

Perbaikan Genetik Jagung dan Peningkatan Efisiensi P di Lahan Kering Masam

Firdaus Kasim, Helmidar Bahar, Syafei, dan Erdiman

Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukarami

ABSTRAK

Peningkatan hasil jagung di lahan kering masam antara lain dapat dicapai melalui penggunaan varietas toleran. Seleksi awal varietas dilakukan dengan metode half-sib pada tanah Podsolik Merah Kuning (PMK) yang berkadar Al tinggi dan kawat unsur P. Pada tanah PMK, unsur Al dan Fe memfiksasi P sehingga mengurangi ketersediaannya bagi tanaman. Serangkaian pengujian pemupukan P telah dilakukan dengan menggunakan varietas jagung yang toleran terhadap keracunan Al. Antasena yang merupakan varietas jagung pertama yang dilepas untuk lahan kering masam, berasal dari populasi St Al dan hasilnya 20% lebih tinggi daripada Arjuna pada kondisi tercekam Al. Populasi St Al terus diperbaiki untuk meningkatkan ketahanannya terhadap penyakit bulai. Dengan pengapuran 1 t/ha, tanaman jagung tanggap terhadap pemupukan P sampai takaran 135 kg P_2O_5 , bahkan pada takaran 180 kg P_2O_5 /ha hasil masih meningkat, tetapi efisiensi pemupukan menurun. Penggunaan pupuk P dapat ditekan apabila bahan organik turut diberikan. Penggunaan pupuk P dengan takaran 180 kg P_2O_5 /ha memberikan hasil yang sama dengan takaran 22,5 kg P_2O_5 /ha bila pemberiannya dicampur dengan 2 t/ha bahan organik dan 200 kg/ha kapur setelah diinkubasi selama 8 minggu.

PENDAHULUAN

Jagung banyak diusahakan di lahan kering (79% dari areal pertanaman jagung), dan sebagian besar (59%) berproduktivitas rendah (Subandi *et al.* 1988), seperti Podsolik Merah Kuning (PMK). Ciri utama lahan PMK adalah tingginya tingkat kemasaman tanah, miskin unsur hara, kapasitas tukar kation rendah, kandungan aluminium tinggi, dan kandungan bahan organik rendah.

Jagung umumnya tidak toleran terhadap kemasaman tanah. Tingkat kritis kejenuhan Al bagi tanaman jagung adalah 28% (Fox 1978; Sudjadi *et al.* 1990), tetapi tanaman ini masih mampu memberi hasil relatif tinggi pada kejenuhan Al 40% (Adams 1984; Kamprath 1970). Pada tanah Ultisol Quilichao, Colombia, yang mempunyai kejenuhan Al 64,5%, sejumlah genotipe jagung dapat memberi hasil hampir 3 t/ha (Kasim *et al.* 1990).

Usahatani jagung di lahan masam dapat berhasil dengan baik bila pengelolaan tanah dilakukan dengan tepat. Penggunaan varietas yang mampu beradaptasi baik pada lahan kering masam merupakan cara yang lebih murah daripada usaha perbaikan lahan.

Untuk membentuk varietas yang diinginkan tidak mudah. Peningkatan keragaman dan perbaikan genetik varietas untuk lahan berproduktivitas rendah atau lahan marginal lebih rumit daripada untuk lahan berproduktivitas tinggi karena terbatasnya sumber daya genetik yang toleran Al.

Ketersediaan fosfat (P) di lahan kering masam sangat rendah. Hal ini berkaitan dengan adanya fiksasi Al, Fe, dan Mn. Pemberian pupuk P saja belum menjamin ketersediaan P bagi tanaman. Di samping pemupukan, lahan tersebut diberi bahan organik, kapur, dan unsur hara penting lainnya.

HASIL PENELITIAN

Antasena, Varietas Unggul Pertama untuk Lahan Kering Masam

Pada tahun 1992 telah dilepas varietas unggul yang toleran terhadap kemasaman tanah, yakni Antasena. Varietas ini berasal dari *full-sib* yang terdiri dari 256 famili asal CIMMYT. Populasi tersebut (St Al) terdiri dari sejumlah plasma nutfah yang dipercaya memiliki gen toleran Al. Evaluasi terhadap populasi St Al dilakukan di KP Sitiung pada lahan berkejuhan Al antara 50-60%.

