

Respon beberapa Varietas Padi terhadap Stress Garam

Sugiyono dan Siti Samiyarsih

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

Diterima November 2004 disetujui untuk diterbitkan Mei 2005

Abstract

A study on the Responses of Several Rice Varieties toward Salt Stress has been carried out with a view to: 1) study the effect of salt stress on the physiological and anatomical responses of several rice varieties; 2) determine salt tolerant rice variety(ies). Research results showed that there were both physiological and anatomical changes on salt-stressed rice. Those changes were determined by the level of salt concentration given. The higher the concentration the more obvious the changes appeared. There was a dramatic decrease in the total chlorophyll content of the salt-stressed leaf, coupled by a sharp decrease in the chlorophyll a/b ratio. Salt stress also resulted in the decrease in mesophyll thickness, and in turn leads to the decrease of leaf's length and width. In general, salt stress resulted in the decrease of plant growth, as indicated by the decrease of plant's fresh and dry weights, eventual plant's death was therefore imminent. The rice varieties used were sensitive to salt stress since an exposure of 50 mM NaCl has already resulted in the interference of rice growth.

Key words: rice, salt stress, total chlorophyll content

Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman pangan paling penting dan merupakan bahan makanan pokok yang menyumbang 35–60 % kalori yang dikonsumsi oleh bangsa Asia (Zhang dan Wu, 1988; Liu *et al.*, 1992; Zhang *et al.*, 1996; Abedinia *et al.*, 1997; Khush, 1997; Tran, 2001). Jika taraf penyediaan beras saat ini dapat dipertahankan, produksi padi harus ditingkatkan sekitar 300 ton/tahun atau 70 %, untuk mencapai total produksi 850 juta ton guna mencukupi kebutuhan beras pada tahun 2025 (Khush, 1997).

Namun, upaya peningkatan produksi padi ini mengalami banyak hambatan karena berkurangnya lahan pertanian akibat peningkatan jumlah penduduk serta menurunnya produktivitas lahan terutama di daerah pesisir akibat meningkatnya salinitas. Kurang lebih sepertiga dari seluruh luasan tanah pertanian yang teririgasi telah mengalami peningkatan salinitas, terutama di daerah-daerah kering dimana stres garam biasanya dibarengi dengan stres akibat suhu tinggi (Lu dan Zhang, 1998) sehingga semakin banyak lahan pertanian yang hilang akibat salinitas (Asch *et al.*, 1995). Tanah dengan kadar garam tinggi akan menghambat beberapa aktivitas yang sangat esensial untuk respirasi dan fotosintesis serta pengaturan kembali beberapa proses metabolisme guna mengkompensasi perubahan-perubahan osmosis dan konsentrasi ion (Chen *et al.*, 1998; Garcia *et al.*, 1997).

Dibawah kondisi kadar garam tinggi, pertumbuhan tumbuhan dibatasi baik oleh stres air (stres osmotik) maupun toksisitas garam (Asch *et al.*, 1995; Greenway dan Munns, 1980; Lutts *et al.*, 1996; Pardossi *et al.*, 1998). Dampak yang paling nyata dari adanya stres garam pada tumbuhan adalah penurunan pertumbuhan menuju ke kematian. Penurunan pertumbuhan tersebut ditandai dengan penurunan panjang dan tebal daun, meningkatnya kerapatan mesofil dan penurunan kandungan klorofil daun. Penurunan pertumbuhan terutama disebabkan oleh penurunan laju fotosintesis daun akibat turunnya konduktansi terhadap difusi CO₂, baik pada stomata maupun mesofil daun.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mempelajari respon fisiologis dan anatomis beberapa varietas padi terhadap stress garam; serta menentukan varietas padi tahan terhadap stres garam.

