

Uji Adaptasi Klon-Klon Kentang Transgenik Tahan Hawar Daun Pada Agroekosistem Jawa Barat dan Jawa Tengah [Adaptation Test of Transgenic Potato Resistance to Late Blight Under Agro Ecosystem of West and Central Java]

Kusmana¹⁾ dan Alberta Dinar Ambarwati²⁾

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

²⁾Balai Besar Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Jln. Tentara Pelajar No.3A,

Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16111

E-mail:kusmana63@yahoo.com

Diterima: 2 Mei 2018; direvisi: 17 Juli 2018; diterbitkan: 6 Agustus 2018

ABSTRAK. Uji adaptasi merupakan salah satu syarat utama untuk pendaftaran varietas tanaman hortikultura. Salah satu masalah utama pada produksi tanaman kentang adalah adanya serangan penyakit hawar daun yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora infestans*. Melalui usaha perakitan varietas tanaman telah dihasilkan beberapa calon varietas kentang tahan terhadap penyakit hawar daun. Tanaman kentang tahan hawar daun dihasilkan melalui persilangan antara varietas kentang Granola dengan kentang transgenik Katahdin SP951 serta varietas Atlantic dengan Katahdin SP951. Uji adaptasi dilakukan di Lapangan Uji Terbatas sentra produksi kentang di Jawa Barat (Kab. Bandung dan Kab. Garut) dan di Jawa Tengah (Kab. Banjarnegara). Waktu pengujian mulai bulan Oktober 2013 sampai dengan Februari 2014. Penelitian disusun dengan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKL) dengan tiga ulangan. Untuk menguji stabilitas hasil menggunakan perangkat *software* komputer MSTATC. Untuk uji resistensi menggunakan isolat *P. infestans* dari masing-masing lokasi uji. Inokulasi dilakukan di rumah kaca pada saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam dilakukan sebanyak lima kali dengan interval waktu 4 hari, yaitu pada umur 30, 34, 38, 42, dan 46 hari. Hasil pengujian didapatkan genotipe yang stabil, yaitu Klon 20, 27, 62, dan 65, serta varietas pembandingan Atlantic, Granola, Katahdin, dan Katahdin SP 951. Klon 66 dan 69 merupakan klon yang tidak stabil. Klon 27, 62, 65, 66, dan 69 merupakan klon yang resisten terhadap serangan hawar daun. Klon 20 memiliki ketahanan yang moderat resisten terhadap serangan hawar daun sementara Granola dan Atlantic merupakan genotipe yang peka terhadap hawar daun. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk pengusulan pendaftaran calon varietas kentang yang memiliki adaptasi baik di Jawa Barat dan Jawa Tengah serta tahan terhadap penyakit hawar daun.

Kata kunci: *Solanum tuberosum* L.; Adaptasi; Resistensi; Hawar daun

ABSTRACT. Adaptation test is one of the main requirements for variety registration. One of major problem of potato production is potato late blight disease caused by *P. infestans*. Through the breeding program has produced several candidates potato varieties resistance to late blight. Late blight resistant potato was obtained through crosses between Indonesian local potato variety of Granola and Atlantic with transgenic variety of Katahdin SP951. Adaptation test was conducted at confined field trials in potato production area in West Java (District of Bandung and Garut) and Central Java (Banjarnegara). The experiment was conducted from October 2013 to February 2014. The experimental design was Randomized Complete Block Design with three replications. The software of MSTATC was used for testing the stability of genotypes. To test of resistance to *P. infestans*, it was used *P. infestans* isolates that collected from each test site. Inoculation was conducted in a greenhouse at the plant was 30 days old after planting and performed five times inoculation with intervals of 4 days on the age (30, 34, 38, 42, and 46 days). The result showed that the stable genotypes were obtained from clone 20, 27, 62, and 65, as well as the varieties Atlantic, Granola, Katahdin, and Katahdin SP951. Whereas, clone 66 and 69, were unstable clone. Genotypes resistance to late blight were clone 27, 62, 65, 66, 69 and Katahdin SP951. Clone 20 has a moderate resistant to late blight, while Granola and Atlantic are genotypes that are susceptible to late blight. The results of the study can be used as a recommendation for the nomination of candidates potato varieties that have good adaptation in West Java and Central Java as well as resistant to late blight.

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; Adaptation; Resistance; Late blight

Tanaman kentang merupakan komoditas utama petani dataran tinggi di Indonesia, dengan areal tanam mencapai 70.000 ha dengan rata-rata hasil nasional 17 ton/ha (Biro Pusat Statistik 2015). Karena terbatasnya sumber air di dataran tinggi maka sebagian besar tanaman kentang di-tanam pada musim hujan. Namun, pada sebagian lokasi dimana sumber air cukup, tanaman kentang ditanam sepanjang tahun. Kelembaban yang tinggi sangat dibutuhkan untuk tumbuh dan

berkembangnya tanaman kentang. Demikian juga dengan kelembaban yang tinggi merupakan tempat yang sangat disukai untuk berkembangnya patogen cendawan atau penyebab penyakit hawar daun (*Phytophthora infestans*).

