

KARAKTERISTIK KEDELAI TOLERAN LAHAN KERING MASAM

Heru Kuswanto¹, Darman M. Arsyad², dan Purwantoro¹

ABSTRAK

Karakteristik kedelai toleran lahan kering masam. Banyaknya kendala yang membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti kemasaman tanah, keracunan unsur mikro dan kahat unsur makro mengakibatkan hasil biji di lahan kering masam tidak setinggi di lahan optimal. Oleh karena itu awal dari perakitan kedelai untuk lahan kering masam terutama diarahkan untuk perbaikan hasil biji. Secara genetik perbaikan hasil biji menghadapi kendala berupa rendahnya keragaman genetik dan heritabilitas yang tergolong sedang. Karakteristik genotipe kedelai toleran lahan kering masam biasanya memiliki ukuran biji yang tergolong kecil. Di lain pihak, petani dan industri berbahan baku kedelai lebih senang menggunakan kedelai berbiji besar daripada kedelai berbiji kecil, sehingga selain perbaikan hasil biji juga diperlukan perbaikan ukuran biji. Kendala yang juga dihadapi dalam perbaikan ukuran biji adalah heritabilitas tergolong sedang, namun keragaman genetiknya tergolong luas. Kemajuan yang dicapai dalam perakitan varietas kedelai toleran lahan kering masam saat ini berpeluang untuk diperolehnya kedelai berdaya hasil tinggi dan berbiji lebih besar daripada varietas yang sudah dilepas. Karakteristik lain yang sangat penting adalah kemampuan akar dalam mentoleransi cekaman kemasaman dan keracunan Al.

Kata kunci: kedelai, lahan kering masam, hasil, ukuran biji, ideotipe

ABSTRACT

Characteristic of acid-tolerant soybean. Many constraints limiting plant growth and development such as soil acidity, micro nutrients toxicity and macro nutrients deficiency lead seed yield on acid soil lower than on optimal land. Therefore, the beginning of soybean developing for acid soil tolerance was directed to improve seed yield. Genetically, seed yield improvement face constraints of low genetic variance and moderate heritability. Soybean genotypes that tolerant to acid soil usually

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, heru@litbang.deptan.go.id

²⁾ Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian

Naskah diterima tanggal 7 Oktober 2012; disetujui untuk diterbitkan tanggal 7 Maret 2013

Diterbitkan di Buletin Palawija No. 25-2013: 1–10.

have smaller seed size. On the other hand, farmer and industry using soybean as the staple prefer large seeded soybean than small seeded soybean. Hence, beside seed yield improvement, it is also needed seed size improvement. Limitation that also faced in seed size improvement is the heritability classified as moderate. However, the broad genetic variance of seed size, increase the prospect to improve seed size. Recent achieved progress in soybean breeding program for acid soil tolerance lead to obtain soybean variety with yield potential and size seed higher than the released varieties. Other important characteristic is the ability of the root in tolerating acidity and Al-toxicity stresses.

Keywords: soybean, acid soil, yield, seed size, ideotype

PENDAHULUAN

Penurunan luas panen banyak terjadi di Pulau Jawa yang mengalami alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi non pertanian. Oleh karena itu perlu adanya perluasan luas panen yang dapat dilakukan di luar Jawa. Namun demikian, lahan-lahan di luar Jawa biasanya merupakan lahan suboptimal yang memiliki permasalahan kesuburan tanah. Salah satu lahan suboptimal adalah lahan kering masam yang luasnya mencapai 102.817.113 ha. Pengembangan kedelai pada lahan kering masam menghadapi masalah diantaranya adalah keracunan unsur hara mikro seperti Al dan Mn, defisiensi unsur hara makro N, P, K, Ca, Mg dan Mo dan pengaruh buruk ion H⁺ (Widjaja- Adhi 1985); serta rendahnya populasi mikro organisme menguntungkan seperti Rhizobium dan Mikoriza (Howeler 1991).

Kompleksnya permasalahan di lahan kering masam menyebabkan rendahnya produktifitas kedelai. Hal ini terjadi karena keracunan unsur mikro mengakibatkan tanaman kedelai dapat mengalami kerusakan organ dan perubahan proses fisiologis tanaman. Kerusakan organ terutama akar, bukan hanya menyebabkan terganggunya proses pengambilan nutrisi, tetapi juga dapat menyebabkan kematian tanaman. Begitu pula dengan defisiensi unsur makro yang menyebabkan penurunan pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena nutrisi yang diperlukan berkurang. Untuk mengatasi masa-

lah ini dapat dilakukan dengan perbaikan kondisi lahan, dan atau penyediaan varietas toleran.

Perbaikan toleransi varietas kedelai terhadap lahan kering masam diutamakan pada perbaikan hasil biji dan ukuran biji. Hasil biji merupakan karakter utama dalam pengembangan kedelai di lahan kering masam. Hal ini berkaitan dengan preferensi petani dan industri berbahan baku kedelai, di mana kedelai berbiji besar lebih disenangi daripada kedelai berbiji kecil (Krisdiana 2007). Sampai saat ini varietas yang tersedia pada umumnya adalah varietas yang berbiji sedang sampai kecil, sehingga perlu adanya perbaikan ukuran biji menjadi berbiji besar.

PERTUMBUHAN KEDELAI DI LAHAN KERING MASAM

Kedelai di lahan kering masam akan keracunan ion H^+ . Keracunan ion H^+ mempunyai pengaruh nyata pada membran sel. Membran plasma pada ujung akar merupakan target kemasaman tanah (Ermolayev 2001). Interaksi Al^{3+} (bentuk utama Al toksik) dengan senyawa pendonor oksigen (seperti protein, asam nukleat dan polisakarida) mengakibatkan hambatan pembelahan dan pemanjangan sel (Mossor-Pietraszewsk 2001). Kedelai transgenik yang

memiliki gen tahan Al dapat menghilangkan penetrasi Al pada zona pembelahan dan pemanjangan akar.