Materi dan Metode

Penelitian dilaksanakan di dalam *greenhouse* Fakultas Biologi, Unsoed dengan menggunakan *polybag*, selama 4 bulan (Agustus–Nopember 2004). Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan rancangan dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola perlakuan petak terpisah (*split plot design*). Petak utama yang dicobakan adalah varietas padi (V) yaitu V₁ (Cimalaya), V₂ (Cisadane), V₃ (IR64) dan V₄ (Memberamo), sebagai anak petak adalah konsentrasi garam NaCl (K) yang diberikan yaitu: K₀ (kontrol), K₁ (50 mM NaCl), K₂ (100 mM NaCl), K₃ (150 mM NaCl), K₄ (200 mM NaCl), dan K₅ (250 mM NaCl). Masing-masing kombinasi perlakuan diulang 3 kali. Variabel yang diamati adalah pertumbuhan padi, dengan parameter yang diukur: bobot basah dan bobot kering tanaman, panjang dan lebar daun, ketebalan mesofil, dan kandungan klorofil daun. Pengamatan dan pengukuran parameter penelitian dilakukan pada akhir penelitian. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) dengan uji F, dan dilanjutkan dengan uji beda (BNT/BNJ) dengan taraf kepercayaan 95 dan 99%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis ragam data penelitian disarikan pada tabel 1. Hasil analisis ragam data kandungan klorofil (total) daun menunjukkan bahwa kandungan klorofil tidak dipengaruhi oleh varietas padi yang digunakan, namun sangat dipengaruhi oleh konsentrasi garam yang diberikan. Tidak adanya perbedaan antar varietas padi tersebut kemungkinan disebabkan oleh : 1) Daun yang digunakan memiliki umur yang seragam dan masih muda sehingga belum melakukan fotosintesis secara maksimal karena baru saja menyelesaikan tahapan pengembangan daun secara sempurna; 2) Beberapa varietas padi tersebut memang tidak menunjukkan variasi kandungan klorofil yang nyata. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa stres garam berakibat pada penurunan kandungan klorofil total daun. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, semakin rendah kandungan klorofil total daun (gambar 1 dan lampiran 1).

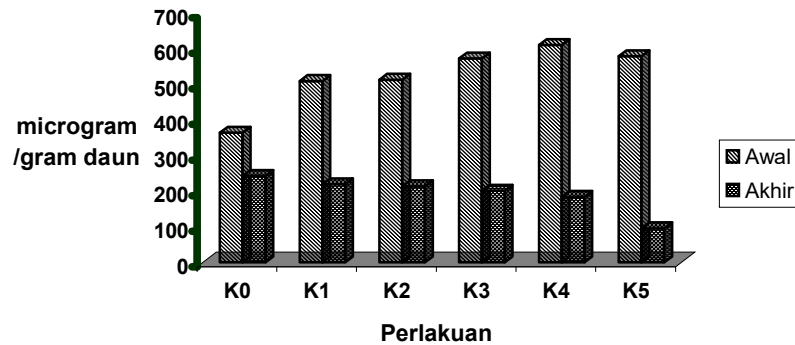
Tabel 1. Intisari hasil analisis ragam
Table 1. Summary of the analysis of variance

Sumber Ragam	dB	F _{hitung}							F _{tabel}	
		Khl total	Rasio a/b	Tb mesofil	Pj daun	Lb daun	Bbt basah	Bbt kering	0,05	0,01
Varietas	3	2,84 ^{ns}	9,31 ^{**}	3,88 ^{ns}	2,42 ^{ns}	6,73 [*]	0,09 ^{ns}	0,57 ^{ns}	4,07	7,59
Galat a	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konsent.	5	6,58 ^{**}	0,78 ^{ns}	11,17 ^{**}	2,51 [*]	36,2 ^{**}	43,69 ^{**}	34,56 ^{**}	2,45	3,51
Interaksi	15	1,54 ^{ns}	1,97 [*]	4,95 ^{**}	3,87 ^{**}	5,54 ^{**}	1,35 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,92	2,52
Galat b	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : ^{**} berbeda sangat nyata
^{*} berbeda nyata
^{ns} tidak berbeda nyata

