

TOLERANSI BEBERAPA GENOTIPE *Vigna umbellata* (THUMB.) TERHADAP SUHU TINGGI PADA BERBAGAI TAHAP PERTUMBUHAN*

[Heat Tolerance of Some *Vigna umbellata* (Thumb.) genotypes at different Growth Phases]

Yuyu Suryasari Poerba & Fauzia Syarif

Balitbang Botani, Puslitbang Biologi - LIPI

ABSTRACT

Degree of electrolyte leakage (EL) from leaf tissue after exposure to high temperature has been used as an indicator of heat tolerance. In the present study, EL was measured in an attempt to estimate heat tolerance of *Vigna umbellata* (Thumb.) genotypes at three different growth phases. The degree of heat injury is significantly different among the three growth phases and among the genotypes as well as their interaction. However, the degree of heat injury tends to increase over the plant growth. The 18 genotypes of *V. umbellata* shows moderate genetic variability as shown by its value of genetic variance ($46,25 \pm 16,35$), phenotypic variance ($85,37 \pm 27,60$), and coefficient of genetic variation (26,36%).

Kata kunci/keywords: toleransi/tolerance, suhu tinggi/heat, kebocoran ion/electrolyte leakage, varian genetik/genetic variance, varian fenotipik/phenotypic variance.

PENDAHULUAN

Pembentukan kultivar yang toleran terhadap suhu tinggi merupakan pendekatan utama dalam rangka mengurangi kerugian hasil biji akibat pengaruh suhu tinggi (Hall, 1992). Pengaruh suhu tinggi terhadap hasil kacang-kacangan seringkali diteliti dan beberapa genotipe telah diidentifikasi sebagai genotipe yang toleran/resisten (Sapra & Anaele, 1989; Martineau *et al.*, 1979; Bouslama dan Schapaugh, 1984; Ehlers dan Hall, 1996; 1998). Pada *Vigna unguiculata*, misalnya, galur-galur murni hasil pemuliaan yang toleran terhadap suhu tinggi melebihi kultivar komersial dengan menghasilkan dua sampai lima kali lipat hasil bijinya (Ismail dan Hall, 1998 cit. Ehlers dan Hall, 1998). Walaupun demikian penelitian mengenai pengaruh suhu tinggi terhadap hasil dan komponen hasil pada kacang-kacangan biasanya dalam kondisi panjang hari yang melebihi 12 jam ('long day') (Patel dan Hall, 1990). Sedangkan penelitian pada kondisi panjang hari kurang dari 12 jam ('short

day'), masih belum terungkap dan terbatas pada jenis-jenis tertentu (Nielsen dan Hall, 1985; Mutters *et al.*, 1989; Ehlers dan Hall, 1996).

Banyaknya faktor yang mempengaruhi toleransi terhadap suhu tinggi di daerah tropis menjadikan perbedaan toleransi terhadap suhu tinggi sulit diidentifikasi. Salah satu cara yang efektif untuk mengidentifikasi perbedaan tersebut yaitu dengan mengukur termostabilitas membran sel melalui kebocoran ion seperti yang dilakukan Martineau *et al.* (1979) pada daun-daun kedelai atau pada padi (Agarie *et al.*, 1998). Dengan cara tersebut, perbedaan genotipik yang besar dalam termostabilitas membran sel pada daun-daun kedelai baru yang telah membuka helai daunnya dan berkembang relatif mudah dapat diidentifikasi (Martineau *et al.*, 1989). Derajat kebocoran ion dari jaringan daun yang telah diperlakukan dengan suhu tinggi tersebut sudah lama digunakan sebagai indikator toleransi terhadap suhu tinggi (Sullivan, 1972 cit. Blum & Ebercon, 1981; Sullivan & Ross,

* Proyek Litbang & Pendayagunaan Biota Darat, Tolok Ukur Pendayagunaan Tumbuhan Liar Berpotensi, Puslitbang Biologi - LIPI

1979 cit. Blum & Ebercon, 1981; Sapra & Anaele, 1989; Martineau *et al*, 1979; Bouslama & Schapaugh, 1984).

