

Klon-klon Kentang Transgenik Hasil Persilangan Terseleksi Tahan terhadap Penyakit Hawar Daun *Phytophthora infestans* Tanpa Penyemprotan Fungisida di Empat Lapangan Uji Terbatas (Selected Potato Hybrid Clones Resistant to Late Blight *Phytophthora infestans* Without Fungicide Spraying in Four Confined Field Trials)

Alberta Dinar Ambarwati¹, Kusmana², & Edy Listanto¹

¹Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111.

²Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung 40391

Memasukkan: November 2014, **Diterima:** Februari 2015

ABSTRACT

The use of resistant varieties is an appropriate alternative in controlling the late blight, a major diseases on potato, caused by the fungus *Phytophthora infestans*. The development of late blight resistant potato was done through hybridization between non-transgenic Atlantic or Granola with *RB* transgenic Katahdin SP904 and SP951. The hybrid clones which have been positively contained the *RB* gene were evaluated for the resistance to *P. infestans* in four Confined Field Trials (CFTs) *i.e.* Pasir Sarongge (2008), Lembang (2009-2010), Pangalengan (2010-2011) and Banjarnegara (2011-2012). There are twelve selected hybrid clones which were resistant to *P. infestans* both in each location of CFT or in four locations were obtained. These clones consist of five clones from crosses of Atlantic and transgenic Katahdin SP951 (B35, B169, B163, B11, B162) and seven clones from crosses of Granola and transgenic Katahdin SP951 (D76, D12, D25, D48, D38, D37, D15). The selected hybrid clones showed resistance to *P. infestans* until 14 to 18 days after infection or about 40 to 45 days after planting, in the absence of fungicide spraying. The hybrid clones had a resistance score varied from 7,65 to 8,23 and were significantly different from the parents Atlantic and Granola, with a resistance score of 3,6 and 3,45, respectively. This was also supported by AUDPC values, which showed that AUDPC of the hybrid clones were in the range between Atlantic or Granola and transgenic Katahdin SP951. This indicate that the resistance level of the hybrid clones is in the range between susceptible and resistant check. The resistant hybrid clones are valuable genetic resources for late blight resistance breeding programs, particularly in reducing the frequency of fungicide applications.

Keywords : transgenic potato, hybrid clones, *Phytophthora infestans*, confined field trial

ABSTRAK

Penggunaan varietas tahan merupakan pilihan yang tepat untuk pengendalian hawar daun, penyakit utama pada kentang yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora infestans*. Perakitan kentang tahan penyakit hawar daun dilakukan melalui persilangan antara tanaman non transgenik Atlantic atau Granola dengan transgenik Katahdin SP904 dan SP951. Klon-klon kentang hasil persilangan yang telah positif mengandung gen *RB* dievaluasi ketahanannya terhadap *P. infestans* di empat Lapangan Uji Terbatas (LUT), yaitu Pasir Sarongge (2008), Lembang (2009-2010), Pangalengan (2010-2011) dan Banjarnegara (2011-2012). Diperoleh 12 klon hasil persilangan yang terseleksi tahan terhadap *P. infestans*, baik di masing-masing lokasi LUT maupun di empat lokasi. Klon-klon tersebut terdiri dari lima klon hasil persilangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 (B35, B169, B163, B11, B162) dan tujuh klon hasil persilangan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 (D76, D12, D25, D48, D38, D37, D15). Klon-klon kentang terseleksi menunjukkan tahan terhadap *P. infestans* sampai 14–18 hari setelah infeksi atau sekitar 40 sampai 45 hari setelah tanam, tanpa penyemprotan fungisida. Klon-klon tersebut mempunyai skor ketahanan yang bervariasi dari 7,65 sampai 8,23 dan berbeda secara nyata dengan tetuanya Atlantic dan Granola, yang mempunyai skor ketahanan masing-masing 3,6 dan 3,45. Ketahanan ini juga didukung oleh nilai AUDPC, dimana AUDPC klon-klon hasil persilangan berada dalam kisaran antara Atlantic atau Granola dan transgenik Katahdin SP951. Hal ini menunjukkan bahwa klon-klon hasil persilangan mempunyai tingkat ketahanan pada kisaran antara kontrol rentan dan kontrol tahan. Klon-klon hasil persilangan merupakan sumber genetik penting untuk program pemuliaan kentang tahan penyakit hawar daun, terutama dalam mengurangi frekuensi aplikasi fungisida.

Kata Kunci: kentang transgenik, klon-klon persilangan, *Phytophthora infestans*, lapangan uji terbatas

PENDAHULUAN

Daerah pertanaman kentang di Indonesia berada di dataran tinggi di berbagai provinsi, meliputi Nangro Aceh Darusalam (Aceh Tengah, Bener Meriah), Sumatra Utara (Karo, Simalungun, Dairi), Sumatra Barat (Solok), Jambi (Kerinci), Lampung (Lampung Barat), Jawa Barat (Bandung, Garut, Kuningan), Jawa Tengah (Wonosobo, Banjarnegara, Magelang, Brebes), Jawa Timur (Probolinggo, Malang, Pasuruan), NTB (Lombok Timur) (Julietta & Napitupulu 2006). Kendala utama dalam budidaya tanaman kentang adalah serangan penyakit hawar daun yang disebabkan oleh cendawan patogen *Phytophthora infestans*. Penanaman kentang di dataran tinggi dengan curah hujan dan kelembaban tinggi akan memicu munculnya serangan *P. infestans*. Pada kondisi seperti ini serangan *P. infestans* dapat berdampak pada penurunan hasil kentang sampai 100% (Ojiambo *et al.* 2000). Di Indonesia, serangan penyakit hawar daun pada tanaman kentang dapat menyebabkan kerugian sekitar 47 sampai 90% (Kusmana 2003). Berbagai kombinasi fungisida dengan dosis yang bervariasi telah diaplikasikan untuk menanggulangi serangan penyakit hawar daun. Dalam satu musim tanam, petani biasanya menyemprot tanaman kentang dengan fungisida 20 sampai 30 kali. Hal ini mengakibatkan petani harus mengeluarkan biaya produksi yang lebih tinggi, karena biaya untuk pembelian fungisida adalah setara dengan biaya untuk pembelian bibit (Adiyoga 2009).

