

Skrining Ketahanan Galur S₁ Jagung terhadap Penyakit Bulai dan Pembentukan Galur S₂ Tahan Penyakit Bulai

(Resistance Screening of S₁ Maize Lines to Downy Mildew Disease and Development of S₂ Lines Resistant to Downy Mildew Disease)

Amran Muis*, Nurnina Nonci, dan Marcia B. Pabendon

Balai Penelitian Tanaman Serealia, Jl. Dr. Ratulangi No. 274 Maros, Sulawesi Selatan 90514, Indonesia

Telp. (0411) 371529; Faks. (0411) 371961

*E-mail: amranmuis1@gmail.com

Diajukan: 8 Januari 2015; Direvisi: 25 Februari 2015; Diterima: 21 Mei 2015

ABSTRACT

Biotic stress, especially downy mildew (*Peronosclerospora philippinensis*) incidence, is one of the most important constraints in the development of corn in the country, because it attack on young plant of susceptible varieties, it can cause damage up to 100%. Resistance screening of 84 of S₁ maize lines to downy mildew and the formation of S₂ lines resistant to downy mildew was conducted in Bajeng Experimental Farm at Gowa, South Sulawesi lasted from February to May 2013. This study aimed to screen the S₁ lines resistant to downy mildew and forming S₂ lines resistant to downy mildew. Four weeks before the S₁ lines planted, the source of inoculum (Anoman variety) was planted in two rows around the test plot. One week after Anoman was planted, it was sprayed with a conidial suspension of the fungus *P. philippinensis* in the early morning. Three weeks after inoculation of Anoman, 84 of S₁ lines to be screened for downy mildew were planted. In this test, resistant check MR14 and susceptible check Anoman was included, each planted in two rows along the 5 m, a spacing of 75 x 25 cm with two replications. Urea fertilizer was used at a dose of 350 kg/ha and Ponska with a dose of 300 kg/ha. Observation of the percentage of downy mildew incidence started at 30 days after planting. The results showed that only three lines and MR14 resistant showed moderately resistant to downy mildew. Percentage of disease incidence ranged from 36–100 percent. However, from this test a number of 580 S₂ lines resistant to downy mildew were obtained.

Keywords: downy mildew, resistant lines, screening, local germplasm.

ABSTRAK

Cekaman biotik terutama serangan penyakit bulai (*Peronosclerospora philippinensis*) merupakan salah satu kendala dalam pengembangan jagung di tanah air, karena serangan umur muda pada varietas rentan, akan menyebabkan kerusakan tanaman sampai 100% (puso). Skrining dan reaksi ketahanan 84 galur S₁ jagung tahan terhadap penyakit bulai dan pembentukan galur S₂ tahan penyakit bulai dilakukan di Kebun Percobaan Bajeng Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan pada Februari hingga Mei 2013. Penelitian ini bertujuan menyaring galur-galur S₁ tahan penyakit bulai dan membentuk galur-galur S₂ tahan bulai. Empat minggu sebelum penanaman galur S₁, terlebih dahulu dilakukan penanaman varietas Anoman sebagai sumber inokulum dua baris di sekeliling petak pengujian. Satu minggu setelah penanaman varietas Anoman, dilakukan penyemprotan dengan suspensi konidia cendawan *P. philippinensis* pada pagi hari. Tiga minggu setelah inokulasi pada Anoman, 84 galur S₁ yang akan diskining terhadap penyakit bulai ditanam. Pada pengujian ini, diikuti MR14 sebagai cek tahan dan varietas Anoman sebagai cek rentan, masing-masing ditanam dalam dua baris sepanjang 5 m, jarak tanam 75 x 25 cm dengan dua ulangan. Pupuk yang digunakan ialah urea dengan takaran 350 kg/ha dan Ponska dengan takaran 300 kg/ha. Pengamatan terhadap persentase serangan penyakit bulai dilakukan mulai pada umur 30 hari setelah tanam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hanya tiga galur dan cek tahan MR14 yang menunjukkan reaksi agak tahan terhadap penyakit bulai. Persentase serangan berkisar antara 36–100 persen. Namun, dari pengujian ini diperoleh 580 galur S₂ tahan bulai.

