

EVALUASI TOLERANSI SUHU TINGGI PADA TANAMAN KENTANG MELALUI PENGUJIAN STABILITAS MEMBRAN SEL DAN KANDUNGAN KLOOROFIL

Tri Handayani¹, Panjisakti Basunanda², Rudi Hari Murti², dan Eri Sofiari³

¹Program Pasca Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.

²Program Pasca Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada

³Balai Penelitian Tanaman Sayuran

ABSTRAK

Cekaman suhu tinggi mempengaruhi proses fisiologis tanaman dan stabilitas membran sel. Penelitian untuk mengevaluasi sifat toleransi terhadap cekaman suhu tinggi pada kentang, telah dilakukan dengan melakukan pengujian stabilitas membran dan kandungan klorofil. Pengujian dilakukan terhadap 13 kultivar dan 7 klon kentang di Balai Penelitian Tanaman Sayuran pada bulan April-Juli 2012. Pengujian kestabilan membran sel melalui pengukuran pelepasan elektrolit akibat kerusakan membran sel oleh suhu tinggi menunjukkan bahwa Cipanas, CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, dan CIP 395159.7 (planlet *in vitro* dan tanaman di rumah kaca). Merbabu 17 (planlet *in vitro*), serta CIP 394614.117 dan Ping 06 (tanaman di rumah kaca) memiliki kerusakan membran sel di bawah 40%. Cekaman suhu tinggi juga menyebabkan penurunan kandungan klorofil secara umum. Penurunan total klorofil yang besar terjadi pada Erika, Manohara, Margahayu, N.1, Repita, dan Tenggo. Adapun Cipanas, CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, CIP 394614.117, CIP 395159.7, GM 08, Granola, Merbabu 17, Ping 06, dan P1.2 menunjukkan penurunan kandungan klorofil yang relatif kecil. Genotipee-genotipe yang memiliki persentase kerusakan membran sel dan penurunan kandungan klorofil yang kecil. diindikasikan memiliki sifat toleransi terhadap cekaman suhu tinggi.

Kata kunci: Klorofil, *Solanum tuberosum* L., stabilitas membran sel, suhu tinggi.

ABSTRACT

Heat stress affects plant physiological processes and cell membrane stability. Study to evaluate the properties of heat stress tolerance in potato. has been done by testing the cell membrane stability and chlorophyll content on 13 cultivars and 7 potato clones in Indonesian Vegetable Research Institute in April to July 2012. Cell membrane stability assay by measuring the electrolyte leakage from the cell membrane injured by high temperatures indicates that Cipanas, CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, and CIP 395159.7 (in vitro plantlets and plants in the screen house). Merbabu 17 (in vitro plantlet), and CIP 394614.117 and Ping 06 (plants in the screen house) has cell membrane injury <40%. Heat stress causes decreasing in chlorophyll content generally. The large decrease occurred in Erika, Manohara, Margahayu, N.1, Repita, dan Tenggo, While Cipanas, CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, CIP 394614.117, CIP 395159.7, GM 08, Granola, Merbabu 17, Ping 06, dan P1.2 showed less decrease in total chlorophyll content. The genotypes with low percentage of cell membrane injury and less decrease in chlorophyll content. indicate tolerance to heat stress.

Key words: Chlorophyll, *Solanum tuberosum* L., cell membrane stability, heat stress.

PENDAHULUAN

Cekaman suhu tinggi merupakan salah satu cekaman lingkungan abiotik yang mengakibatkan penurunan produksi dan produktivitas tanaman. Tanaman mengalami cekaman suhu tinggi apabila kondisi suhu yang diterima melebihi kebutuhan suhu optimum yang dibutuhkan tanaman tersebut (Kotak *et al.*, 2007). Levitt (1972) dan Wahid *et al.* (2007) menyebutkan cekaman suhu tinggi pada tanaman secara umum akan berpengaruh terhadap proses fisiologis, seperti fotosintesis, respirasi,

kandungan air, dan stabilitas membran. Tanaman kentang termasuk salah satu tanaman yang sensitif terhadap suhu tinggi. Suhu optimal untuk pertumbuhan dan pembentukan umbi pada tanaman kentang adalah 18 sampai 20°C (Ewing, 1985). Peningkatan suhu yang terjadi di sentra-sentra produksi kentang akibat pemanasan global diduga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kentang.