Hanum *et al.* (2007) yang meneliti pertumbuhan akar kedelai menggunakan 75% kejenuhan Al melaporkan terjadinya penurunan berat kering akar sampai 84%. Penurunan ini diduga disebabkan oleh penghambatan pertumbuhan perakaran akibat terbentuknya ikatan antara Al dengan membran plasma akar (Matsumoto *et al.* 1992). Ikatan yang terbentuk ini bukan hanya terjadi di membran plasma tetapi juga di dinding sel akar, di mana terjadi ikatan antara karboksil di dinding akar dan fosfat di membran plasma (Gunse *et al.* 1997).

Schenkel (2000) melaporkan bahwa penguangan pH larutan nutrisi dari 6 ke 4,3 mengurangi produksi bahan kering total per pot sampai 63% di atas rata-rata kultivar kedelai. Peningkatan konsentrasi Al menyebabkan produksi bahan kering turun sampai 40% pada perlakuan 4,3 μM Al. Pada perlakuan 200 μM Al meningkatkan pertumbuhan akar tanaman, sedangkan bahan kering bagian atas tanaman secara konstan turun dengan adanya penambahan konsentrasi Al. Reaksi kultivar terhadap cekaman Al berbeda-beda satu dengan yang lain. Kultivar Kador dari Eropa memiliki produksi mutlak akar paling tinggi, tetapi penampilmannya relatif rendah. Sebaliknya kultivar Wilis dari Indonesia memiliki penampilan akar paling baik, tetapi produksi bahan kering akar mutlak berada di bawah rata-rata. Beberapa kultivar yang berpenampilan baik pada produksi bahan kering mutlak dan relatif adalah kultivar Tambora dari Indonesia dan kultivar BR86-9508 dan Doko RC keduanya dari Brazil.

Hasil kedelai di lahan kering masam umumnya lebih rendah daripada hasil kedelai di lahan relatif optimal. Di lahan kering masam tanpa perlakuan pengapuran kedelai mencapai rerata 1,35 t/ha; sedangkan hasil dengan pengapuran dapat mencapai 1,53 t/ha (Tabel 1). Perlakuan pengapuran berdampak pada peningkatan pH tanah yang akhirnya juga akan meningkatkan ketersediaan unsur hara makro dan menurunkan ketersediaan unsur hara mikro (Kuswantoro 2006). Dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara makro, maka kebutuhan tanaman akan hara tersebut dapat terpenuhi. Begitu pula dengan menurunnya ketersediaan unsur hara mikro, maka keracunan akibat kelebihan unsur tersebut menjadi berkurang. Keberadaan Al^{3+} menurun sejalan dengan pem-

Tabel 1. Keragaan hasil kedelai lahan kering masam tanpa pengapuran dan dengan pengapuran.

Genotipe	Hasil (t/ha)	
	Tanpa pengapuran	Dengan pengapuran
W 3578-15	1,20	1,48
W 3578-16	1,43	1,64
W 3578-17	1,40	1,62
K 3911-66	1,72	1,67
D 3577-27	1,42	1,66
D 3578-5	1,36	1,58
D 3623-22	1,50	1,80
D 3623-27	1,10	1,29
TGX 1448	1,37	1,30
3465/4126-21	1,32	1,30
Wilis	1,24	1,41
Slamet	1,20	1,59
Sindoro	1,29	1,54
Rerata	1,35	1,53

(Arsyad *et al.* 2002).

berian kapur (Caires 2008) sehingga menurunkan keracunan Al.

Ukuran biji kedelai di lahan kering masam lebih kecil daripada di lahan non masam (sawah) (Tabel 2). Tetua TGX 1448 tidak mengalami perubahan ukuran biji, sebaliknya galur W 3578-15 dan W 3578-16 mengalami penurunan ukuran biji terkecil. Di antara varietas, Wilis memberikan penampilan biji terbaik, dan sebaliknya Slamet memberikan penampilan biji terburuk (Tabel 2). Galur K 3911-66 dan D 3623-22 menghasilkan biji $\geq 1,5$ t/ha tanpa pengapuran pada lahan kering masam. Varietas pembanding toleran Slamet dan Sindoro hanya dapat menghasilkan biji 1,20 t/ha dan 1,29 t/ha, lebih rendah daripada galur yang diuji kecuali galur W 3578-15 dan D 3623-27. Hal ini menunjukkan bahwa galur-galur tersebut lebih toleran terhadap lahan kering masam daripada varietas Slamet dan Sindoro.

Respons genotipe terhadap kemasaman tanah pada keragaan ukuran biji kedelai berbeda antar genotipe. Pada umumnya ukuran biji kedelai lebih besar pada penanaman di lahan sawah non masam daripada di lahan kering masam dengan rerata 9,39 g/100 biji dan 7,81 g/100 biji (Tabel 2). Varietas yang memiliki ukuran biji paling besar di lahan sawah adalah varietas Slamet. Begitu pula di lahan kering

masam, varietas Slamet juga menunjukkan ukuran biji paling besar.

Semakin meningkatnya kemasaman tanah mengakibatkan terjadinya penurunan pada ukuran biji kedelai. Di lahan sawah yang merupakan lahan optimal, ukuran biji kedelai lebih tinggi daripada di lahan kering masam (Tabel 2). Meningkatnya pH tanah merupakan salah satu faktor peningkatan ukuran biji kedelai di lahan kering masam. Galur TGX 1448 juga memberikan penampilan hasil sama dengan tanpa pengapuran (Tabel 1), mungkin merupakan indikasi bahwa galur tersebut adaptif pada lahan kering masam. Suryati *et al.* (2006) melaporkan bahwa tujuh genotipe kedelai yang ditanam di tanah Andosol dengan pH 4,8 memberikan ukuran biji lebih kecil daripada yang ditanam di tanah Ultisol dengan pH 5,1 dan tanah Histosol dengan pH 5,8. Taufiq *et al.* (2007) juga melaporkan peningkatan ukuran biji sejalan dengan meningkatnya pH tanah, Ca dan Mg tersedia, dan menurunnya Al-dd, H-dd, Fe, dan Mn tersedia.