Akumulasi sodium (Na⁺) dalam daun mulai terjadi 20 hari setelah stres diberikan dan secara progresif meningkat seiring dengan waktu paparan (Delfine *et al.*, 1998). Kandungan sodium dalam daun akan meningkat secara drastis ketika konsentrasi garam mencapai 100 mM (Lu dan Zhang, 1998). Akumulasi sodium ini berpengaruh negatif

terhadap kandungan Mg dan Ca dalam daun, karena sodium akan menghambat penyerapan Mg dan Ca. Penurunan kadar Ca daun akan meningkatkan permeabilitas membran terhadap garam, sementara dampak dari kekurangan Mg adalah terjadinya penghambatan biosintesis klorofil (Delfine *et al.*, 1998), khususnya pada tahapan sebelum *protochlorophyll* dalam jalur biosintesis klorofil (Chen *et al.*, 1998).

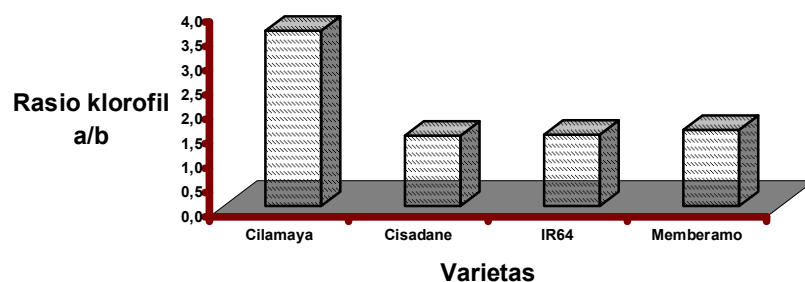


Gambar 1. Histogram rata-rata kandungan klorofil total daun pada awal dan akhir penelitian
Figure 1. Histogram of initial and final average leaf's total chlorophyll content

Penurunan kandungan klorofil juga dijumpai pada tunas *Eucalyptus microcorys* yang diberi stres garam dalam jangka waktu yang panjang. Kandungan klorofil a, klorofil b dan *protochlorophyll* secara nyata menurun setelah 3 bulan dikenai stres. Menurunnya kandungan klorofil diduga sangat berpengaruh terhadap terjadinya reduksi absorpsi cahaya oleh daun sehingga menghambat proses fotosintesis (Chen *et al.*, 1998).

Penurunan kandungan klorofil yang sangat tajam biasanya selalu diikuti dengan penurunan rasio klorofil a/b ratio (Chen *et al.*, 1998). Perubahan rasio klorofil a/b mengindikasikan pula terjadinya perubahan rasio PSII/PSI pada daun tanaman yang terkena stres garam (Delfine *et al.*, 1999).

Lebih lanjut, hasil analisis ragam data rasio klorofil a/b menunjukkan bahwa terjadi penurunan rasio klorofil a/b. Penurunan rasio klorofil a/b tersebut sangat tergantung pada varietas padi yang digunakan dan interaksi antara varietas padi yang digunakan dan konsentrasi NaCl yang dipaparkan. Hasil penelitian ini menunjukkan pula bahwa varietas Cilamaya ternyata relatif lebih tahan terhadap stres garam, seperti ditunjukkan oleh tingginya rasio klorofil a/b (gambar 2).



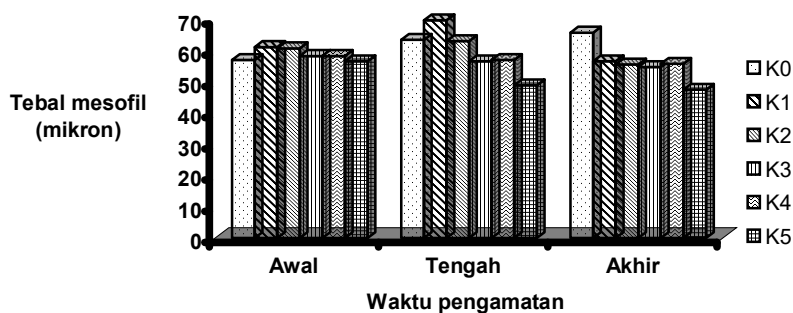
Gambar 2. Histogram rata-rata rasio klorofil a/b pada beberapa varietas padi yang ditumbuhkan pada kondisi stres garam