Cekaman suhu tinggi merusak stabilitas membran dengan cara mengubah komposisi dan struktur membran. Identifikasi dan skrining toleransi tanaman terhadap berbagai cekaman abiotik termasuk suhu tinggi. Berdasarkan stabilitas membran sel dengan indikator kebocoran elektrolit (*electrolite leakage bioassay*) telah dilakukan pada berbagai komoditi (Alsadon *et al.*, 2006; Arvin dan Donnelly 2008; Collado *et al.*, 2010; Syarifi *et al.*, 2012). Teknik ini berdasarkan pada pengamatan bahwa ketika jaringan daun rusak akibat dipaparkan pada suhu tinggi, maka permeabilitas membran selnya meningkat dan akibatnya elektrolit sel menyebar keluar ke larutan perendam. Jumlah elektrolit yang terlepas dari sel yang rusak dapat dievaluasi melalui pengukuran penghantaran elektrik larutan perendam.

Salah satu proses fisiologis yang sangat sensitif terhadap suhu tinggi adalah fotosintesis. Cekaman suhu tinggi menyebabkan penurunan kandungan total klorofil daun pada mentimun, gandum dan *creeping bentgrass*, akibat menurunnya biosintesis klorofil (Tewari dan Tripathy, 1998; Liu dan Huang, 2000; Balouchi, 2010). Penurunan kandungan klorofil daun menyebabkan penurunan laju fotosintesis pada tanaman kentang dan gandum (Aien *et al.* 2011; Almeselmani *et al.*, 2012). Laju fotosintesis optimum tanaman kentang terjadi pada suhu 24°C (Timmlin *et al.*, 2006).

Teknik pengujian stabilitas membran sel dan kandungan klorofil termasuk sederhana, cepat, dan murah, dan dapat diaplikasikan untuk seleksi dalam jumlah besar, sehingga mendukung percepatan perakitan kultivar toleran cekaman abiotik, termasuk cekaman suhu tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui toleransi 20 kultivar dan klon kentang terhadap cekaman suhu tinggi berdasarkan pengujian stabilitas membran sel dan kandungan klorofil daun. Dari penelitian ini diharapkan terpilih beberapa kultivar dan klon yang memiliki sifat toleran terhadap suhu tinggi berdasarkan pengujian stabilitas membran sel dan kandungan klorofil yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut dalam program pemuliaan tanaman kentang toleran suhu tinggi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, rumah kaca dan Laboratorium Fisiologi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang, Jawa Barat, pada bulan April sampai Juli 2012.

Bahan yang digunakan ialah planlet *in vitro* dan tanaman yang berasal dari stek batang dari 20 genotipe kentang yang terdiri atas 13 kultivar (Amudra, Atlantik M, Cipanas, Erika, GM 05, GM 08, Granola, Manohara, Margahayu, Merbabu 17, Ping 06, Repita, dan Tenggo) dan 6 klon (CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, CIP 394614.117, CIP 395195.7, N.1, dan P1.2). Lima klon dengan kode depan CIP merupakan klon harapan introduksi dari International Potato Center (CIP).

Planlet diperbanyak menggunakan stek buku tunggal, yang ditanam pada botol berisi media MS dengan 40 g/l gula, 8 g/l agar dan pH 5.8. Setiap botol berisi 10 planlet. Botol planlet ditempat-

kan di dalam *Tissue Culture Cabinet* pada kondisi normal (suhu 20°C) dan kondisi tercekam (suhu 27°C) dengan pencahayaan 2.500 luxmeter. Selain itu, planlet masing-masing genotipe diaklimatisasi di rumah kaca. dan ditanam pada media steril berupa campuran pupuk kandang dan arang sekam dengan perbandingan 1 : 1 (v:v). Setelah 2 minggu, dilakukan stek pucuk batang untuk perbanyakan dan ditanam pada bak perbanyakan dengan media yang sama untuk tanam planlet.

