6,36 bc	70,68 a	436,8 ab	93,43 a
Atl.904.29	7,77 bc	52,47 ab	408,6 ab	76,78 ab
Atl.904.35	7,20 bc	45,69 bc	302,5 ab	77,70 ab
Granola	9,90 ab	35,63 de	372,3 ab	70,07 bc
Atlantik	2,90 d	42,05 cd	100,5 d	74,47 ab
Katahdin	3,73 cd	64,92 ab	223,2 bc	90,89 ab
KK (CV), %	22,22	21,96	22,83	13,80

Rerata dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5% (*Mean with the same letter at same column are not significantly different at DMRT 5%*)

dapat dimanfaatkan sebagai calon tetua dalam program pemuliaan ketahanan penyakit busuk daun selanjutnya, melihat intensitas penyakit busuk daun, dan nilai AUDPC yang rendah.

Adapun secara keseluruhan, penurunan hasil umbi pada kondisi serangan penyakit busuk daun kemungkinan disebabkan karena terjadinya penurunan metabolisme karbohidrat akibat daun rusak. Serangan PI menimbulkan bercak pada daun dan jaringan daun menjadi nekrosis, sementara serangan pada batang selain menyebabkan nekrosis juga menyebabkan tanaman menjadi layu. Kondisi demikian menyebabkan proses metabolisme terhambat dan distribusi metabolit ke umbi juga terhambat. Hasil penelitian Fischer *et al.* (2008) mengungkapkan bahwa pengumbian pada tanaman kentang lebih dipengaruhi faktor metabolisme karbohidrat daripada giberelin ataupun fotoperiod, Metabolisme karbohidrat yang dimaksud adalah sintesis pati dan pengangkutan sukrosa dari daun ke stolon dan umbi. Sebagaimana hasil pengamatan,

intensitas serangan busuk daun meningkat pada umur 30–40 HST, pada umur tersebut tengah berlangsung perubahan dari fase vegetatif ke generatif dimana elemen-elemen induktor inisiasi pengumbian mulai terbentuk. Translokasi elemen penginduksi umbi dari daun ke stolon dipengaruhi oleh keseimbangan antara elemen stimulus tuberisasi dan elemen inhibitor tuberisasi (Jackson 1999, Fernie & Willmitzer 2001).

Rendahnya hasil produksi kentang pada penelitian ini disebabkan karena tingginya serangan penyakit busuk daun sehingga inisiasi tuberisasi maupun *tuber bulking* (pembesaran dan perkembangan umbi) terhambat. Namun, terdapat 10 klon yang masih dapat menghasilkan umbi yang mendekati rerata hasil normal. Kecuali varietas pembanding, klon-klon yang diuji merupakan hasil persilangan antara varietas komersial dan klon SP 904 dan SP 951 yang memiliki gen Rb yang berasal dari *S. bulbocastanum*. Adanya klon-klon yang memiliki intensitas serangan penyakit busuk daun yang rendah dengan hasil umbi

Tabel 3. Rerata hasil umbi per plot dan nilai AUDPC (*The average of tuber yield per plot and value of AUDPC*)

Klon (<i>Clones</i>)	Jumlah umbi per plot (<i>Number of tuber per plot</i>)	Berat umbi per plot (<i>Weight of tuber per plot</i>), kg	AUDPC
Gra.904.6	218,10 bc	10,39 ab	820,17
Gra.904.13	430,70 ab	18,45 a	891,33
Gra.904.14	385,97 ab	15,01 ab	497,00
Gra.904.17	296,83 ab	14,35 ab	130,67
Gra.904.19	210,67 bc	8,23 cd	67,67
Gra.904.20	309,73 ab	10,76 ab	1.449,00
Gra.904.28	187,00 bc	9,41 ab	827,17
Gra.951.5	219,10 bc	7,64 bc	1.505,00
Gra.951.6	325,77 ab	13,50 ab	1.479,33
Gra.951.11	224,33 bc	10,08 ab	512,17
Gra.951.12	327,47 ab	13,46 ab	1.547,00
Gra.951.18	246,87 ab	13,62 ab	667,33
Gra.951.23	177,43 cd	12,92 ab	1.544,67
Gra.951.40	463,77 a	14,86 ab	763,00
Atl.904.13	235,97 ab	16,64 ab	681,33
Atl.904.28	181,30 cd	11,63 ab	193,67
Atl.904.29	226,57 bc	12,16 ab	1.556,33
Atl.904.35	222,57 bc	8,62 ab	508,67
Granola	282,57 ab	9,91 ab	1.535,33
Atlantik	87,63 e	3,06 d	2.403,33
Katahdin	109,27 de	6,54 cd	1.320,67
KK (<i>CV</i>), %	20,48	20,45	
Rerata (<i>Average</i>)			995,28