Pada pertanaman *full-sib* MT 1987/88 terpilih sebanyak 232 tongkol dari 112 famili terbaik. Dari pertanaman siklus berikutnya dengan sistem *half-sib* terpilih sebanyak 12 tongkol dari 10 famili terbaik dan dikompositkan untuk pembentukan varietas yang kemudian diberi nama Antasena.

Pengujian multilokasi varietas Antasena dan populasi/varietas lainnya dilaksanakan di 20 lokasi/musim selama MT 1988-92. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil varietas Antasena lebih tinggi 23% daripada varietas Arjuna (Tabel 1).

Khusus di 10 lokasi pengujian dilakukan analisis terhadap stabilitas hasil varietas Antasena dan beberapa varietas lain. Ragam genotipe dan interaksi antara genotipe dan lingkungan linier sangat nyata. Koefisien regresi (b) dari varietas Antasena mendekati satu (0,86) dengan hasil rata-rata 5,5 t/ha. Ini menunjukkan bahwa Antasena memiliki daya adaptasi yang cukup luas, termasuk pada ekosistem dengan tingkat cekaman Al yang berbeda.

Tanggap Genotipe pada Kejuhan Al Berbeda

Analisis sidik ragam terhadap parameter yang diamati menunjukkan adanya pengaruh kejuhan Al terhadap tinggi tanaman (TT), berat basah akar (BBA), berat kering akar (BKA), berat basah trubus (BBT), berat kering trubus (BKT), volume akar (VA), skor vigor (VIG), dan nisbah akar/trubus (R/S). Perbedaan yang nyata di antara genotipe ditemukan pada TT, BBA, BKA, VA, dan VIG.

Akar tanaman yang rentan terhadap Al terhambat perkembangannya sehingga kemampuan menyerap air dan hara terbatas (Foy 1983). Kasim *et al.* (1990) melaporkan bahwa peningkatan cekaman Al dapat menyebabkan lambatnya waktu masak,

Tabel 1. Hasil jagung varietas Antasena dan Arjuna di berbagai lokasi dengan sifat tanah yang berbeda, MH 1988-92.

Lokasi	MH	pH	Al _{dd}	Keje- nuhan Al (%)	P	Hasil (t/ha)		Persentase terhadap Arjuna
						Arjuna	Antasena	
TP. Sitiung ^a	1988/89	4,79	4,24	85,08	3,25	3,50	3,70	105,7
Batumarta ^a	1988/89	4,55	12,01	82,62	2,00	4,90	5,30	108,2
Pleihari ^a	1988,89	4,75	3,32	57,33	0,37	4,20	4,70	111,9
Puriala ^a	1988/89	4,45	1,34	37,14	1,91	4,00	4,40	110,0
KP Sitiung ^b	1988/89	3,96	4,01	79,41	0,32	2,60	4,20	161,5
KP Sitiung ^c	1989/90	4,96	4,17	57,18	0,82	3,95	6,90	174,6
Payakumbuh ^c	1989/90	4,03	0,24	2,77	0,89	5,20	6,20	119,2
KP Rambatan ^c	1990/91	5,83	0,40	5,00	5,80	-	5,52	-
Jorong/Kalimantan ^d	1989/91	4,75	1,41	35,25	46,9	4,09	4,27	104,4
Banjar Baru/Kalimantan ^d	1989/91	4,88	0,25	4,70	33,21	4,22	4,21	99,8
Batu Mulia/Kalimantan ^d	1989/91	5,07	0,42	7,37	3,36	4,37	4,85	111,0
Pampain/Kalimantan ^d	1989/91	4,48	0,84	26,50	25,99	3,11	2,76	88,7
Mengkauk/Kalimantan ^d	1989/91	4,76	3,90	33,02	1,92	3,24	3,87	119,4
Belilas/Riau ^e	1991/92	-	-	-	-	4,67	4,39	94,0
Pasaman ^f	1991/92	5,08	0,55	8,28	7,20	6,40	6,21	97,0
TP Sitiung ^g	1991/92	4,65	3,75	86,35	3,20	4,07	4,59	112,8
Jjukan/Jambi ^h	1991/92	4,05	2,90	43,03	5,30	2,27	5,01	220,8
Rambatan ⁱ	1991/92	5,81	0,35	5,10	8,40	4,01	7,02	175,1
KP Sitiung ^j	1991/92	4,80	3,92	56,48	1,65	5,70	6,75	118,4
TP Payakumbuh ^j	1991/92	4,08	0,30	3,20	0,89	4,55	5,46	120,0
Rata-rata						4,16	5,02	123,8