Penyakit hawar daun (*P. infestans*) telah dikenal sejak tahun 1840 yang mengakibatkan serangan yang sangat hebat di Irlandia, akibat penyakit tersebut menyebabkan 1,5 juta penduduk Irlandia kelaparan

dan meninggal dunia serta 1,5 juta penduduk lainnya migrasi ke Amerika Utara (Aquaah 2007; Henfling 1979). Kehilangan hasil akibat serangan penyakit hawar daun dapat mencapai 47–90% (Kusmana 2003) bahkan untuk serangan yang sangat berat dapat mengakibatkan kehilangan hasil sampai 100% (Ambarwati *et al.* 2012).

Pengendalian penyakit hawar daun selama ini hanya ditekankan pada penggunaan fungisida semata sehingga menyebabkan biaya tinggi disamping tidak ramah lingkungan (Kusmana 2003). Penggunaan varietas yang resisten terhadap serangan penyakit hawar daun merupakan cara yang paling efisien dalam budidaya kentang karena dapat menekan penggunaan fungisida. Namun, sampai saat ini belum ditemukan varietas kentang yang tahan terhadap penyakit hawar daun dan disukai petani.

Gen atau pembawa resistensi terhadap penyakit hawar daun *P. infestans* terdapat pada kentang kerabat liar *S. bulbocastanum* dikenal dengan nama gen RB (resisten dari *Bulbocastanum*) dan dipetakan pada kromosom 8 (Song *et al.* 2003), (Ambarwati *et al.* 2012). Sumber resistensi lainnya juga dilaporkan berasal dari gen *Rpi. Phu 1* (Sliwka *et al.* 2006), *Rpi blb 1,2* (van der Vossen *et al.* 2005), *Rpi 1 vnt1.1* (Simon *et al.* 2009).

Kerabat kentang liar spesies *S. bulbocastanum* tidak dapat disilangkan secara langsung dengan spesies *Tuberosum* atau kerabat kentang yang telah didomestikasi karena terjadi inkompatibilitas dan memiliki jumlah ploidi yang tidak sama (Ortiz & Huaman 1994). *Solanum bulbocastanum* merupakan kentang *diploid* sementara *tuberosum* merupakan kentang *tetraploid*. Oleh sebab itu pendekatan pemuliaan yang dilakukan adalah melalui pemuliaan inkonvensional atau secara bioteknologi.

Gen RB telah ditransformasikan ke dalam varietas kentang komersial Katahdin dan menghasilkan tanaman transgenik Katahdin SP951 dan Katahdin SP904. Kedua tanaman transgenik Katahdin tersebut telah diuji pada lapangan uji terbatas di Amerika Serikat dan di Indonesia yang menunjukkan ketahanan yang berspektrum luas terhadap ras-ras *P. infestans* (Kuhl *et al.* 2007; Bradeen *et al.* 2009; Ambarwati *et al.* 2011; Ambarwati *et al.* 2012). Genotipe Katahdin SP951 yang mengandung gen RB disilangkan dengan varietas yang berkembang di Indonesia dan peka terhadap penyakit hawar daun, yaitu kentang Atlantic dan Granola (Ambarwati *et al.* 2011) sehingga keturunan hasil silangan tersebut digolongkan ke dalam tanaman produk transgenik. Produk transgenik dapat diusulkan pendaftaran varietasnya setelah terlebih dahulu dinyatakan aman pangan dan aman lingkungan yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang.

Uji adaptasi diperlukan untuk dua hal penting, yaitu pertama membantu mengidentifikasi genotipe unggul pada beberapa lokasi uji, dan kedua untuk memenuhi persyaratan pendaftaran varietas unggul. Untuk kepentingan tersebut maka klon-klon kentang terseleksi perlu diuji pada beberapa lingkungan tumbuh. Pengujian genotipe pada berbagai lingkungan perlu dilakukan, karena lingkungan tumbuh tanaman antara satu lokasi dengan yang lainnya sangat beragam (Muliarta 2009). Keberadaan varietas yang sesuai dengan lingkungan setempat dan berpotensi hasil tinggi merupakan faktor yang secara langsung memengaruhi daya hasil dan adaptabilitas suatu varietas (Ambarwati & Yudono 2003). Beberapa metode yang sering digunakan dalam menguji daya adaptasi dan stabilitas hasil suatu varietas (Finlay & Wilkinson 1963; Eberhart & Russel; MSTATC dan AMMI (Ambarwati & Yudono 2003; Kusmana 2005; Andayani *et al.* 2014).

Genotipe yang diuji merupakan hasil persilangan antara varietas Atlantic dengan kentang transgenik Katahdin SP951 (klon 20 dan 27) dan, Granola dengan transgenik Katahdin SP951 untuk klon 62, 65, 66 dan 69 (Ambarwati *et al.* 2012). Klon – klon tersebut telah diuji sebelumnya di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung dengan menampilkan hasil umbi dan resistensi yang cukup baik (Kusmana & Ambarwati 2018).