Vigna umbellata (Thumb.) (rice bean) yang dikenal dengan nama daerah kacang uci, merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara yang dianggap sebagai kacang-kacangan minor yang memiliki potensi hasil biji dan kualitas nutrisi yang tinggi (Lokesha dan Veeresh, 1993), serta toleran terhadap hama dan penyakit (Chandel *et al*, 1988; Singh dan Tomar, 1989; Kumar dan Shambulingappa, 1994). Selain bijinya digunakan sebagai bahan pangan, tanaman ini juga digunakan sebagai pakan ternak serta tanaman penutup tanah (cover crops). Tanaman ini juga dikenal memiliki daya adaptasi yang luas, termasuk pada lahan yang baru dibuka, pada tanah asam yang tingkat kesuburannya rendah maupun pada daerah bersuhu tinggi dan lembab (Arya dan Singh, 1994).

Pada penelitian ini termostabilitas membran sel diukur melalui kebocoran elektrolit (ion) dari jaringan daun *V. umbellata* setelah daun-daun tersebut diberi perlakuan suhu tinggi pada tiga tahap pertumbuhan tanaman. Pada penelitian dengan menggunakan *V. unguiculata* menunjukkan bahwa perbedaan genotipe dalam pengaruhnya terhadap suhu tinggi terlihat nyata pada saat tanaman membentuk polong hingga pemasakan polong (Poerba & Syarif, 1991). Pada penelitian ini selain tiga tahap pertumbuhan, juga digunakan 18 genotipe *V. umbellata* koleksi Laboratorium Treub yang bertujuan untuk mengevaluasi keragaman genetik beberapa genotip yang diduga memiliki keragaman yang berbeda terhadap suhu tinggi pada berbagai tahap pertumbuhan.

BAHAN DAN CARA KERJA

Delapan belas genotipe *V. umbellata* koleksi Laboratorium Treub, dua di antaranya merupakan introduksi, digunakan dalam penelitian

ini. Penelitian disusun dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga ulangan dan ditanam di Rumah Kaca Laboratorium Treub dalam dua kali tanam. Delapan genotipe ditanam setelah sepuluh genotipe pertama dipanen, hal ini dilakukan hanya untuk kemudahan tempat dan waktu pengamatan.

Contoh daun diambil tiga kali yaitu masing-masing pada tahap-tahap pertumbuhan V5 (tahap pertumbuhan vegetatif dimana sudah tumbuh lima buah buku pada batang utama dengan daun terbuka penuh), R1-R4 (tahap pertumbuhan generatif dimana tanaman mulai berbunga, berbunga penuh, berpolong dan berpolong penuh sepanjang 2 cm pada salah satu 4 buku teratas pada batang utama), dan R5-R8 (tahap pertumbuhan generatif dimana tanaman mulai berbiji, berbiji penuh, hingga matang penuh). Dua belas anak daun trifolium yang terletak pada buku teratas diambil secara acak dari setiap plot. Prosedur selanjutnya mengikuti prosedur yang dianjurkan Sapra & Anaele, (1989) untuk daun kedelai yang dimodifikasi untuk penelitian ini. Daun-daun tersebut dipotong-potong seluas 1 cm² dengan menggunakan 'corkborer' dan dibagi empat kelompok, masing-masing memiliki 14 potongan daun. Selanjutnya dimasukkan ke dalam botol bervolume 100 ml.

Potongan daun tersebut kemudian dicuci dan dibilas dengan air suling bebas ion 3-5 kali untuk menghilangkan elektrolit yang melekat pada permukaan daun. Botol-botol perlakuan ditutup dengan kertas alumunium dan dimasukkan ke dalam 'water bath' pada suhu 50°C+ 1°C selama 15 menit, sedangkan botol-botol kontrol disimpan pada suhu ruang. Suhu 50°C+1°C digunakan pada penelitian ini karena pada suhu tersebut perbedaan kerusakan jaringan terlihat jelas dibandingkan suhu tinggi lainnya (30-60°C) pada kacang-kacangan (Sapra & Anaele, 1989; Bouslama & Schapaugh, 1984). Kontrol dalam pengujian ini untuk mengukur kebocoran elektrolit yang bukan disebabkan oleh suhu tinggi, yaitu akibat

pemotongan daun dan penanganan daun selanjutnya serta penyimpanan pada suhu rendah.