Figure 2. Histogram showing average of chlorophyll a/b ratio in some varieties of rice grown under salt stress condition

Penurunan kandungan klorofil total dan penurunan rasio klorofil a/b tersebut terjadi karena klorofil a lebih sensitif terhadap garam (Chen *et al.*, 1998; Shabala *et al.*, 1998). Hilangnya klorofil sering kali digunakan sebagai indikasi seluler adanya stres garam atau ketahanan terhadap stres garam. Hilangnya pigmen-pigmen tersebut diduga juga merupakan mekanisme adaptasi guna mencegah terjadinya kerusakan pada proses

fotosintesis dengan cara memperkecil kemungkinan terjadinya fotoinhibisi pada aparatus photosystem II (Chen *et al.*, 1998).

Sementara itu, hasil analisis ragam data tebal mesofil pada akhir penelitian menunjukkan bahwa tebal mesofil daun sangat dipengaruhi oleh konsentrasi garam yang diberikan, dan interaksi antara varietas padi dengan konsentrasi NaCl yang dipaparkan. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa pemberian stres garam berakibat pada penurunan tebal mesofil daun. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, semakin tipis mesofil daunnya (gambar 3).



Gambar 3. Histogram rata-rata tebal mesofil daun selama periode penelitian

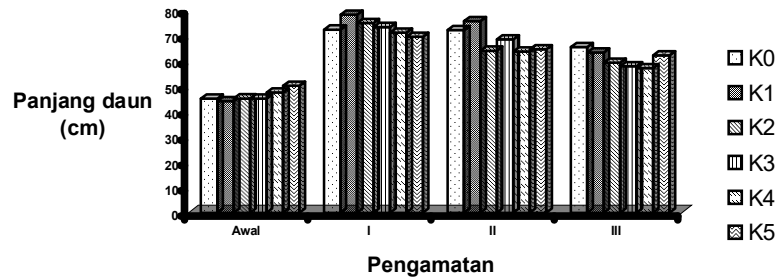
Figure 3. Histogram of average of leaf's mesophyll thickness during the research period

Perubahan-perubahan anatomi mesofil merupakan gejala umum yang terjadi selama stres garam. Daun tumbuhan yang terkena stres biasanya menjadi lebih tebal (Longstreth dan Nobel, 1979). Sel-sel jaringan spons secara nyata lebih rapat, bahkan pada tanaman bayam yang terkena stres garam peningkatan kerapatan sel-sel spon ini mencapai 25 %, sehingga berakibat pada terjadinya penurunan ruang antar sel pada jaringan mesofil daun (Delfine *et al.*, 1998). Gejala yang sama juga terjadi pada tanaman kapas yang terkena stres garam (Brugnoli dan Bjorkman, 1992). Penebalan ini sangat mungkin menjadi penyebab terjadinya penurunan konduktansi difusi CO₂ dalam mesofil (Longstreth dan Nobel, 1979).

Stres garam menyebabkan terjadinya penurunan secara substansial difusi CO₂, yang berakibat pada rendahnya konsentrasi CO₂ dalam kloroplas. Rendahnya konsentrasi CO₂ dalam kloroplas akan berakibat pada terjadinya penurunan fotosintesis. Rendahnya difusi CO₂ ini pada umumnya ditentukan oleh turunya konduktansi stoma dan konduktansi mesofil (Delfine *et al.*, 1998).