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk mendapatkan klon-klon kentang yang stabil berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap serangan penyakit hawar daun (*P. Infestans*) pada lokasi uji, yaitu di Pangalengan, Garut dan Batur, Banjarnegara. Hipotesis yang diajukan pada pengujian ini adalah dihasilkan minimal satu klon yang tahan terhadap serangan penyakit hawar daun dan adaptif pada ekosistem dataran tinggi Pangalengan, Garut dan Batur, Banjarnegara.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Uji adaptasi dilakukan mulai bulan Oktober 2013 sampai dengan Februari 2014 pada tiga lokasi LUT (Lapangan uji terbatas), yaitu di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung (1.400 m dpl.), Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut (1.300 m dpl.), dan Kecamatan Batur, Kabupaten Banjarnegara (1.700 m dpl.) dengan mengikuti aturan pelaksanaan LUT. Penelitian disusun dengan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan tiga ulangan. Jumlah klon yang diuji sebanyak enam galur

Tabel 1. Materi genetik yang digunakan pada uji adaptasi di Kabupaten Bandung, Kabupaten Garut, dan Kabupaten Banjarnegara (Materials genetics used in adaptation test in Districs of Bandung, Garut and Banjarnegara) 2013- 2014

Klon/varietas (<i>Clones/variety</i>)	Tetua (<i>Pedigree</i>)	Keterangan (<i>Note</i>)*
Klon (<i>Clone</i>) 20	: Atlantic x Katahdin SP951	Transgenik (<i>Transgenic</i>)
Klon (<i>Clone</i>) 27	: Atlantic x Katahdin SP951	Transgenik (<i>Transgenic</i>)
Klon (<i>Clone</i>) 62	: Granola x Katahdin SP951	Transgenik (<i>Transgenic</i>)
Klon (<i>Clone</i>) 65	: Granola x Katahdin SP951	Transgenik (<i>Transgenic</i>)
Klon (<i>Clone</i>) 66	: Granola x Katahdin SP951	Transgenik (<i>Transgenic</i>)
Klon (<i>Clone</i>) 69	: Granola x Katahdin SP951	Transgenik (<i>Transgenic</i>)
Atlantic	:	- Nontransgenik (<i>Nontransgenic</i>)
Granola	:	- Nontransgenik (<i>Nontransgenic</i>)
Katahdin	:	- Nontransgenik (<i>Nontransgenic</i>)
Katahdin SP951	:	Transgenik (<i>Transgenic</i>)

Atlantic, Granola, Katahdin, Katahdin SP951 sebagai varietas pembanding (*variety checks*): * Transgenik (*transgenic*)

hibrida hasil persilangan antara Atlantic x Katahdin SP951 dan Granola x Katahdin SP951. Empat varietas digunakan sebagai pembanding dan merupakan tetua dari enam hibrida yang diuji. Salah satu tetua pembanding, yaitu klon Katahdin SP951 dijadikan sebagai kontrol positif atau kontrol yang tahan terhadap serangan hawar daun. Jumlah tanaman per plot sebanyak 50 tanaman dengan jarak tanam 80 cm x 30 cm. Pupuk kandang yang digunakan sebanyak 30 ton/ha diberikan seminggu sebelum dilakukan penanaman, sedangkan pupuk buatan yang digunakan adalah NPK 16:16:16 sebanyak 1.200 kg/ha diberikan dua, kali pada saat tanam dan umur 21 hari setelah tanam yaitu setelah dilakukan penyiangan pertama. Pengendalian OPT pada plot daya hasil dilakukan secara intensif untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Prosedur Pengujian Resistensi Terhadap Penyakit Hawar Daun

Untuk pengujian resistensi terhadap penyakit hawar daun (*Phytophthora infestans*) prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut: isolat *P. infestans* yang digunakan untuk skrining ketahanan adalah tiga isolat, masing-masing dari tiga lokasi, yaitu Banjarnegara (Jawa Tengah), Pangalengan (Jawa Barat), dan Garut (Jawa Barat). Lokasi pengujian resistensi di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa).

Isolat dimurnikan dan diperbanyak pada media Agar V8. Kultur diinkubasi selama 10–14 hari pada temperatur 15°C dalam gelap. Persiapan inokulum dilakukan dengan memanen sporangium dan disuspensikan dengan air steril di dalam cawan petri. Untuk memacu terbentuknya zoospora, suspensi sporangium diinkubasi pada suhu 4°C selama 60 menit, diikuti 30 menit pada suhu kamar. Sebelum digunakan sebagai inokulum, konsentrasi zoospora

dihitung dengan hemositometer, yaitu 1×10^4 per ml (Halterman et al. 2008).

Klon-klon uji ditanam pada media steril yang terdiri atas campuran pupuk kandang dan arang sekam dengan perbandingan 1:1, serta pupuk NPK ± 3 g setiap pot. Masing-masing galur terdiri dari lima tanaman dengan tiga ulangan. Inokulasi mulai dilakukan saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST) yang dilakukan sampai 5 kali dengan interval waktu 4 hari yaitu pada umur (30, 34, 38, 42, dan 46 hari). Setiap tanaman diinokulasi secara terpisah, masing-masing dengan isolat asal Banjarnegara, Pangalengan, dan Garut dengan cara disemprot ± 3 ml suspensi zoospora di bagian permukaan atas dan bawah daun. Setelah diinokulasi tanaman disungkup dengan tutup plastik (milar) untuk mempertahankan kelembaban.

