

KENTANG TAHAN PENYAKIT HAWAR DAUN (*Phytophthora infestans*) YANG RAMAH LINGKUNGAN

Alberta D Ambarwati

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian

Jl. Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111, Indonesia

PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum*) adalah tanaman subtropis yang sudah beradaptasi dengan baik di wilayah dataran tinggi di Indonesia. Tanaman ini diintroduksi ke Indonesia dari Eropa pada pertengahan abad ke-18. Sebaran daerah pertanaman kentang di Indonesia meliputi Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatra Utara, Sumatra Barat, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Aceh, Jambi, Lampung, dan Nusa Tenggara Barat (Julieta & Napitupulu 2006). Provinsi Aceh, Sumatra Barat, Jambi, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Nusa Tenggara Barat menghasilkan kentang dengan rata-rata produktivitas 20,23 ton/ha, lebih tinggi dari rata-rata nasional (18,2 ton/ha) (Statistik Pertanian 2016).

Dalam Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Hortikultura tahun 2017, kentang menjadi salah satu sasaran strategis komoditas bernilai tambah dan berdaya saing yang akan dicapai dengan target 1.437.332 ton pada tahun 2017. Produksi kentang rata-rata adalah 1.219.270 ton pada tahun 2015 dan turun menjadi

1.213.038 ton pada tahun 2016. Pencapaian produktivitas yang lebih tinggi sangat didukung oleh ketersediaan varietas unggul serta benih dengan kualitas yang baik. Penurunan luas areal tanam, permintaan kentang yang terus meningkat dan tumbuhnya industri olahan kentang mendorong pemerintah untuk berusaha mengimbangi permintaan pasar.

Pemenuhan kebutuhan bibit kentang berkualitas dapat dicapai melalui ketersediaan varietas unggul. Granola adalah varietas unggul kentang yang memiliki adaptasi luas dan di-tanam di hampir 90% areal tanam di Indonesia (Chujoy *et al.* 1999), sedangkan Atlantic banyak digunakan dalam industri olahan. Namun, kedua varietas tersebut mempunyai kelemahan yaitu tidak tahan terhadap penyakit hawar daun (busuk daun).

Penyakit hawar daun disebabkan oleh cendawan patogen *P. infestans*, yang dapat menyerang bagian daun, batang dan umbi kentang. Serangan penyakit hawar daun *P. infestans* menjadi kendala dalam produksi kentang, karena dapat menurunkan hasil antara 47-100% (Ojiambo *et al.* 2000; Kusmana 2003). Pengendalian *P. infestans* yang dilakukan dengan penyemprotan fungisida secara terus menerus tentu saja akan berdampak terhadap lingkungan dan kesehatan. Tersedianya tanaman kentang tahan terhadap *P. infestans* menjadi solusi yang terbaik untuk menjawab permasalahan dalam pengendalian hawar daun *P. infestans*.

Perakitan kentang tahan *P. infestans* dapat dilakukan melalui teknik rekayasa genetik dengan menyisipkan gen-gen ketahanan ke dalam tanaman. Saat ini telah diperoleh kentang hasil persilangan Atlantic atau Granola dengan Katahdin SP951 yang mengandung gen tunggal yaitu gen *RB* yang berasal dari kerabat liar kentang *Solanum bulbocastanum*. Kentang hasil persilangan terbukti memberikan ketahanan di lapang sampai umur 45–50 hari setelah tanam tanpa penyemprotan fungisida (Ambarwati *et al.* 2015). Penelitian terus berkembang untuk mendapatkan ketahanan yang lebih *durable* dengan menggabungkan lebih dari

satu gen ketahanan dan disisipkan pada tanaman kentang melalui *A. tumefaciens*. Tanaman kentang yang mengandung beberapa gen (*stacked genes*) menunjukkan ketahanan terhadap *P. infestans* sampai umur panen, sehingga tidak perlu dilakukan penyemprotan fungisida. Kentang dengan ketahanan terhadap *P. infestans* sangat bermanfaat bagi petani dalam mengurangi penyemprotan fungisida dan menekan biaya produksi.

Tulisan ini bertujuan untuk memberi informasi mengenai ketersediaan tanaman kentang yang tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans*, yang sangat bermanfaat dalam mengurangi aplikasi penyemprotan fungisida sehingga akan mengurangi biaya produksi serta ramah lingkungan. Dalam tinjauan ini akan dibahas beberapa hal mulai permasalahan atau kendala produksi kentang di Indonesia akibat penyakit hawar daun *P. infestans*, perakitan kentang tahan penyakit hawar daun *P. infestans*, dan manfaat kentang tahan penyakit hawar daun *P. infestans*.