Pengujian Stabilitas Membran

Materi pengujian stabilitas membran sel berupa daun planlet yang ditumbuhkan pada kondisi suhu normal dan daun tanaman hasil stek batang di rumah kaca. Metode pengujian mengikuti Arvin & Donelly (2005). Sampel daun dicuci 3 kali dengan aquades. kemudian dimasukkan ke tabung reaksi. Tabung perlakuan suhu tinggi ditempatkan dalam *water bath* pada suhu 37°C selama 4 jam, sedangkan untuk kontrol, tabung diletakkan pada suhu ruangan. Setelah 4 jam, tabung ditambah air destilasi 15 ml dan disimpan pada suhu 10°C selama 24 jam, kemudian dilakukan pengukuran konduktivitas pada suhu ruang (25°C). Tabung diautoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C, dan dilakukan pengukuran konduktivitas pada suhu 25°C. Persentase kerusakan relatif dihitung dengan rumus = $((1-T1/T2)/(1-C1/C2)) \times 100\%$, dengan T1: konduktivitas perlakuan sebelum autoklaf; T2: konduktivitas perlakuan setelah autoklaf; C1: konduktivitas kontrol sebelum autoklaf; C2: konduktivitas kontrol setelah autoklaf.

Pengujian Kandungan Klorofil

Pengujian kandungan klorofil dilakukan pada daun planlet yang ditumbuhkan pada suhu 20°C dan 27°C, mengikuti metode Arnon (1949). Sampel daun ditimbang bobot basah (BB) dan dihaluskan, kemudian dilarutkan dengan aseton 80% dalam labu ukur sampai volume larutan 25 ml. Larutan disimpan di tempat gelap selama 12 jam. Larutan diukur absorbannya dengan spektrofotometer Genesys 10S Bio pada panjang gelombang (λ) 663 nm dan 645 nm. Konsentrasi klorofil dalam satuan mg/g BB dihitung dengan rumus:

Klorofil a (Kl a) = $(12.7A_{663} - 2.69A_{645}) \times V/BB$ sampel daun

Klorofil b (Kl b) = $(22.9A_{645} - 4.68A_{663}) \times V/BB$ sampel daun

Total klorofil (Kl a + b) = $(20.21A_{645} + 8.02A_{663}) \times V/BB$ sampel daun dengan:

A_{663} : Absorban pada panjang gelombang 663 nm;

A_{645} : Absorban pada panjang gelombang 645 nm;

V : volume larutan (ml); BB : Bobot segar sampel (mg).

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan dua kali ulangan. Data dianalisis ragam dan uji beda nyata DMRT pada taraf 5% menggunakan program ASSISTAT 7.6.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas membran sel pada suhu tinggi diukur melalui banyaknya pelepasan elektrolit dari dalam membran sel, yang dinyatakan dalam persentase kerusakan membran sel. Terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan genotipe pada persentase kerusakan membran sel daun tanaman hasil stek batang di rumah kaca (Tabel 1).

Pengujian yang dilakukan pada daun tanaman di rumah kaca menunjukkan 5 klon introduksi dari CIP memiliki persentase kerusakan membran dibawah 40%. Selain itu, kultivar Cipanas dan Ping 06 juga memiliki persentase kerusakan rendah. Adapun pada pengujian daun planlet, klon CIP 394194.117 dan Ping 06 memiliki persentase kerusakan di atas 40%. Tetapi, Merbabu 17 yang pada pengujian daun tanaman hasil stek persentase kerusakannya tinggi (60,88), daun planletnya memiliki kerusakan membran 38,70%.

Genotipe yang memiliki intensitas kerusakan membran sel yang rendah, relatif lebih toleran terhadap cekaman suhu tinggi dari pada genotipe dengan intensitas kerusakan sel yang lebih tinggi (Liu dan Huang, 2000; Arvin dan Donnelly, 2008). Menurut Rana *et al.* (2011). intensitas kerusakan membran sel <40% dikategorikan ke dalam sifat toleran. Penyusun utama membran sel adalah fosfolipid dan protein, yang berfungsi tidak hanya melindungi sel dan organel-organel dalam sel, tetapi juga mendukung fungsi sel. Suhu tinggi menyebabkan peningkatan fluidisitas membran lipid dan denaturasi protein (Wahid *et al.*, 2007). Akibatnya, permeabilitas membran sel meningkat dan fungsi seluler terganggu. Adapun genotipe yang pada kondisi cekaman suhu tinggi memiliki persentase kerusakan yang rendah, berarti membran selnya relatif stabil, dan dapat melindungi fungsi seluler di dalamnya.