Penurunan konduktansi difusi CO₂ yang diakibatkan oleh penutupan stoma, berperan pada terjadinya reduksi fotosintesis pada kondisi kekurangan air (Cornic *et al.*, 1992) dan pada kondisi stres garam yang moderat (Brugnoli dan Bjorkman, 1992). Akar tumbuhan yang terpapar NaCl akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi ABA dalam cairan xylem, yang mungkin dipacu oleh turunya potensial air di daerah pangkal batang. Kondisi ini kemudian diikuti dengan terjadinya transport ABA ke daun, yang kemudian memacu penutupan (Asch *et al.*, 1995). Peningkatan konsentrasi Na⁺ apoplastik juga akan mengakibatkan kerusakan sel penutup (*guard cells*) yang bersifat irreversibel (Robinson *et al.*, 1997).

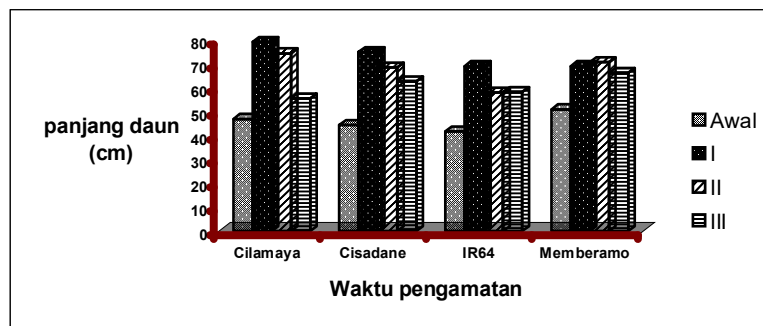
Penurunan konduktansi mesofil diduga juga merupakan penyebab terjadinya penurunan fotosintesis pada daun tanaman kapas yang ditumbuhkan dalam kondisi stres salinitas (Brugnoli dan Bjorkman, 1992). Reduksi konduktansi mesofil seringkali terkait erat dengan adanya perubahan anatomi daun. Perubahan anatomi daun ini merupakan efek permanen dari stres garam, paling tidak ketika terjadi perubahan tebal daun. Akumulasi garam menyebabkan terjadinya reduksi ruang antar sel pada jaringan mesofil daun bayam sampai dengan 25 % (Delfine *et al.*, 1999).



Gambar 4. Histogram rata-rata panjang daun selama penelitian akibat pemberian beberapa konsentrasi garam

Figure 4. Histogram of average of leaf's length during the research period resulted from exposure to several salt concentrations

Lebih lanjut, hasil analisis ragam data panjang daun pada akhir penelitian menunjukkan bahwa perubahan panjang daun tidak ditentukan oleh perbedaan varietas, tetapi sangat ditentukan oleh konsentrasi garam yang diberikan dan interaksinya dengan varietas padi yang dikenai stres. Penurunan panjang daun bahkan sudah nampak dua minggu setelah stress dikenakan dan penurunan tersebut semakin nyata seiring dengan lama paparan stress garam diberikan (gambar 4). Hasil analisis data panjang daun diketahui juga bahwa varietas cilamaya relatif paling rentan terhadap stress garam seperti terlihat pada penurunan panjang daun yang sangat drastis (gambar 5).

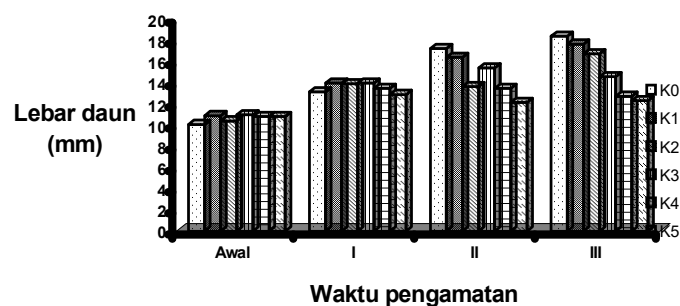


Gambar 5. Histogram rata-rata panjang daun beberapa varietas padi akibat perlakuan stress garam

Figure 5. Histogram of leaf's length of several varieties of rice resulted from salt stress