STATUS PENYAKIT HAWAR DAUN PADA BUDI DAYA KENTANG DAN UPAYA PENGENDALIANNYA DI INDONESIA

Kentang menempati urutan ke dua dari lima jenis tanaman sayuran yang memberikan kontribusi produksi terbesar terhadap total produksi sayuran di Indonesia, yaitu sebesar 1.347.815 ton atau 11,31% setelah kol/kubis sebesar 1.435.833 ton (12,05%). Sentra produksi kentang terbesar adalah di Jawa Tengah (21,68%), diikuti oleh Jawa Barat (18,20%) dan Jawa Timur (15,45%). Produksi kentang di Indonesia rata-rata adalah 1.219.270 ton pada tahun 2015, mengalami penurunan sebesar 128.545 ton (9,54%) dari tahun 2014 (1.347.815 ton) (Statistik Pertanian 2016). Untuk meningkatkan produksi kentang, perlu dilakukan perbaikan Sistem budi daya, penggunaan benih bermutu, perbaikan pasokan benih bermutu melalui pengelolaan

Sistem perbenihan dan produksi benih (Fuglie 2007). Benih kentang bermutu akan dihasilkan dari tanaman yang sehat.

Budi daya kentang untuk mendapatkan tanaman yang sehat dan benih bermutu dihadapkan pada berbagai kendala, di antaranya adalah serangan hama dan penyakit, misalnya hama *Aphids*, *Thrips*, penggerek umbi kentang, nematoda serta penyakit hawar daun, bercak kering, dan layu *Fusarium*. Kusmana (2003) melaporkan bahwa serangan *P. infestans* dapat menurunkan produksi kentang sampai 45% pada varietas Granola. Hawar daun *P. infestans* yang menyerang tanaman kentang saat berumur 20–30 hari setelah tanam dapat menimbulkan kehilangan hasil sampai 75% (Adiyoga 2009). Ojiambo *et al.* (2000) melaporkan bahwa penyakit hawar daun *P. infestans* menjadi problem yang paling serius dalam budi daya kentang, karena dapat menyebabkan kehilangan semua hasil umbi pada plasma nutfah kentang yang rentan.

Survei yang dilakukan Fuglie (2007) untuk penelitian kentang di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia masih difokuskan pada prioritas utama yaitu pengendalian penyakit hawar daun. Strategi pengendalian yang dilakukan adalah dengan merakit varietas tahan dan perbaikan teknik budi daya/pengelolaan.

Adiyoga (2009) melakukan survei terhadap petani kentang di Pangalengan. Petani menempatkan penyakit hawar daun sebagai masalah utama pada tanaman kentang, yang akan berdampak terhadap hasil/produksi dan pendapatan. Selain itu penggunaan pestisida secara terus menerus juga memberikan efek eksternal, seperti kontaminasi air.

Tindakan pengendalian yang dilakukan untuk mengatasi serangan *P. infestans* adalah dengan penyemprotan fungisida secara terus menerus. Dalam hal ini perlu diperhatikan strategi aplikasi alternasi yaitu dengan mengatur penggunaan fungisida sistemik dan fungisida kontak untuk mencegah munculnya daya

resistensi cendawan terhadap bahan aktif dalam fungisida. Penggunaan fungisida secara intensif dan dalam jangka panjang tentu saja akan berdampak tidak baik terhadap lingkungan karena cemaran bahan kimia berbahaya. Akumulasi residu pestisida dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan, terutama bagi petani.

Strategi yang tepat untuk mengendalikan *P. infestans* adalah tersedianya varietas tahan. Sumber gen ketahanan terhadap *P. infestans* hanya terdapat pada spesies liar kentang. Pemanfaatan spesies liar dalam pemuliaan kentang banyak menghadapi kendala karena spesies liar kentang adalah diploid ($2n = 2x = 24$) yang secara seksual tidak kompatibel dengan kentang budi daya tetraploid ($2n = 4x = 48$) (Hawkes 1994). Selain itu, adanya perbedaan ploidi, sifat mandul jantan atau tanaman kentang tidak menghasilkan bunga menjadi hambatan di dalam melakukan persilangan (Sahat 1985).

Pemuliaan kentang untuk mendapatkan tanaman yang tahan *P. infestans* dapat dibantu dengan bioteknologi. Melalui rekayasa genetik, gen-gen ketahanan tersebut dapat diisolasi kemudian dimasukkan ke dalam tanaman kentang melalui *A. tumefaciens*, penembakan partikel, atau hibridisasi somatik (Helgeson *et al.* 1998; Song *et al.* 2003). Sumber gen ketahanan dari spesies liar telah banyak dimanfaatkan untuk merakit kentang tahan hawar daun *P. infestans*.