Kata kunci: penyakit bulai, galur tahan, skrining, plasma nutfah lokal.

PENDAHULUAN

Jagung masih diperlukan dalam jumlah yang banyak untuk bahan pakan maupun sebagai bahan pakan ternak. Produksi jagung di Indonesia dalam empat tahun terakhir cenderung naik turun, yakni 17,64 juta ton, 19,38 juta ton, 18,51 juta ton, dan 19,01 masing-masing pada tahun 2011, 2012, 2013, dan 2014 (BPS, 2015).

Pertanaman jagung di Indonesia pada tiap agroekosistem menghadapi beberapa kendala yang menyebabkan produksi dan produktivitas rendah dan tidak stabil. Beberapa kendala yang dihadapi di lapang antara lain belum diterapkannya teknologi produksi jagung, adanya cekaman biotik, dan abiotik. Cekaman biotik terutama serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) juga menekan produksi jagung di tanah air. Salah satu penyakit penting pada tanaman jagung adalah penyakit bulai karena sangat merusak bahkan di berbagai daerah tropis di Asia, kerusakan tanaman jagung akibat penyakit bulai tercatat mencapai sekitar 70% (Hooda *et al.*, 2012).

Penyakit bulai disebabkan oleh cendawan *Peronosclerospora* spp. yang penularannya dari tanaman sakit ke tanaman sehat terjadi melalui angin pada pagi hari. Sejumlah spesies dari tiga genera telah dilaporkan menyebabkan penyakit bulai pada tanaman jagung, di antaranya adalah: *P. maydis*, *P. philippinensis*, *P. sacchari*, *P. sorgi*, *P. spontanea*, *P. miscanthi*, *Sclerospora macrospora*, *S. rayssiae*, dan *S. graminicola* serta *P. heteropogani*, *P. eriochloae* (Rathore *et al.*, 2002; Telle *et al.*, 2011; Wakman dan Djatmiko, 2002; Yen *et al.*, 2004). Di Indonesia sudah ditemukan tiga spesies, yaitu *P. maydis* yang penyebarannya di pulau Jawa dan Lampung, *P. philippinensis* terdapat di pulau Sulawesi, *P. sorgi* baru dilaporkan di dataran tinggi Brastagi, Sumatera Utara (Lukman *et al.*, 2013; Rustiani *et al.*, 2015; Wakman dan Hasanuddin, 2003).

Laporan terdahulu menyebutkan bahwa penyakit bulai pada jagung di Indonesia telah dilaporkan terdapat di semua provinsi dan kebanyakan penyebabnya ialah *P. maydis* (Mikoshiha *et al.*, 1977; Triharso *et al.*, 1976), hanya di Sulawesi Utara dan Sulawesi Selatan penyakit bulai disebabkan

oleh *P. philippinensis* (Wakman dan Djatmiko, 2002). Muis *et al.* (2013) melaporkan bahwa berdasarkan karakteristik morfologi konidia *Peronosclerospora* spp. yang dikoleksi dari tujuh provinsi sentra produksi jagung di Indonesia, diperoleh tiga spesies patogen penyakit bulai yang penyebarannya berbeda-beda, yaitu *P. maydis* yang dijumpai di Jawa Timur, Lampung, dan Kalimantan Barat, *P. philippinensis* ditemukan di Sulawesi Selatan, dan *P. sorgi* diperoleh di Sumatera Utara dan Jawa Barat.