Sementara itu, hasil analisis ragam data lebar daun pada akhir pengamatan menunjukkan bahwa lebar daun tanaman padi sangat dipengaruhi oleh varietas padi yang digunakan, konsentrasi garam yang dipaparkan dan interaksi diantara keduanya. Hasil uji BNT rata-rata lebar daun akibat pemberian konsentrasi garam menunjukkan bahwa penurunan lebar daun terjadi pada semua konsentrasi garam yang diberikan. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, semakin besar pula penurunan luas daun tanaman. Penurunan lebar daun secara nyata terjadi setelah tanaman terkena stress garam selama 4 minggu (pengamatan II) (gambar 6).

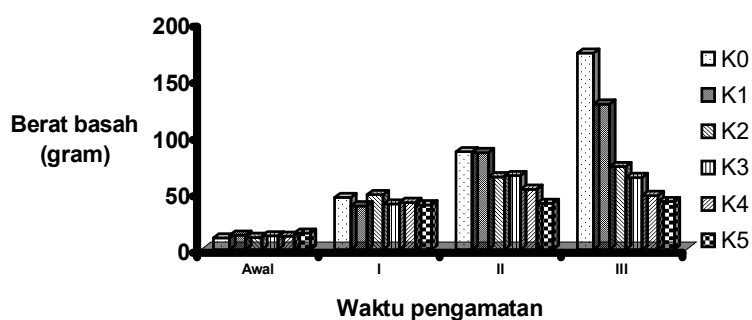
Pertumbuhan tanaman sangat dihambat oleh peningkatan konsentrasi garam. Tanaman gandum yang diperlakukan dengan 100 mM NaCl, mengalami penurunan laju pertumbuhan panjang daun harian sampai dengan dua kali lebih lambat, setelah 14 hari terkena stress (Lu and Zhang, 1998). Penurunan luas daun terjadi pada semua konsentrasi garam, namun penghambatan produksi asimilat hanya terjadi pada taraf salinitas yang tinggi (Pardossi *et al.*, 1998). Penurunan luas daun (termasuk panjang dan lebar daun) nampaknya merupakan sebuah konsekuensi logis dari terjadinya peningkatan kerapatan jaringan spon daun yang terkena stress. Penghambatan pertumbuhan tanaman dalam jangka panjang biasanya terkait dengan kemunculan gejala klorosis atau nekrosis pada daun (Shabala *et al.*, 1998).



Gambar 6. Histogram rata-rata lebar daun selama penelitian akibat pemberian beberapa konsentrasi garam

Figure 6. Histogram of average of leaf's width during the research period resulted from several salt concentrations

Hasil analisis ragam data bobot basah tanaman pada akhir penelitian menunjukkan bahwa bobot basah tanaman pada kondisi stres garam ditentukan oleh konsentrasi garam yang diberikan. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa penurunan bobot basah tanaman terjadi pada semua perlakuan konsentrasi garam. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, semakin kecil bobot basah tanaman yang diperoleh. Penurunan bobot basah secara nyata terjadi setelah tanaman terkena stress garam selama 4 minggu (pengamatan II) (gambar 7)

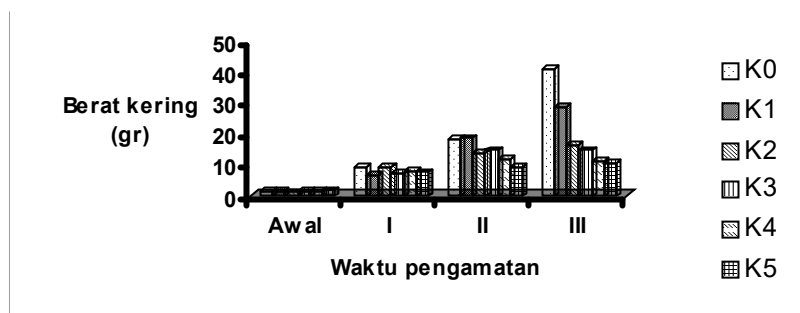


Gambar 7. Histogram rata-rata bobot basah tanaman selama penelitian akibat pemberian beberapa konsentrasi garam