Bahan Tanaman

Dalam pengujian ini, bahan tanaman atau materi genetik yang digunakan adalah enam klon kentang PRG hasil persilangan dan empat varietas pembanding (Tabel 1). Varietas pembanding adalah varietas yang digunakan sebagai tetua induk persilangan, yaitu Atlantic, Granola, Katahdin, dan Katahdin SP951.

Paramater Pengamatan

Peubah yang diamati untuk masing-masing pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pengujian daya hasil

Potensi hasil/ha, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Bobot umbi per plot}}{\text{luas plot}} \times 8.000 \text{ m}^2$$

Uji stabilitas dihitung menggunakan program MSTATC. Hipotesis stabilitas pada koefisien regresi H_0 : $\beta_i=1$ vs H_1 : $\beta_i \neq 1$ ($i=1,2,3...10$) diuji dengan t hitung,

jika $t \text{ hitung} \geq t \text{ tabel}$ genotipe tidak stabil. Penerimaan hipotesis H_0 menunjukkan bahwa genotipe tergolong stabil $t \text{ hitung} = (b_1 - 1)/Se$, Se = simpangan baku t Tabel pada $db = 30$ (genotipe = 10, lokasi = 3).

2. Uji resistensi

Peubah yang diamati untuk ketahanan hawar daun di antaranya adalah:

- Skor ketahanan tanaman (0 - 9) menggunakan acuan dari (Henfling 1979) dan (Halterman *et al.* 2008) berdasarkan persentase daun yang terserang, 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, di mana skor ≥ 7 ($\leq 25\%$ infeksi) termasuk ke dalam kategori tahan (Song *et al.* 2003); (Colton *et al.* 2006); (Halterman *et al.* 2008), skor $\geq 6 - < 7$ agak tahan dan < 6 rentan.
- Intensitas penyakit (%) 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 penyakit hawar daun dihitung menggunakan metode *area under diseases progress curve* (AUDPC) (Campbell 1990), yaitu:

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

(X_t = persentase serangan 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 kedua). Semakin tinggi nilai AUDPC suatu klon menunjukkan semakin rentan terhadap penyakit.

Analisis Data

Analisis data menggunakan program MSTATC dan uji beda nyata menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) selang kepercayaan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas Hasil

Hasil analisis gabungan terlihat bahwa nilai kuadrat tengah genotipe lebih tinggi dari nilai kuadrat tengah interaksi Genotipe x Lingkungan hal ini memberikan indikasi bahwa pengaruh genetik lebih dominan dibandingkan faktor lingkungan. Varietas (genotipe) berbeda sangat nyata sehingga menunjukkan adanya perbedaan potensi hasil di antara varietas (Tabel 2). Interaksi genotipe dan lingkungan menentukan ekspresi gen terhadap keragaan suatu karakter tanaman (Sujiprihati, Azrai & Yuliandri 2006; Abdulai, Sallah & Safo-Kantanka 2007).

Berdasarkan parameter stabil dengan menggunakan *software* perhitungan Program MSTATC, genotipe yang stabil ditunjukkan oleh klon 20, 27, 62, 65, Atlantic, Granola, Katahdin, dan Katahdin SP951, dicirikan dengan nilai T hitung yang lebih kecil dari nilai T tabel. Untuk genotipe klon 66 dan 69 belum dikatakan stabil karena nilai T hitung lebih besar dari nilai T Tabel (Tabel 3). Klon yang berpotensi memberikan hasil tinggi lebih dari 20 ton/ha dihasilkan oleh klon 20, 27, 62, dan 69.

Eberhart & Russell (1996) mendefinisikan genotipe stabil harus memenuhi tiga kriteria, yaitu koefisien regresi mendekati 1, standar deviasi mendekati 0, dan hasil diatas rata-rata. Finlay & Wilkinson (1963) menafsirkan bahwa koefisien regresi sama dengan 1 dan hasil tinggi maka genotipe tersebut beradaptasi pada semua lingkungan atau stabil. Koefisien regresi merupakan alat untuk menilai tanggap genotipe terhadap lingkungan, sedangkan simpangan regresi dapat bertindak sebagai pengukur kestabilan. Menurut (Kasno *et al.* 1987) terjadinya interaksi genotipe

Tabel 2. Analisis varian gabungan (*Combine analysis variants*)

Sumber ragam (Source of variation)	db (Degree of freedom)	Jumlah kuadrat (Sum of square)	Kuadrat tengah (Means square)	F hitung (Computed F)
Ulangan (Replications)	2	5.675	2.837	0,870
Lokasi (Locations)	2	398.339	199.169	61, 0673**
Genotipe (Genotype)	9	136.487	15.165	4,6498**
L x G	18	75.774	4.208	1.2902*
Galat (Error)	58	189.165	3.261	
Total	89	805.409		

* berbeda nyata pada taraf 0,05% dan ** 0,01% (significantly different at 0,05 and 0,01 respectively)