Setelah perlakuan suhu tinggi, semua botol diisi dengan 30 ml air suling dan disimpan pada suhu 10°C selama 18 jam dalam kondisi gelap untuk terjadinya proses difusi elektrolit dari potongan daun tersebut. Konduktivitas awal air suling dalam botol-botol tersebut diukur dengan menggunakan 'Electric Conductivity Meter' pada suhu 25° C. Setelah pengukuran, botol-botol ditutup lagi dengan kertas alumunium dan jaringan daun dalam botol-botol tersebut dimatikan dengan diautoklaf pada suhu 110° C dengan tekanan 1.4 kg selama 15 menit untuk melepas semua ion-ion dari jaringan daun. Pengukuran konduktivitas akhir dilakukan setelah semua botol dingin (25° C).

Derajat kerusakan jaringan yang diinduksi oleh perlakuan suhu tinggi dihitung berdasarkan:

$$\% \text{ kerusakan jaringan} = 1 - \frac{1 - (T1/T2)}{1 - (C1/C2)} \times 100$$

dimana:

T, C = perlakuan suhu tinggi, kontrol

1,2 = konduktivitas awal dan konduktivitas akhir

T1/T2 = jumlah kebocoran elektrolit relatif yang diinduksi oleh suhu tinggi dan dianggap proporsional terhadap kerusakan jaringan yang diinduksi pada membran seluler (Blum & Ebercon, 1981; Sapra & Anaele, 1989; Agariefa/. 1998).

Data dari tiga tahap pertumbuhan tanaman digabungkan untuk dianalisa sebagai 3x18 faktorial RAK setelah ditransformasi ke dalam ArcsWx. Selanjutnya uji beda perlakuan dilakukan dengan menggunakan BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf uji 5% (Steel dan Torrie 1980). Analisis data untuk variabilitas genetik diduga dengan menggunakan analisis komponen varians (Steel & Torrie 1989) (Tabel 1). Nilai duga varians genetik

(S^2_g) dan nilai varians fenotipe (S^2_p) disertai dengan nilai standar deviasi masing-masing serta koefisien variasi genetik (KVG) dihitung berdasarkan Anderson dan Bancroft, 1952 cit. Karmana, 1988 dan Johnson *et al.* (1955).

Varians genetik dan varians fenotipik dihitung berdasarkan:

$$S^2_g = (M2-M3) : r$$

$$S^2_p = S^2_g + M3$$

Koefisien Variasi Genetik (KVG) dihitung dengan rumus:

$$KVG = (VS^2_g)^{1/2} \times 100$$

HASIL

Hasil analisa varians menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kerusakan jaringan yang sangat nyata ($P < 0.01$) diantara genotipe *V. umbellata* yang digunakan dan diantara tahap pertumbuhan yang diuji serta interaksi keduanya. Karena adanya interaksi antara genotipe dan tahap pertumbuhan, maka analisis lebih lanjut perlu dilakukan untuk masing-masing tahap pertumbuhan tanaman.

Tahap pertumbuhan vegetatif (V5)

Hasil analisa varians pada tahap pertumbuhan vegetatif menunjukkan bahwa kerusakan jaringan sangat berbeda nyata diantara genotipe *V. umbellata* yang digunakan ($P < 0.01$). Selanjutnya untuk mengetahui sampai berapa jauh perbedaan diantara genotipe ini dilakukan uji beda nyata BNT pada taraf 5%; dan hasilnya tertera pada Tabel 2. Kerusakan jaringan berkisar antara 48.11% hingga 74.05%. Pada umumnya ke-18 genotipe *V. umbellata* ini terbagi dalam empat kelompok yang berbeda, yaitu: 1). Kerusakan jaringan 48-50% (TR 04, TR 07, dan TR 22). 2). Kerusakan jaringan 55-58. 3). Kerusakan jaringan 63-67%. 4). Kerusakan jaringan 70-74% (Tabel 2).