Sumber: ^aTaher *et al.* (1990), ^bBahar dan Syamsurizal (1991), ^cBahar *et al.* (1992a), ^dNurtirtayani (1992), ^eAfdi dan Jafri (1992), ^fJamin *et al.* (1992), ^gMukhtar dan Yulimasni (1992), ^hIsmo dan Yulimasni (1992), ⁱBahar *et al.* (1992b).

meningkatnya pembusukan tongkol, jeleknya penampilan tanaman dan tongkol, serta menurunnya hasil. Percobaan pot dengan menggunakan tanah yang berbeda kejenuhan Al-nya menunjukkan bahwa perakaran genotipe yang toleran cenderung tidak dipengaruhi oleh peningkatan kejenuhan Al sampai tingkat 60%, tetapi perkembangan trubus dan akar tanaman menurun tajam pada kejenuhan Al 75% (Tabel 2).

Pengaruh kejenuhan Al terhadap pertumbuhan tanaman sudah lama diketahui, dengan gejala pertama berupa jeleknya sistem perakaran (Arya *et al.* 1987; Kasim dan Wassom 1990; Kasim *et al.* 1990). Pengaruh Al terhadap semua parameter yang diamati dalam penelitian ini secara statistik tidak nyata sampai batas kejenuhan Al 60%. Hal ini sesuai dengan penelitian Kasim *et al.* (1992), yang menguji lima genotipe pada tiga tingkat kejenuhan Al: 25, 40, dan 67%.

Bobot akar genotipe Antasena dan C87 EV SA3 lebih tinggi daripada genotipe lainnya (Tabel 3). Nilai BBA, BKA, dan VA Antasena berbeda nyata dengan BR 201, CMS-30, dan Arjuna, tetapi tidak berbeda dengan genotipe lain. C88 SA3 T Across, Antasena, St Al2-88, C87 EV SA3, St Al-89-122 adalah genotipe yang dimuliakan untuk lahan masam yang keracunan Al. CMS-30 dan BR 201 berasal dari Brazil dan dilaporkan toleran terhadap tanah *cerrado*, yang kondisinya hampir sama dengan tanah PMK. Akan tetapi, kedua genotipe tersebut tidak sesuai dikembangkan di tanah PMK Sitiung.

Tabel 2. Pengaruh kejenuhan Al terhadap berat basah trubus (BBT), berat kering trubus (BKT), berat basah akar (BBA), berat kering akar (BKA), dan volume akar (VA). Rumah Kaca, Sitiung, 1991.

Kejenuhan Al (%)	BBT (g)	BKT (g)	BBA (g)	BKA (g)	VA (ml)
30	182,4	27,8	28,4	8,98	37,6
45	158,3	24,5	29,1	9,03	41,0
60	149,7	22,9	27,1	8,29	36,1
75	32,8	4,5	6,7	2,15	8,8
BNT 0,05	32,6	9,2	9,1	2,69	15,1

Sumber: Kasim dan Ismon (1992).

Tabel 3. Berat basah dan kering akar (BBA dan BKA) dan volume akar (VA) delapan genotipe, rata-rata pada empat kejenuhan Al. Rumah Kaca, Sitiung, 1991.

Genotipe	BBA (g)	BKA (g)	VA (ml)
C88 SA3 T Acc	22,98	6,10	30,97
Antasena	30,77	8,75	41,00
St Al2-88	21,04	7,45	29,72
C87 EV SA 3	27,32	9,72	35,51
CMS 30	20,95	6,59	29,90
BR 201	14,75	4,87	20,38
ST AL 89-122	24,20	7,15	30,52
Arjuna	20,53	6,28	28,85
BNT 0,05	9,66	2,99	13,21

Sumber: Kasim dan Ismon (1992).

Penelitian Kasim *et al.* (1992) menunjukkan bahwa BBT, BBA, BKT, BKA, dan nisbah R/S tertinggi dicapai oleh populasi Antasena pada kejenuhan Al 25-67%. Pada varietas Kalingga terlihat bahwa semakin meningkat kejenuhan Al semakin menurun perkembangan akar. Menurut Arya *et al.* (1987), distribusi perakaran jagung berkaitan erat dengan hasil pipilan kering dan biomas tanaman.