Rerata dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT 5% (*Mean with the same letter at same column are not significantly different at DMRT 5%*)

tinggi menunjukkan bahwa gen Rb yang terbawa melalui persilangan dapat meningkatkan ketahanan lapangan terhadap penyakit busuk daun. Gen Rb tersebut diketahui mampu mengekspresikan ketahanan yang kuat terhadap semua ras PI (Song *et al.* 2003), berbeda dari gen ketahanan R (R1 – R11) yang sifat ketahanannya spesifik untuk masing-masing ras PI. Kuhl *et al.* (2007) juga melaporkan bahwa gen Rb dapat menciptakan ketahanan penyakit busuk daun pada kultivar kentang yang rentan. Percobaan lapangan diperlukan untuk membuktikan efektivitas gen Rb karena karakterisasi molekuler serta pengujian di tingkat laboratorium dan rumah kaca tidak menjamin munculnya fenotipe tahan di kondisi lapangan (Sharma *et al.* 2013, Kuhl *et al.* 2007)

Perakitan varietas tahan terhadap penyakit busuk daun menjadi salah satu tujuan penting dalam pemuliaan kentang, akan tetapi seringkali klon unggul yang tahan penyakit busuk daun tidak mendapat penerimaan pasar dan konsumen, sehubungan dengan morfologi umbi. Morfologi umbi menjadi pertimbangan tersendiri

oleh konsumen, termasuk untuk kepentingan industri olahan. Hasil pengamatan terhadap morfologi umbi pada kegiatan ini ditampilkan pada Tabel 4. Sebagian besar genotipe memiliki bentuk umbi oval dengan warna daging umbi beragam (putih, krem, dan kuning muda). Industri *chips* lebih menyukai umbi dengan bentuk bulat sampai oval, sedangkan untuk *french fries* lebih disukai yang oval panjang. Morfologi umbi tersebut juga akan menjadi pertimbangan dalam seleksi klon unggul. Untuk kedalaman mata tunas dipilih yang dangkal sampai medium, karena konsumen baik untuk kentang sayur maupun industri *chips* dan *french fries* lebih menyukai umbi kentang yang bermata dangkal. Genotipe-genotipe yang diuji pada penelitian ini merupakan hasil dari seleksi kedua pada tahun sebelumnya berdasarkan sifat tahan penyakit busuk daun, kandungan karbohidrat tinggi, dan berat jenis > 1,07 sehingga genotipe terpilih pada seleksi ketiga ini memiliki kombinasi dari karakter-karakter tersebut sekaligus memiliki produksi yang relatif tinggi (Sofiari 2012).

Tabel 4. Morfologi umbi 21 klon kentang (*Tuber morphology of 21 clones*)

Klon (<i>Clones</i>)	Bentuk umbi (<i>Shape of tuber</i>)	Warna kulit umbi (<i>Color of tuber skin</i>)	Warna daging umbi (<i>Color of tuber flesh</i>)	Kedalaman mata tunas (<i>Eye depth</i>)	Tekstur kulit (<i>Texture of skin</i>)
Gra.904.20	Oval	Kuning	Kuning muda	Dangkal	Halus
Atl.904.35	Oval	Kuning	Krem	Sedang	Halus
Gra.904.19	Oval	Krem	Kuning muda	Dalam	Halus
Gra.904.17	Oval	Krem	Kuning muda	Sedang	Halus
Gra.951.40	Oval	Krem	Krem	Sedang	Sedang
Gra.904.14	Oval	Krem	Krem	Sedang	Halus
Atl.904.28	Oval panjang	Krem	Kuning muda	Sedang	Halus
Atl.904.13	Oval	Kuning	Kuning muda	Dangkal	Halus
Gra.951.11	Oval	Krem	Krem	Dalam	Halus
Gra.904.28	Oval panjang	Kuning	Kuning muda	Dalam	Halus
Gra.951.18	Oval	Krem	Krem	Dalam	Halus
Gra.904.6	Oval panjang	Krem	Kuning muda	Dangkal	Halus
Atl.904.13	Oval	Krem	Krem	Sedang	Halus
Atl.904.29	Oval	Kuning	Kuning muda	Sedang	Halus
Gra.951.6	Oval	Krem	Putih	Sedang	Halus
Gra.951.5	Oval	Krem	Kuning	Dalam	Sedang
Gra.951.12	Oval	Krem	Putih	Dalam	Halus
Gra.951.23	Oval	Krem	Krem	Dalam	Halus
Granola	Oval	Kuning	Kuning	Sedang	Halus
Atlantik	Bulat	Krem	Putih	Dangkal	Kasar
Katahdin	Oval	Krem	Kuning muda	Dangkal	Halus