Tahap pertumbuhan generatif (R1-R4)

Hasil analisa varians pada saat tanaman mulai berbunga hingga hingga berpolong penuh menunjukkan bahwa kerusakan jaringan sangat berbeda nyata diantara genotipe *V. umbellata* yang digunakan ($P < 0.01$). Kerusakan jaringan berkisar antara 35.98%-79.12 %. Pada umumnya ke-18 genotipe *V. umbellata* ini terbagi dalam enam kelompok, dengan genotipe TR04 yang terendah nilai kerusakan jaringannya dan genotipe PI353 yang tertinggi persentase kerusakan jaringan (Tabel 2).

Tahap pertumbuhan generatif (R5-R8)

Hasil analisa varians pada saat tanaman mulai berbiji hingga matang penuh menunjukkan bahwa kerusakan jaringan sangat berbeda nyata diantara genotipe *V. umbellata* yang digunakan ($P < 0.01$). Kerusakan jaringan berkisar antara 53.56% hingga 75.81%. Pada umumnya ke-18 genotipe *V. umbellata* ini terbagi dalam lima kelompok, dengan genotipe TR04 dan TRIO yang terendah nilai kerusakan jaringannya dan genotipe TR01 yang tertinggi persentase kerusakan jaringan (Tabel 2).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa nilai duga varians genetik dan varians fenotipik serta koefisien variasi genetik populasi *V. umbellata* ini cukup besar seperti yang terlihat pada Tabel 3.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, kerusakan jaringan berbeda nyata diantara tahap pertumbuhan dan berinteraksi dengan genotipe. Adanya interaksi antara genotipe dan tahap pertumbuhan merupakan

kegagalan genotipe untuk mempertahankan penampilan yang selalu sama pada lingkungan/waktu yang berbeda. Walaupun demikian, secara keseluruhan kerusakan jaringan meningkat sejalan dengan pertumbuhan tanaman (Tabel 2), terutama pada tahap generatifreproduktif. Gejala ini juga terjadi pada kedelai yang diperlakukan dengan suhu tinggi (Martineau *et al*, 1989).

Hasil penelitian pada gandum yang toleran terhadap suhu tinggi di lapangan berkorelasi dengan hasil penelitian dengan menggunakan teknik kerusakan membran (Sullivan *et al*, 1977 cit. Martineau *et al*, 1979). Martineau *et al*. (1979) mengungkapkan lebih jauh bahwa kerusakan jaringan akibat suhu tinggi berkorelasi negatif dengan hasil kedelai. Semakin tinggi kerusakan jaringan akibat suhu tinggi semakin rendah hasilnya. Pada *V. unguiculata*, suhu tinggi tidak mempengaruhi perkembangan kuncup bunga, tetapi mengurangi pembentukan polong dan jumlah biji per polong serta hasil biji per tanaman pada kultivar-kultivar yang sensitif (Nielsen dan Hall, 1985); tetapi pada kultivar yang toleran terhadap suhu tinggi pembentukan polong cukup baik (Ehlers dan Hall, 1998). Rendahnya pembentukan polong pada genotipe yang sensitif terjadi karena rendahnya viabilitas polen (serbuk sari) dan tidak membukanya kepala sari (Warrag dan Hall, 1983). Hal ini terjadi karena adanya hambatan translokasi prolin dari dinding kepala sari ke serbuk sari/polen (Mutters *et al*, 1989). Secara anatomis, rendahnya viabilitas polen dan tidak membukanya kepala sari akibat dari degenerasi dini lapisan tapetum dan tidak adanya perkembangan endotesial selama mikrosporogenesis (Ahmed *et al*, 1992 cit. Mutters *et al*, 1989).

Tabel 1. Analisis varians model Acak.