Hasil kedelai tidak berkorelasi nyata dengan ukuran biji, tetapi berkorelasi sangat nyata dengan jumlah polong dan jumlah buku subur per tanaman (Tabel 3). Semakin banyak buku subur atau semakin banyak jumlah polong maka hasil biji juga akan semakin banyak.

Tabel 2. Keragaan ukuran biji kedelai di lahan sawah dan lahan kering masam.

Genotipe	Ukuran biji (g/100 biji)		Penurunan ukuran biji (%)
	Lahan sawah ¹	Lahan kering masam ²	
W 3578-15	8,40	5,90	30
W 3578-16	10,50	8,40	20
W 3578-17	9,80	7,50	23
K 3911-66	9,80	8,40	14
D 3577-27	10,30	8,60	17
D 3578-5	8,40	7,10	15
D 3623-22	8,40	7,10	15
D 3623-27	8,90	7,10	20
TGX 1448	8,80	7,80	11
3465/4126-21	7,30	7,50	-3
Wilis	9,90	8,30	16
Slamet	11,70	9,20	21
Sindoro	9,90	8,60	13
Rerata	9,39	7,81	17

¹Malang-Jawa Timur, ²Tulang Bawang-Lampung (Arsyad dan Nur 2004; data diolah).

Dengan demikian, perbaikan hasil biji kedelai secara tidak langsung dapat dilakukan dengan perbaikan jumlah polong dan jumlah buku subur, tetapi tidak dapat dilakukan dengan perbaikan ukuran biji. Perbaikan hasil dan ukuran biji dapat dilakukan dengan sekaligus. Alt *et al.* (2002) menggunakan peringkat individual pada dua karakter yang diseleksi sekaligus dan dipilih individu yang menempati peringkat tertinggi.

GENETIKA SIFAT TOLERANSI KEDELAI TERHADAP LAHAN MASAM

Toleransi terhadap kedelai Al diukur berdasarkan panjang akar yang diwariskan secara aditif dan tidak ada dominansi (Sunarto 1985). Pada populasi F2 dari persilangan galur toleran x peka diketahui adanya perbedaan dua pasang gen. Dari persilangan Orba (toleran) x 2330 (peka) diketahui adanya interaksi aditif-aditif untuk bobot kering akar. Heritabilitas arti sempit panjang akar berkisar antara 0,33 (sedang) hingga 0,71 (tinggi).

Kajian heritabilitas toleransi Al berdasarkan pertumbuhan panjang akar dari populasi F4 persilangan kedelai 'Young' (peka) x PI 416397 (toleran), diperoleh heritabilitas pada keberadaan Al dengan satu ulangan adalah sedang (0,57) dan pada lima ulangan heritabilitasnya tinggi (0,87) (Bianchi-Hall *et al.* 1998). Diduga sekitar tiga sampai lima gen mungkin mengendalikan toleransi Al. Penelitian selanjutnya yang menggunakan marka RFLP untuk mengidentifikasi QTL yang mengendalikan toleransi Al disimpulkan bahwa toleransi kedelai terhadap kemasaman dikendalikan oleh 3-5 gen (Bianchi-Hall *et al.* 2000).

Hanson dan Kamprath (1979) menseleksi toleransi akar kedelai berdasarkan pertumbuhan akar, dan laju pertumbuhan akar memi-

liki heritabilitas 0,67. Hanson (1991) mengemukakan bahwa seleksi genotipe untuk perbedaan toleransi pada bibit kedelai tidak konsisten berhubungan dengan tanggap penetrasi akar ke dalam tanah dengan Al tinggi. Seleksi untuk perbedaan laju pelepasan elektron atau ketebalan akar, tidak berhubungan dengan tanggap penetrasi akar ke dalam tanah. Pertumbuhan akar dapat digunakan sebagai kriteria seleksi karena memiliki heritabilitas tinggi menurut kriteria Stansfield (1991).

PARAMETER GENETIK HASIL BIJI DAN UKURAN BIJI KEDELAI DI LAHAN KERING MASAM

Keragaman genetik memegang peran penting dalam suatu program pemuliaan, karena kemajuan genetik berbanding lurus dengan keragaman genetik (Falconer 1989). Semakin luas keragaman genetik, maka program pemuliaan akan lebih mudah dilaksanakan. Anderson dan Bancroff dalam Wahdah *et al.* (1996) menyatakan bahwa keragaman genetik luas apabila koefisien keragaman genetik lebih besar atau sama dengan dua kali simpangan baku genotipiknya ($KKg \geq 2$), sedangkan keragaman genetik sempit apabila koefisien keragaman genetik lebih kecil daripada dua kali simpangan baku genotipiknya ($KKg < 2$). Dari 97 aksesi kedelai yang berada di dalam koleksi plasma nutfah Balitkabi, karakter hasil biji memiliki keragaman genetik sempit, sebaliknya ukuran biji memiliki keragaman genetik luas (Tabel 4). Dengan keragaman genetik yang sempit, maka perbaikan hasil biji dapat dilaksanakan secara tidak langsung melalui ukuran biji pada lingkungan optimal. Pada lahan suboptimal juga didapatkan hasil serupa (Tabel 5).

Heritabilitas dalam arti luas (h_{bs}^2) untuk karakter hasil dan ukuran biji kedelai di lahan

Tabel 3. Korelasi antar sifat komponen hasil dan antara komponen hasil terhadap hasil biji kedelai pada lahan masam.