Peningkatan kejenuhan Al menyebabkan meningkatnya volume Al yang terakumulasi di akar (Tabel 4). Keadaan ini mungkin merupakan penyebab utama penurunan serapan hara N, P, dan K ke bagian atas tanaman. Secara umum, serapan hara makro menurun dengan meningkatnya kejenuhan Al. Akumulasi Al di akar meningkat dengan meningkatnya kejenuhan Al. Dibanding dengan Arjuna, genotipe St Al2-88, Antasena, dan C88 SA3 T Acc lebih toleran terhadap keracunan Al. Kandungan Al di akar genotipe ini pada kejenuhan Al 75% masing-masing adalah 1950, 1650, dan 1632 mg/pot, sedangkan kandungan Al pada akar Arjuna adalah 1250 mg/pot.

Tabel 4. Akumulasi Al pada akar beberapa genotipe jagung dengan empat tingkat kejenuhan Al. Rumah Kaca, Sitiung, 1991.

Rata-rata	Kejenuhan Al				Rata-rata
	30%	45%	60%	75%	
..... mg/pot					
C88 SA3 T Acc	898	1116	1038	1632	1171
Antasena	1146	1374	1326	1650	1374
St A12-88	1458	902	2138	1950	1612
C87 EV SA 3	992	1282	1380	1466	1280
CMS 30	836	936	1678	1254	1176
BR 201	1202	1060	1158	1282	1175
ST Al 89-122	824	1376	940	1282	1105
Arjuna	830	1384	772	1250	1059
Rata-rata	729	1178	1303	1470	

Sumber: Kasim dan Ismon (1992).

Walaupun jumlah Al yang terakumulasi di akar Antasena dan St A12-88 lebih tinggi dibanding genotipe lainnya, namun kemampuan kedua genotipe dalam menyerap hara N, P, dan K lebih tinggi. Keadaan ini memberi indikasi bahwa kedua genotipe lebih toleran terhadap keracunan Al.

Dalam keadaan jenuh Al, tanaman cenderung memendek. Bahkan pada kejenuhan Al 75%, tanaman hampir tidak menghasilkan tongkol. Kalau pun menghasilkan, tongkol dalam keadaan steril. Umur berbunga tertunda dengan naiknya tingkat kejenuhan Al (Kasim dan Ismon 1992).

Pembentukan Populasi St Al

Pada tahun 1990 dibentuk populasi dari tongkol terbaik tanaman pejantan (*pollinator*) St Al. Populasi ini diperbaiki tingkat toleransinya terhadap cekaman Al sedang dan letak tongkolnya pada dua tingkat kerapatan tanaman (53.000 dan 86.000 rumpun/ha).

Varietas Arjuna ternyata kurang tahan terhadap penyakit bulai di Sitiung pada MT 1991/92 dengan tingkat penularan berkisar antara 39-65%, namun terdapat sejumlah tanaman yang bebas infeksi. Melalui penyerbukan sendiri (*selfing*) dan penyerbukan silang (*plant to cross*) terhadap tanaman sehat dan diperoleh 59 kerabat S1 dan 96 kerabat *half-sib* baru. Populasi ini, St Al-DMR (*Downy Mildew Resistance*), merupakan bahan genetik baru yang akan digunakan dalam kegiatan perbaikan sifat ketahanan terhadap penyakit bulai.

Tabel 5. Keragaan hasil jagung hibrida dan introduksi di Rambatan dan Payakumbuh, MT 1991/92.

Galur/varietas	Lokasi	Hasil (t/ha)	Asal
CPI-I	Payakumbuh	5,74	Puslitbangtan
STJ25 (21270)	Payakumbuh	4,33	Puslitbangtan
STJ4 (207)	Payakumbuh	4,11	Puslitbangtan
Pop49xPop31DMR-C4-53.BC1	Rambatan	8,39	AST
Pool 19 Ht R	Rambatan	6,85	AST
Pool 20 Ht R	Rambatan	6,89	AST
SW-DMR 89100-1	Rambatan	7,13	AST
Tupeno 1 Ht R	Rambatan	6,58	AST
Suwan 1-C9	Rambatan	6,48	CIMMYT ARMP
Pop 26 x Pop 28	Rambatan	6,35	CIMMYT ARMP

A.S.T. = Asian Stress Trial, CIMMYT 1991

Sumber: Kasim (1992).

