

ANALISIS DAYA GABUNG UMUM DAN DAYA GABUNG KHUSUS 6 MUTAN DAN PERSILANGANNYA DALAM RANGKA PERAKITAN KULTIVAR HIBRIDA JAGUNG TENGGANG KEMASAMAN

Rustikawati¹, E. Suprijono¹, A. Romeida¹, C. Herison¹ dan S. H. Sutjahjo²

¹Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu,

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB

Abstrak

Indonesia telah mencapai swasembada jagung sejak tahun 2008 dan tahun 2014 diharapkan dapat menjadi pengekspor jagung. Salah satu upaya untuk mendukung program pemerintah tersebut adalah dengan merakit kultivar jagung yang unggul. Payung penelitian secara keseluruhan adalah perakitan kultivar hibrida jagung spesifik lahan masam. Seluruh rangkaian penelitian didesain pada Podsolik Merah Kuning sehingga diharapkan galur-galur yang diperoleh adaptif lahan masam. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari daya gabung umum dan daya gabung khusus mutan jagung dan persilangannya. Tetua yang diuji adalah 6 mutan jagung generasi ke-enam hasil iradiasi sinar gamma, yaitu G1-12-18a-1 (G1M6), G3-15-17-4 (G3M6), G6-6-19-19a (G6M6), G7-15-9-3 (G7M6), G8-4-8-6 (G8M6), dan G9-20-44-2 (G9M6). Persilangan dilakukan setengah dialel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutan G8M6 memiliki daya gabung umum tertinggi baik berdasarkan peubah vegetatif maupun peubah generatif. Pasangan persilangan G9xG7 dan G7xG1 menunjukkan daya gabung khusus terbaik berdasarkan peubah bobot kering biji/tanaman dan bobot 100 butir. Sedangkan hibrida G9xG6 menunjukkan daya gabung khusus terbaik berdasarkan peubah panjang tongkol dan panang baris biji. Hibrida yang diperoleh merupakan hibrida harapan tenggang kemasaman. Tahap berikutnya harus dilakukan pengujian baik untuk melihat stabilitas hasil pada berbagai lokasi maupun untuk membandingkan dengan hibrida jagung komersial sehingga diperoleh hibrida jagung unggul tenggang kemasaman.

Kata kunci: daya gabung, jagung, hibrida, masam

PENDAHULUAN

Tanaman jagung selalu menjadi komoditas prioritas dalam Renstranas setelah beras. Produksi jagung saat ini telah mengalami peningkatan yang cukup berarti. Pada Tahun 2008, produksi jagung nasional sebesar 16.32 juta ton pipilan kering. Pada tahun 2009, produksi meningkat menjadi 17.66 juta ton (BPS, 2010). Jika kebutuhan jagung nasional adalah 16.3 juta ton, maka Indonesia telah mencapai swasembada jagung. Namun dilain pihak Asosiasi Pakan Ternak Indonesia menginformasikan bahwa impor jagung tahun 2009 sebanyak 400 ribu ton, dan tahun 2010 sebanyak 1.5 juta ton untuk kebutuhan industri pakan ternak (Irawan, 2011).

Perakitan hibrida jagung yang spesifik lahan marginal telah dilakukan pemulia tanaman. Namun sampai saat ini kultivar hibrida unggul tenggang masam masih belum ada di pasar. Hibrida *double cross* yang potensial untuk ultisol dengan produksi 5.07 ton ha⁻¹ telah diperoleh Taufik *et al.* (2009). Pada lahan yang sama produksi hibrida komersial Prima-1 dan DK-3 hanya mencapai masing-masing 3.7 ton ha⁻¹ dan 4.41 ton ha⁻¹.

Untuk meningkatkan keragaman genetik plasma nutfah dapat dilakukan melalui induksi mutasi baik secara kimia maupun secara fisik (Sutjahjo, 2006). Menurut Soeranto (2003), mutasi terjadi karena perubahan materi genetik pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen sehingga menyebabkan terjadinya keragaman genetik. Induksi mutasi dengan irradiasi sinar gamma telah terbukti dapat meningkatkan keragaman genetik plasma nutfah dan telah berhasil digunakan untuk merakit kultivar baru (P3TIR BATAN, 2000). Rustikawati *et al.* (2008) juga melakukan induksi mutasi pada jagung untuk meningkatkan keragaman genetik dalam rangka pembentukan galur mutan jagung. Keragaman genetik terjadi karena tanaman M1 setelah perlakuan irradiasi sinar gamma bersifat heterozigot akibat gen-gen mutan yang baru, dan akan bersegregasi menjadi fenotipe mutan dan non-mutan pada generasi M2 (Ahnstroem, 1977). Pada tanaman menyerbuk silang seperti jagung, identifikasi dan isolasi mutan membutuhkan kontrol polinasi pada saat pembentukan generasi M2 dan seterusnya. Pada generasi lanjut terjadi depresi silang