PERAKITAN KENTANG TAHAN PENYAKIT HAWAR DAUN *P. infestans*

Sumber gen ketahanan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* banyak terdapat pada spesies kerabat liar kentang, misalnya *Solanum brevidens*, *S. acaule*, *S. demissum*, *S. microdontum*, *S. stoloniferum*, *S. bulbocastanum* (Hawkes 1994). *S. demissum* mengandung 11 gen R atau gen ketahanan terhadap *P. infestans*,

dan sudah dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman kentang untuk mendapatkan ketahanan yang bersifat *durable*. Sebelas gen *R* diintrogresikan ke dalam varietas kentang komersial (Umaerus & Umaerus 1994; Halpin 2005; Jo *et al.* 2014) dan diuji ketahanannya terhadap *P. infestans*, namun ternyata gen-gen *R* tersebut memberikan ketahanan yang bersifat spesifikras, dan dengan cepat dapat dipatahkan ketahanannya oleh patogen (Umaerus & Umaerus 1994). Beberapa gen ketahanan lain adalah gen *Rber* yang berasal dari *S. berthaultii*, dan gen *Rpi1* dari *S. pinnatisectum* (Ewing *et al.* 2000; Kuhl *et al.* 2001).

Upaya terus dilakukan untuk mendapatkan gen-gen yang mempunyai ketahanan multiras. Gen *RB* (*Resistance from Bulbocastanum*) atau disebut juga sebagai *Rpi-blb1* yang berasal dari kerabat liar kentang *S. bulbocastanum* dilaporkan mempunyai ketahanan yang bersifat *broad spectrum* terhadap ras-ras *P. infestans* di Amerika Serikat (Helgeson *et al.* 1998; Song *et al.* 2003; van der Vossen *et al.* 2003). Selain itu *S. bulbocastanum* juga mengandung gen *Rpi-blb2*. Gen *RB* atau *Rpi-blb1* dan *Rpi-blb2* dari *S. bulbocastanum* masing-masing sudah dipetakan pada kromosom 8 dan 6 (Naess *et al.* 2000; van der Vossen *et al.* 2005), dan dimanfaatkan dalam perakitan tanaman kentang tahan *P. infestans*.

Gen *RB* telah ditransformasi ke dalam kentang varietas Katahdin melalui *Agrobacterium tumefaciens*. Kentang Katahdin yang mengandung gen *RB* menunjukkan ketahanan di rumah kaca terhadap semua isolat *P. infestans* yang diuji termasuk ras super di Amerika Serikat, yaitu US930287, 126C18, US940480, MSU-96, US940501, dan US980008 (Song *et al.* 2003). Galur-galur kentang PRG MSE149–5Y yang mengandung gen *RB* menunjukkan ketahanan terhadap *P. infestans* di rumah kaca maupun di lapang di Michigan (Kuhl *et al.* 2007). Halterman *et al.* (2008) menguji ketahanan tanaman Katahdin SP951, SP2423, SP2105 dan SP 2564 terhadap *P. infestans* di rumah kaca dan menunjukkan

ketahanan dengan rata-rata skor ketahanan, masing-masing 7,0 ($\pm 0,7$), 6,6 ($\pm 0,6$), 7,2 ($\pm 0,7$), dan 7,6 ($\pm 0,5$), pada 10 hari setelah inokulasi maupun dalam pengujian lapangan di Wisconsin.

Katahdin SP951 yang menunjukkan ketahanan terhadap isolat-isolat *P. infestans* di Amerika Serikat, diuji ketahanannya terhadap *P. infestans* Indonesia, dalam pengujian di rumah kaca maupun di lapangan uji terbatas (LUT). Pengujian di rumah kaca di Balitsa, Lembang menunjukkan bahwa Katahdin SP951 tahan terhadap *P. infestans* isolat Jawa Barat (Pangalengan, Galunggung, Pasir Sarongge) dengan nilai perkembangan penyakit (AUDPC) 63,1 sampai 121,9 lebih kecil dibandingkan non PRG sebesar 176 sampai 450 (Ambarwati *et al.* 2011), maupun pada pengujian di LUT (Herman 2007).

Strategi pendekatan yang dilakukan di Indonesia dalam merakit varietas kentang tahan *P. infestans* adalah memanfaatkan Katahdin SP951 dalam program pemuliaan kentang. Katahdin SP951 digunakan sebagai tetua tahan dalam persilangan dengan varietas Atlantic dan Granola. Ke dua varietas tersebut merupakan varietas yang populer di Indonesia, terutama Granola yang mendominasi lebih dari 90% pertanaman kentang di Indonesia, Namun demikian, Granola dan Atlantic mempunyai kelemahan yaitu tidak tahan terhadap penyakit hawar daun, meskipun sudah dilakukan proteksi dengan penyemprotan fungisida secara intensif (Kusmana 2003; Kusmana & Basuki 2004; Basuki *et al.* 2005).