Pemanfaatan varietas tahan merupakan cara yang paling efisien untuk mengendalikan penyakit hawar daun. Tanaman kentang transgeniktahan penyakit hawar daun *P. Infestans* telah dirakit dengan menyisipkan gen *RB* ke dalam varietas Katahdin melalui teknik *Agrobacterium* (Song *et al.* 2003). Gen *RB* diisolasi dari tanaman kentang liar *Solanum bulbocastanum*, yang dapat memediasi ketahanan dengan spektrum luas terhadap ras-ras *P. infestans* (Song *et al.* 2003). Tanaman transgenik Katahdin menunjukkan ketahanan yang bersifat *durable* terhadap ras-ras *P. infestans* di Amerika Serikat, baik dalam pengujian di rumah kaca maupun di lapangan uji terbatas (LUT) (Song *et al.* 2003; Kuhl *et al.* 2007; Bradeen *et al.* 2009).

Di Indonesia, tanaman transgenik Katahdin

event SP904 dan SP951 telah diuji efikasinya di rumah kaca dan menunjukkan respon tahan terhadap isolat *P. infestans* asal Jawa Barat yaitu Pasir Sarongge, Pangalengan dan Galunggung (Ambarwati *et al.* 2011). Tanaman transgenik Katahdin digunakan sebagai sumber ketahanan dengan cara menyilangkan dengan varietas Atlantic dan Granola, yaitu varietas unggul yang mendominasi area pertanaman kentang, tetapi mempunyai kelemahan tidak tahan terhadap *P. infestans* (Kusmana 2004; Basuki *et al.* 2005). Telah dilakukan persilangan tanaman kentang dengan empat kombinasi yaitu Atlantic dengan transgenik Katahdin SP904 dan SP951 dan Granola dengan transgenik Katahdin SP904 dan SP951 (Ambarwati *et al.* 2009).

Pengujian awal ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terhadap *P. infestans* dilakukan di LUT Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan dan Banjarnegara. Dari pengujian ini diharapkan akan diperoleh klon-klon kentang transgenik yang tahan terhadap *P. infestans*. Namun, dari empat kombinasi persilangan yang diuji, seleksi klon-klon terpilih hanya dilakukan untuk persilangan Atlantic atau Granola dengan transgenik Katahdin SP951. Menurut hasil penelitian di LUT Lembang, tanaman transgenik Katahdin SP951 lebih tahan dibandingkan transgenik Katahdin SP904 (Herman *et al.* 2007). Bioefikasi di *mistchamber* menggunakan isolat *P. infestans* asal Pasir Sarongge, Pangalengan dan Galunggung juga menunjukkan bahwa tanaman transgenik Katahdin SP951 mempunyai nilai AUDPC dan intensitas penyakit yang lebih kecil dibandingkan transgenik Katahdin SP904 (Ambarwati *et al.* 2011).

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans*, sehingga diperoleh klon-klon terseleksi yang tahan di setiap lokasi LUT maupun di empat lokasi LUT yaitu Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan dan Banjarnegara.

BAHAN DAN CARA KERJA

Evaluasi ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terhadap hawar daun *P. infestans* dilakukan dari tahun 2008–2012 di empat lokasi LUT yaitu Pasir Sarongge (Jawa

Barat, 2008), Balitsa, Lembang (Jawa Barat, 2009-2010), Pangalengan (Jawa Barat, 2010-2011) dan Banjarnegara (Jawa Tengah, 2011-2012).

Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan Atlantic atau Granola dengan transgenik Katahdin SP904 atau SP951. Klon-klon tersebut telah dianalisis secara molekuler mengandung gen *RB* (Ambarwati *et al.* 2009).

Evaluasi ketahanan terhadap *P.infestans* dilakukan di empat lokasi LUT yaitu:

Pasir Sarongge terdiri dari 22 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP904, 16 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951, 19 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP904 dan 27 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP951.

Lembang terdiri dari 12 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP904, 15 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951, 17 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP904 dan 20 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP951.

Pangalengan dan Banjarnegara terdiri dari 15 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP904, 17 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951, 19 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP904 dan 22 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP951.

Kontrol rentan yang digunakan adalah non transgenik Atlantic dan Granola, sedangkan kontrol tahan adalah transgenik Katahdin SP904 dan SP951.

Penanaman di LUT menggunakan rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Jarak tanam 30 cm x 75 cm, masing-masing terdiri 5 tanaman untuk tiap klon. Tanaman border rentan yaitu kentang non transgenik Atlantic atau Granola ditanam mengelilingi plot percobaan pada setiap ulangan. Tanaman border rentan yang sudah terinfeksi *P. infestans* menjadi sumber inokulum bagi klon-klon uji. Tanaman uji ditanam satu bulan setelah border rentan. Jagung ditanam disekeliling luar plot percobaan sebagai border.

Tanaman non transgenik Atlantic dan Granola digunakan sebagai kontrol rentan sedangkan tanaman transgenik Katahdin SP951

sebagai kontrol tahan. Tanaman kentang diekspos pada kondisi alamiahnya dan tidak diberikan inokulasi penyakit buatan. Munculnya serangan awal penyakit *P. infestans* di setiap lokasi LUT berbeda waktunya, oleh karena itu pengamatan ketahanan dimulai saat klon-klon uji menunjukkan gejala awal terserang *P. infestans* (hari setelah infeksi). Selama percobaan berlangsung tidak dilakukan penyemprotan fungisida.