Sumber variasi	Derajat bebas	Varians (MS)	Varians harapan (EMS)
Kelompok	(r-1)	M1	$5\sigma^2 + t\sigma^2_r$
Genotipe	(t-D)	M2	$5\sigma^2_e + r\sigma^2_r$
Galat	(r-1)(t-1)	M3	$5\sigma^2_e$
Total	Rt-1		

Tabel 2. Persentase kerusakan jaringan akibat suhu tinggi 18 genotipe *V. umbellata* pada tiga tahap pertumbuhan.

No.	Genotipe	Fase pertumbuhan			Rata-rata
		V5	R1-R4	R5-R8	
1	TR17	63.80 be*	55.56 cd	72.60 ab	63.99
2	TR06	73.60 ab	72.49 a	67.57 abed	71.22
3	TR22	63.83 be	48.11 d	68.16 abed	60.03
4	TR02	71.02 ab	66.43 abc	68.15 abed	68.53
5	TR03	49.91 de	63.63 abc	62.76 cde	58.77
6	TR07	47.72 def	48.88 d	60.07 de	52.22
7	PI 353	79.12 a	57.81 bed	73.28 ab	70.07
8	PI 247	65.62 abc	67.78 ab	65.87 abed	66.42
9	TR01	72.15 ab	63.01 abc	75.81 a	70.32
10	TRX	61.16 bed	57.56 bed	69.80 abed	62.84
11	TR23	41.88 ef	56.55 bed	61.18 de	53.20
12	TR12	43.64 ef	65.91 abc	65.11 bed	58.22
13	TR21	42.24 ef	58.74 bed	62.47 cde	54.48
14	TR11	67.06 ab	71.62 a	73.05 ab	70.58
15	TR20	52.47 cde	70.15 a	70.39 abed	64.34
16	TR09	67.24 ab	74.05 a	73.39 ab	71.56
17	TR04	35.97 f	49.73 d	53.70 e	48.47
18	TRIO	48.96 def	57.02 bed	53.56 e	53.18
Rata-rata		58.19	61.39	66.50	

* Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

Tabel 3. Nilai duga varians genetik dan fenotipik dengan standar deviasi masing-masing serta pada populasi *V. umbellata*.

Sifat	Varians genetik	Varians fenotipik	Koefisien variasi genetik (%)
Kerusakan jaringan	46.25 ± 16.35	85.37 ± 27.60	26.36

Perbedaan yang nyata dalam kerusakan jaringan diantara genotipe yang digunakan pada setiap tahap pertumbuhan (Tabel 2) menunjukkan bahwa adanya keragaman genetik diantara genotipe

ini. Suhu tinggi juga mempengaruhi protein dan lemak yang menyusun membran sel. Perubahan dalam lipida membran yang diinduksi suhu tinggi merupakan faktor utama dalam resistensi tanaman

terhadap suhu tinggi (Sommerville dan Browse, 1991 cit. Agarie *et al*, 1998). Oleh karenanya, derajat kerusakan jaringan yang disebabkan oleh suhu tinggi merefleksikan perbedaan dalam sifat-sifat daun, dalam hal ini respons lipida terhadap suhu tinggi (Agarie *et al*, 1998). Dengan demikian, genotipe-genotipe yang toleran terhadap suhu tinggi dapat diidentifikasi dengan persentase kerusakan jaringannya yang rendah. Walaupun kerusakan jaringan akibat suhu tinggi pada penelitian ini berinteraksi dengan tahap pertumbuhan tanaman, genotipe-genotipe yang relatif toleran dapat diidentifikasi dari persentase kerusakan jaringan rata-rata.