Galur-galur hasil persilangan telah diuji secara molekuler dan positif mengandung gen RB yang berasal dari tetua Katahdin SP951. Seleksi ketahanan galur-galur hasil persilangan dilakukan di beberapa LUT dari tahun 2008 sampai 2013 di Jawa Barat yaitu Pasir Sarongge (Ambarwati *et al.* 2011), Pangalengan, Lembang, Garut dan di Jawa Tengah (Banjarnegara) (Ambarwati *et al.* 2012; Ambarwati *et al.* 2015). Dua belas galur hasil persilangan menunjukkan ketahanan terhadap *P. infestans* dengan skor ketahan-

an berkisar dari 7,65–8,23 dengan kriteria tahan (Halterman *et al.* 2008) di empat LUT di Pasir Sarongge, Lembang, Pangalengan dan Banjarnegara sampai 14-18 hari setelah infeksi atau sekitar 45–50 hari setelah tanam, tanpa melakukan penyemprotan fungisida. Ketahanan tersebut berbeda nyata dengan tetua Atlantic dan Granola (Tabel 3.4). Keragaan fenotipik di lapangan menunjukkan bahwa galur hasil persilangan masih tahan terhadap *P. infestans* pada umur 44 hari setelah tanam atau 16 hari setelah infeksi tanpa penyemprotan fungisida, sedangkan tetuanya Atlantic dan Granola sudah mati (Gambar 3.8).

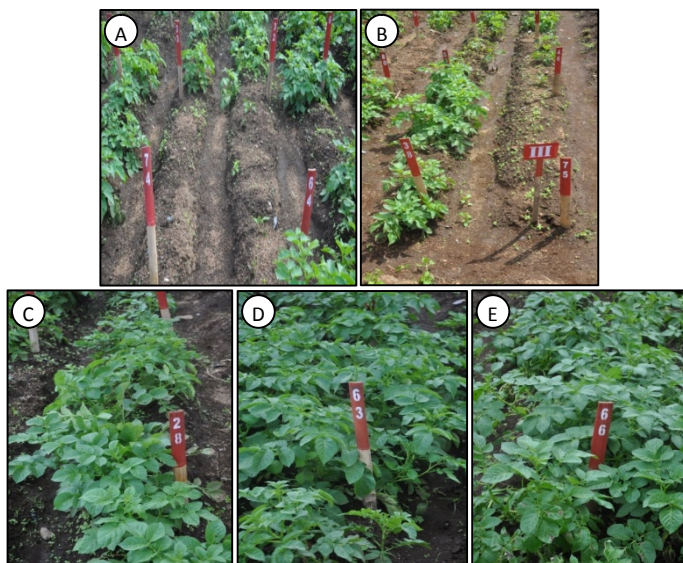
Berdasarkan sifat ketahanan terhadap *P. infestans*, karakter hortikultura dan preferensi petani di LUT di Pangalengan, Banjarnegara dan Garut (2014) dari 12 galur tersebut terseleksi enam galur yaitu 2 galur hasil persilangan Atlantic dengan Katahdin SP951 (B35 dan B163) dan 4 galur hasil persilangan

Tabel 3.4. Galur-galur kentang hasil persilangan yang terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida di empat lapangan uji terbatas, 2008–2012

No. galur	Galur	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

Granola dengan Katahdin SP951 (D12, D37, D38, D48). Tanpa penyemprotan fungisida, galur-galur tersebut menghasilkan hasil panen umbi kentang dengan kisaran 10,97 sampai 16,59 t/ha atau rata-rata 11,2 t/ha.

Galur-galur hasil persilangan mempunyai ketahanan terhadap *P. infestans* sampai umur 45-50 hari setelah tanam, dan tidak bersifat imun, sehingga untuk mencapai umur panen sekitar 90-100 hari setelah tanam masih diperlukan penyemprotan fungisida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penyemprotan fungisida 10 kali, galur-galur hasil persilangan dapat memberikan hasil rata-rata 20,03 t/ha, sedangkan dengan penyemprotan



Sumber: Ambarwati et al. 2015)

Gambar 3.7. Evaluasi ketahanan galur-galur kentang hasil persilangan terhadap hawar daun *P. infestans* tanpa penyemprotan fungisida pada 44 hari setelah tanam atau 16 hari setelah infeksi, di lapangan uji terbatas Pangalengan, Jawa Barat. A = Atlantic, B = Granola, C = persilangan Atlantic dengan Katahdin SP951, D dan E = persilangan Granola dengan Katahdin SP951

20 kali sebesar 21, 82 t/ha. Menurut penelitian Adiyoga (2009) frekuensi penyemprotan fungisida yang dilakukan oleh petani adalah sebanyak 20-30 kali dalam satu musim tanam. Pemanfaatan galur-galur tahan *P. infestans* dapat mengurangi penyemprotan fungisida sebanyak 50%.