Pengamatan dimulai saat muncul gejala awal tanaman terserang *P. infestans* yang dianggap sebagai hari kesatu setelah infeksi (hsi). Untuk menghitung kumulatif serangan *P.infestans*, maka pengamatan ketahanan dilakukan sebanyak lima kali. Ketahanan tanaman diskor berdasarkan persentase daun terserang, menurut skala 0 - 9 (Henfling 1979; Halterman *et al.* 2008), yaitu: 0 (100%), 1 (> 90%), 2 (81 - 90%), 3 (71 - 80%), 4 (61 - 70%), 5 (41 - 60%), 6 (26 - 40%), 7 (11 - 25%), 8 (<10%), dan 9 (0%). Tingkat ketahanan tanaman ditentukan berdasarkan skor yang dimiliki tiap tanaman uji, dimana skor ≥ 7 ($\leq 25\%$ infeksi) termasuk ke dalam kategori tahan pada 7 hari setelah infeksi (Song *et al.* 2003; Colton *et al.* 2006; Halterman *et al.* 2008), skor $\geq 6 - < 7$ agak tahan dan < 6 rentan.

Persentase intensitas serangan dihitung dengan rumus:

$$IP = \frac{\sum n \times v}{N \times Z} \times 100\%$$

(IP = intensitas penyakit, n = jumlah tanaman dari tiap kategori serangan, v = nilai skala dari tiap kategori serangan (0-9), N = jumlah tanaman contoh, Z = skor dari kategori serangan tertinggi).

Kumulatif serangan hawar daun dihitung menggunakan metode AUDPC (*area under the diseases progress curve*) (Campbell & Madden 1990), yaitu:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n (X_{t+1} + X_t) (D_{t+1} - D_t)$$

(X_t = persentase serangan penyakit hawar daun, pengamatan pada waktu ke t, X_{t+1} = persentase serangan penyakit hawar daun pada pengamatan t + 1 pengamatan berikutnya, $(D_{t+1}-D_t)$ = interval pengamatan dari pengamatan pertama ke pengamatan kedua). Semakin tinggi nilai AUDPC suatu klon menunjukkan semakin rentan terhadap penyakit.

Analisis data menggunakan program SAS sistem 9.0, dan uji beda nyata menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

HASIL

Evaluasi ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil persilangan telah dilakukan dari tahun 2008 sampai 2012 di empat lokasi LUT yaitu di Pasir Sarongge (2008), Lembang (2009-2010), Pangalengan (2010-2011) dan Banjarnegara (2011-2012). Seleksi klon-klon terpilih hanya dilakukan untuk klon kentang hasil persilangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 dan Granola dengan transgenik Katahdin SP951. Telah terpilih 10 sampai 12 klon yang menunjukkan respon tahan terhadap infeksi hawar daun *P. infestans*. Klon-klon tersebut adalah lima klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin SP951 (B35, B169, B163, B11, B162) dan tujuh klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin SP951 (D76, D12, D25, D48, D38, D37, D15). Respon

Tabel 1. Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan, terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida di lapangan uji terbatas Pasir Sarongge, Jawa Barat, 2008.

No	Klon	Skor ketahanan				
		56 hst (1 hsi)	60 hst (4 hsi)	63 hst (7 hsi)	70 hst (14 hsi)	77 hst (21 hsi)
26	B169	9,0	9,0	8,8	7,7	5,1
27	B163	9,0	9,0	8,3	8,0	6,9
28	B11	9,0	8,9	8,6	6,6	2,6
29	B162	9,0	9,0	8,8	6,7	0,7
60	D76	8,8	8,8	8,4	7,1	3,9
62	D12	9,0	9,0	8,7	8,1	4,6
63	D25	9,0	9,0	8,8	7,9	0,0
65	D48	8,9	8,8	8,3	6,6	2,2
66	D38	9,0	9,0	8,9	8,1	4,2
69	D37	9,0	9,0	8,8	7,0	5,4
70	D15	9,0	8,9	8,8	7,0	5,8
74	Atlantic	7,1	6,8	5,8	1,0	0,0
75	Granola	7,3	6,9	6,1	3,0	0,0
76	Katahdi	8,5	8,0	6,4	1,0	0,0
79	Katahdi	9,0	9,0	8,7	8,3	6,8

Keterangan: B: Atlantic x transgenik Katahdin SP951, D: Granola x transgenik Katahdin SP951, hst: hari setelah tanam, hsi: hari setelah infeksi, Skor ketahanan berdasarkan persentase daun yang terinfeksi (0 = 100, 1 >90, 2 = 81 - 90, 3 = 71 - 80, 4 = 61 - 70, 5 = 41 - 60, 6 = 26 - 40, 7 = 11 - 25, 8 = <10 dan 9 = 0, Henfling, 1979 & Halterman *et al.* 2008).