Tabel 3. Parameter stabil 10 genotipe kentang (*Stable parameters of 10 potato genotypes*)

Genotipe (<i>Genotype</i>)	Hasil (<i>Tuber yield</i>) ton/ha	R	R ²	α	β	Se	MSe	T Hit. (<i>T Comp.</i>)
Klon (<i>Clone</i>) 20	20,73 ab	0,783	0,612	9,900	0,664	0,528	10,752	0,637
Klon (<i>Clone</i>) 27	22,20 a	0,023	0,056	16,679	0,778	1,141	50,195	0,633
Klon (<i>Clone</i>) 62	20,26 ab	0,891	0,794	1,749	0,983	0,500	9,662	0,034
Klon (<i>Clone</i>) 65	19,85 ab	1,019	0,943	-4,015	1,019	0,251	2,433	0,077
Klon (<i>Clone</i>) 66	18,86 abc	1,000	1,000	-21,283	2,183	0,038	0,055	31,352**
Klon (<i>Clone</i>) 69	20,62 ab	0,900	0,811	14,393	0,390	0,189	1,371	3,236**
Atlantic	18,4 abc	0,992	0,984	-4,958	1,220	0,157	0,949	1,403
Granola	14,49 c	0,916	0,839	1,023	0,740	0,309	3,681	0,957
Katahdin	17,11 bc	0,959	0,920	-1,453	1,004	0,295	3,359	0,014
Katahdin SP951	18,15 abc	0,987	0,974	-2,393	0,988	0,161	0,997	0,076
Rata-rata (<i>Average</i>)	17,44							

T Tabel db 30 (0,01 = 2,749**, 0,05=2,447*)

r = Koefisien korelasi (*Coefficient correlation*)

R² = Koefisien determinan (*Coefficient determinan*)

α = Intercep (*Intercept*)

β = Koefisien regresi (*Coefficient regression*)

Se = Galat baku (*Standard error*)

MSe = Kuadrat tengah galat (*Means square error*)

t hit = t hitung (*T compute*)

x lingkungan akan memperkecil kemajuan seleksi karena lingkungan tertentu belum tentu memberikan hasil yang baik.

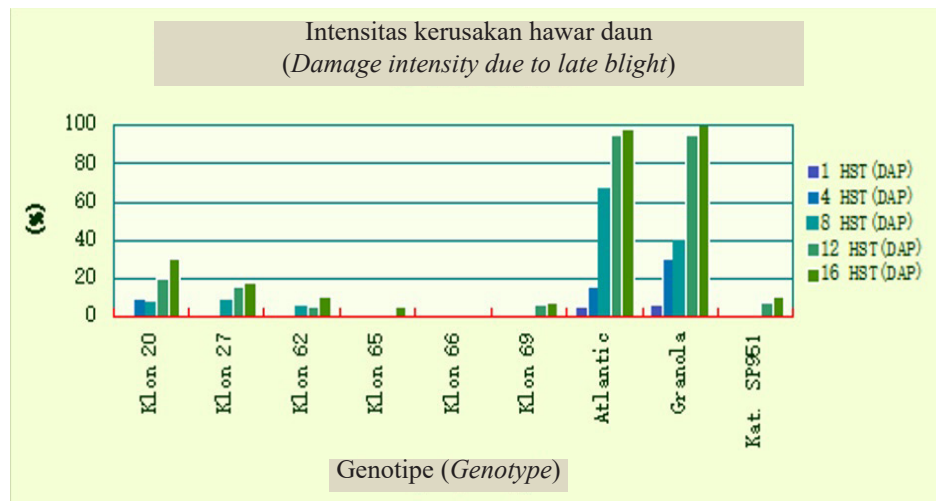
Karakter hasil merupakan karakter kuantitatif sehingga penampilannya dipengaruhi oleh lingkungan atau interaksi antara genotipe dan lingkungan. Penampilan suatu varietas atau genotipe pada lingkungan berbeda dapat berbeda juga, oleh karena itu interaksi genotipe dan lingkungan merupakan hal yang penting untuk diketahui. Genotipe yang dikehendaki oleh pengguna dan produsen benih adalah genotipe yang mampu beradaptasi luas dengan daya hasil yang tinggi (Baihaki, Stucker & Lambert 1976; Saeed & Francis 1983). Atribut daya hasil tinggi, umur panen Genjah kurang dari 100 hari, tahan terhadap penyakit hawar daun, dan tahan terhadap penyakit layu bakteri merupakan atribut tanaman kentang yang paling disukai petani kentang di Indonesia (Adiyoga, Suwandi & Kartasih 2014).