Perbedaan kerusakan jaringan yang nyata diantara genotip yang diuji menunjukkan bahwa komponen genotipik cukup besar, hal ini tidak mengherankan karena perbedaan kultivar dalam toleransi terhadap suhu tinggi (termostabilitas membran) pada kacang-kacangan sudah dilaporkan (Martineau *et al*, 1979, Sapra & Anaele, 1989). Sapra & Anaele (1989) mengklasifikasikan toleransi terhadap suhu tinggi genotip kacang kedelai berdasarkan persentase kerusakan jaringannya sebagai berikut: 1). Toleran: kerusakan jaringan < 40%; 2). Sedang (moderately tolerant): kerusakan jaringan antara 40 - 60%; 3.) Sensitif: kerusakan jaringan >60%. Berdasarkan kategori ini ke-18 genotip *V. umbellata* yang diuji terbagi ke dalam:

- 1). Toleran: tidak ada
- 2). Sedang: TR03, TR 04, TR07, TRIO, TR12, TR21, dan TR23
- 3). Sensitif: TR01, TR02, TR06, TR09, TR11, TR17, TR20, TR22, PI 247 dan PI353.

Tidak adanya genotip yang toleran pada penelitian ini menunjukkan bahwa plasma nutfah yang digunakan pada penelitian ini tidak mampu bertahan terhadap suhu yang tinggi (50°C). Hal ini dimungkinkan karena suhu yang digunakan terlalu tinggi untuk *V. umbellata* atau plasma nutfah yang

digunakan tidak memiliki kemampuan genetik untuk menghindari kerusakan akibat suhu tinggi.

Seperti yang dijelaskan di atas, untuk mengembangkan plasma nutfah yang toleran terhadap suhu tinggi diperlukan pemahaman dari respon perkembangan tanaman terhadap suhu tinggi dan tersedianya variasi genetik untuk respon tersebut (Ehlers dan Hall, 1996). Pada hakekatnya keragaman genotipe *V. umbellata* terhadap suhu tinggi pada ketiga tahap pertumbuhan tanaman ini merupakan gabungan dari faktor genetik (varians genetik, ag^2) dan keragaman yang disebabkan oleh interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan (varians fenotipik, erf^2). Keragaman yang disebabkan faktor genetik akan besar nilainya jika varians genetiknya melebihi nilai standar deviasinya (Johnson *et al*, 1955).

Nilai duga varians genetik dan fenotipik yang melebihi standar deviasinya seperti yang ditunjukkan pada penelitian ini (Tabel 3) menunjukkan bahwa keragaman yang disebabkan oleh faktor genetik cukup besar dan terlihat pada penampilan fenotipiknya, dengan demikian identifikasi genotipe *V. umbellata* yang toleran terhadap suhu tinggi dapat dilakukan. Kriteria tinggi atau rendahnya nilai KVG adalah relatif. Pada penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut: 1). Rendah: 0-25%; 2). Sedang: 25-50%; 3.) Tinggi: 50-75%; dan 4). Sangat tinggi: 75-100% (Karmana, 1988). Berdasarkan kriteria tersebut nilai duga KVG pada penelitian ini sedang (26%) (Tabel 2).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kerusakan jaringan akibat suhu tinggi pada *V. umbellata* berbeda nyata baik diantara genotipe yang digunakan maupun diantara tahap-tahap pertumbuhan yang diuji, serta berinteraksi dengan keduanya. Walaupun demikian, derajat kerusakan jaringan cenderung meningkat sejalan dengan

pertumbuhan tanaman. Genotipe *V. umbellata* yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan yang nyata dengan nilai duga varians genetik (46.25 ± 16.35), dan fenotipiknya (85.37 ± 27.60) yang melebihi nilai simpangan bakunya masing-masing, serta nilai duga KVG (26.36), yang menunjukkan keragaman genetik yang sedang. Genotipe TR03, TR 04, TR07, TRIO, TR12, TR21, dan TR23 termasuk kategori sedang (derajat kerusakan jaringan antara 40-60%), sedangkan genotipe TR01, TR02, TR06, TR09, TR11, TR17, TR20, TR22, PI 247 dan PI353 merupakan genotipe-genotipe yang sensitif (kerusakan jaringan >60%).