Penampilan Varietas Introduksi dan Hibrida

Pengujian daya hasil dan adaptasi galur/varietas introduksi telah dilakukan di Rambatan dan Payakumbuh yang mewakili lahan kering dengan kejenuhan Al rendah. Terdapat 7 galur/varietas yang berpenampilan baik dengan hasil berkisar 6,4-8,4 t/ha (Tabel 5). Tingkat hasil ini sesuai dengan persyaratan yang perlu dimiliki oleh varietas jagung yang akan dikembangkan pada masa mendatang. Rata-rata hasil varietas yang dikehendaki adalah 6 t/ha dengan potensi hasil 8 t/ha atau paling tidak 10% lebih tinggi daripada potensi hasil varietas Kalingga (Subandi 1993).

Pemupukan Fosfat

Penelitian di Sitiung pada MT 1991/92 menunjukkan bahwa peningkatan takaran pupuk P dari 45 kg menjadi 90 P_2O_5 kg/ha tidak nyata meningkatkan hasil jagung. Apabila takaran pupuk ditingkatkan lagi menjadi 135 kg P_2O_5 /ha, hasil meningkat dengan nyata, rata-rata 25% lebih tinggi daripada yang dipupuk dengan 45 kg P_2O_5 /ha. Peningkatan takaran kapur dari 1 t/ha menjadi 3 t/ha juga nyata meningkatkan hasil. Hasil tertinggi dicapai dengan pemberian 135 kg P_2O_5 dan 3 t/ha kapur, baik untuk varietas Antasena dan Arjuna maupun galur St A12-88. Dibandingkan dengan Arjuna, rata-rata hasil Antasena dan St A12-88 sekitar 24% lebih tinggi (Tabel 6).

Di Sitiung pada MT 1992/93, hasil tertinggi diperoleh dari perlakuan pemupukan 180 kg P_2O_5 , 2 t/ha bahan organik, dan 200 kg/ha kapur. Efisiensi tertinggi pemupukan diperoleh dari perlakuan 22,5 kg P_2O_5 , 2 t/ha bahan organik, dan 200 kg/ha kapur (Tabel 7). Dari data ini terindikasi bahwa takaran pupuk P dapat dikurangi apabila bahan organik turut diberikan.

Hasil jagung dengan pemupukan 22,5 kg/ha P_2O_5 yang diinkubasi dengan 2 t/ha bahan organik dan 100 kg/ha kapur tidak berbeda dengan pemupukan 180 kg/ha P_2O_5 tanpa inkubasi. Tingginya hasil pada perlakuan pupuk P yang diinkubasi disebabkan

Tabel 6. Pengaruh kapur, pupuk P, dan varietas terhadap hasil jagung di Sitiung, MT 1991/92.

Galur/ varietas	45 kg P ₂ O ₅		90 kg P ₂ O ₅		135 kg P ₂ O ₅		Rata- rata
	K1	K2	K1	K2	K1	K2	
Antasena	3,56	4,52	4,07	5,32	4,64	5,70	4,61p
St Al2-88	3,45	5,25	4,42	4,59	4,38	5,53	4,60p
Arjuna	2,69	3,19	3,44	4,33	4,12	4,58	3,70q
Rata-rata	K1 = 3,86a		K2 = 4,75b				
Rata-rata (P)	3,82b		4,33 ab		4,78a		
BNT 0,05:	K = 0,50 V = 0,39		P = 0,67 KPV = 2,51				

Angka-angka selajur atau sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama (p-q atau a-b) tidak berbeda nyata pada taraf 0,05 BNT.

K1 = 1 t/ha kapur, K2 = 3 t/ha kapur

Sumber: Bahar *et al.* 1992.

Tabel 7. Pengaruh pupuk P pupuk kandang dan kapur terhadap hasil jagung pada lahan PMK Sitiung, MT 1992/93.