dalam yang menyebabkan menurunnya vigor tanaman sehingga seleksi lebih sulit dilakukan. Rustikawati *et al.*, (2010) telah menguji hibrida persilangan galur mutan M4 hasil iradiasi sinar gamma namun hasilnya belum bisa melebihi hibrida pembandingan NK33. Pembentukan galur masih perlu dilanjutkan untuk meningkatkan potensi produksi hibrida dengan persilangan galur inbrida yang memiliki jarak genetik jauh dengan efek heterosis tinggi.

Perakitan kultivar hibrida dalam negeri yang memiliki karakteristik tenggang terhadap tanah masam sangat diperlukan. Kultivar tersebut dapat dirakit melalui persilangan antara genotipe yang memiliki daya gabung khusus tinggi, memiliki potensi heterosis atau hybrid vigor yang tinggi. Tahap awal dalam usaha perbaikan karakter tanaman melalui persilangan antar galur adalah evaluasi daya gabung umum (*general combining ability*) dan daya gabung khusus (*specific combining ability*). Informasi daya gabung umum bermanfaat untuk pembentukan varietas komposit. Sedangkan daya gabung khusus diperlukan untuk mengidentifikasi kombinasi tetua yang akan menghasilkan hibrida berpotensi hasil tinggi. Hasil tinggi dapat dicapai jika hibrida dari kombinasi tetua tersebut memiliki heterosis dan daya gabung khusus yang tinggi. Daya gabung merupakan ukuran kemampuan dari suatu kombinasi untuk menghasilkan kombinasi turunan yang diharapkan (Hallauer dan Miranda, 1987). Populasi yang telah diidentifikasi memiliki DGU tinggi sering berpeluang memiliki DGK yang tinggi pula. Heterosis merupakan penampilan superioritas hibrida dibandingkan dengan tetuanya. Persilangan antara galur homozigot yang berbeda, dapat menyembunyikan sifat cacat yang resesif dan mengembalikan vigor hibrida (Hallauer dan Miranda, 1987).

Penelitian ini adalah tahap lanjut rangkaian kegiatan perakitan hibrida jagung adaptif lahan marginal. Secara khusus penelitian bertujuan untuk mempelajari daya gabung umum dan daya gabung khusus serta efek heterosis beberapa enam galur mutan jagung dan persilangannya dalam rangka perakitan kultivar hibrida jagung tenggang kemasaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai September 2011 di Kelurahan Kandang Limun Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu. Bahan tanam yang digunakan dalam penelitian adalah 6 galur yang terdiri dari ; G1M6-12-18-1-5, G3M6-15-17-4-12, G6M6 6-19-19-4, G7M6 15-9-3-10, G8M6 4-8-6-8, G9M6 20-44-2-8 dan lima belas hasil persilangan setengah dialel. Ke-enam galur tersebut adalah generasi S6 setelah induksi mutasi dengan radiasi sinar gamma. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAKL) dengan 3 ulangan. Perlakuan terdiri atas 21 genotipe yang meliputi 6 tetua dan 15 hibrida. Petak percobaan berukuran 1.5 m x 3 m, biji ditanam dalam barisan dengan jarak tanam 75cm antar baris dan 30cm dalam baris.

Persiapan lahan dimulai dengan pengolahan tanah untuk membuat bedengan. Pada bedengan dibuat lubang tanam dan ditanam 1 benih per lubang dan ditambah *Carbofuran* 3% sebanyak 5 sampai 10 butir untuk mencegah gangguan serangga. Untuk mencegah cendawan dan mengurangi serangan bulai, biji direndam terlebih dahulu dengan fungisida *Ridomil* 5 gram/ liter selama 10 menit. Pada umur satu minggu setelah tanam dilakukan penyulaman. Pupuk dasar yang diberikan adalah urea 150 kg/ha, SP-36 100 kg/ha dan KCL 200 kg/ha. Pada umur 5 minggu setelah tanam dilakukan pemupukan urea kedua sebanyak 150 kg/ha bersamaan dengan pembumbunan tanaman

Pemeliharaan dan pengendalian tanaman dilakukan sesuai anjuran. Pada umur lima minggu dilakukan pembumbunan dengan cara menggemburkan tanah di antara tanaman kemudian ditimbunkan pada pangkal batang tanaman jagung. Penyemprotan pestisida hanya dilakukan jika gangguan hama dan penyakit sudah mendekati ambang ekonomi. Pestisida yang digunakan adalah *Deltrametrin* dengan dosis 2 ml/liter dan frekuensi pemakaian melihat pada tingkat serangan organisme pengganggu. Gangguan gulma diatasi dengan pengendalian secara manual menggunakan alat sabit dan cangkul.