Dari hasil ini dapat dinyatakan bahwa penelitian ini perlu dilanjutkan dengan memberikan tekanan seleksi yang lebih tinggi, misalnya ditanam di daerah yang *favourable* untuk perkembangan penyakit busuk daun, tetapi penyemprotan fungisida ditingkatkan menjadi delapan kali, agar potensi hasilnya mendekati potensi hasil rerata kentang di Indonesia yaitu 16,02 t/ha atau rerata 534 g/tanaman (Kementerian Pertanian 2013). Peningkatan frekuensi penyemprotan fungisida diperkirakan akan berpengaruh terhadap peningkatan produksi umbi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Rerata parameter pertumbuhan (tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah batang utama) dipengaruhi oleh faktor genetik.

Pengamatan morfologi menunjukkan sebagian besar genotipe memiliki bentuk umbi oval dengan warna daging umbi beragam (putih, krem, dan kuning muda).

Diperoleh 12 genotipe yang memiliki ketahanan lapangan terhadap penyakit busuk daun, ditunjukkan

dengan nilai AUDPC kurang dari rerata (995,28), dan 10 genotipe di antaranya memiliki produksi umbi per plot tinggi. Kesepuluh genotipe tersebut, yaitu Gra.904.17 (14,35 kg), Gra.951.40 (14,86 kg), Gra.904.14 (15,01 kg), Atl.904.28 (11,63 kg), Atl.904.13 (16,64 kg), Gra.951.11 (10,08 kg), Gra.904.28 (9,41 kg), Gra.951.18 (13,62 kg), Gra.904.6 (10,39 kg), dan Gra.904.13 (18,45 kg).

DAFTAR PUSTAKA

1. Atkar, MW, Sengupta, D & Chowdhury, A 2009, 'Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards', *Interdisciplinary Toxicology*, vol. 2, no. 1, pp. 1-12.
2. Cadena-Hinojosa, MA, Diaz-Valasis, M, Guzm-Plazola, RA & Fernandez-Pavia, S & Grtinwald, NJ 2007, 'Late blight resistance of five Mexican Potato cultivars in the Eastern Sierra of the State of Mexico', *Amer J. of Potato Res.*, vol. 84, pp. 385-32.
3. Dowley, LJ, Grant, J & Griffin, D 2008, 'Yield losses caused by late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) in potato crops in Ireland', *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, vol. 47, pp. 69-78.
4. Fernie AR & Willmitzer L 2001, 'Molecular and biochemical triggers of potato tuber development', *Plant Physiology*, vol. 127, pp. 1459-65.