Salah satu usaha dalam memacu pengembangan jagung ialah melalui pengendalian penyakit bulai, di antaranya melalui perlakuan benih dengan fungisida *metalaxyl*. Namun, akhir-akhir ini keefektifan fungisida tersebut dalam mengendalikan penyakit bulai sudah mulai berkurang, bahkan di beberapa daerah di Indonesia sudah tidak efektif sama sekali. Oleh karena itu, dibutuhkan cara lain untuk pengendalian penyakit tersebut. Salah satu upaya mengendalikan penyakit bulai ialah dengan perakitan varietas tahan, dengan jalan memasukkan gen ketahanan kepada galur-galur jagung yang telah memiliki sifat-sifat yang unggul seperti berdaya hasil tinggi. Dengan dirilisnya beberapa kultivar jagung tahan penyakit bulai seperti jagung hibrida Bima-3, Bima-8, Bima-9, Bima-16, Bima-17, Bima-18, Bima-19, Bima-20 atau jagung komposit seperti Lagaligo (Aqil dan Arvan, 2014) dibarengi dengan penggunaan *metalaxyl*, kerugian ekonomi akibat penyakit bulai dapat ditekan. Namun demikian, pengendalian dengan kimiawi sangat sulit pada kondisi inokulum tinggi atau varietas yang ditanam sangat rentan (Yen *et al.*, 2004).

Salah satu syarat pelepasan varietas jagung unggul baru ialah memiliki karakter ketahanan terhadap penyakit, antara lain penyakit bulai, hawar daun *Helminthosporium turcicum*, dan penyakit karat. Selama ini, tingkat ketahanan beberapa genotipe jagung unggul nasional terhadap penyakit bulai masih bervariasi dan masih banyak di antaranya yang rentan terhadap penyakit bulai (Wakman dan Kontong, 2000). Varietas jagung tahan bulai diperoleh melalui suatu rangkaian kegiatan penelitian. Salah satu tahapan dalam proses tersebut ialah skrining ketahanan galur-galur jagung terhadap penyakit bulai.

Menurut Azrai *et al.* (2006), tingkat ketahanan jagung terhadap patogen penyebab penyakit bulai cukup beragam, bergantung pada variabilitas genetik, variabilitas fenotipik, dan interaksi antara genetik dengan lingkungannya. Pengetahuan mengenai variabilitas tersebut sangat penting, terutama dalam penerapan program seleksi yang tepat untuk memperoleh karakter tanaman yang diinginkan. Kutama *et al.* (2010) mengemukakan bahwa penyakit bulai pada jagung yang disebabkan oleh *P. sorghi* perkembangannya lebih bagus pada tanaman muda dibanding pada tanaman yang telah memasuki fase pengisian biji.

Penggunaan varietas tahan penyakit bulai sangat dianjurkan terutama jika fungisida *metalxyl* tidak mampu lagi mencegah serangan penyakit bulai di lapang. Dari hasil evaluasi ketahanan varietas jagung terhadap penyakit bulai di daerah endemik penyakit bulai Bengkayang, Kalimantan Barat, menunjukkan bahwa varietas BISI-8-16, BMD-2, dan Bima-3 tahan terhadap penyakit bulai, sedangkan varietas BISI-12 dan Lamuru sangat rentan terhadap penyakit bulai (Wakman, 2008).

Penelitian ini bertujuan menyaring galur-galur S₁ tahan bulai dan membentuk galur-galur S₂ tahan bulai yang selanjutnya dapat digunakan sebagai materi untuk persilangan.

BAHAN DAN METODE

Waktu, Tempat, dan Bahan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan yang berlangsung dari Februari hingga Mei 2013. Materi genetik yang digunakan untuk skrining ialah 84 galur S₁ tahan penyakit bulai hasil skrining koleksi plasma nutfah jagung lokal yang dilakukan pada tahun sebelumnya. Pupuk yang digunakan ialah urea dengan takaran 350 kg/ha dan Ponska dengan takaran 300 kg/ha.