Pemanenan dilakukan pada saat tongkol masak fisiologis dengan ciri-ciri menurut Adisarwanto dan Widyastuti (2009). Pengamatan karakter morfologi mengikuti CYMMIT (1991). Peubah yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, panjang tongkol, diameter tongkol, panjang baris biji, bobot biji kering, bobot 100 biji

Data yang didapatkan dianalisis secara statistik menggunakan analisis varians dengan uji F pada taraf 5 % dan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5 %. Efek daya gabung diestimasi dengan rumus Griffing Metode 2 (Singh dan Chaudhary, 1979)

$$DGU = 1/(p+2)[\sum(y.i+y_{ii})-2y_{ij}/p+y_{..}]$$

$$DGK = Y_{ij} - 1/(p+2) (Y_{.i} + Y_{ii} + Y_{.j} + Y_{jj}) + 2Y_{..}/(p+1)(p+2)$$

Keterangan : p = Tetua

y.i = Jumlah dan rata-rata persilangan ke-i

y_{ii} = Rata-rata persilangan ke- i x i

Y = Jumlah total

Y_{ij} = Rata-rata persilangan i x j

Y_{.j} = Total rata-rata persilangan ke j

Y_{jj} = Rata- rata persilangan j x j

Heterosis (High-parent heterosis) diestimasi mengikuti Fehr (1987) berdasarkan penampilan hibrida (F1) dibandingkan dengan penampilan tetuanya terbaiknya dengan rumus sebagai berikut:

$$H (\%) = [(F1-HP)/HP]$$

Keterangan: H = heterosis

F1 = Rata-rata hibrida

HP= Rata-rata High-parent

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan Daya Hasil.

Semua hibrida dan tetua yang diuji memiliki tinggi tanaman dan diameter batang yang tidak berbeda. Untuk peubah jumlah daun, hibrida G6xG1, G7xG1, G8xG7 dan G9xG1 nyata lebih banyak dibandingkan hibrida lain atau tetuanya. Hibrida G9xG8 memiliki panjang daun terpanjang dibandingkan semua hibrida yang diuji. Namun lebar daun terbesar ditunjukkan oleh hibrida G9xG1 (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang daun, lebar daun pada tetua dan hibrida hasil persilangannya

Genotipe	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (mm)	Jumlah Daun	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
G1	122.20 a	1.83 a	9.80 ab	77.73 ab	8.12 ab
G3	122.60 a	1.73 a	8.60 ab	75.40 ab	7.96 abc
G6	118.33 a	1.69 a	8.93 ab	76.20 ab	7.18 cd
G7	103.20 a	1.85 a	9.40 ab	73.80 ab	7.96 abc
G8	122.00 a	1.87 a	9.47 ab	77.13 ab	8.17 ab
G9	125.67 a	1.73 a	8.60 ab	75.20 ab	7.21 cd
G3xG1	111.93 a	1.66 a	9.47 ab	76.00 ab	7.58 bcd
G6xG1	115.73 a	1.70 a	10.13 a	80.20 ab	7.54 bcd
G6xG3	115.47 a	1.79 a	9.33 ab	74.13 ab	8.00 abc
G7xG1	126.47 a	1.77 a	10.20 a	75.00 ab	7.18 cd
G7xG3	108.40 a	1.81 a	8.93 ab	73.73 ab	7.23 cd
G7xG6	97.60 a	1.73 a	9.33 ab	71.53 b	7.43 bcd
G8xG1	125.00 a	1.74 a	9.40 ab	76.93 ab	7.85 abcd
G8xG3	129.47 a	1.89 a	9.07 ab	81.67 ab	7.97 abc
G8xG6	106.73 a	1.76 a	9.67 ab	71.53 b	7.35 bcd
G8xG7	127.80 a	1.75 a	10.07 a	76.07 ab	7.03 cd
G9xG1	106.60 a	1.73 a	10.07 a	73.13 ab	8.63 a
G9xG3	117.73 a	1.85 a	9.13 ab	77.07 ab	7.71 bcd
G9xG6	116.27 a	1.81 a	10.00 ab	74.93 ab	7.63 bcd
G9xG7	125.53 a	1.79 a	9.00 ab	73.27 ab	7.43 bcd
G9xG8	127.00 a	1.743 a	8.10 b	85.40 a	7.51 bcd