Hasil pengujian kandungan klorofil menunjukkan terdapat perbedaan kandungan klorofil a dan total klorofil daun antar kultivar/klon yang ditumbuhkan pada suhu normal (Tabel 2). N.1, Manohara, Ping 06, dan klon CIP 395195.7 memiliki kandungan total klorofil tinggi. Kandungan klorofil a selalu lebih tinggi daripada klorofil b. Klorofil b hanya terdapat di pigmen sistem antena penangkap cahaya, sedangkan klorofil a terdapat di dalam pusat reaksi fotosistem I dan II, juga

Tabel 1. Kebocoran ion (persentase kerusakan,%) akibat suhu tinggi pada daun planlet (A) dan tanaman di rumah kaca (B).

Kultivar/klon (<i>Cultivars/Clones</i>)	A	B
Amudra	71,53	57,66 ab
Atlantik M	72,55	62,82 ab
Cipanas	38,59	29,92 cd
CIP 390663.8	35,73	22,51 e
CIP 392781.1	39,84	36,56 bc
CIP 394613.139	38,84	24,60 de
CIP 394614.117	42,28	38,17 bc
CIP 395159.7	37,72	34,54 bc
Erika	67,09	58,83 ab
GM 05	67,75	43,27 bc
GM 08	73,60	67,01 ab
Granola	47,75	45,14 ab
Manohara	63,37	78,39 a
Margahayu	49,50	51,92 ab
Merbabu 17	38,70	60,88 ab
N.1	49,49	58,45 ab
Ping 06	41,28	39,75 bc
P1.2	58,10	46,46 ab
Repita	55,12	49,22 ab
Tenggo	61,05	61,87 ab
Rerata umum (<i>GA</i>)	58,47	48,40
KK (<i>CV</i>) %	11,16	29,84

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.

Tabel 2. Kandungan klorofil pada suhu 20°C.

Kultivar/klon	Klorofil a	Klorofil b	Total klorofil	Rasio Kl a:b
Amudra	1,47 d	0,51	1,98 h	3,07
Atlantik M	1,85 cd	0,60	2,45 fg	3,18
Cipanas	2,21 bc	0,87	3,09 cd	2,84
CIP 390663.8	2,05 bc	0,90	2,96 de	2,52
CIP 392781.1	1,96 bc	0,85	2,81 ef	2,38
CIP 394613.139	2,26 bc	0,68	2,94 de	3,75
CIP 394614.117	1,45 d	0,79	2,24 gh	1,88
CIP 395195.7	2,64 ab	1,01	3,66 ab	2,82
Erika	1,39 d	0,45	1,85 h	3,09
GM 05	1,75 cd	0,67	2,43 fg	2,69
GM 08	1,48 d	0,50	1,98 h	3,07
Granola	1,74 cd	0,65	2,39 fg	2,69
Manohara	2,95 ab	1,25	4,20 ab	2,64
Margahayu	2,19 bc	0,77	2,96 de	2,83
Merbabu 17	2,13 bc	0,96	3,10 cd	3,50
N.1	3,29 a	1,15	4,44 a	2,85
Ping 06	2,90 ab	1,00	3,90 ab	2,89
P1.2	1,81 cd	1,06	2,87 de	1,71
Repita	2,56 ab	0,87	3,43 bc	3,72
Tenggo	2,54 ab	0,87	3,41 bc	3,08
Rerata umum	2,13	0,82	2,95	2,86
KK (CV). (%)	19,51	17,38	11,90	

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.

dalam pigmen antena. Nisbah klorofil a dan klorofil b berkisar antara 1,71 (P1.2) dan 3,75 (CIP 394613.139).

Kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil pada kondisi suhu tinggi memperlihatkan keragaman dan perbedaan yang nyata antar kultivar/klon (Tabel 3). Jika pada kondisi suhu normal N.1 memiliki kandungan klorofil tertinggi (klorofil a dan total klorofil), maka pada kondisi suhu tinggi kandungan klorofil tertinggi terdapat pada kultivar CIP 395195.7 dan Ping 06. Hal ini berhubungan dengan perbedaan perubahan kandungan klorofil tiap genotipe. Perbedaan perubahan tersebut juga mempengaruhi perubahan nisbah klorofil a dan klorofil b yang kisarannya menjadi lebih luas, yaitu antara 1.18 (CIP 394614.117) dan 3.86 (Erika).

Dalam penelitian ini terlihat adanya peningkatan maupun penurunan nisbah klorofil a : b. Hal ini berhubungan dengan perubahan kandungan klorofil a dan klorofil b pada kondisi suhu tinggi. Menurut Rana *et al.* (2011). penurunan nisbah klorofil a : b akibat kondisi suhu tinggi merupakan salah satu indikator toleransi suatu genotipee terhadap cekaman suhu tinggi. Hal ini perlu dipelajari lebih lanjut. karena beberapa kultivar/klon yang mengalami penurunan nisbah klorofil a : b. justru mengalami kerusakan membran sel yang tinggi pada suhu tinggi. meskipun yang lainnya memiliki kerusakan membran sel yang rendah.

Secara umum, terdapat penurunan kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total akibat perbedaan suhu dalam pertumbuhan planlet (Gambar 1). Hal serupa juga telah dilaporkan dalam penelitian terdahulu pada berbagai jenis komoditi (Tewari & Tripathy, 1998; Liu & Huang, 2000; Balouchi, 2010).

Adapun apabila dilihat tiap kultivar dan klon terjadi perubahan berupa peningkatan maupun penurunan kandungan klorofil pada kondisi suhu tinggi (Tabel 4).

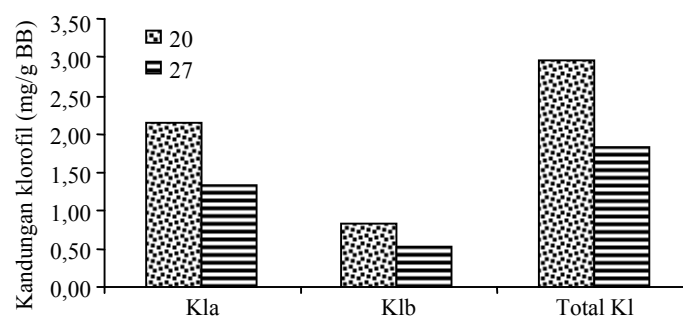
Penurunan kandungan klorofil (Kl a, Kl b, dan Kl total) yang besar terjadi pada Erika, Manohara, Margahayu, N.1, Repita, dan Tenggo. Kultivar dan klon yang mengalami penurunan kandungan klorofil relatif kecil ialah Cipanas, CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, CIP 394614.117, CIP 395195.7, GM 08, Granola, Merbabu 17, Ping 06, dan P1.2. Pada tanaman mentimun, terjadinya penurunan kandungan klorofil diakibatkan oleh penghambatan sintesis klorofil, yang mencapai 60% (Tewari & Tripathy, 1998).

Genotipe dengan kandungan klorofil tinggi dan tingkat penurunan klorofil yang kecil pada suhu tinggi mengindikasikan toleran terhadap cekaman suhu tinggi (Reynolds *et al.*, 1990; Efeoglu & Terzioglu, 2009). Adapun Almeselmani *et al.* (2012) menyebutkan bahwa toleransi terhadap suhu tinggi ditandai dengan rendahnya penurunan yang terjadi pada kandungan klorofil b dan total

Tabel 3. Kandungan klorofil pada suhu 27°C.