Komponen hasil	Hasil	Tinggi tanaman	Jumlah cabang	Jumlah polong	Ukuran biji
Tinggi tanaman	0,4625				
Jumlah cabang	0,1249	0,2917			
Jumlah polong	0,7110 **	-0,0036	-0,1247		
Ukuran biji	0,1032	0,1532	0,7067 **	-0,0639	
Jumlah buku subur	0,5158 **	0,5286 **	-0,2021	0,4248	-0,0553

**sangat nyata pada taraf 0,01 (Kuswantoro dan Arsyad 2002).

Tabel 4. Koefisien keragaman genetik beberapa karakter agronomis 97 aksesi kedelai. KP Jambege, MK I 2006.

Karakter	KKg	σ_g^2	Kriteria
Hasil biji	13,51	10,76	Sempit
Ukuran biji	21,85	0,21	Luas
Tinggi tanaman	15,93	1,24	Luas
Jumlah cabang	15,59	0,11	Luas
Jumlah polong	20,32	1,55	Luas

KKg = koefisien keragaman genetik, σ_g^2 = simpangan baku genetik.

Tabel 5. Parameter genetik hasil biji dan ukuran biji kedelai di lahan kering masam.

Parameter genetik	Hasil biji	Ukuran biji
KKg	13,63	10,94
KKp	20,19	13,36
$\sigma_{\sigma_g^2}$	13,78S	0,49L
σ_g^2	1240,71	0,77
σ_e^2	1481,60	1,34
σ_p^2	2722,30	2,14
h_{bs}^2	0,46	0,36

KKg=koefisien keragaman genetik, $KK_{g(r)}$ =koefisien keragaman genetik relatif, KK_p =koefisien keragaman fenotipik, σ_g^2 =ragam genetic, σ_e^2 =ragam lingkungan, σ_p^2 =ragam fenotipik, h_{bs}^2 = heritabilitas dalam arti luas, Lluas, Ssempit (Kuswantoro *et al.* 2006; data diolah).

kering masam tergolong sedang (Tabel 5) berdasarkan klasifikasi Stansfield (1991). Karasu *et al.* (2009) memperoleh heritabilitas hasil biji dan ukuran biji yang tergolong sedang yaitu 0,26 dan 0,21, sebagai indikasi bahwa ragam fenotipiknya besar untuk hasil dan ukuran biji. Menurut Djati-Waluyo dan Suharto (1990) dalam Mursito (2003), ukuran biji maksimum tiap tanaman ditentukan secara genetik, namun ukuran nyata biji yang terbentuk ditentukan oleh lingkungan selama pengisian biji.

Hasil dan ukuran biji dengan heritabilitas yang tergolong sedang, menjelaskan lingkungan berpengaruh besar pada perubahan hasil dan ukuran biji (Tabel 2). Dengan heritabilitas yang tergolong sedang, namun gen aditif berperan pada sumbangan besaran ragam karena

masih terdapat peran gen dominan dan epistasis (Basuki 1995). Gen aditif berperan dalam menentukan derajat kemiripan antara individu dan tetuanya. Pendugaan heritabilitas memberikan petunjuk apakah suatu karakter dipengaruhi oleh faktor genetik atau lingkungannya, karena fungsi utama dari heritabilitas adalah peran prediktifnya dengan mengekspresikan nilai genotipik sebagai nilai pemuliaan (Falconer 1989).

IDEOTIPE KEDELAI TOLERAN LAHAN KERING MASAM

Berdasarkan mekanisme toleransi kedelai terhadap lahan kering masam, dapat disusun ideotipe kedelai toleran lahan kering masam. Hal utama yang harus dimiliki kedelai untuk toleransi terhadap lahan kering masam adalah kedelai tersebut harus memiliki sistem perakaran yang mampu bertahan pada kondisi cekaman kemasaman tanah, yaitu ujung akar kedelai harus memiliki membran plasma yang dapat menghilangkan penetrasi Al pada zona pembelahan dan pemanjangan akar sehingga akar masih dapat membelah dan memanjang meskipun tercekam kemasaman tanah. Akar juga harus terbebas dari ikatan dengan Al, baik di membran sel maupun di dinding sel. Dengan kondisi demikian, akar akan tetap tumbuh dan berkembang dengan baik. Namun demikian, untuk menghadapi keracunan Al, tanaman harus memiliki kemampuan untuk mengeluarkan (eksudasi) atau membatasi masuknya Al ke dalam sel-sel ujung akar dan rambut-rambut akar, atau kemampuan untuk mentoleransi konsentrasi toksik Al di dalam selnya. Kemampuan membatasi masuknya Al dapat dilakukan dengan eksudasi asam organik, peningkatan pH daerah perakaran, dan lignifikasi, serta mentoleransi keracunan Al melalui transport Al di dalam vacuola atau kompartmen ekstraseluler dengan transporter khusus atau pengkelatan internal di dalam sel (Ermolayev 2001). Kedelai toleran lahan kering masam yang memiliki eksudasi asam organik akan dapat melakukan immobilisasi Al pada dinding sel, kompleksasi Al sitoplasmik oleh asam organik, pengasingan vacuolar enzim toleran Al, dan pengasingan Al dalam vakuola (Sopandie *et al.* 1997), di mana eksudasi asam organik akan diwujudkan dalam pelepasan sejumlah asam malat dan asam citrat dari ujung akar (Schenkel 2000).

Ideotipe kedelai toleran lahan kering masam juga harus dapat mengembangkan adaptasi

untuk mendapatkan unsur hara tertentu dari dalam tanah yang dapat berupa modifikasi arsitektur perakaran (Nuruzzaman *et al.* 2006), mampu meningkatkan pH larutan nutrisi di mana tanaman tersebut tumbuh, sehingga menurunkan kelarutan dan keracunan Al dengan pengendapan (Foy 1984; Foy dan Fleming 1978), efisiensi P yang lebih tinggi, pengambilan dan transport Ca dan Mg yang lebih tinggi, KTK akar yang lebih rendah, konsentrasi Si internal yang lebih tinggi, kandungan asam organik yang lebih tinggi, efisiensi Fe yang lebih tinggi, dan lebih tahan terhadap kekeringan (Foy 1984). Di samping itu, kedelai toleran lahan kering masam juga harus mampu

mentranslokasi karbon dari tajuk ke akar tanaman (Wang *et al.* 2008) yang diwujudkan dalam bentuk transformasi morfologi akar dan eksudasi senyawa organik (Bertham dan Nusantara 2011; Watt dan Evans 2003), dan aktivitas enzim fosfatase yang lebih tinggi (Foy 1984).