Penelitian Chen & Halterman (2011), Halterman *et al.* (2008) dan Song *et al.* (2003) menunjukkan bahwa tanaman kentang yang mengandung gen *RB* sangat tahan terhadap *P. infestans*, namun fenotipik ketahanan *RB* tersebut lebih bersifat parsial dan tidak imun. Menurut Chen & Halterman (2011) *S. bulbocastanum* mempunyai ketahanan yang bersifat imun, karena gen *RB* bekerja sama dengan gen-gen *R* lainnya seperti *Rpi-blb2* dan *Rpi-blb3* untuk menginduksi respons pertahanan yang lebih cepat dan lebih lengkap. Respons ketahanan tanaman sangat tergantung dari gen-gen yang terlibat.

Untuk mendapatkan ketahanan tanaman yang lebih *durable*, maka dilakukan berbagai upaya dengan memanfaatkan gen-gen ketahanan yang ada pada kerabat liar kentang. Pemuliaan tanaman difokuskan untuk mendapatkan tanaman kentang dengan ketahanan *durable*. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggunakan lebih dari satu gen ketahanan. Teknik rekayasa genetik memungkinkan untuk menggabungkan beberapa gen ketahanan yang secara bersamaan dapat di introduksikan ke dalam genom tanaman tanpa merubah fenotipe tanaman kecuali untuk sifat yang di introduksikan (Gheysen *et al.* 2015). Penggunaan multigen yang masing-masing memiliki spektrum ketahanan yang luas merupakan strategi yang efektif untuk mendapatkan ketahanan yang lebih *durable* terhadap *P. infestans* (Zhu *et al.* 2012).

Haesaert *et al.* (2016) melakukan transformasi pada varietas rentan Desiree dengan satu gen yaitu *Rpi-sto1* atau gen *Rpi-vnt1.1* dan multipel gen yaitu gen *Rpi-sto1*, *Rpi-vnt1.1* dan *Rpi-blb3*. Gen *Rpi-sto1* berasal dari *S. stoloniferum*, *Rpi-vnt1.1* dari *S. venturii* dan

Rpi-blb3 dari *S. bulbocastanum*. Kentang hasil transformasi Desiree telah diuji di LUT di Belanda dan Belgia selama dua tahun berturut-turut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing gen mempunyai kontribusi yang berbeda terhadap ketahanan. Gen ketahanan yang berasal dari *S. venturii* mempunyai kontribusi tertinggi dalam ketahanan terhadap *P. infestans*, namun kentang yang mengandung tiga gen menunjukkan ketahanan sampai panen tanpa perlu melakukan penyemprotan fungisida. Kentang *stacked genes* yang mempunyai lebih dari satu gen ketahanan ini juga lebih tahan dibandingkan dengan kentang yang hanya mempunyai satu gen ketahanan. Zhu *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa kentang Desiree yang mengandung tiga gen ketahanan *Rpi-sto1* (*S. stoloniferum*), *Rpi-vnt1.1* (*S. venturii*) dan *Rpi-blb3* (*S. bulbocastanum*) tidak menunjukkan indikasi adanya pembungkaman gen atau efek negatif lainnya yang mempengaruhi fungsi gen-gen yang diintroduksi. Perakitan tanaman kentang juga dilakukan oleh Jo *et al* (2014) dengan menggabungkan dua gen ketahanan terhadap *P. infestans* yaitu gen *Rpi-vnt1.1* dan *Rpi-sto1* pada varietas Atlantic, Bintje dan Potae9. Beberapa *event* tanaman kentang yang mengandung dua gen tersebut menunjukkan ketahanan *broad spectrum* terhadap isolat *P. infestans* dari Amerika, Eropa dan Korea, karena aktivitas atau peranan ke dua gen tersebut. Kombinasi tiga gen ketahanan yaitu *RB* (*S. bulbocastanum*), *Rpi-blb2* (*S. bulbocastanum*) dan *Rpi-vnt1.1* (*S. venturi*) telah ditransformasi ke dalam varietas Shangi, Victoria, Desiree, dan Tigoni. Pengujian di rumah kaca maupun di LUT di Uganda pada tahun 2016 menunjukkan bahwa kentang Victoria dan Desiree yang mengandung tiga gen tersebut tahan terhadap *P. infestans* sampai umur panen tanpa penyemprotan fungisida (Magembe 2017).

PROSPEK PEMANFAATAN KENTANG TAHAN PENYAKIT DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT HAWAR DAUN (*P. INFESTANS*) DI INDONESIA

Penyakit hawar daun *P. infestans* sampai saat ini masih menjadi masalah bagi petani kentang di Indonesia. Penyemprotan fungisida yang dilakukan secara terus menerus untuk mengendalikan *P. infestans* dapat berdampak buruk terhadap kelestarian lingkungan maupun kesehatan manusia. Survei yang dilakukan terhadap petani kentang di Pangalengan, memberikan informasi bahwa biaya untuk pengendalian hama dan penyakit, termasuk pembelian fungisida, adalah setara dengan biaya untuk pembelian bibit (Adiyoga & Ameriana 2000).