Tabel 2. Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida di lapangan uji terbatas Lembang, Jawa Barat, 2009-2010

No	Klon	Skor ketahanan				
		26 hst (1 hsi)	32 hst (7 hsi)	39 hst (14 hsi)	46 hst (21 hsi)	53 hst (28 hsi)
20	B35	9,0	8,9	8,6	5,6	2,2
26	B169	8,9	8,8	8,4	5,1	1,9
27	B163	9,0	9,0	7,2	5,0	1,4
28	B11	9,0	9,0	7,8	5,1	2,1
29	B162	8,9	7,6	7,0	3,3	0,9
60	D76	9,0	8,9	7,4	4,7	3,9
62	D12	9,0	9,0	8,2	5,1	3,4
63	D25	9,0	9,0	7,8	5,6	3,7
65	D48	9,0	8,9	7,8	6,1	2,7
66	D38	8,9	8,5	7,5	5,9	5,1
69	D37	9,0	9,0	8,5	6,2	4,4
70	D15	9,0	8,9	7,3	5,9	1,5
74	Atlantic	8,9	6,9	1,0	0,2	0,0
75	Granola	8,8	6,6	1,2	1,2	0,6
76	Katahdin	8,5	7,1	1,5	0,3	0,0
79	Katahdin	9,0	9,0	7,6	6,4	1,9
951						

Keterangan: Lihat Tabel 1

Tabel 3. Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida di lapangan uji terbatas Pangalengan, Jawa Barat, 2010-2011

No	Klon	Skor ketahanan				
		28 hst (1 hsi)	35 hst (8 hsi)	42 hst (15 hsi)	49 hst (22 hsi)	56 hst (29 hsi)
20	B35	8,9	8,5	7,9	7,3	6,8
26	B169	8,8	8,5	8,0	7,5	6,1
27	B163	8,9	8,5	7,4	6,8	6,0
28	B11	8,7	8,3	8,0	7,2	6,7
29	B162	8,8	8,4	7,6	6,7	6,0
60	D76	8,9	8,5	8,0	7,3	6,8
62	D12	9,0	8,4	6,9	6,7	6,1
63	D25	8,9	8,5	7,6	6,7	6,0
65	D48	8,9	8,5	7,7	6,5	5,9
66	D38	8,9	8,5	7,7	7,3	6,3
69	D37	9,0	8,4	8,0	7,5	6,7
70	D15	8,7	8,2	7,6	6,4	6,3
74	Atlantic	8,1	7,7	4,0	3,6	0,9
75	Granola	6,7	6,0	4,3	3,3	1,3
76	Katahdin	Tidak tumbuh				
79	Katahdin	9,0	9,0	9,0	7,5	7,0
951						

Keterangan: Lihat Tabel 1

Tabel 4. Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *P.infestans* tanpa penyemprotan fungisida di lapangan uji terbatas Banjarnegara, Jawa Tengah, 2011-2012

No	Klon	Skor ketahanan				
		28 hst (1 hsi)	38 hst (11 hsi)	45 hst (18 hsi)	52 hst (25 hsi)	59 hst (32 hsi)
20	B35	9,0	8,6	7,9	3,7	0,7
26	B169	9,0	8,5	7,7	4,3	0,3
27	B163	9,0	8,7	7,7	3,1	0,3
28	B11	8,9	8,7	7,3	4,4	1,2
29	B162	9,0	8,5	7,3	1,8	0,5
60	D76	9,0	8,4	7,5	3,5	0,3
62	D12	9,0	8,6	8,3	4,9	0,4
63	D25	9,0	8,6	7,5	3,9	0,5
65	D48	9,0	8,5	7,5	2,9	0,1
66	D38	9,0	8,7	8,4	7,2	3,5
69	D37	9,0	8,5	7,4	4,7	0,4
70	D15	8,7	8,5	8,2	6,5	1,9
74	Atlantic	Tidak tumbuh				
75	Granola	8,1	7,8	3,4	1,9	0,0
76	Katahdin	8,7	7,7	5,0	4,5	0,0
79	Katahdin	8,9	8,6	8,0	3,8	0,5
951						

Keterangan: Lihat Tabel 1

ketahanan klon-klon tersebut pada masing-masing lokasi LUT ditampilkan pada Tabel 1, 2, 3, dan 4.

Gejala awal infeksi *P. infestans* ditandai dengan adanya bercak-bercak basah berwarna coklat yang kemudian meluas pada permukaan daun. Untuk mengundang infeksi *P. infestans* dilakukan penanaman varietas rentan Atlantic atau Granola, sehingga apabila terinfeksi *P. infestans* dapat menjadi sumber inokulum bagi klon-klon kentang yang diuji. Pengamatan pertama infeksi *P. infestans* yang dilakukan di setiap LUT adalah bervariasi waktunya, tergantung dari ketersediaan inokulum di lapang untuk menginfeksi varietas rentan maupun klon-klon yang diuji.

Percobaan di LUT Pasir Sarongge pada 56 hari setelah tanam (hst) menunjukkan bahwa klon-klon hasil persilangan mempunyai skor ketahanan 8,8 sampai 9 (Tabel 1), yang termasuk kategori tahan menurut skala 0 – 9 (Henfling 1979; Halterman *et al.* 2008). Pada 70 hst atau 14 hari setelah infeksi (hsi), Atlantic dan Granola sudah rentan terhadap *P. infestans*, masing-masing mempunyai skor 1,0 dan 3,0 dengan intensitas serangan sebesar 66,7 sampai

Tabel 5. Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan yang terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida di empat lapangan uji terbatas 2008-2012

No	Klon	Skor ketahanan pada 14 – 18 hsi
20	B35	8,13 a
26	B169	8,23 a
27	B163	7,65 a
28	B11	7,93 a
29	B162	7,68 a
60	D76	7,83 a
62	D12	8,03 a
63	D25	7,93 a
65	D48	7,83 a
66	D38	8,03 a
69	D37	8,18 a
70	D15	7,98 a
74	Atlantic	3,60 b
75	Granola	3,45 b
76	Katahdin	4,30 b
79	Katahdin SP951	8,33 a
kk (%)		14,03

Keterangan: B: Atlantic x transgenik Katahdin SP951; D: Granola x transgenik Katahdin SP951; hsi: hari setelah infeksi. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata dengan uji DMRT pada taraf kepercayaan P = 0,05

88,5 %, sedangkan 8 klon hasil persilangan masih tahan dengan skor bervariasi dari 7,0 sampai 8,1 dan 3 klon hasil persilangan menunjukkan respon agak tahan dengan skor 6,6 sampai 6,7. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa penyemprotan fungisida klon-klon hasil persilangan lebih tahan dibandingkan tetuanya Atlantic maupun Granola. Ketahanan tanaman semakin berkurang dengan bertambahnya periode pengamatan.