Prosedur Penelitian

Persiapan benih

Masing-masing tongkol tanaman tahan pada nomor yang sama diambil sebanyak 50 biji, kemudian dicampur, sedangkan sisa biji pada tongkol disimpan. Masing-masing nomor disiapkan 200 biji

untuk 2 baris dan 2 ulangan. Biji tersebut digunakan untuk skrining ketahanan terhadap penyakit bulai yang dilanjutkan dengan kegiatan genotiping, dan selfing tanaman tahan bulai.

Persiapan lapang dan penanaman

Pengolahan tanah dilakukan secara sempurna. Cara inokulasi sama dengan yang dilakukan pada tahun pertama. Sumber inokulum (varietas Anoman) ditanam dua baris di sekeliling petak pengujian empat minggu sebelum tanam materi genetik yang akan diuji. Satu minggu setelah penanaman varietas Anoman, tanaman disemprot dengan suspensi konidia cendawan *P. philipinensis* pada pagi hari. Tiga minggu setelah inokulasi varietas Anoman, galur-galur S₁ diskroning terhadap penyakit bulai ditanam.

Galur S₁ tahan bulai ditambah cek tahan bulai MR14 dan cek rentan Anoman, masing-masing ditanam dalam dua baris sepanjang 5 m, jarak tanam 75 cm x 25 cm dengan dua ulangan. Tiap lubang ditanam dua biji dan diberi insektisida karbofuran untuk mencegah hama semut atau pemakan daun. Pemupukan dilakukan dua kali, yaitu pada saat tanaman berumur 10 hari setelah tanam (hst) dengan memberikan setengah takaran urea dan seluruh ponska. Pemupukan kedua pada saat tanaman berumur 30 hst dengan memberikan setengah takaran urea yang tersisa.

Rancangan percobaan

Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok dengan 86 perlakuan dan dua ulangan. Perlakuan terdiri atas 84 galur S₁ dan dua varietas pembanding, yakni MR14 (pembanding tahan) dan Anoman (pembanding rentan).

Pengamatan dan pemeliharaan

Pada umur 10 hari setelah tanam, dilakukan penjarangan tanaman dengan menyisakan 1 tanaman per lubang tanam, dilanjutkan dengan pemupukan pertama. Pengamatan tanaman tahan bulai dilakukan pada umur 30 hst serta persentase serangan dihitung dengan rumus:

$$I = (A : B) \times 100\%$$

I = persentase serangan penyakit bulai.

A = jumlah tanaman terserang penyakit bulai.

B = populasi tanaman yang tumbuh setiap baris.

Analisis data

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak komputer Cropstat 7.2 dari *International Rice Research Institute*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan di lapang pada 2 minggu setelah tanaman *spreader row* diinokulasi menunjukkan bahwa sekitar 80% telah terserang penyakit bulai dan telah memenuhi syarat sebagai sumber inokulum di lapang.

Hasil pengamatan terhadap persentase serangan penyakit bulai menunjukkan bahwa semua materi uji terserang penyakit bulai dengan tingkat serangan dan reaksi galur yang bervariasi (Tabel 2). Persentase serangan diketahui dengan menghitung jumlah tanaman yang terserang dari keseluruhan tanaman yang tumbuh. Sedangkan reaksi tanaman diketahui berdasarkan besarnya persentase serangan seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa dari 84 galur S_1 yang diuji, terdapat 3 galur yang bereaksi agak tahan, yakni aksesori nomor 45, 335, dan 51 dengan persentase serangan penyakit bulai berkisar antara 30,0–38,8%. Selain itu, terdapat 24 galur yang bereaksi rentan dengan persentase serangan penyakit bulai berkisar antara 41,3–60%, dan terdapat 57 galur yang menunjukkan reaksi sangat rentan dengan persentase serangan bulai berkisar antara 62,5–99,8%.