Petani mempunyai inisiatif untuk menggunakan fungisida tunggal namun dengan dosis yang melebihi aturan yang dianjurkan, apabila konsentrasi yang biasa digunakan sudah tidak efektif lagi untuk mengendalikan *P. infestans*. Selain itu, petani juga menggunakan fungisida campuran yaitu dengan mengombinasikan fungisida sistemik dengan fungisida kontak. Frekuensi penyemprotan sangat tergantung pada perkembangan serangan penyakit dan keadaan cuaca. Pada musim hujan dengan kelembaban tinggi, petani melakukan penyemprotan fungisida setiap 2 atau 3 hari. Kebutuhan pestisida yang semakin bertambah, diiringi dengan kenaikan harga pestisida, dirasakan sangat membebani petani terutama di negara berkembang dimana pengendalian penyakit hawar daun sangat tergantung kepada penggunaan bahan kimia.

Tersedianya tanaman kentang yang mengandung gen ketahanan terhadap *P. infestans* akan sangat bermanfaat bagi petani. Tanaman kentang dengan gen *RB* terbukti mempunyai ketahanan terhadap *P. infestans* ketika ditanam di LUT di Lembang, Pangalengan, Garut dan Banjarnegara sampai umur 45-50 hari setelah tanam tanpa melakukan penyemprotan fungisida

(Ambarwati *et al.* 2015). Untuk mencapai umur panen yaitu sekitar 90–100 hari, maka tanaman kentang dengan satu gen tunggal (gen *RB*) masih memerlukan penyemprotan fungisida sebanyak 10 kali. Hasil penelitian ini mendukung pernyataan Adiyoga (2009) yang melakukan studi sosial ekonomi (*ex ante*) melalui survei untuk petani kentang di Pangalengan. Petani melakukan penyemprotan fungisida sebanyak 20-30 kali setiap musim tanam. Penggunaan varietas kentang tahan terhadap *P. infestans* akan sangat bermanfaat bagi petani karena dapat menghemat biaya penyemprotan fungisida antara 50% (Rp. 4.097.625) sampai 80% (Rp. 6.556.200).

Analisis *ex-ante* dalam studi sosial ekonomi kentang dilakukan oleh CARE, IPB (2013). Data yang digunakan adalah data primer berupa data usaha tani dan persepsi melalui wawancara atau diskusi dengan petani, pakar, dan masyarakat serta data sekunder yang diperoleh melalui dinas/instansi terkait, seperti BPTP. Survei dilakukan di sentra produksi kentang di Sumatera Utara (Karo dan Medan), Jawa Barat (Pangalengan dan Bogor), Jawa Tengah (Dieng), dan Jawa Timur (Tosari). Berdasarkan survei yang dilakukan, pemanfaatan kentang tahan *P. infestans* akan mengurangi jumlah dan biaya fungisida serta tenaga kerja sebesar 35% per ha atau Rp.1.731.735. Pemanfaatan kentang Produk Rekayasa Genetik (PRG) akan meningkatkan input sebesar 6,91% (Rp. 2.933.407) dengan asumsi bahwa benih kentang PRG lebih mahal dibandingkan non PRG, namun terdapat potensi peningkatan produksi sebesar 18,29% (Rp. 11.357.424), maka hasil analisis menunjukkan masih ada potensi keuntungan sekitar 42,85% (Rp. 8.424.017) per ha. Oleh karena itu pemanfaatan kentang PRG sangat menarik bagi petani.

Perakitan tanaman kentang dengan ketahanan *durable* terhadap *P. infestans* mulai banyak dilakukan, dengan cara menggabungkan atau mengkombinasikan lebih dari satu gen ketahanan dalam satu tanaman. Teknologi *stacked genes* secara umum

telah banyak dimanfaatkan dan hingga tahun 2014 luas penanaman tanaman PRG *stacked genes* di dunia mencapai sekitar 51 juta ha (James 2014). Tanaman kentang *stacked genes* yang mengandung dua atau tiga gen ketahanan, misalnya *Rpi-ont1.1*, *Rpi-sto1*, *RB*, *Rpi-blb2* terbukti mempunyai ketahanan yang bersifat *durable* dan lebih tahan dibandingkan dengan kentang yang mengandung satu gen. Kentang *stacked genes* menunjukkan ketahanan sampai umur panen dan tidak memerlukan penyemprotan fungisida. Hal ini tentu saja sangat bermanfaat bagi petani karena akan mengurangi biaya produksi. Gheysen *et al.* (2015) memperkirakan bahwa dengan menggunakan kentang *stacked genes* dengan kombinasi tiga atau empat gen ketahanan yang berbeda dapat mengurangi penggunaan fungisida setidaknya 80%.