PROGRAM PERBAIKAN HASIL DAN UKURAN BIJI KEDELAI TOLERAN LAHAN KERING MASAM

Perbaikan hasil ini dapat dilakukan dengan identifikasi potensi hasil kedelai pada dua lingkungan (optimal dan suboptimal atau non masam dan masam), yang bertujuan untuk

Tabel 6. Keragaan hasil dan ukuran biji 30 genotipe kedelai di lahan kering masam pada perlakuan pengapuran dan tanpa pengapuran. Tulang Bawang, MH II 2002.

Genotipe	Hasil (t/ha)		Ukuran biji (g/100 biji)	
	Tanpa pengapuran	Dengan pengapuran	Tanpa pengapuran	Dengan pengapuran
Davros	0,73	1,54	11,0	11,9
Dieng	0,78	0,96	7,6	6,8
Kawi	0,90	1,81	10,4	10,4
Malabar	0,52	1,26	12,3	15,6
Merbabu	0,62	1,27	11,9	12,6
Orba	0,63	1,31	13,6	13,9
Sindoro	0,62	1,33	10,2	10,7
Slamet	0,44	2,10	12,2	14,2
Tampomas	0,86	1,22	11,1	13,0
Wilis	1,00	1,92	12,0	11,8
PTR 6	0,91	1,63	11,8	13,4
PTR 190	0,51	0,93	10,8	11,7
PTR 210	0,32	1,58	10,9	11,0
MLG 2501	0,85	1,90	12,4	12,3
MLG 2503	0,78	1,35	9,3	9,8
MLG 2576	0,72	1,53	9,7	7,9
MLG 2677	0,95	1,50	8,8	8,7
MLG 2728	0,49	1,23	10,4	10,9
MLG 2778	0,91	1,63	9,1	9,1
MLG 3236	0,74	0,87	10,1	11,2
MLG 2882	0,62	1,49	10,4	10,4
MLG 2973	0,76	1,46	6,9	8,6
MLG 2983	1,11	1,37	10,1	10,4
MLG 3032	0,74	1,39	8,7	8,8
MLG 3083	0,41	1,12	11,3	11,9
MLG 3174	0,86	1,24	12,8	13,0
MLG 3209	0,50	0,89	13,8	13,2
W 3898-14-3	1,08	2,17	10,3	10,1
D 3465-16-2	1,05	1,24	9,6	8,9
SB4F5W5-30-28-129	0,77	1,19	11,7	12,8
Rerata	0,74	1,41	10,7	11,2

memperoleh genotipe kedelai yang toleran di lahan kering masam sekaligus memiliki potensi hasil tinggi pada kondisi optimal. Genotipe W 3898-14-3 memiliki hasil biji tinggi pada kondisi suboptimal (tanpa pengapuran) dan optimal (kondisi pengapuran) ditunjukkan oleh (Tabel 6). Genotipe W 3898-14-3 merupakan persilangan dari Wilis dengan genotipe 3898. Pada kondisi suboptimal (tanpa pengapuran), W 3898-14-3 hasilnya lebih tinggi daripada dua varietas pembanding Slamet dan Sindoro. Genotipe W 3898-14-3 setelah melalui uji multilokasi selanjutnya diusulkan untuk dilepas sebagai varietas unggul kedelai toleran lahan kering masam.

Ukuran biji dari genotipe yang digunakan sebagai materi pemuliaan kedelai toleran hingga pada tahun 2002 berukuran sedang karena pemuliaan kedelai menempatkan ukuran berbiji sedang sebagai prioritas. Varietas Sindoro dan varietas Slamet sebagai varietas toleran lahan kering masam digunakan untuk pembanding (Tabel 5). Varietas Wilis, MLG 2983, W3898 dan W3465 memberikan hasil sama pada lingkungan suboptimal (Tabel 6).

Dua belas galur harapan kedelai dan dua varietas pembanding (Tanggamus dan Wilis) dievaluasi pada lahan kering masam di Kab. Muara Enim dan Kab. Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan, pada MT III (Mei – Agustus

2004) dan di Kab. Muara Enim dan Kab. Ogan Komering Ilir pada MT I (Desember 2004 – Maret 2005). Berdasarkan nilai P_i terkecil (jarak kuadrat tengah respons galur dan respons maksimum) dan frekuensi peringkat tertinggi, diperoleh beberapa galur yang sesuai pada lahan kering masam Sumatera Selatan, yaitu W3898-14-3, K3911-66/D3578-3-2 dan D3578-3/MLG 3072-15 dengan potensi hasil >2,5 ton/ha dan rata-rata 1,8 t/ha (Arsyad *et al.* 2007).

Varietas yang beradaptasi luas lebih diinginkan dibandingkan dengan varietas beradaptasi sempit (spesifik). Dengan menggunakan metode analisis stabilitas yang dikemukakan oleh Lin dan Binns (1988) telah diidentifikasi varietas/galur yang lebih sesuai (beradaptasi luas), yaitu W3898-14-3, K3911-66/D3578-3-2, dan D3578-3/MLG 3072-15 dengan nilai parameter P_i paling rendah (Tabel 7). Semakin rendah/kecil nilai P_i suatu varietas/galur, semakin baik/stabil varietas/galur tersebut. Dari galur yang diuji tersebut telah menghasilkan varietas unggul kedelai Seulawah yang dirilis tahun 2004.