Rendahnya jumlah galur yang menunjukkan reaksi tahan terhadap bulai pada pengujian ini sejalan dengan hasil penelitian Pakki (2007) yang menguji ketahanan 100 galur jagung terhadap penyakit bulai. Hasil skrining tersebut ditemukan sangat sedikit galur yang memperlihatkan reaksi lebih tahan atau hanya sekitar empat galur atau

sekitar 5%. Hal yang sama juga ditemukan uji ketahanan pada tahun-tahun sebelumnya, hanya berkisar 2–3% dari setiap populasi yang diuji (Pakki *et al.*, 2007). Data tersebut menggambarkan bahwa identifikasi galur yang tahan dan dapat digunakan sebagai tetua dalam persilangan perakitan varietas unggul baru ialah tergolong rendah (Pakki, 2007). Nagabhusan *et al.* (2014) melaporkan bahwa dari 50 galur jagung inbrida yang diuji ketahanannya terhadap penyakit bulai di India, hanya tiga galur yang menunjukkan reaksi tahan, sisanya menunjukkan reaksi rentan hingga sangat rentan.

Hasil analisis statistik terhadap persentase serangan penyakit bulai menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan. Hasil uji BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa dari keseluruhan galur S_1 yang diuji, terdapat 20 galur yang tidak berbeda nyata dengan cek tahan MR14 dan berbeda nyata dengan cek rentan Anoman (Tabel 3).

Hasil pembentukan galur S_2 menunjukkan bahwa dari skrining ketahanan terhadap penyakit bulai galur-galur S_1 tersebut diperoleh 580 galur S_2 tahan. Galur-galur S_2 tahan penyakit bulai tersebut selanjutnya disimpan untuk keperluan penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa walaupun persentase serangan penyakit bulai tinggi pada setiap galur uji, masih ada individu tanaman yang tidak terserang penyakit bulai dan dapat diselingi untuk membentuk galur S_2 tahan penyakit bulai. Semua galur S_2 tahan penyakit bulai tersebut dapat dilanjutkan untuk diskriminasi lagi sekaligus membentuk galur S_3 tahan penyakit bulai.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa skrining galur yang dilakukan secara bertahap akan menghasilkan lebih banyak materi yang tahan terhadap bulai. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa benih yang berasal dari tanaman tahan bulai belum tentu semuanya akan tahan, karena galur S_2 yang

Tabel 1. Kategori ketahanan varietas/galur jagung terhadap serangan penyakit bulai berdasarkan persentase serangan (Talanca, 2009).

Persentase serangan	Kategori ketahanan
0,0–10%	Sangat tahan
>10–20%	Tahan
>20–40%	Agak tahan
>40–60%	Rentan
>60–100%	Sangat rentan

Tabel 2. Persentase serangan dan reaksi galur S₁ terhadap penyakit bulai di lapang. KP Bajeng, 2013.