Keberhasilan perakitan tanaman kentang dengan ketahanan *durable* terhadap *P. infestans* tanpa melakukan penyemprotan fungisida maupun dengan penyemprotan minimal yaitu 10 kali di-harapkan dapat memberikan nilai tambah dalam pemuliaan kentang karena secara nyata dapat mengurangi jumlah dan frekuensi penyemprotan fungisida.

PENUTUP

Kentang adalah salah satu komoditas yang strategis untuk dikembangkan. Permintaan akan bahan baku kentang semakin meningkat, terutama dengan meningkatnya konsumsi kentang olahan. Dibandingkan dengan bahan pangan utama lain, kentang memiliki potensi dan prospek yang baik untuk mendukung program diversifikasi pangan. Ketersediaan kentang olahan masih terbatas dan masih dipenuhi oleh import. Hal ini membuka peluang untuk meningkatkan produksi di dalam negeri. Namun demikian, permasalahan dalam budi daya kentang untuk peningkatan produksi adalah serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan.

Salah satu penyakit utama pada kentang adalah hawar daun *P. infestans*. Serangan *P. infestans* banyak dijumpai di daerah produksi kentang, yang menyerang lebih dari 50% total area tanam di Indonesia. Kerugian yang ditimbulkan akibat serangan *P. infestans* bisa mencapai 100% gagal panen. Untuk negara berkembang, dimana pengendalian penyakit hawar daun *P. infestans* sangat tergantung kepada penggunaan bahan kimia yang harganya setara dengan pembelian bibit, dirasa sangat memberatkan petani. Selain itu, pengendalian dengan penyemprotan fungisida berdampak terhadap lingkungan dan kesehatan.

Tersedianya kentang tahan terhadap *P. infestans* menjadi alternatif dalam menyediakan kentang yang ramah lingkungan, aman terhadap kesehatan manusia, serta ekonomis karena mengurangi biaya untuk penyemprotan fungisida. Kentang hasil persilangan Atlantic atau Granola dengan Katahdin SP951 yang tahan terhadap *P. infestans* diharapkan dapat diterima oleh petani.

PUSTAKA

- Adiyoga W, Ameriana M. 2000. Sistem pengetahuan lokal pengendalian hama penyakit kentang di Pangalengan. *J Hortikultura*. 10:226-240.
- Adiyoga W. 2009. Costs and benefits of transgenic late blight resistant potatoes in Indonesia. In: Norton GW, Desiree MH, editors. *Projected Impacts of Agricultural Biotechnologies for Fruits and Vegetables in the Philippines and Indonesia*. Los Banos (Philippines): ISAAA SEAsia Center. pp. 86–104.
- Ambarwati AD, Herman M, Purwito A, Sumaraw SM, Aswidinnor 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. *Indones J Agric Sci.* 12:33-39.
- Ambarwati AD, Herman M, Listanto E, Suryaningsih E, Sofiari E. 2012. Pengujian ketahanan klon-klon hasil silangan tanaman kentang transgenik dengan non transgenik terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* di lapangan uji terbatas. *J Hortik.* 22:187-196.
- Ambarwati AD, Kusmana, Listanto E. 2015. Klon-klon kentang transgenik hasil persilangan terseleksi tahan terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* tanpa penyemprotan fungisida di empat lapangan uji terbatas. *J Biol Indones.* 11:177-186.
- Basuki RS, Kusmana, Dimiyati A. 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. *J Hortik.* 15:160-170.
- CARE-IPB. 2013. Laporan akhir studi sosial-ekonomi kentang biotek: Analisis ex-ante. Bogor (Indonesia): LPPM Institut Pertanian Bogor.
- Chen Y, Halterman DA. 2011. Phenotypic characterization of potato late blight resistance mediated by the broad-spectrum resistance gene RB. *Genet Resist.* 101:263-270.
- Chujoy E, Basuki R, Gunadi N, Kusmana, Gunawan OS, Sahat S. 1999. Informal survey on potato production constraint in Pangalengan, West Java Indonesia. *Pot. Res. in Indonesia Collaborative Research between RIV-CIP.*
- Ewing EE, Imko S, Smart CD, Bonierbale MW, Mizubuti ESG, May GD, Fry WE. 2000. Genetic mapping from field of qualitative and quantitative resistance to *Phytophthora infestans*