Sebanyak lima varietas kedelai toleran lahan kering masam yang telah dilepas Balitkabi yaitu Tanggamus, Nanti, Sibayak, Seulawah dan Ratai. Rerata hasil Tanggamus, Nanti dan Sibayak berturut-turut adalah 1,22, 1,24 dan 1,41 t/ha, sedangkan Seulawah dan Ratai

Tabel 7. Kisaran, rata-rata hasil dan parameter stabilitas (P_i) di lahan kering masam Sumatera Selatan.

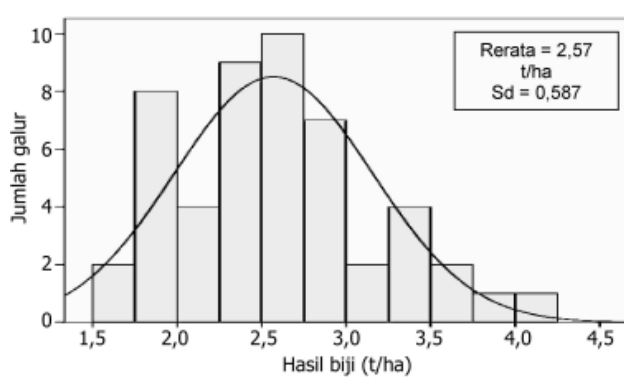
Galur	Hasil (t/ha)		P_i
	di	\bar{Y}	
W3578-16/TGx1448-5	1,55	1,47	0,1508
W3578-16/TGx1448-9	1,21	1,55	0,1061
W3578-16/TGx1448-10	0,78	1,45	0,1754
K3911-66/D3578-3-2	1,55	1,62	0,0734
D3578-3/K3911-66-1	1,09	1,45	0,1614
D3578-3/K3911-66-2	1,09	1,36	0,2356
D3578-3/K3911-66-3	1,07	1,48	0,1642
K3911-66/D3623-5-4	1,57	1,53	0,1395
D3578-3/3072-11	1,50	1,47	0,1630
D3578-3/3072-15	1,63	1,63	0,0749
W3898-14-3	1,30	1,79	0,0420
W3465-27-2	1,03	1,59	0,0970
Tanggamus	1,41	1,57	0,0977
Wilis	2,00	1,40	0,2297

(Arsyad *et al.* 2007; data diolah).

Tabel 8. Hasil dan ukuran biji varietas kedelai toleran lahan kering masam.

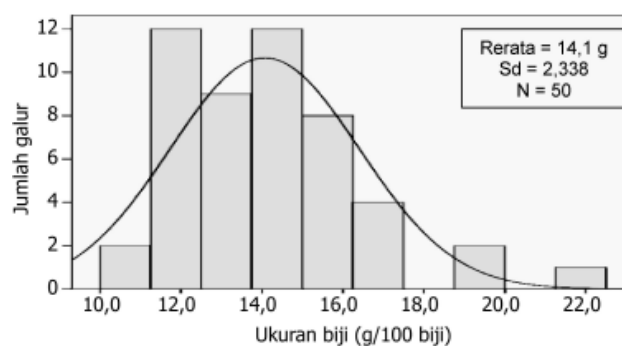
Varietas	Tahun dilepas	Hasil (t/ha)	Ukuran biji (g/100 biji)
Singgalang	1992	1,65	10,0
Slamet	1995	2,26	12,5
Sindoro	1995	2,03	12,0
Tanggamus	2001	1,22	11,0
Nanti	2001	1,24	11,5
Sibayak	2001	1,41	12,5
Seulawah	2004	1,6–2,5	9,5
Ratai	2004	1,6–2,7	10,5

(Balitkabi 2008).



Gambar 1. Keragaan hasil biji galur-galur kedelai toleran lahan kering masam

Sumber: Suwandi *et al.* 2009; data diolah.



Gambar 2. Keragaan ukuran biji galur-galur kedelai toleran lahan kering masam.

Sumber: Suwandi *et al.* 2009; data diolah.

memiliki potensi hasil berturut-turut 1,6–2,5 dan 1,6–2,7 t/ha. Dalam proses perakitan kelima varietas tersebut selalu digunakan varietas Slamet sebagai pembanding toleran (Tabel 8). Varietas Sindoro dan Slamet hasilnya mencapai 2 t/ha lebih, namun varietas lainnya kurang daripada varietas tersebut (Tabel 8).

Ukuran biji varietas yang dilepas tergolong kecil dan sedang. Ukuran biji varietas Sibayak terbesar dan varietas dan ukuran biji varietas Seulawah terkecil. Kelima varietas unggul baru tersebut lebih kecil ukurannya daripada varietas Slamet dan Sindoro (Tabel 8). Ukuran biji varietas yang dilepas kecil karena kedelai toleran lahan kering masam umumnya berbiji kecil sampai sedang.

Preferensi petani dan industri berbahan baku kedelai menghendaki kedelai berbiji besar (Krisdiana 2007), sehingga dilakukan perbaikan ukuran biji selain hasil biji kedelai dengan

persilangan antara Tanggamus dengan Anjas-moro. Hasil persilangan dilakukan seleksi, kemudian dilakukan uji daya hasil. Uji daya hasil pendahuluan galur-galur kedelai hasil perilangan Tanggamus x Anjas-moro menunjukkan rerata hasil 2,5 t/ha (Gambar 1). Sebagian besar galur memberikan hasil biji 2,5 t/ha dan 2,25 t/ha. Namun demikian, potensi hasil galur-galur tersebut dapat mencapai 4 t/ha pada ukuran petak kecil. Ukuran biji kedelai pada populasi tersebut juga mencapai rerata 14,07 g/100 biji. Populasi terbanyak pada 14 g/100 biji dan 12 g/100 biji. Potensi ukuran biji yang lebih besar daripada 14 g/100 biji juga besar, di mana potensi paling banyak diperoleh pada 16 g/100 biji (Gambar 2).