Pengamatan terhadap peubah produksi ditampilkan pada Tabel 2. Hibrida yang diuji memiliki panjang tongkol yang bervariasi, bahkan hibrida G7xG1 nyata lebih pendek dari tetuanya. Hibrida dengan

tongkol terpanjang adalah G8xG1 dan G8xG7 dengan panjang masing-masing 13.8 dan 13.7. Namun panjang tongkol yang diikuti panjang baris biji besar hanya hibrida G8xG1. Sedangkan untuk diameter tongkol hibrida G9xG7 nyata lebih besar dibandingkan hibrida yang lain demikian juga dengan bobot kering biji. Untuk bobot 100 butir hampir semua hibrida tidak berbeda dengan tetuanya, kecuali hibrida G9xG7 dan G9xG8 yang justru lebih kecil.

Tabel 2. Rata-rata panjang tongkol, diameter tongkol, panjang baris biji, bobot kering biji, bobot 100 butir pada tetua dan hibrida hasil persilangannya

Genotipe	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (mm)	Jumlah Daun	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
G1	13.1 ab	3.4 Ab	10.7 ab	36.4 bc	19.8 a
G3	11.6 ab	3.5 Ab	10.6 ab	42.7 bc	19.8 a
G6	11.1 ab	3.7 Ab	9.6 abc	52.6 ab	19.8 a
G7	12.2 ab	3.5 Ab	9.3 abc	43.0 bc	19.7 ab
G8	11.7 ab	3.3 Abc	9.7 abc	33.6 bc	19.6 ab
G9	10.8 ab	3.3 Abc	9.8 abc	31.1 bc	19.3 ab
G3xG1	9.7 b	2.7 C	7.1 c	21.4 c	19.3 ab
G6xG1	11.8 ab	3.6 Ab	10.3 ab	49.0 abc	19.2 ab
G6xG3	13.1 ab	3.6 Ab	11.5 a	55.7 ab	18.3 abc
G7xG1	10.0 b	3.5 Ab	8.1 bc	43.4 bc	18.0 abc
G7xG3	10.7 ab	3.1 Bc	9.3 abc	33.5 bc	17.9 abc
G7xG6	12.8 ab	3.3 Abc	10.0 abc	39.8 bc	17.7 a-d
G8xG1	13.8 a	3.4 Ab	11.7 a	49.6 ab	17.4 a-d
G8xG3	12.4 ab	3.4 Ab	10.8 ab	47.6 abc	17.0 a-d
G8xG6	11.7 ab	3.7 Ab	10.4 ab	42.0 bc	16.9 a-d
G8xG7	13.7 a	3.6 Ab	10.5 ab	57.3 ab	16.3 a-d
G9xG1	13.1 ab	3.7 Ab	10.7 ab	53.0 ab	16.2 a-d
G9xG3	12.5 ab	3.5 Ab	11.7 a	44.7 bc	15.6 a-d
G9xG6	10.5 ab	3.6 Ab	9.5 abc	33.5 bc	15.4 bcd
G9xG7	13.2 ab	4.0 A	11.8 a	71.6 a	14.1 cd
G9xG8	12.2 ab	3.3 Abc	9.0 abc	41.7 bc	13.5 d

Berdasarkan data vegetatif dan generatif di atas, kondisi pertanaman di lapang terlihat kurang subur. Cekaman lingkungan karena stres kekeringan diduga menjadi penyebab utama. Pada saat tanam hingga tanaman berbunga tidak ada hujan. Penyiraman dilakukan setiap hari pagi dan sore, namun lingkungan yang sangat terik menyebabkan tanaman tidak tumbuh sempurna. Keragaman antar hibrida dapat mengindikasikan beberapa hibrida yang dirakit memiliki potensi yang lebih baik. Pengujian dengan hibrida pembandingan yang tersedia di pasar dan digunakan petani secara luas diperlukan untuk seleksi tahap selanjutnya.