P ₂ O ₅	Perlakuan (kg/ha)		Hasil (t/ha)	Hasil relatif (%)	Efisiensi pemupukan (kg)
	Pupuk kandang	Kapur			
0	0	0	3,88 g	100,0	-
22,5	0	0	5,42 f	139,7	30,8
45	0	0	5,87 f	151,3	19,9
90	0	0	6,54 e	168,7	13,3
180	0	0	6,96 bcde	179,4	7,7
180	2000	100	7,16 abcde	184,6	8,2
180	2000	100	7,59 ab	195,7	9,3
90	2000	100	7,11 abcd	183,3	16,2
45	2000	100	6,83 cde	176,11	29,5
22,5	2000	100	6,67 e	171,1	55,6
180	2000	200	7,67 a	197,7	9,5
90	2000	200	7,52 ab	193,9	18,2
45	2000	200	6,93 bcde	178,6	30,5
22,5	2000	200	6,76 de	174,3	57,6
180	4000	200	7,76 abcd	189,5	8,7
90	4000	200	7,47 abc	192,6	17,9

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf 5% UBD.

Sumber: Syafei *et al.* (1993).

Tabel 8. Pengaruh pengelolaan dan takaran P (tanpa inkubasi dan diinkubasi) terhadap hasil (t/ha) jagung Antasena di tanah PMK Sitiung, MH 1992/93.

Takaran P ₂ O ₅ (kg/ha)	Inkubasi		Rata-rata
	0 msi	8 msi	
22,5	5,35 d	6,67 bc	6,01 c
45	5,86 d	6,83 bc	6,35 c
90	6,55 c	7,11 ab	6,83 b
180	6,97 bc	7,59 a	7,28 a
Rata-rata	6,18 b	7,05 a	

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% UBD.

msi = minggu setelah inkubasi.

Sumber: Syafei *et al.* (1993).

oleh berkurangnya kontak langsung antara pupuk P yang diberikan dengan P tanah sehingga fiksasi P oleh Al dan Fe menurun, yang kemudian meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman. Penelitian sebelumnya (Syafei dan Erdiman 1992) juga menyimpulkan bahwa pemupukan P nyata meningkatkan hasil jagung bila penggunaannya dicampur dengan kompos dan/atau pupuk kandang setelah diinkubasi.

KESIMPULAN

Penelitian perbaikan genetik dan populasi jagung telah menghasilkan varietas Antasena yang dapat dikembangkan di lahan kering masam dengan potensi hasil antara 5-6 t/ha.

Kejuhan Al berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman dan perkembangan akar jagung. Peningkatan kejuhan Al menurunkan berat trubus, berat akar, dan volume akar, serta memperpendek tanaman dan tongkol. Umur berbunga (jantan dan betina) tanaman jagung bertambah panjang pada kondisi Al yang tinggi dan hasil menurun pada kejuhan Al 75%.

Genotipe yang diseleksi di lahan masam cenderung lebih toleran daripada genotipe yang tidak diseleksi di lahan masam. Genotipe yang toleran terhadap kemasaman tanah antara lain adalah Antasena, St Al2-88, dan C88 SA3 T Acc. Ketiga genotipe ini masih mampu menyerap unsur hara dalam jumlah yang banyak walaupun akumulasi Al di perakarannya tergolong tinggi.

Kejuhan Al pada tingkat 75% tampaknya dapat digunakan untuk diferensiasi genotipe dalam penelitian di rumah kaca. Kejuhan Al pada tingkat 60-65% dapat dipakai dalam kegiatan seleksi jagung di lapang.