KESIMPULAN DAN SARAN

Cekaman lahan kering masam mengakibatkan karakteristik kedelai memiliki hasil

rendah dan berbiji kecil sampai sedang. Perbaikan hasil dan ukuran biji dapat dilakukan dengan persilangan antara kedelai toleran lahan kering masam dengan kedelai berbiji besar. Dalam perakitan varietas kedelai toleran lahan kering masam juga perlu diarahkan pada pembentukan kedelai ideal, yang di antaranya memiliki sistem perakaran yang mampu bertahan pada kondisi cekaman kemasaman tanah, memiliki kemampuan untuk membatasi masuknya Al, atau kemampuan untuk mentoleransi konsentrasi toksik Al di dalam selnya. Disamping itu, kedelai ideal toleran lahan kering masam juga harus dapat mengembangkan adaptasi untuk mendapatkan unsur hara tertentu dari dalam tanah. Varietas yang sudah dilepas sebagai varietas toleran lahan kering masam dapat digunakan kembali sebagai tetua toleran yang disilangkan dengan genotipe berbiji besar. TGX 1448 merupakan salah satu genotipe kedelai yang tidak mengalami penurunan ukuran biji sehingga dapat digunakan sebagai tetua persilangan. Persilangan dengan Anjasmoro juga berpeluang dalam menghasilkan kedelai toleran lahan kering masam sekaligus berbiji besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alt, B.J. W.R. Fehr and G.A. Welke. 2002. Selection for Large Seed and High Protein in Two- and Three-Parent Soybean Populations. *Crop Sci.* 42: 1876–1881.
- Arsyad, D.M. dan A. Nur. 2004. Evaluasi galur-galur kedelai generasi lanjut di lahan kering. *Kinerja Penelitian Mendukung Agribisnis Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Arsyad, D.M., H. Kuswantoro, dan Purwantoro. 2007. Kesesuaian varietas kedelai di lahan kering masam sumatera selatan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26: 26–31.
- Arsyad, D.M., Purwantoro, H. Kuswantoro, dan M.M. Adie. 2002. Keragaan galur-galur kedelai toleran lahan kering masam. hlm. 109–120. *Dalam* I K. Tastra, J Soejitno, Sudaryono, D.M. Arsyad, Suharsono, M. Sudarjo, Heriyanto, J.S. Utomo, dan A. Taufiq (Eds.). *Peningkatan Produktivitas, Kualitas, dan Efisiensi Sistem Produksi Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Menuju Ketahanan Pangan dan Agribisnis*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Balitikabi. 2008. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 171 hlm.
- Basuki, N. 1995. Pendugaan Peran Gen. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Bertham, R.Y.H. dan A.D. Nusantara. 2011. Mekanisme adaptasi genotipe baru kedelai dalam mendapatkan hara fosfor dari tanah mineral masam. *J. Agron. Indonesia* 39: 24–30.
- Bianchi-Hall, C.M., T.E. Charter, M.A. Bailey, M.A. Mian, T.W. Rufty, D.A. Ashley, H.R. Boerma, C. Arellano, R.S. Hussey, and W.A. Parrot. 2000. Aluminum tolerance associated with quantitative trait loci derived from soybean PI416937 in hydroponics. *Crop Sci.* 40: 538–545.
- Bianchi-Hall, C.M., T.E. Charter, T.W. Rufty, C. Arellano, H.R. Boerma, and D.A. Ashley. 1998. Heritability and resource allocation of aluminum tolerance derived from soybean PI 416937. *Crop Sci.* 38: 513–522.
- Caires, E.F., G. Barth, F.J. Garbuio and S. Churka. 2008. Soil acidity, liming and soybean performance under no-till. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 65: 532–540.
- Ermolayev, V., W. Weschke and R. Manteufel. 2003. Comparison of Al-induced gene expression in sensitive and tolerant soybean cultivars. *J Exp. Biol.* 54: 2745–2756.
- Ermolayev, V. 2001. Isolation of genes involved in soybean response to Al toxicity under Low pH condition. p.15–24 *In* N. Sunarlim, M. Machmud, W.H. Adil, F. Salim, and I.N. Orbani (Eds.). *Proc of Workshop on Soybean Biotech for Aluminum Tolerance on Acid Soils and Disease Resistance*. Federal Ministry for Education and Res., Germany. Central Res. Inst. for Food Crops. Bogor.
- Falconer, D.S. 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*. English Language Book Soc. London.
- Foy, C.D. and A.L. Fleming. 1978. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. p. 301–308. *In* G.A. Jung (ed.). *Crop Tolerance to Suboptimal Conditions*. ASA Spec. Pub. No. 32, Am. Soc. of Agron., Madison Wisconsin.
- Foy, C.D., R.L. Chaney, M.C. White. 1979. The physiology of metal toxicity in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 19: 959–987.
- Gunse, B., Ch. Poschenrieder & J. Barcelo. 1997. Water transport properties of roots and root cortical cells in proton- and Al-stressed maize varieties. *Plant Physiol.* 113, 595–602.
- Hanson, W.D. 1991. Root characteristics associated with divergent selection for seedling aluminum tolerance in soybean. *Crop Sci.* 31: 125–129.
- Hanson, W.D., and E.J. Kamprath. 1979. Selection for aluminum tolerance in soybean based on seedling-root growth. *Agron. J.* 71: 581–586.
- Hanum, C., W.Q. Mugnisyah, S. Yahya, D. Sopandy, K. Idris, A. Sahar. 2007. Pertumbuhan akar kedelai pada cekaman aluminium, kekeringan dan cekaman ganda aluminium dan kekeringan. *Agritrop* 26: 13–18.
- Howeler, R.H. 1991. Identifying plants adaptable to low pH conditions. p. 885–904 *In* R.J. Wright *et al.* (Eds.). *Plant-soil interaction at low pH*. Kluwer Acad. Publ. Netherlands.