Resistensi Penyakit Hawar Daun

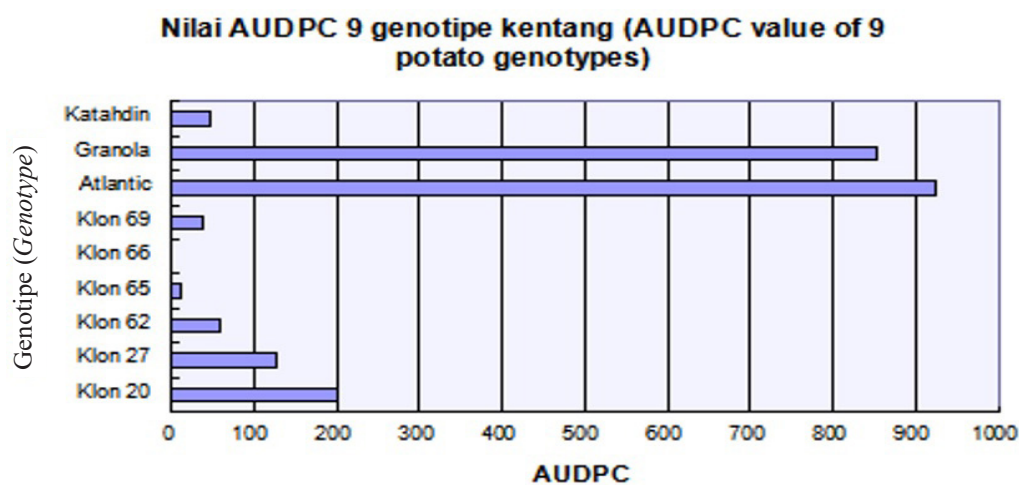
Klon 27, 62, 65, 66, 69, dan Katahdin SP951 dikelompokkan sebagai genotipe yang tahan karena memiliki nilai intensitas serangan kurang dari 25%, sementara genotipe yang toleran, yaitu klon 20 dengan tingkat serangan 30% (Song *et al.* 2003; Colton *et al.* 2006; Halterman *et al.* 2008). Untuk genotipe yang tahan dan toleran masih perlu dilakukan pengendalian penyakit secara kimiawi, namun dalam jumlah yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan penyemprotan

fungisida pada varietas yang peka (Fry *et al.* 1992). Pengurangan penggunaan pestisida dapat dilakukan dengan cara mengatur frekuensi penyemprotan. Petani sampai saat ini melakukan penyemprotan pestisida dengan menggunakan sistem kalender (secara rutin melakukan penyemprotan tiga kali dalam seminggu). Dengan menggunakan varietas yang resisten frekuensi penyemprotan dapat dikurangi menjadi sekali dalam seminggu dalam keadaan curah hujan yang tinggi dan frekuensi dapat dikurangi lagi menjadi 10 hari sekali pada keadaan cuaca yang tidak terlalu banyak hujan.

Genotipe Atlantic dan Granola merupakan genotipe yang sangat peka terhadap serangan penyakit hawar daun. Hal ini dicirikan dengan tingkat kerusakan tanaman yang tinggi mencapai 98,3% untuk Atlantic dan 100 % untuk varietas pembanding Granola (Tabel 4, Gambar 2). Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa genotipe Atlantic dan Granola merupakan dua varietas yang berkembang di Indonesia walaupun keduanya peka terhadap serangan penyakit hawar daun (Kusmana 2003). Klon 27 dan 20 merupakan klon-klon hasil persilangan antara varietas Atlantic dengan kentang transgenik Katahdin SP951, sedangkan klon 62, 65, 66, dan 69 merupakan hasil persilangan antara kentang Granola x transgenik Katahdin SP951. Hasil pengujian sebelumnya menunjukkan bahwa klon-klon transgenik dilaporkan memiliki ketahanan lapang yang tinggi terhadap serangan penyakit hawar daun pada beberapa lokasi lapangan uji terbatas (LUT) di Pasir Sarongge,



Gambar 1. Intensitas kerusakan hawar daun (Damage intensity due to late blight)



Gambar 2. Nilai AUDPC sembilan genotipe kentang (AUDPC value of nine potato genotypes)

Tabel 4. Intensitas kerusakan penyakit hawar daun pada 16 hari setelah inokulasi dan nilai AUDPC (Damage intensity due to late blight at 16 days after inoculation and AUDPC value)

Genotype (Genotype)	Intensitas kerusakan oleh hawar daun (Intensity of damage due to late blight) (%)	Nilai AUDPC* (AUDPC value)	Keterangan (Notes)
Klon (Clone) 20	29,33 b	200	Agak tahan (Moderate resistance)
Klon (Clone) 27	17,33 bc	128	Tahan (Resistance)
Klon (Clone) 62	11,67 cd	60	Tahan (Resistance)
Klon (Clone) 65	20,00 de	10	Tahan Rresistance)
Klon (Clone) 66	2,00 e	0	Tahan Rresistance)
Klon (Clone) 69	8,67 cde	38	Tahan (Resistance)
Atlantic	98,33 a	924	Peka (Susceptible)
Granola	100,00 a	854	Peka (Susceptible)
Katahdin SP951	13,33 cd	48	Tahan (Resistance)

Pangalengan dan Lembang (Ambarwati, Kusmana & Listanto 2015).