No. aksesi	Serangan (%)	Reaksi	No. aksesi	Serangan (%)	Reaksi
MR14 (cek tahan)	29,8	Agak tahan	115	70,0	Sangat rentan
45	30,0	Agak tahan	33	70,0	Sangat rentan
335	38,8	Agak tahan	40	71,3	Sangat rentan
51	38,8	Agak tahan	403	71,3	Sangat rentan
285	41,3	Rentan	20	72,5	Sangat rentan
298	41,3	Rentan	85	72,5	Sangat rentan
288	41,3	Rentan	104	73,8	Sangat rentan
276	42,5	Rentan	67	75,0	Sangat rentan
95	42,5	Rentan	31	75,0	Sangat rentan
404	42,5	Rentan	163	75,0	Sangat rentan
55	47,5	Rentan	270	75,0	Sangat rentan
179	51,3	Rentan	113	76,3	Sangat rentan
324	51,3	Rentan	186	76,3	Sangat rentan
405	51,3	Rentan	78	77,5	Sangat rentan
277	52,5	Rentan	28	77,5	Sangat rentan
263	52,5	Rentan	149	77,5	Sangat rentan
103	52,5	Rentan	24	78,8	Sangat rentan
156	53,8	Rentan	2	78,8	Sangat rentan
124	53,8	Rentan	310	78,8	Sangat rentan
44	53,8	Rentan	117	78,8	Sangat rentan
94	53,8	Rentan	49	80,0	Sangat rentan
89	55,0	Rentan	62	80,0	Sangat rentan
48	57,5	Rentan	274	81,3	Sangat rentan
401	58,8	Rentan	317	81,3	Sangat rentan
90	58,8	Rentan	68	82,5	Sangat rentan
61	58,8	Rentan	19	82,5	Sangat rentan
52	60,0	Rentan	205	82,5	Sangat rentan
131	60,0	Rentan	3	83,8	Sangat rentan
66	62,5	Sangat rentan	145	83,8	Sangat rentan
93	63,8	Sangat rentan	95	85,0	Sangat rentan
406	63,8	Sangat rentan	157	85,0	Sangat rentan
291	65,0	Sangat rentan	158	87,5	Sangat rentan
164	65,0	Sangat rentan	213	90,0	Sangat rentan
196	66,3	Sangat rentan	195	90,0	Sangat rentan
186	66,3	Sangat rentan	168	91,3	Sangat rentan
286	66,3	Sangat rentan	95	92,5	Sangat rentan
300	67,5	Sangat rentan	141	93,8	Sangat rentan
273	67,5	Sangat rentan	408	93,8	Sangat rentan
402	67,5	Sangat rentan	265	95,0	Sangat rentan
108	67,5	Sangat rentan	194	98,8	Sangat rentan
60	68,8	Sangat rentan	409	99,5	Sangat rentan
407	68,8	Sangat rentan	69	99,8	Sangat rentan
46	70,0	Sangat rentan	Anoman (cek rentan)	99,8	Sangat rentan

menunjukkan reaksi rentan hingga sangat rentan berasal dari tanaman yang tidak terserang bulai pada musim sebelumnya. Begitu pula sebaliknya, sejumlah galur yang menunjukkan reaksi agak tahan pada pengujian ini berasal dari plasma nutfah lokal yang rentan terhadap bulai pada pengujian sebelumnya. Budiarti (2007) mengemukakan bahwa dengan hasil uji berulang dengan kondisi yang mendukung serta sumber inokulum yang ber-

limpah menyebabkan perubahan tingkat ketahanan yang tadinya termasuk tahan menjadi rentan. Selanjutnya dikemukakan bahwa perubahan tingkat ketahanan dapat pula terjadi apabila varietas yang sama ditanam di lokasi yang berbeda. Selain faktor tersebut, tinggi rendahnya serangan penyakit bulai pada galur-galur yang diuji juga tergantung dari sumber inokulum penyakit bulai. Menurut Burhanuddin (2013), untuk menghasilkan tanaman

Tabel 3. Galur-galur S₁ yang tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan cek tahan MR14.

No. aksesii	Persentase serangan (%)
MR14 (cek tahan)	29,8
45	30,0
335	38,8
51	38,8
285	41,3
298	41,3
288	41,3
276	42,5
95	42,5
404	42,5
55	47,5
179	51,3
324	51,3
405	51,3
277	52,5
263	52,5
103	52,5
156	53,8
124	53,8
44	53,8
94	53,8
Anoman (cek rentan)	99,8
BNT 5%	26,1
KK (%)	19,1

sumber inokulum penyakit bulai yang memiliki intensitas serangan penyakit bulai yang tinggi maka setiap inokulasi digunakan suspensi konidia yang dibuat sesaat sebelum diaplikasikan ke tanaman jagung dan cukup dilakukan satu kali pada 10 hari setelah tanam.