Daya Gabung dan Heterosis

Genotipe G8 memiliki nilai DGU tertinggi dari lima genotipe lainnya berdasarkan peubah tinggi tanaman, diameter batang dan panjang daun (Tabel 3). Untuk peubah jumlah daun dan lebar daun DGU tertinggi pada genotipe G1. Hal ini mengindikasikan bahwa genotipe tersebut memiliki kemampuan bergabung yang lebih baik dalam menghasilkan hibrida berdasarkan peubah vegetatif yang diamati. Hasil analisis berdasarkan peubah generatif, G8 juga memiliki DGU tertinggi berdasarkan peubah diameter tongkol dan bobot kering biji (Tabel 4). Bobot kering biji merupakan peubah utama untuk peningkatan produksi. Oleh karena itu G8 merupakan galur yang secara umum mampu bergabung dengan baik dan cocok untuk pengembangan varietas OP. Galur lain yang juga potensial adalah G3 yang memiliki DGU tertinggi berdasarkan peubah panjang tongkol dan bobot 100 butir. Sedangkan G6 memiliki DGU tertinggi untuk peubah panjang baris biji.

Nilai daya gabung khusus dari 15 kombinasi persilangan sangat bervariasi antar peubah. Berdasarkan peubah vegetatif, tidak ada satu persilangan yang menunjukkan nilai daya gabung khusus tinggi sekaligus untuk lima peubah. Hibrida G7xG1 memiliki DGK tinggi berdasarkan tinggi tanaman, sedangkan berdasarkan diameter batang hibrida G8xG3 yang tertinggi. Demikian juga untuk peubah yang lain. Oleh karena itu berdasarkan pengamatan vegetatif belum bisa disimpulkan hibrida harapan terbaik. Namun jika dilihat dari peubah generatif, hibrida G9xG7, G7xG1 dan G9xG6 memiliki nilai DGK yang lebih tinggi dibandingkan hibrida yang lain sehingga merupakan kandidat untuk pengujian selanjutnya dalam rangka perakitan kultivar unggul tenggang masam. Hibrida G9xG7 memiliki DGK tinggi berdasarkan peubah panjang tongkol, panjang baris biji, bobot kering biji dan bobot 100 butir. Hibrida G7xG1 memiliki DGK

tinggi berdasarkan peubah panjang tongkol, bobot kering biji dan bobot 100 butir, sedangkan hibrida G9xG6 menunjukkan daya gabung khusus terbaik berdasarkan peubah panjang tongkol dan panjang baris biji.

Tabel 3. Nilai daya gabung umum dan daya gabung khusus tetua serta hibrida berdasarkan peubah tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun

Genotipe	Tinggi Tanaman	Diameter Batang	Jumlah Daun	Panjang Daun	Lebar Daun
G1	0.778	-0.018	0.413	0.589	0.226
G3	0.536	0.008	-0.304	0.172	0.145
G6	-4.431	-0.029	0.096	-0.911	0.021
G7	-3.964	0.017	0.096	-1.853	-0.224
G8	4.511	0.026	-0.042	1.731	0.016
G9	2.569	-0.004	-0.258	0.272	-0.184
G3xG1	-7.082	-0.103	-0.008	-0.764	-0.062
G6xG1	1.685	-0.022	0.258	4.519	-0.318
G6xG3	1.660	0.042	0.175	-1.131	0.356
G7xG1	11.951	0.001	0.325	0.261	-0.113
G7xG3	-5.874	0.015	-0.225	-0.589	0.134
G7xG6	-11.707	-0.034	-0.225	-1.706	0.178
G8xG1	2.010	-0.040	-0.337	-1.389	0.106
G8xG3	6.718	0.087	0.046	3.761	-0.386
G8xG6	-11.049	-0.012	0.246	-5.289	0.285
G8xG7	9.551	-0.069	0.646	0.186	-0.090
G9xG1	-14.449	-0.017	0.546	-3.731	-0.659
G9xG3	-3.074	0.070	0.329	0.619	-0.399
G9xG6	0.426	0.067	0.796	-0.431	0.019
G9xG7	9.226	0.007	-0.204	-1.156	-0.063
G9xG8	2.218	-0.051	-0.967	7.394	-0.253

Tabel 4. Nilai daya gabung umum dan daya gabung khusus tetua serta hibrida berdasarkan peubah panjang tongkol, diameter tongkol, panjang baris biji, bobot kering biji dan bobot 100 butir