Tingkat kerusakan oleh penyakit hawar daun tergambarkan juga melalui pengamatan nilai AUDPC (area under diseases progress curve) di mana genotipe-

genotipe yang tahan menampilkan nilai AUDPC yang rendah, sebaliknya untuk genotipe rentan seperti varietas pembanding Granola dan Atlantic menampilkan nilai AUDPC yang tinggi (Gopal & Singh 2003) (Tabel 4 dan Gambar 1, 2). Varietas

pembandingan Granola dan Atlantic merupakan genotipe yang sangat peka dengan tingkat serangan mencapai 100% tanaman terserang atau tanaman mati setelah 16 hari setelah inokulasi (Tabel 4).

Varietas Atlantic dan Granola merupakan dua varietas kentang yang dominan ditanam petani di Indonesia (Kusmana & Basuki 2014) : (Basuki, Kusmana & Dimiyati 2005). Kedua varietas tersebut memiliki keunggulan masing-masing yaitu Granola sebagai kentang sayur sementara Atlantic sebagai bahan baku industri kripik namun kedua varietas tersebut dikelompokkan sebagai varietas yang rentan terhadap serangan penyakit hawar daun. Penyakit hawar daun akan berkembang dengan sangat cepat ketika para petani menggunakan varietas rentan, curah hujan tinggi dan kelembaban tinggi (Dennis, Richard & Vakoch 1996).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut: Klon yang adaptif dan stabil pada tiga lokasi uji, yaitu klon 20, 27, 65, serta varietas pembandingan Atlantic, Granola, Katahdin, dan Katahdin SP 951.

Klon 66 dan 69 merupakan klon yang tidak stabil karena nilai T hitung lebih besar dari nilai T Tabel.

Klon 27, 62, 65, 66, dan 69 merupakan klon yang resisten terhadap serangan hawar daun.

Klon 20 memiliki ketahanan yang moderat resisten terhadap hawar daun sementara Granola dan Atlantic merupakan genotipe yang peka terhadap hawar daun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdulai, MS, Sallah, PYK & Safo-Kantanka, O 2007, 'Maize grain yield stability analysis in full season lowland maize in Ghana', *Int. J. Agric. Biol.*, vol. 9, no. 1, pp. 41–45.
2. Adiyoga, W, Suwandi, S & Kartasih, A 2014, 'Sikap petani terhadap pilihan atribut benih dan varietas kentang', *J. Hort.*, vol. 24, no. 1, pp. 76–84.
3. Ambarwati, AD, Herman, M, Lisanto, E, Suryaningsih, E & Sofiari, E 2012, 'Pengujian ketahanan klon-klon hasil silangan tanaman kentang transgenik dengan nontransgenik terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* di Lapangan Uji Terbatas', *J. Hort.*, vol. 22, no. 2, pp. 187–196.
4. Ambarwati, AD, Herman, M, Purwito, A, Sumaraw, SM & Aswidinnoor, H 2011, 'Resistance evaluation on populations of crosses between transgenic potato Katahdin RB and non-transgenic Atlantic and Granola to late blight (*Phytophthora infestans*) in confined field trial', *Indonesian Journal of Agricultural Science*, vol. 12, no. 1, pp. 33–39.
5. 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', *Jurnal Biologi Indonesia*, vol. 11, no. 2, pp. 177–186.
6. Ambarwati, E & Yudono, P 2003, 'Keragaan stabilitas hasil bawang merah', *Ilmu Pertanian*, vol. 10, no. 2, pp. 1–10.
7. Andayani, NN, Sunarti, S, Azrai, M & Pratama, RH 'Stabilitas hasil jagung hibrida silang tunggal', *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, vol. 33, no. 3, pp. 148–154.
8. Aquaah, G 2007, *Principal of plant genetics and breeding*, Blackwell publishing 350 main street, Meiden, MA 02148-5020, USA, 596p.
9. Baihaki, A, Stucker, RE & Lambert, JW 1976, 'Association of genotype? Environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yield tests 1', *Crop Science*, vol. 16, no. 5, pp. 718–721.
10. Basuki, RS, Kusmana & Dimiyati, A 2005, 'Analisis daya hasil, mutu, dan respons pengguna terhadap klon 380584.3, TS-2, FBA-4, I-1085, dan MF-II sebagai bahan baku keripik kentang', *J. Hort.*, vol. 15, no. 3, pp. 160–170.
11. Biro Pusat Statistik 2015, *Luas panen, produksi dan produktivitas cabai besar 2010-2014*, diakses 20 Juli 2016 <<http://www.pertanian.go.id>>.
12. Bradeen, JM, Iorizzo, M, Molloy, DS, Raasch, J, Kramer, LC, Millett, BP, Austin-Phillips, S, Jiang, J & Carputo, D 2009, 'Higher copy numbers of the potato *RB* transgene correspond to enhanced transcript and late blight resistance levels', *Molecular Plant-Microbe Interactions*, vol. 22, no. 4, pp. 437–446, accessed February 20, 2018, from <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-22-4-0437>>.
13. Campbell, C, ML 1990, *Introduction to plant diseases epidemiology*, Wiley, New York, USA.
14. Colton, LM, Groza, HI, Wielgus, SM & Jiang, J 2006, 'Marker-assisted selection for the broad-spectrum potato late blight resistance conferred by gene *RB* derived from a wild potato species', *Crop Science*, vol. 46, no. 2, pp. 589–594.
15. Eberhart, SA & Russell, W 1996, 'Stability parameters for comparing varieties', *Crops Science*, vol. 6, pp. 6–40.
16. Denis, AJ, Richard, J & Vakoch, DL 1996, 'Potato late blight forecasting models for the semiarid environment of south-central Washington', *Phytopathology*, vol. 86, no. 5, pp. 480–484.
17. Finlay, KW, Wilkinson, G 1963, 'The analysis of adaptation in plant breeding programme', *Aust. J. Agric. Res.*, vol. 14, pp. 42–754.
18. Fry, WE, Goodwin, SB, Matuszak, JM, Spielman, LJ, Milgroom, MG & Drenth, A 1992, 'Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*', *Annual review of phytopathology*, vol. 30, no. 1, pp. 107–130.
19. Gopal, J & Singh, BP 2003, 'Screening potatoes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) under field conditions', *Potato research*, vol. 46, no. 1–2, pp. 47–56.
20. Halterman, DA, Kramer, LC, Wielgus, S & Jiang, J 2008, 'Performance of transgenic potato containing the late blight resistance gene *RB*', *Plant disease*, vol. 92, no. 3, pp. 339–343.
21. Henfling, J 1979, *Late blight of potato: Phytophthora infestans*, International Potato Center, Lima, Peru.
22. Kasno, A, Bari, A, Matjik AA, Solehudin, S, Soematmadja, S, dan Soebandi, 1987, 'Telaah interaksi genotipe x lingkungan pada kacang tanah. Pendugaan parameter genetik hasil dan komponen hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea* L. Merr)', *Penelitian Palawija*, vol. 2, no. 2, pp. 81–88.