Adanya perbedaan tingkat ketahanan penyakit pada galur-galur yang diuji dipengaruhi oleh faktor genetik. Hasil pengujian Talanca (2009) pada beberapa jenis jagung plasma nutfah dengan berbagai keragaman genetik menunjukkan adanya perbedaan tingkat ketahanan yang dimiliki. Menurut Agrios (2005) resistensi tanaman terhadap patogen dikendalikan oleh gen tanaman tersebut. Interaksi gen tahan berpengaruh pula terhadap perkembangan suatu penyakit, di mana pada varietas tahan perkembangannya akan lebih lambat dibandingkan dengan varietas yang rentan. Menurut Zadoks dan Schein (1979), ketahanan tanaman terhadap penyakit dapat dilihat dari tingkat keparahan penyakit dari waktu ke waktu. Tingkat keparahan ini menentukan laju intensitas penularan penyakit

pada tanaman. Secara genetik sifat ketahanan tanaman dipengaruhi oleh adanya sejumlah gen yang menyusun kromosom, di mana pada varietas tahan biasanya disusun oleh beberapa gen tahan yang dikenal dengan ketahanan horizontal. Gen tahan ada yang mengendalikan metabolisme produksi toksin yang dihasilkan oleh tanaman yang dapat menekan perkembangan penyakit.

KESIMPULAN

Dari 84 galur S₁ yang diuji ketahanannya terhadap bulai, terdapat 3 galur (aksesii 45, 335, dan 51) yang menunjukkan reaksi agak tahan yang sama reaksinya dengan varietas pembandingan tahan MR14. Ketiga galur tersebut dapat digunakan sebagai sumber gen tahan terhadap bulai dalam perakitan varietas jagung tahan bulai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. Fifth Ed. Elsevier Academic Press, London.
- Aqil, M. dan R.Y. Arvan. 2014. Deskripsi varietas unggul jagung. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta
- Azrai, M., H. Aswidinnoor, J. Koswara, M. Suharman, dan J.R. Hidajat. 2006. Analisis genetik ketahanan jagung terhadap bulai. J. Pen. Pert. Tan. Pangan 25(2):71–77.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Produksi jagung menurut provinsi (ton), 1993–2015. Badan Pusat Statistik. <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/-868>. (diakses 12 Okt. 2015).
- Budiarti, S.G. 2007. Plasma nutfah jagung sebagai sumber gen dalam program pemuliaan. Bul. Plasma Nutfah 13(1):1–10.
- Burhanuddin. 2013. Pengaruh penyimpanan dan frekuensi inokulasi suspensi konidia *Peronosclerospora philippinensis* terhadap infeksi penyakit bulai pada jagung. Dalam: A. Muis, M. Yasin HG., dan S. Pakki, editor, Prosiding Seminar Nasional Serealia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. hlm. 396–402.
- Hooda, K.S., V. Singh, T.A.S. Setty, S.S. Sharma, V. Parnidharan, R.N. Bunker, and J. Kaul. 2012. Screening of elite maize lines for resistance against downy mildews. Maize J. 1(2):110–112.
- Kutama, A.S., B.S. Aliyu, and A.M. Emechebe. 2010. State of sorghum downy mildew in maize in the Sudan and Sahel Savanna agro-ecological zones of Nigeria. BAJOPAS 3(1):233–237.
- Lukman, R., A. Afifuddin, and T. Lubberstedt. 2013. Unraveling the genetic diversity of maize downy mildew in Indonesia. J. Plant Pathol. Microb. 4:162. doi:10.4172/2157-7471.1000162.
- Mikoshiha, F., M. Sudjadi, and A. Soediarso. 1977. Dispersion of conidia of *Sclerospora maydis* in outbreaks of maize downy mildew disease in Indonesia. Tropical Agriculture Research Center. Japan:186–189.
- Muis, A., M.B. Pabendon, N. Nonci, dan W.P.S. Waskito. 2013. Keragaman genetik *Peronosclerospora maydis* penyebab penyakit bulai pada jagung berdasarkan analisis marka SSR. J. Pen. Pert. Tan. Pangan 32(3):139–147.