Genotipe	Panjang Tongkol	Diameter Tongkol	Panjang Baris Biji	Bobot Kering Biji	Bobot 100 Butir
G1	0.111	-0.122	-0.320	-2.016	-0.018
G3	0.336	0.052	0.110	1.208	0.857
G6	0.183	0.040	0.741	1.684	-0.942
G7	-0.739	0.015	-0.499	-5.253	-0.485
G8	-0.145	0.094	0.026	5.860	0.173
G9	0.255	-0.080	-0.059	-1.483	0.415
G3xG1	0.664	0.012	0.763	-6.763	-1.097
G6xG1	-0.653	0.074	0.132	-0.929	1.342
G6xG3	-1.388	0.120	-1.348	5.757	-0.563
G7xG1	0.809	0.149	0.072	6.308	2.176
G7xG3	0.084	-0.245	-0.008	-6.296	-0.359
G7xG6	-0.623	-0.174	-0.520	-9.272	-0.621
G8xG1	-2.274	-0.740	-2.723	-26.376	-3.703
G8xG3	-0.339	0.016	0.037	-2.069	1.082
G8xG6	1.033	-0.003	0.605	4.174	1.451
G8xG7	-1.064	-0.068	-1.565	-1.208	-3.816
G9xG1	-1.624	-0.186	-0.388	-6.982	-1.894
G9xG3	0.181	-0.140	-0.148	-3.896	0.321
G9xG6	1.423	0.001	0.870	5.468	-0.821
G9xG7	0.896	0.036	1.300	10.316	2.233
G9xG8	-0.378	0.187	0.345	-6.358	1.314

KESIMPULAN

Tetua yang mempunyai daya gabung umum terbaik berdasarkan peubah tinggi tanaman, diameter batang, panjang daun, diameter tongkol dan bobot kering biji adalah G8. Pasangan hibrida yang menunjukkan nilai DGK lebih tinggi dibandingkan hibrida lain berdasarkan tiga peubah generatif adalah hibrida G9xG7, G7xG1 dan G9xG6. Oleh karena itu ketiga hibrida tersebut merupakan kandidat untuk pengembangan kultivar unggul jagung tenggang masam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. dan Y.E. Widyastuti. 2009. Meningkatkan Produksi Jagung di Lahan Kering, Sawah dan Pasang Surut. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Ahnstroem, G. 1977. Radiobiology. *In: Manual on Mutation Breeding*, 2nd edition. Tech. Report Series No.119. Joint FAO/IAEA. Vienna: Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture. Pp 21-27 p.
- BPS. 2010. Statistik Indonesia. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- CIMMYT. 1991. Description for Maize. CIMMYT
- Fehr, W.R. 1987. Principle of Cultivar Development. Theory and Technique. Vol. I. MacMillan Pub. Co. New York. 536p.
- Hallauer, E.J. and J.B. Miranda. 1987. Quantitative Genetic in Maize Breeding (2nd edition). Iowa state Univ. Press.
- Irawan, A. 2011. Industri pakan ternak Indonesia masih terus impor jagung dari Amerika. DetikFinance Rabu (9/3/2011). Jakarta.
- [P3TIR BATAN] Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Atom Nasional. 2000. Present and future activities of mutation. BATAN, Jakarta.
- Rustikawati, C. Herison, dan S.H. Sutjahjo. 2010. Keragaan pertumbuhan vegetatif dan reproduktif hibrida jagung persilangan galur inbrida mutan mutan (M4) pada latosol darmaga. JIPI 12(1): 55-60
- Rustikawati, S.H. Sutjahjo, C. Herison, dan S.I. Aisyah. 2008. Induksi mutasi melalui iradiasi sinar gamma terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi dasar jagung (*Zea mays* L.). Akta Agrosia 11(1):57-62
- Singh, R.K and B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analisis. New Delhi.
- Soeranto, H. 2003. Peran iptek nuklir dalam pemuliaan tanaman untuk mendukung industri pertanian. Jakarta : Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).
- Sutjahjo, S.H. 2006. Seleksi *in vitro* untuk ketenggangan terhadap aluminium pada empat genotipe jagung. Jurnal Akta Agrosia 9(2): 61-66.
- Taufik, M., Suprpto dan H. Widiono. 2009. Uji daya hasil pendahuluan dan lanjutan hibrida silang ganda (*double cross*) berdaya hasil tinggi dan adaptif pada lahan oltisol dengan dosis pemupukan rendah tanpa pengapuran dan tanpa bahan organik. Laporan Penelitian Hibah Strategis Nasional. Lembaga Penelitian, Universitas Bengkulu.