Kultivar/klon	Klorofil a	Klorofil b	Total klorofil	Rasio Kl a:b
Amudra	0,77 fg	0,30 gh	1,07 hi	3,01
Atlantik M	0,89 ef	0,31 gh	1,20 gh	2,92
Cipanas	1,32 de	0,70 bc	2,02 ef	2,02
CIP 390663.8	1,67 bc	0,61 cd	2,28 cd	2,97
CIP 392781.1	2,07 ab	0,66 bc	2,73 bc	3,12
CIP 394613.139	2,15 ab	0,67 bc	2,82 bc	3,26
CIP 394614.117	0,81 ef	0,69 bc	1,50 fg	1,18
CIP 395195.7	2,37 a	0,93 ab	3,30 ab	2,62
Erika	0,54 h	0,17 i	0,71 j	3,86
GM 05	1,06 de	0,36 fg	1,42 fg	3,05
GM 08	1,40 de	0,45 cd	1,84 ef	3,25
Granola	1,48 cd	0,49 cd	1,97 ef	3,03
Manohara	1,21 de	0,46 cd	1,67 ef	2,63
Margahayu	0,65 gh	0,27 hi	0,91 ij	2,59
Merbabu 17	1,48 cd	0,56 cd	2,03 ef	2,78
N.1	1,35 de	0,40 de	1,75 ef	3,39
Ping 06	2,63 a	0,91 ab	3,54 a	2,90
P1.2	1,18 de	0,99 a	2,17 de	1,19
Repita	0,72 fg	0,39 ef	1,12 gh	2,01
Tenggo	0,87 ef	0,28 gh	1,14 gh	3,22
Rerata umum	1,33	0,53	1,86	2,75
KK (CV). (%)	21,57	21,86	14,63	

Angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.



Gambar 1. Grafik perubahan umum kandungan klorofil.

Tabel 4. Penurunan kandungan klorofil (%) pada kondisi normal dan suhu tinggi.

Kultivar/klon	Klorofil a	Klorofil b	Total klorofil	Rasio Kla : Klb
Amudra	47,42	42,26	46,09	65,18
Atlantik M	51,85	48,06	50,92	62,15
Cipanas	40,54	19,78	34,67	28,97
CIP 390663.8	18,60	32,47	22,84	9,32
CIP 392781.1	-5,46	22,52	3,03	-14,35
CIP 394613.139	5,27	0,59	4,19	24,80
CIP 394614.117	44,41	12,71	33,22	20,51
CIP 395195.7	10,19	8,71	9,78	-17,22
Erika	61,31	61,88	61,45	76,93
GM 05	39,46	46,91	41,52	47,19
GM 08	5,72	11,05	7,07	39,91
Granola	14,86	24,81	17,56	26,88
Manohara	58,97	63,08	60,20	36,56
Margahayu	70,39	65,62	69,15	67,73
Merbabu 17	30,74	42,25	34,32	41,94
N.1	58,97	65,39	60,63	38,72
Ping 06	9,38	9,09	9,31	-22,40
P1.2	34,87	6,45	24,37	-27,28
Repita	71,77	54,70	67,44	69,97
Tenggo	65,85	68,03	66,41	62,85
Rerata umum (GA)	37,61	35,60	37,05	34,96

klorofil. Reynolds *et al.* (1990) menyebutkan bahwa kehilangan klorofil yang besar dan berkurangnya laju pengikatan CO₂ pada genotipe kentang yang sensitif suhu tinggi menyebabkan penurunan proses fotosintesis dan pertumbuhan tajuk tanaman.

Dalam penelitian ini, pengujian stabilitas membran dan kandungan klorofil pada kondisi suhu tinggi memperlihatkan perbedaan antar genotipe kentang yang diuji. Meskipun demikian pengujian lanjutan diperlukan untuk melihat toleransi tanaman kentang terhadap suhu tinggi pada kondisi lapangan. Pengujian tersebut penting untuk melihat keeratan hubungan antara karakter-karakter yang diuji sebelumnya dan kemampuan menghasilkan umbi maupun perubahan produksi umbi. Apabila terdapat hubungan yang erat antar karakter stabilitas membran dan kandungan klorofil pada suhu tinggi dengan produksi umbi pada suhu tinggi, maka pengujian terhadap dua karakter tersebut dapat dilakukan untuk seleksi pada genotipe kentang dalam jumlah yang besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian stabilitas membran sel melalui pengukuran kerusakan membran dan penurunan kandungan klorofil, kultivar/klon Cipanas, CIP 390663.8, CIP 392781.1, CIP 394613.139, CIP 394614.117, CIP 395159.7, dan Ping 06 memiliki toleransi terhadap suhu tinggi.