Pengetahuan mengenai kerusakan jaringan pada ke-18 genotipe *V. umbellata* ini akan menambah data-data plasma nutfah yang sudah ada. Terbatasnya genotip yang toleran memungkinkan usaha-usaha perluasan genetik baik melalui persilangan, seleksi maupun dengan metoda lain untuk mendapatkan tanaman yang toleran terhadap suhu tinggi pada *V. umbellata*. Demikian jugaperlu dikaji lagi perlakuan suhu 50°C dibandingkan dengan suhu tinggi lainnya untuk mengoptimalkan skrining plasma nutfah terhadap suhu tinggi pada *V. umbellata*. Hasil penelitian ini memberikan peluang penelitian lanjutan di lapangan untuk membandingkan persentase kerusakan jaringan dan produksi dari masing-masing genotip serta korelasinya pada *V. umbellata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarie S, Hanaoka N, Ueno O, Miyazaki A, Kubota F, Agata W, and Kaufman PB. 1998.** Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza saliva* L.), monitored by electrolyte leakage. *Plant Production Science* 1, 96-103.
- Arya MPS and Singh RV. 1994.** Response of ricebean (*Vigna umbellata*) to the source and the levels of phosphorus. *Legume Research* 17,41-46.
- Blum A and Ebercon A. 1981.** Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Science* 21:43-47.
- Bouslama M and Schapaugh Jr WT. 1984.** Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24, 933-937.
- Chandel KPS, Arora RK and Pant KC. 1988.** Ricebean a potential grain legume. *NBPGR Sci. Monograph* 12.
- Ehlers JD and Hall AE. 1996.** Genotypic classification of cowpea based on responses to heat and photoperiod. *Crop Science* 36, 673-679.
- Ehlers JD and Hall AE. 1998.** Heat tolerance of contrasting cowpea lines in short and long days. *Field Crop Research* 55, 11-21.
- Hall AE. 1992.** Breeding for heat tolerance. Dalam: *Plant Breeding Reviews*. Vol 10. J. Janick (Editor). John Wiley and Sons. New York. Pp. 129-168.
- Johnson HW, HF Robinson and RE Comstock. 1955.** Estimation of genetic and environmental variability in soybean. *Agronomy Journal* 47, 314-318.
- Karmana, Murdaningsih H. 1988.** Variasi genetik sifat-sifat tanaman bawang putih (*Allium sativum* L.) di Indonesia dan usaha perluasannya melalui radiasi sinar gamma dan neutron cepat. Disertasi. Pascasarjana UNPAD. Him. 172.
- Kumar BMD and Shambulingappa KG. 1994.** Stability analysis for seed yield and its components in rice bean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi and Ohashi/ *Legume Research* 17, 47-52.
- Lokesha R and Veeresh LC. 1993.** Induced mutagenesis and genetic improvement of rice bean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi and Ohashi]. *Legume Research* 16, 37-40.

- Martineau JR, Specht JE, Williams JH and Sullivan CY. 1979.** Temperature tolerance in soybean. I. Evaluation of techniques for assessing cellular membrane thermostability. *Crop Science* 19, 75-78.
- Mutters RG and Hall AE. 1992.** Reproductive responses of cowpea to high night temperature during different night periods. *Crop Science* 32, 202-206.
- Nielsen CL and Hall AE. 1985.** Responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in the field to high night air temperature during flowering. I. Thermal regimes of production regions and field experimental system. *Field Crops Research* 10, 167-179.
- Patel PN and Hall AE. 1990.** Genotypic variation and classification of cowpea for reproductive responses to high temperature under long photoperiods. *Crop Science* 30, 614-621.
- Poerba YS and Syarif F. 1991.** Toleransi beberapa genotipe *Vigna unguiculata* (L.) Walp terhadap suhu tinggi pada berbagai tahap pertumbuhan. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Kongres Nasional Biologi X*. Bogor, 24-26 September 1991. Vol I. Hal. 369-373.
- Sapra, Valt, and Anaele A. 1989.** Screening of soybean germplasms for heat tolerance. *Soybean Genetics Newsletter* 16, 69-74.
- Singh VP and Tomar YS. 1989.** A photosensitive promising mutant of ricebean (*Vigna umbellata*). *Legume Research* 12, 47-48.
- Steel RGD and Torrie JH. 1980.** *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw Hill. Inc. New York. **Him.** 633.