- in a population derived from *Solanum tuberosum* and *Solanum berthaultii*. *Mol Breed.* 6:25-36.
- Fuglie KO. 2007. Priorities for potato research in developing countries: Results of a survey. *Am J Potato Res.* 84:353-365.
- Gheysen G, Custers R, Visser RGF. 2015. Stacking of natural resistance genes against late blight in potato shows great promise, but also presents a regulatory challenge. *ISB NEWS REPORT*, October 2015.
- Haesaert G, Vossen JH, Custers R, Loose MD, Haverkort A, Heremans B, Hutten R, Kessel G, Landschoot S, Droogenbroeck BV, Visser RGF, Gheysen G. 2016. Transformation of the potato variety Desiree with single or multiple resistance genes increases resistance to late blight under field conditions. *Crop Prot.* 77:163-175.
- Halpin C. 2005. Gene stacking in transgenic plants-the challenge for 21st century plant biotechnology. *Plant Biotechnol J.* 3:141-155.
- Halterman DA, Kramer LC, Wielgus S, Jiang J. 2008. Performance of transgenic potato containing the late blight resistance gene *RB*. *Plant Di.* 92:339-343.
- Hawkes JG. 1994. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: Bradshaw JE, Mackay GR, editors. *Potato Genet.* CAB International. pp: 3-14.
- Helgeson JP, Pohlman JD, Austin S, Haberlach GT, Wielgus SM, Ronis D, Zambolim L, Tooley P, McGrath JM, James RV, Stevenson WR. 1998. Somatic hybrids between *Solanum bulbocastanum* and potato: a new source of resistance to late blight. *Theor Appl Genetic.* 96:738-742.

- Herman M. 2007. ABSP II Technical Report of Confined Field Trial of Late Blight Resistant (LBR) Potato Activities in Indonesia. November 2006–June 2007. 9 p.
- James C. 2014. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).
- Jo KR, Kim CJ, Kim SJ, Kim TY, Bergervoet M, Jongsma MA, Visser RGF, Jacobsen E, Vossen JH. 2014. Development of late blight resistant potatoes by cisgene stacking. *BMC Biotechnol.* 14:50.
- Julieta DB, Napitupulu A. 2006. Buku tahunan hortikultura, Seri: Tanaman sayuran. Jakarta (Indonesia): Departemen Pertanian. hlm. 67-84.
- Kuhl JC, Hanneman Jr RE, Havey MJ. 2001. Characterization and mapping of *Rpi1*, a late-blight resistance locus from diploid (1EBN) Mexican *Solanum pinnatisectum*. *Mol Genet Genom.* 265:977-985.
- Kuhl JC, Zarka K, Coombs J, Kirk WW, Douches DS. 2007. Late blight resistance of RB transgenic potato lines. *J Am Soc Hort Sci.* 132:783-789.
- Kusmana. 2003. Evaluasi beberapa klon kentang asal stek batang untuk uji ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*. *J Hortik.* 13:220-228.
- Kusmana, Basuki R. 2004. Produksi dan mutu umbi klon kentang dan kesesuaiannya sebagai bahan baku kentang goreng dan keripik kentang. *J Hortik.* 14:246-252.
- Ditjen Hortikultura. 2017. Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Hortikultura. Kementerian Pertanian. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Hortikultura. 2018. 136 p.

- Magembe E. 2017. Development of Late Blight Resistant Potato for Africa. 6th Annual Biosafety Conference, October 6, 2017.
- Naess SK, Bradeen JM, Wielgus SM, Haberlach GT, McGrath JM, Helgeson JP. 2000. Resistance to late blight in *Solanum bulbocastanum* is mapped to chromosome 8. *Theor Appl Genet.* 101:697-704.
- Ojiambo PS, Nyanapah JO, Lung'aho C, Karinga JK, Kidanemariam HM. 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.
- Sahat S, Sunarjono H. 1985. Varietas kentang dan pemuliaannya. Dalam: Kentang, Balai Penelitian Hortikultura, Lembang. hlm: 28-43.
- Song J, Bradeen JM, Naess SK, Raasch JA, Wielgus SW, Haberlach GT, Liu J, Kuang H, Austin-Phillips S, Buell CR, Helgeson JP, Jiang J. 2003. Gene *RB* cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *Proc Natl Acad Sci USA.* 100:9128-9133.
- Statistik Pertanian 2016. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 358 p.
- Umaerus V, Umaerus M. 1994. Inheritance of resistance to late blight. In: Bradshaw JE, Mackay GR, editors. *Potato Genetics.* Wallingford (England): CAB International. pp. 365-401.
- van der Vossen E, Sikkema A, Hekkert Baste L, Gros J, Stevens P, Muskens M, Wouters D, Pereira A, Stiekema W, Allefs S. 2003. An ancient *R* gene from the wild potato species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to

Phytophthora infestans in cultivated potato and tomato. Plant J. 36:867-882.

van der Vossen EAG, Gros J, Sikkema A, Muskens M, Wouters D, Wolters P, Pereira A, Allefs S. 2005. The *Rpi-blb2* gene from *Solanum bulbocastanum* is an Mi-1 gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato. Plant J. 44:208-222.

Zhu S, Li Y, Vossen JH, Visser RGF, Jacobsen E. 2012. Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. Transgenic Res. 21:89-99.