5. Fischer, L, Lipavska, H, Hausman, J & Opatrny, Z 2008, 'Morphological and molecular characterization of a spontaneously tuberizing potato mutant: An insight into the regulatory mechanisms of tuber induction', *BMC Plant Biology*, vol. 8, pp. 1471-2229.
6. Fry, WE, Godwin, SB, Matuszak, JM, Spielman, LJ, Milgroom, MG & Drent, A 1992, 'Population genetics and intercontinental migration of *Phytophthora infestans*', *Annu. Rev. Phytopathol*, vol. 30, pp. 107-29.
7. Gaire, SP, Shrestha, SM & Adhikari BPS 2014, 'Effect of planting dates and fungicides on potato late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) development and tuber yield in Chitwan, Nepal', *International Journal of Research*, vol. 1, no. 5, pp. 148-60.
8. Guenther, JF, Michael, KC & Nolte, P 2001, 'The economic impact of potato late blight on US farmers', *Potato Research*, vol. 44, pp. 121-5.
9. Halterman, D A, Kramer, LC, Wielgus, S & Jiang, J 2008, 'Performance of transgenic potato containing the late blight resistance gene *RB*', *Plant Diseases*, vol. 92, pp. 339-43.
10. Halterman, DA & Middleton, G 2012, 'Presence of the potato late blight resistance gene *RB* does not promote adaptive parasitism of *Phytophthora infestans*', *American Journal of Plant Sciences*, vol. 3, pp. 360-7.
11. Jackson, SD 1999, 'Multiple signaling pathways control tuber induction in potato', *Plant Physiology*, vol. 119, pp.1-8
12. Jo, KR, Kim, CJ, Kim, SJ, Kim, TY, Bergervoet, W, Jongasma, MA, Visser, RGF, Jacobsen, E & Vossen, JH 2014, 'Development of late blight resistant potatoes by cisgene stacking', *BMC Biotechnology*, vol. 14, pp. 50.
13. Kementerian Pertanian, 2013, *Basis data pertanian*, diunduh 21 Oktober 2014, <<http://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/index.asp>>.
14. Kuhl, JC, Zarka, K, Coombs, J, Kirk, WW & Douches, DS 2007. 'Late blight resistance of *RB* transgenic potato lines', *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, vol. 132, no. 6, pp. 783-9.
15. Lozoya-Saldana, H 2011, 'Evolution of vertical and horizontal resistance and its application in breeding resistance to potato late blight', *Potato Journal*, vol. 38, no. 1, pp. 1-8
16. Nyankanga, RO, Wien, HC, Olanya, OM & Ojiambo, PS 2007, 'Relationship between late blight (*Phytophthora infestans*) of potato on tuber and foliage, as affected by the disease severity on foliage, cultivar resistance, and atmospheric and soil variables', *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 29, no. 4, pp. 372-87.
17. Rakotonindrainy, T, Chauvin, JE, Pellé, R, Faivre, R, Chatot, C, Savary, S & Aubertot, JN 2012, 'Modeling of yield losses caused by potato late blight on eight cultivars with different levels of resistance to *Phytophthora infestans*', *Plant Dis.*, vol. 96, pp. 935-42.
18. Razukas, A, Jundulas, J & Asakaviciute, R 2008, 'Potato cultivars susceptibility to potato late blight (*Phytophthora infestans*)', *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 6, no. 1, pp. 95-106.
19. Sharma, BP, Forbes, GA, Manandhar, HK, Shrestha, SM & Thapa, RB, 2013, 'Determination of resistance to *Phytophthora infestans* on potato plants in field, Laboratory and Greenhouse Conditions', *Journal of Agricultural Science*, vol. 5, no. 5, pp. 148-57.
20. Sofiari, E 2012, *Perakitan varietas unggul kentang (tahan busuk daun, berdaya hasil tinggi, kualitas olahan dan toleran suhu panas) untuk menunjang industri olahan, dan diversifikasi pangan*, Laporan akhir, Balai Penelitian Tanaman, Sayuran, Tidak dipublikasikan.
21. Song, J, Bradeen, JM & Naess, SK 2003, 'Gene *Rb* cloned from *Solanum bullbocastanum* confers broad spectrum resistances to potato late blight', *Proc. Natl Acad Sci.*, vol. 100, pp. 9128-33.
22. Staples, RC 2004, 'Race non-specific resistance for potato late blight', *Trends in Plant Science*, vol. 9, no. 1, pp. 5-6.
23. Tsedaley, B 2014, 'Late blight of potato (*Phytophthora infestans*) biology, economic importance, and its management approaches', *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 4, no. 25, pp. 215-26.

Lampiran

Data iklim KP Margahayu, Lembang, Mei–Agustus 2013 (Climate data of KP Margahayu, Lembang, May–August 2013)

Bulan (<i>Month</i>)	Suhu (<i>Temperature</i>), °C			Kelembaban (<i>Humidity</i>), %	Curah hujan (<i>Rain fall</i>), mm
	Maksimum (<i>Maximum</i>)	Minimum (<i>Minimum</i>)	Rerata (<i>Average</i>)		
Mei (<i>May</i>)	26	14	19,8	84,7	189,5
Juni (<i>June</i>)	27	14	20,2	81,6	142
Juli (<i>July</i>)	25	14	20,4	83,9	201,5
Agustus (<i>August</i>)	25	14	22,3	81,7	271

Sumber: Balai Penelitian Tanaman Sayuran 2013