Hal yang sama dijumpai di LUT Lembang. Pada 39 hst atau 14 hsi Atlantic dan Granola sudah rentan terhadap serangan *P. infestans*, masing-masing dengan skor 1,0 dan 1,2. Klon-klon hasil persilangan dan tetuanya Katahdin SP951 masih tahan dengan skor berkisar dari 7,0 sampai 8,6 (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan bahwa klon-klon hasil persilangan lebih tahan dibandingkan tetua rentan Atlantic dan Granola dan mempunyai ketahanan yang sama dengan tetua tahannya transgenik Katahdin SP951.

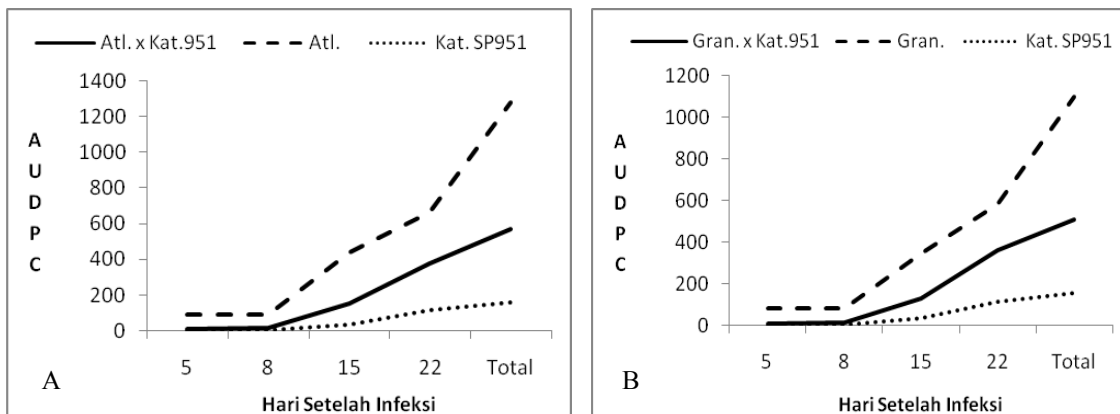
Evaluasi ketahanan di LUT Pangalengan

menunjukkan bahwa 12 klon kentang hasil persilangan tahan terhadap *P. infestans* pada 42 hst atau 15 hsi dengan skor 6,9 sampai 8,0. Tetua tahan transgenik Katahdin SP951 mempunyai skor 9 atau belum terinfeksi *P. infestans*, sedangkan Atlantic dan Granola sudah rentan dengan skor 4,0 dan 4,3 (Tabel 3). Sampai 56 hst atau 29 hsi, klon-klon hasil persilangan masih menunjukkan kriteria agak tahan terhadap *P. infestans*. Klon-klon hasil persilangan juga menunjukkan respon tahan di LUT Banjarnegara pada 45 hst (18 hsi) dengan skor 7,3 sampai 8,4 sedangkan Granola sudah rentan dengan skor 3,4 (Tabel 4). Klon D38 hasil persilangan antara Granola dengan transgenik Katahdin SP951 masih tahan dengan

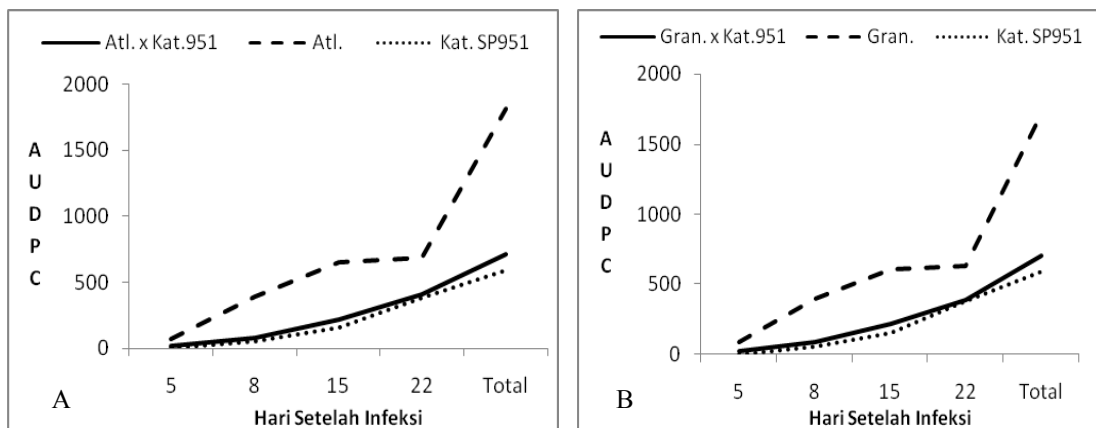
skor 7,2 sampai pengamatan 52 hst (25 hsi). Evaluasi ketahanan di empat LUT menunjukkan bahwa klon-klon hasil persilangan lebih tahan terhadap *P. infestans* dibandingkan tetuanya Atlantic dan Granola.