Bahan organik dan kapur dapat meningkatkan efisiensi pemupukan P (sampai takaran 180 kg/ha P_2O_5) pada tanaman jagung. Penggunaan pupuk P dapat ditekan sampai pada takaran 22,5-45 kg P_2O_5 /ha apabila pemberiannya dicampur dengan pupuk kandang sebanyak 2 t/ha dan/atau kapur dengan takaran 100-200 kg/ha setelah diinkubasi selama 8 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, F. 1984. Crop response to liming in the southern United States. *In*: Adams (ed.). Soil acidity and liming. Agronomy Monograph No. 12. 2nd edition. ASA-CSSA-SSSA. pp.211-65.
- Afdi, E. dan Jafri. 1992. Pengujian adaptasi dan stabilitas populasi St A11-88 dengan populasi lainnya. Laporan Penelitian 1991/92. Balittan Sukarami.
- Arya, L.M., B. Rusman, R.F. Guyton, Sholeh, and E. Hidayat. 1987. Root growth problems in Sitiung soils and their implications for soil manaemnt and crop productivity. Makalah Rapat Teknis Pუსlittanak, Bogor, Juni 1987.
- Bahar, H. dan Syamsurizal. 1991. Daya hasil pendahuluan jagung. Laporan Penelitian 1990/91. Balittan Sukarami.
- Bahar, H., S. Zen, dan Subandi. 1992a. Kontribusi komponen hasil dan karakter agronomi terhadap hasil jagung pada beberapa lingkungan. Laporan Penelitian AARP II. 21p.
- Bahar, H., Jafri, dan F. Kasim. 1992b. Pengujian adaptasi dan stabilitas populasi St A11-88 dengan populasi lainnya. Laporan Penelitian 1991/92. Balittan Sukarami.
- Fox, R.H. 1978. Soil pH, aluminium saturation, and corn yield. *Soil Sci.* 127(6):330-4.
- Foy, C.D. 1983. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. *Iowa State J. Res.* 57:339-54.
- Ismon, L. dan Yulimasni. 1992. Pengujian adaptasi dan stabilitas populasi St A1-88 dengan populasi lainnya. Laporan Penelitian 1991/92. Balittan Sukarami.
- Jamin, D., Yulimasni, dan Jafri. 1992. Pengujian adaptasi dan stabilitas populasi St A11-88 dengan populasi lainnya. Laporan Penelitian 1991/92. Balittan Sukarami.
- Kamprath, E.J. 1970. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34:252-4.
- Kasim, F. 1992. Perbaikan genetik dan seleksi populasi jagung di lahan kering masam. Makalah disampaikan pada diskusi dengan Tim Evaluasi Badan Litbang Pertanian. Sukarami, 19 Oktober 1992.
- Kasim, F. and C.E. Wassom. 1990. Genotypic response of corn to aluminium stress. I. Seedling tests for measuring aluminum tolerance in nutrient solution. *Indon. J. of Crop Sci.* 5(2):41-51.

- Kasim, F., W.L. Haag, and C.E. Wassom. 1990. Genotypic response of corn to aluminium stress. II. Field performance of corn varieties in acid soils and its relationship with performance at seedling stage. *Indon. J. of Cro. Sci.* 5(2):53-65.
- Kasim, F., Syafruddin, Z. Adri, dan Z. Hamzah. 1992. Perakaran jagung pada kejenuhan aluminium berbeda. *Pemberitaan Penelitian Balittan Sukarami* 21:3-5.
- Kasim, F. dan Ismon L. 1992. Tanggap pertumbuhan dan perakaran genotipe jagung pada lingkungan cekaman aluminium yang berbeda. *Laporan Penelitian Kerjasama AARD-AARP II.* 25p.
- Muchtar, A. dan Yulimasni. 1992. Pengujian adaptasi dan stabilitas populasi St A11-88 dengan populasi lainnya. *Laporan Penelitian 1991/92.* Balittan Sukarami.
- Nurtirtayani. 1992. Lima populasi jagung bersari bebas berdaya hasil tinggi dan beradaptasi di lahan kering beriklim basah. *Laporan Penelitian.* Balitan Banjarbaru.
- Syafei dan Erdiman. 1992. Pengaruh takaran dan *carrier* P terhadap pertumbuhan dan hasil jagung. *Laporan Kegiatan Penelitian TA 1991/92.* Balittan Sukarami.
- Syafei, Erdiman, dan Darmawi. 1993. Pengaruh pupuk, kapur, bahan organik, dan masa inkubasi terhadap efisiensi P. *Laporan Penelitian 1992/93.* Balittan Sukarami.
- Subandi, I. Manwan, dan A. Blumenschein. 1988. Koordinasi program penelitian nasional: Jagung. *Puslitbangtan.* Bogor. 80p.
- Subandi. 1993. Pemuliaan jagung dan sorgum dalam PJPT-II. Makalah pada pertemuan pemulia tanaman lingkup Puslitbang Tanaman Pangan di Bogor, 7-8 Juni 1993. 16p.
- Sudjadi, M., J.S. Adiningsih, dan I.P. Gedjer Widjaya-Adhi. 1990. Management of acid soils for food crop production. *In: Syam et al. (eds.).* Risalah Simposium II Penelitian Tanaman Pangan, Ciloto, Maret 1988.
- Taher, A., Soetjipto Ph., A. Syarifuddin K., A. Rasyid, Husni Malian, Sahardi, dan Mufran Rauf. 1990. Hasil penelitian pengembangan lahan kering Podsolik Merah Kuning di tiga pulau besar di Indonesia. *Puslitbang Tanaman Pangan.* Bogor. 47p.