23. Kuhl, JC, Zarka, K, Coombs, J, Kirk, WW & Douches, DS 2007, 'Late blight resistance of RB transgenic potato lines', *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 132, no. 6, pp. 783–789.
24. Kusmana 2003, 'Evaluasi beberapa klon kentang asal stek batang untuk uji ketahanan terhadap *Phytophthora infestans*', *Jurnal Hortikultura*, vol. 13, no. 4, pp. 28–220.
25. Kusmana 2005, 'Uji stabilitas hasil umbi 7 genotip kentang di dataran tinggi pulau jawa', *J. Hort.*, vol. 15, no. 4, p. 254–259) year={2005}.
26. Kusmana & Basuki, R 2014, 'Produksi dan mutu umbi klon kentang dan kesesuaiannya sebagai bahan baku kentang goreng dan kripik kentang', *J. Hort.*, vol. 14, no. 2, pp. 246–52.
27. Kusmana & Ambarwati, AD 2018, 'Evaluasi resistensi dan daya hasil enam klon harapan kentang transgenik terhadap penyakit hawar daun', *J. Hort.*, vol. 28, no. 1, pp. 95–100.
28. Muliarta, I 2009, 'Adaptasi dan stabilitas hasil galur-galur padi beras merah pada tiga lingkungan tumbuh', *J. Agron. Indonesia*, vol. 37, no. 2, pp. 95–100.
29. Ortiz, R & Huaman, Z 1994, 'Inheritance of morphological and tuber characteristics', In: Bradshaw, JE, Machay, GR, *Potatogenetic*, CAB International, pp. 263-283.
30. Prat, L, Botti, C & Fichet, T 2008, 'Effect of plant growth regulators on floral differentiation and seed production in Jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider)', *Industrial Crops and Products*, vol. 27, no. 1, pp. 44–49.
31. Saeed, M & Francis, C 1983, 'Yield stability in relation to maturity in grain sorghum', *Crop. Sci.*, vol. 23, pp. 683–687.
32. Simon J Foster, Park, TH, Rel, M, Brigneti, G, Sliwka, G, Vander Vossen, E & Jones, JDG 2009, Rpi-VntI-I, aTm-22, homolog from *Solanum Venturi*, Confeas tesistance to potato late blight', *Molecular Plant-Microbe Interaction*, vol. 22, no. 5, pp. 589-600.
33. Sliwka J, Jakuczum, H, Lebecka, R, Marczewski, W, Gebhardt, C, and Zimoch-Guzowska, E 2006, 'The novel major locus Rpi. Phu for late blight resistance maps to potato chromosome ix. And is not correlated with long vegetation period', in *Theor. Appl. Genet.*, pp. 685–695.
34. Song, J, Bradeen, JM, Naess, SK, Raasch, JA, Wielgus, SM, Haberlach, GT, Liu, J, Kuang, H, Austin-Phillips, S, Buell, CR & others 2003, 'Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight', *Proceedings of the national academy of sciences*, vol. 100, no. 16, pp. 9128–9133.
35. Sujiprihati, S, Azrai, M & Yuliandri 2006, 'Keragaan genotipe jagung bermutu protein tinggi (QPM) di dua tipologi lahan yang berbeda', *Agrotropika*, vol. 11, no. 2, p.
36. van der Vossen EA, 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', *Van der Vossen EA, Gros J, Sikkema A, Muskens M, Wouters D, Wolters P, Pereira A, Allefs S*, vol. 44, no. 2, pp. 208–222.