Perbedaan ketahanan klon-klon kentang hasil persilangan dibandingkan tetuanya Atlantic atau Granola terjadi pada waktu yang berbeda yaitu 70 hst, 39 hst, 44 hst dan 45 hst, masing-masing untuk percobaan di LUT Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan dan Banjarnegara. Namun apabila dilihat dari munculnya gejala awal serangan *P. infestans* di masing-masing lokasi, maka perbedaan ketahanan tersebut terjadi pada 13 sampai 18 hsi.

Menurunnya ketahanan klon-klon yang

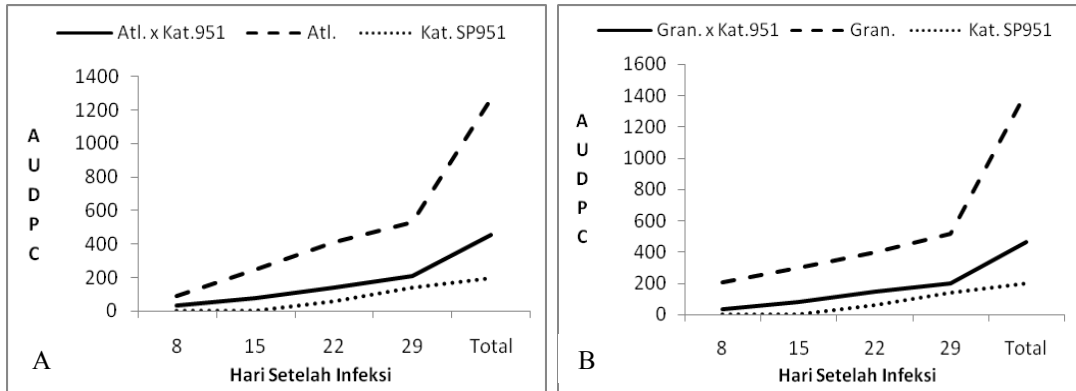


Gambar 1. Area under the disease progress curve (AUDPC) klon-klon transgenik hasil persilangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 (A), dan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 (B) tanpa penyemprotan fungisida di LUT Pasir Sarongge 2008.

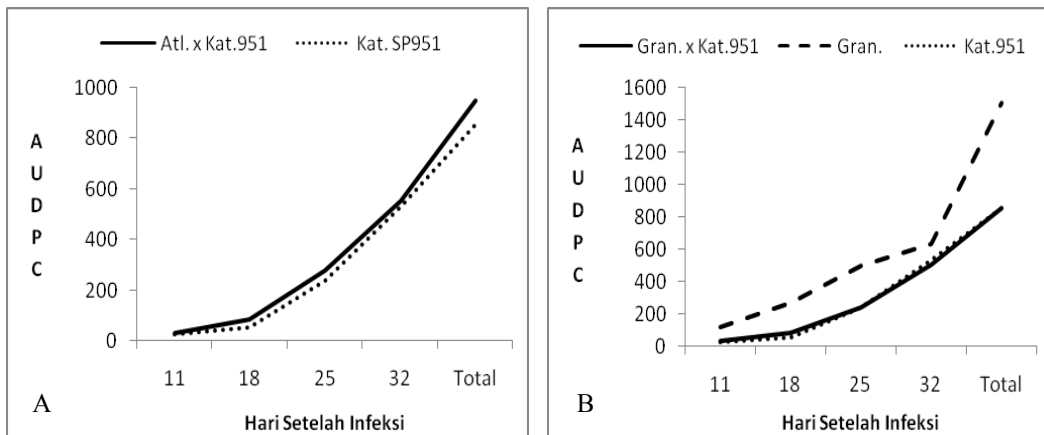


Gambar 2. Area under the disease progress curve (AUDPC) klon-klon transgenik hasil persilangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 (A), dan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 (B) tanpa penyemprotan fungisida di LUT Lembang 2009-2010.

Klon-klon Kentang Transgenik Hasil Persilangan Terseleksi Tahan terhadap



Gambar 3. Area under the disease progress curve (AUDPC) klon-klon transgenik hasil persilangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 (A), dan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 (B) tanpa penyemprotan fungisida di LUT Pangalengan 2010-2011.



Gambar 4. Area under the disease progress curve (AUDPC) klon-klon transgenik hasil persilangan Atlantic dengan transgenik Katahdin SP951 (A), dan Granola dengan transgenik Katahdin SP951 (B) tanpa penyemprotan fungisida di LUT Banjarnegara 2011-2012

diuji diikuti dengan semakin tingginya intensitas penyakit dan AUDPC. Pada semua lokasi LUT, klon-klon hasil persilangan Atlantic dengan Katahdin SP951 (Gambar 1A, 2A, 3A, 4A) mempunyai total AUDPC yang lebih kecil dibandingkan Atlantic dan klon-klon hasil persilangan Granola dengan Katahdin SP951 (Gambar 1B, 2B, 3B, 4B) mempunyai total AUDPC yang lebih kecil dibandingkan Granola, tetapi lebih tinggi dibandingkan tetua transgenik Katahdin SP951. Hal ini menunjukkan bahwa klon-klon hasil persilangan mempunyai ketahanan yang berada dalam kisaran tetua-tetuanya, yaitu lebih tinggi dibandingkan Atlantic dan Granola tetapi lebih rendah dari transgenik Katahdin SP951.

Keragaan fenotipik klon-klon kentang

transgenik hasil persilangan pada evaluasi ketahanan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* di LUT Pangalengan ditampilkan pada Gambar 5. Border tanaman peka sudah mati terserang penyakit hawar daun pada umur 30 hst, demikian pula dengan Atlantic dan Granola pada umur 44 hst. Contoh klon-klon yang tahan sampai 44 hst tanpa penyemprotan fungisida adalah B11 (Atlantic x transgenik Katahdin SP951), D25 dan D38 (Granola x transgenik Katahdin SP951).

Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan yang telah terseleksi tahan terhadap *P. infestans* di masing-masing LUT yaitu Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan dan Banjarnegara ternyata juga menunjukkan ketahanan di semua

lokasi LUT. Tabel 5 menunjukkan bahwa pada 14 sampai 18 hsi terdapat perbedaan ketahanan klon-klon hasil persilangan yang mempunyai skor 7,65 - 8,23 dengan Atlantic (3,60) dan Granola (3, 4, 5).

PEMBAHASAN

Klon-klon transgenik hasil persilangan menunjukkan respon tahan terhadap *P. infestans* sampai 14 – 18 hsi atau sekitar 40 – 45 hst di LUT Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan dan Banjarnegara, sedangkan tetuanya Atlantic dan Granola sudah rentan dengan skor 3 sampai 4. Ketahanan klon-klon kentang hasil persilangan juga didukung oleh nilai AUDPC, dimana AUDPC klon-klon kentang hasil persilangan lebih kecil dibandingkan Atlantic dan Granola. Semakin tinggi nilai AUDPC, maka tanaman akan semakin rentan (CIP 2007). Ketahanan tanaman di lapang juga didukung oleh hasil bioefikasi di rumah kaca terhadap isolat *P. infestans* asal Banjarnegara, Pangalengan dan Garut yang menunjukkan bahwa klon kentang hasil persilangan lebih tahan dan berbeda nyata dibandingkan tetua rentan Atlantic dan Granola, berdasarkan skor ketahanan tanaman dan nilai AUDPC (ABSPII 2013).

Namun demikian, pada akhir pengamatan di semua lokasi LUT, klon-klon hasil persilangan menunjukkan penurunan sifat ketahanan dan terserang penyakit hawar daun *P. infestans*. Gen *RB* yang memediasi ketahanan terhadap *P.*

infestans adalah ketahanan yang bersifat lapang atau horizontal, dan berspektrum luas terhadap ras-ras *P. infestans* di Amerika (Song *et al.* 2003). Gen *RB* tidak menyebabkan tanaman imun terhadap *P. infestans*, tetapi dapat menunda dan membatasi perkembangan serta penyebaran patogen (Bradeen *et al.* 2009).

Berkurangnya ketahanan tanaman juga berhubungan dengan bertambahnya umur fisiologis tanaman (Millett & Bradeen 2007). Menurut Millett *et al.* (2009) ketahanan yang dimediasi oleh gen *RB* bervariasi sepanjang perkembangan tanaman. Pada umur fisiologis tanaman sampai fase pra-berbunga, ketahanan tanaman akan lebih tinggi dibandingkan pada fase pasca-berbunga atau mendekati penuaan. Namun, Bradeen *et al.* (2009) mendapatkan bahwa disepanjang perkembangan tanaman tidak terdapat perbedaan tingkat transkripsi gen *RB*.

Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan yang menunjukkan ketahanan sampai 14 – 18 hsi atau sekitar 40 – 45 hst tanpa penyemprotan fungisida akan sangat bermanfaat dalam mengurangi frekuensi aplikasi fungisida, sehingga berdampak pada pengurangan biaya produksi. Menurut hasil survei yang dilakukan oleh Adiyoga dan Ameriana (2000) terhadap petani kentang di Pangalengan, Jawa Barat, menyatakan bahwa komponen biaya produksi yang cenderung meningkat dengan cepat adalah pengeluaran untuk pengendalian hama penyakit. Pengeluaran biaya untuk pestisida menempati urutan ke dua setelah bibit, atau bahkan setara dengan pengeluaran



Gambar 5. Keragaan fenotipik klon-klon kentang transgenik hasil persilangan pada evaluasi ketahanan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida di lapangan uji terbatas Pangalengan, Jawa Barat, 2010-2011. B: Atlantic x transgenik Katahdin SP951, D: Granola x transgenik Katahdin SP951.

bibit, dibandingkan untuk keperluan pupuk dan tenaga kerja. Selanjutnya, menurut studi *ex-ante* Adiyoga (2009), dalam satu musim tanam petani kentang melakukan penyemprotan fungisida sebanyak 20 sampai 30 kali. Biaya fungisida yang diperlukan untuk mengendalikan penyakit hawar daun diperkirakan sekitar 75% dari total biaya yang dihabiskan untuk pestisida. Pengurangan aplikasi fungisida memberikan dampak positif bagi petani karena akan mengurangi biaya produksi dan kemungkinan kontak dengan fungisida.

Klon-klon yang mempunyai ketahanan terhadap penyakit hawar daun akan sangat membantu program pemuliaan tanaman kentang, khususnya dalam mengurangi biaya untuk aplikasi fungisida. Namun, untuk dapat diadopsi petani, selain faktor ketahanan terhadap *P. infestans* sangat diperlukan informasi tentang karakter agronomi, seperti tinggi tanaman, bentuk umbi, warna umbi dan daging umbi serta komponen hasil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Evaluasi ketahanan klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* di LUT Pasir Sarongge (2008), Lembang (2009-2010), Pangalengan (2010-2011) dan Banjarnegara (2011-2012) menghasilkan 12 klon terseleksi tahan terhadap *P. infestans* di masing-masing lokasi LUT dan di keempat lokasi LUT. Ke-12 klon tersebut adalah 5 klon hasil persilangan Atlantic x transgenik Katahdin S951 (B35, B169, B163, B11, B162) dan 7 klon hasil persilangan Granola x transgenik Katahdin S951 (D76, D12, D25, D48, D38, D37, D15).