- Karasu, A., M. Oz, A.T. Göksoy and Z.M. Turan. 2009. Genotype by environment interactions, stability, and heritability of seed yield and certain agronomical traits in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *African J Biotech.* 8: 580–590.
- Krisdiana, R. 2007. Preferensi industri tahu dan tempe terhadap ukuran dan warna biji kedelai. *Iptek Tanaman Pangan* 2: 123–130.
- Kuswantoro, H. 2004. Analisis genetik toleransi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap tanah masam. Disertasi Program Doktor. Program Pascasarjana Univ. Brawijaya Malang. (tidak diterbitkan).
- Kuswantoro, H. 2006. Pengaruh pengapuran terhadap hasil dan komponen hasil lima genotipe kedelai di Ultisols. *Agrosains* 8: 82–86.
- Kuswantoro, H. dan D.M. Arsyad. 2002. Hubungan antar sifat kuantitatif kedelai pada lahan kering masam. Hlm. 311–317 *dalam* I K. Tastra, J Soejitno, Sudaryono, D.M. Arsyad, Suharsono, M. Sudarjo, Heriyanto, J.S. Utomo, dan A. Taufiq (Eds.). *Peningkatan Produktifitas, Kualitas, dan Efisiensi Sistem Produksi Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Menuju Ketahanan Pangan dan Agribisnis*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Kuswantoro, H., N. Basuki, dan D.M. Arsyad. 2006. Identifikasi plasma nutfah kedelai toleran tanah masam berdasarkan parameter genetik dan fenotipik. *Agrivita* 28(1): 54–63.
- Lin, C.S. and Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Can. J. Plant Sci.* 68: 193–198.
- Matsumo, H., Y. Yamamoto and M. Kasai. 1992. Changes of some properties of the plasma membrane enriched fraction of barley roots related to aluminum stress; membrane associated ATPase, aluminum and calcium. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38: 411–419.
- Mossor-Pietraszewska, T. 2001. Effect of aluminium on plant growth and metabolism. *Acta Biochimica Polonica* 48: 673–686.
- Mursito, D. 2003. Heritabilitas dan sidik lintas karakter fenotipik beberapa galur kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agrosains Volume* 6: 58–63.
- Nursyamsi, D. 2006. Kebutuhan hara kalium tanaman kedelai di tanah ultisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 6: 71–81.
- Nuruzzaman, M., H. Lambers, M.D.A. Bolland, E.J. Veneklaas. 2006. Distribution of carboxylates and acid phosphatase and depletion of different phosphorus fractions in the rhizosphere of a cereal and three grain legumes. *Plant Soil* 281: 109–120.
- Pantalone, V.R., J.W. Burton, and T.E. Carter, Jr. 1996. Soybean root heritability and genotypic correlations with agronomics and seed quality traits. *Crop Sci.* 36: 1120–1125.
- Schenkel, W. 2000. Cultivar spesific aluminum tolerance of soybean. p. 100–103 *dalam* L.W. Gunawan, N. Sunarlim, T. Handayani, B. Soegiarto, W. Adil, B. Priyanto, dan Suwarno (Eds.). *Pros Lokakarya Penelitian dan Pengembangan Produksi Kedelai di Indonesia 1996*. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pendidikan, Sains, Riset dan Teknologi Jerman.
- Sopandie, D., M. Jusuf, S. Anwar, and Supijatno. 1997. Physiological basis of differential aluminum tolerance in soybean genotypes. p. 105–110. *Dalam* L.W. Gunawan, N. Sunarlim, T. Handayani, B. Soegiarto, W. Adil, B. Priyanto, dan Suwarno (Eds.). *Prosiding Lokakarya Penelitian dan Pengembangan Produksi Kedelai di Indonesia 1996*. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pendidikan, Sains, Riset dan Teknologi Jerman.
- Stansfield, W.D. 1991. Teori dan Soal-soal Genetika. (Terj. M. Apandi dan L.T. Hardy) Erlangga. Jakarta.
- Sunarto. 1985. Studi fisiologi dan genetik ketenggangan kedelai terhadap keracunan aluminium. Disertasi Doktor. Fakultas Pascasarjana Inst Pert. Bogor.
- Supadi. 2009. Dampak impor kedelai berkelanjutan terhadap ketahanan pangan. *Analisis Kebijakan Pertanian* 7: 87–102
- Suryati, D., D. Hartini, Sugianto dan D. Minarti. 2006. Penampilan lima galur harapan kedelai dan kedua tetuanya di tiga lokasi dengan jenis tanah berbeda. *Jurnal Akta Agrosia* 9: 7–11.
- Suwandi, J. Santoso, H. Kuswantoro. 2009. Laporan Penelitian SINTA 2009. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Taufiq, A., H. Kuntastyuti, C. Prahoro dan T. Wardani. 2007. Pemberian kapur dan pupuk kandang pada kedelai di lahan kering masam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26: 78–85.
- Wahdah, R., A. Baihaki, R. Setiamihardja, G. Suryatmana. 1996. Variabilitas dan heritabilitas laju akumulasi berat kering pada biji kedelai. *Zuriat* 7(2): 92–98.
- Wang X., C. Tang, C.N. Guppy, W.P.G. Sale. 2008. Phosphorus acquisition characteristics of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and white lupin (*Lupinus albus* L.) under P deficient conditions. *Plant Soil* 312: 117–128.
- Watt M., J.R. Evans. 2003. Phosphorus acquisition from soil by white lupin (*Lupinus albus* L.) and soybean (*Glycine max* L.), species with contrasting root development. *Plant Soil* 248: 271–283.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1985. Pengapuran tanah masam untuk kedelai. Hlm. 171–188 *dalam* S. Somatmadja, M. Ismunadji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung dan Yuswadi. (Eds.). *Kedelai*. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Zakaria, A.K. 2010. Program pengembangan agribisnis kedelai dalam peningkatan produksi dan pendapatan petani. *J Litbang Pertanian* 29: 147–153.