Adapun GM 08, Granola, Merbabu 17, dan P1.2 mempunyai sifat toleran terhadap suhu tinggi berdasarkan kecilnya penurunan kandungan klorofil.

Pengujian stabilitas membran sel dan kandungan klorofil dapat digunakan untuk menyeleksi tanaman kentang toleran suhu tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Iteu M. Hidayat, yang telah banyak memberi saran dan masukan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis tujukan kepada Sdr. Suharyanti, Sdr. Juniarti P. Sahat dan Sdr. Imas yang telah membantu dalam analisis klorofil dan pelaksanaan penelitian secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Aien, A., S. Khetarpal, M. Pal. 2011. Photosynthetic characteristics of potato cultivars, grown under high temperature. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 11(5):633-639.
- Almeselmani, M., P.S. Deshmukh, V. Chinnusamy. 2012. Effects of prolonged high temperature stress on respiration, photosynthesis and gene expression in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in their thermotolerance. *Plant Stress* 6(1):25-32.
- Alsadon, A.A., M.A. Wahb-allah, S.O. Khalil. 2006. In vitro evaluation of heat stress tolerance in some tomato cultivars. *J. King Saud Univ.* 19(1):13-24.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24:1-15.
- Arvin, M.J., D.J. Donnelly. 2008. Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. *J. Agric. Sci. Technol.* 10:33-42.
- Balouchi, H.R. 2010. Screening wheat parents of mapping population for heat and drought tolerance, detection of wheat genetic variation. *Journal of Biological and Life Science* 6(1):56-66.
- Collado, M.B., M.J. Arturi, M.B. Aulicino, M.C. Molina. 2010. Identification of salt tolerance in seedling of maize (*Zea mays* L.) with the cel membrane stability trait. *Int. Res. J. Plant Sci.* 1(5):126-132.
- Efeoglu, B. & S. Terzioglu. 2009. Photosynthetic responses of two wheat varieties to high temperature. *EurAsia J. BioSci.* 3:97-106.
- Ewing, E.E. 1985. Cuttings as simplified models of the potato plant. p. 154-208. *In* P.H. Li (Ed). *Potato Physiology*. Acad. Press. New York.
- Kotak, S., J. Larkindale, U. Lee, P.v.K. Do ring, E. Vierling, K.D. Scharf. 2007. Complexity of the heat stress response in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10:310-316.
- Levitt, J. 1972. *Responses of Plant to Environmental Stresses*. Academic Press. New York.
- Liu, X., B. Huang. 2000. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in Creeping Bentgrass. *Crop Sci.* 40:503-510.
- Rana, R.M., S.H. Khan, Z. Ali, A.I.Khan, I.A. Khan. 2011. Elucidation of thermotolerance diversity in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using physio-molecular approaches. *Genet. and Mol. Research.* 10(2):1156-1167.
- Reynolds, M.P., E.E. Ewing, T.G. Owens. 1990. Photosynthesis at high temperature in tuber-bearing *Solanum* species, A comparison between accessions of contrasting heat tolerance. *Plant Physiol.* 93:791-797.
- Syarifi, P., R. Amirnia, E. Majidi, H. Hadi, M. Roustaii, B. Nakhoda, H.M. Alipoor, F. Moradi. 2012. Relationship between drought stress and some antioxidant enzymes with cell membrane and chlorophyll stability in wheat lines. *Afr. J. Microbiol. Res.* 6(3):617-623.
- Tewari, A.K, B.C. Tripathy. 1998. Temperature-stress-induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat. *Plant Physiol.* 117:851-858.
- Timlin, D., S.M.L. Raman, J. Baker, V.R. Reddy, D. Fleisher, B. Quebedeaux. 2006. Whole plant photosynthesis. development. and carbon partitioning in potato as a function of temperature. *Agron. J.* 98:1195-1203.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environ. Exp. Bot.* 61:199-223.