Tanpa penyemprotan fungisida, klon-klon kentang terseleksi menunjukkan ketahanan terhadap *P. infestans* sampai 14 – 18 hsi atau sekitar 40 – 45 hst, dengan skor ketahanan 7,65 sampai 8,23 yang berbeda nyata dibandingkan Atlantic (skor 3,60) dan Granola (skor 3,45). Nilai AUDPC klon-klon hasil persilangan lebih kecil dibandingkan Atlantic dan Granola, namun lebih besar dari transgenik Katahdin SP951, yang mengindikasikan bahwa klon-klon tersebut mempunyai tingkat ketahanan pada kisaran kedua tetuanya.

Perlu dilakukan penelitian untuk melihat

karakter hortikultura dari klon-klon hasil persilangan yang telah tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Dedeh Suwarsih dan Bapak Usep Jaenudin di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang serta Ibu Sukma Wijayanti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ABSPII. 2013. Technical Report of Late Blight Resistant (LBR) Potato Activities in Indonesia. Agricultural Biotechnology Support Project II. January – June, 2013. 33.
- Adiyoga, W. & M. Ameriana. 2000. Sistem pengetahuan lokal pengendalian hama penyakit kentang di Pangalengan. *Jurnal Hortikultura* 10(3):226.240.
- Adiyoga, W. 2009. Costs and benefits of transgenic late blight resistant potatoes in Indonesia. Dalam: Norton, GW., & M.H. Desiree (eds.). *Projected Impacts of Agricultural Biotechnologies for Fruits and Vegetables in the Philippines and Indonesia*. ISAAA SEAsia Center, Los Banos, Laguna 4030, Philippines. 86-104.
- Ambarwati, AD., A. Purwito, M. Herman, SM. Sumaraw, & H. Aswidinnoor. 2009. Analisis integrasi dan segregasi gen ketahanan terhadap hawar daun pada progeni F1 hasil persilangan tanaman kentang transgenik dengan non transgenik. *Jurnal Agro Biogen* 5 (1): 25-31.
- Ambarwati, AD., SM. Sumaraw, A. Purwito, M. Herman, E. Suryaningsih, & H. Aswidinnoor. 2011. Efikasi gen *RB* pada tanaman kentang transgenik Katahdin SP904 dan SP951 terhadap empat isolat *Phytophthora infestans* dari Jawa Barat. *Jurnal AgroBiogen* 7(1): 28-36.
- Basuki, RS., Kusmana, & A. Dimiyati. 2005. Analisis daya hasil, mutu, dan respon

- pengguna terhadap klon 380584.3, TS-2, FBA-4, I-1085, dan MF-II sebagai bahan baku keripik kentang. *Jurnal Hortikultura* 15(3): 160-170.
- Bradeen, JM., M. Iorizzo, DS. Mollov, J. Raasch, LC. Kramer, BP. Millet, S. Austin-Phillips, J. Jiang, & D. Carputo. 2009. Higher copy numbers of the potato *RB* transgene correspond to enhanced transcript and late blight resistance levels. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 22(4):437-446.
- Campbell, C. & LV. Madden. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. Wiley, New York, USA.
- CIP. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperator's Guide. Bonierbale, M., S. de Haan, & A. Forbes (eds.). 41-53.
- Colton, LM., HI. Groza, SM. Wielgus, & J. Jiang. 2006. Marker-Assisted Selection for the broad-spectrum potato late blight resistance conferred by gene *RB* derived from a wild potato species. *Crop Science* 46:589-594.
- Halterman, DA., LC. Kramer, S. Wielgus, & J. Jiang. 2008. Performance of transgenic potato containing the late blight resistance gene *RB*. *Plant Disease* 92:339-343.
- Henfling, JW. 1979. Late blight of potato: *Phytophthora infestans*. Dalam: *Technical Information Bulletin*. International Potato Center, Lima, Peru.13.
- Herman, M., E. Sofiari, E. Suryaningsih, AD. Ambarwati, E. Listanto, S. Wijayanti, & H.Purwanti. 2007. Annual report of product development of late blight resistant (LBR) potato in Indonesia. USAID/ABSP II, Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Julieta, DB. & A. Napitupulu. 2006. Buku Tahunan Hortikultura Seri: Tanaman Sayuran. Departemen Pertanian.
- Kuhl, JC., K. Zarka, J. Coombs, WW. Kirk, & DS. Douches. 2007. Late blight resistance of *RB* transgenic potato lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132(6):783-789.
- Kusmana. 2003. Evaluasi beberapa klon kentang asal stek batang untuk uji ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*. *Jurnal Hortikultura* 13(4): 220-228.
- Kusmana. 2004. Evaluasi resistensi 26 genotip kentang terhadap penyakit busuk daun di Cibodas, Lembang. *Jurnal Hortikultura* 14(1): 15-24.
- Millet, BP. & JM. Bradeen. 2007. Development of allele-specific PCR and RT-PCR assays for clustered resistance genes using a potato late blight resistance as a model. *Theoretical Applied Genetics*. 114:501-513.
- Millet, BP., DS. Mollov, M. Iorizzo, D. Carputo, & JM. Bradeen. 2009. Changes in disease resistance phenotypes associated with plant physiological age are not caused by variation in *R* gene transcript abundance. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 22 (3):362-368.
- Ojiambo, PS., JO. Nyanapah, C. Lung'aho, JK. Karinga, & HM. Kidanemariam. 2000. Comparing different epidemiological models in field evaluations of selected genotypes from *Solanum tuberosum* CIP population A for resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary in Kenya. *Euphytica* 111:211-218
- Song, J., JM. Bradeen, SK. Naess, JA. Raasch, SW. Wielgus, GT. Haberlach, J. Liu, H. Kuang, S. Austin-Phillips, CR. Buell, JP. Helgeson, & J. Jiang. 2003. Gene *RB* cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *Proceedings of the National. Academy of Sciences*. USA 100:9128-9133.