- Nagabhushan, H.C. Lohithaswa, T.A. Sreeramasetty, Puttaramaik, and S. Hittalmani. 2014. Identification of stable source of resistance to sorghum downy mildew in maize (*Zea mays* L.). JANRM 1(3):176–178.
- Pakki, S. 2007. Uji ketahanan galur/calon varietas jagung terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora philippinensis*). J. Vegeta 1(2):42–47.
- Pakki, S., R. Iriany, dan M.S. Pabbage. 2007. Resistensi galur-galur jagung hibrida dalam cekaman penyakit bulai (*Peronosclerospora philippinensis*). Laporan Tahunan Kelti Hama dan Penyakit Tanaman Balai Penelitian Tanaman Serealia, Makasar.
- Rathore, R.S., A. Trivedi, and K. Mathur. 2002. Rajasthan downy mildew: The problem and management perspectives. In: G. Srinivasan, P.H. Zaidi, B.M. Prasanna, F. Gonzales, and K. Lesnick, editors, Proceeding of the 8th Asian Regional Maize Workshop. Bangkok, Thailand, August 5–8, 2002. p. 366–379.
- Rustiani, U.S., M.S. Sinaga, S.H. Hidayat, and S. Wiyono. 2015. Ecological characteristic of *Peronosclerospora maydis* in Java, Indonesia. IJSBAR 19(1):159–167.
- Talanca, A.H. 2009. Resistensi varietas/galur plasma nutfah jagung terhadap penyakit bulai. Dalam: A. Muis, E. Jamal, D. Bulu, S. Bakhri, C. Khairani, B. Ciyo, dan I. Kadeco, editor, Prosiding Seminar Nasional dan Workshop, Inovasi Teknologi Pertanian yang Berkelanjutan Mendukung Pengembangan Agribisnis dan Agroindustri di Pedesaan. Palu, 10-11 Nopember 2009. Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Bogor. hlm. 21–26.
- Telle, S., R.G. Shivas, M.J. Ryley, and M. Thines. 2011. Molecular phylogenetic analysis of *Peronosclerospora* (oomycetes) reveals cryptic species and genetically distinct species parasitic to maize. Eur. J. Plant Pathol. 130:521–528. doi:10.1007/s10658-011-9772-8.
- Triharso, T. Martoredjo, dan L. Kusdiarti. 1976. Recent problems and studies on downy mildew of maize in Indonesia. Kasetart J. 10(2):101–105.
- Wakman, W. dan M.S. Kontong. 2000. Pengendalian penyakit bulai pada tanaman jagung dengan varietas tahan dan aplikasi fungisida metalaksil. J. Pen. Pert. Tan. Pangan 19(2):38–42.
- Wakman, W. dan H.A. Djatmiko. 2002. Sepuluh spesies cendawan penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung. Makalah disajikan pada Seminar PFI di Universitas Negeri Jenderal Sudirman Purwokerto. 7 September 2002.
- Wakman, W. dan Hasanuddin. 2003. Penyakit bulai (*Peronosclerospora sorghi*) pada jagung di dataran tinggi Karo Sumatera Utara. Makalah disajikan pada Seminar Nasional PFI di Bandung.

- Wakman, W. 2008. Pengendalian penyakit bulai pada jagung di Bengkayang Kalbar. Dalam: Dalam: M.S. Saenong, Baharuddin, T. Kuswinanti, S. Syam, M.Y. Said, M.S. Pabbage, I.D. Daud, N. Agus, A. Nasruddin, W. Wakman, A.H. Talanca, Masmawati, U. Nurwahidah, A. Rugaya, M. Iqbal, dan Juniarsih, editor, Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI Komisariat Daerah Sulawesi Selatan, 5 Nopember 2008. hlm. 79–85.
- Yen, T.T.O., B.M. Prasanna, T.A.S. Setty, and R.S. Rathore. 2004. Genetic variability for resistance to sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) and Rajasthan downy mildew (*P. heteropogoni*) in the tropical/sub-tropical Asian maize germplasm. *Euphytica* 138:23–31.
- Zadoks, J.C. and R.D. Schein. 1979. *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press, New York.
-