Figure 7. Histogram of average of plant wet weight during the research period resulted from several salt concentrations

Penurunan bobot basah tanaman yang terkena stres merupakan dampak dari rendahnya potensial air dalam tanah sehingga tanaman mengalami dehidrasi, dan terjadi pula reduksi transpirasi. Dampak lebih lanjut dari kedua proses tersebut adalah rendahnya penyerapan material-material terlarut dari dalam tanah dan atau rendahnya biosintesis material baru dalam tanaman.

Hasil analisis ragam data bobot kering tanaman pada akhir penelitian menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil pengamatan bobot basah tanaman. Bobot kering tanaman pada kondisi stres garam ditentukan oleh konsentrasi garam yang diberikan. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa penurunan bobot kering tanaman terjadi pada semua perlakuan konsentrasi garam. Semakin tinggi konsentrasi garam yang diberikan, semakin kecil bobot kering tanaman yang diperoleh. Penurunan bobot kering secara nyata terjadi setelah tanaman terkena stress garam selama 4 minggu (pengamatan ke II) (gambar 8)



Gambar 8. Histogram rata-rata bobot kering tanaman selama penelitian akibat pemberian beberapa konsentrasi garam

Figure 8. Histogram of average plant dry weight during the reasearch periode resulted from several salt concentrations

Respon tumbuhan terhadap perlakuan garam meliputi adanya penghambatan pertumbuhan dan fotosintesis, pengaturan kembali metabolisme, kompensasi terhadap proses osmosis dan perubahan ion. Peningkatan proses pemeliharaan jaringan melalui proses respirasi, diduga sebagai penyebab utama terjadinya penurunan pertumbuhan selama stres salinitas. Pengorbanan jaringan dan pigmen fotosintesis dalam daun selama proses adaptasi terhadap stres garam diduga merupakan mekanisme untuk menghemat energi, sehingga kemudian dapat dialihkan untuk mempertahankan proses multiplikasi tunas (Chen *et al.*, 1998), meskipun belum jelas apakah penghambatan tersebut disebabkan oleh terjadinya penghambatan fotosintesis atau karena terjadinya defisiensi ion tertentu pada jaringan yang sedang tumbuh (Munns, 1993).

Kesimpulan

1. Stres garam berpengaruh pada perubahan proses fisiologi dan anatomi tanaman padi yang ditandai dengan penurunan kandungan klorofil total daun, penurunan rasio klorofil a/b, penurunan pertumbuhan tanaman, penurunan tebal mesofil, dan penurunan panjang dan lebar daun.
2. Varietas padi yang digunakan sangat sensitif terhadap salinitas karena pada taraf konsentrasi NaCl 50 mM pertumbuhan tanaman telah terganggu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada beberapa mahasiswa dan teknisi yang terlibat pada penelitian ini: Suyanto, Lia Oktriani, Siti Ruchaniyah, Eko Sumanto.

Daftar Pustaka

- Abedinia, M., Henry, R. J., Blakeney, A. B., and Lewin, L., 1997. An efficient transformation system for the Australian rice cultivar Jarrah. *Australian Journal of Plant Physiology* 24: 133–141.
- Asch, F., Dorffling, K., and Dingkuhn, M., 1995. Response of rice varieties to soil salinity dan air humidity: a possible involvement of root-borne ABA. *Plant dan Soil* 177: 11–19.
- Brugnoli, E., and Bjorkman, O., 1992. Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal dan non-stomatal components of photosynthesis dan dissipation of excess light energy. *Planta* 187: 335–347.
- Chen, D.M., Keiper, F.J., Filippis, and L., F. De., 1998. Physiological changes accompanying the induction of salt tolerance in *Eucalyptus microcorys* shoots in tissue culture. *Journal of Plant Physiology* 152: 555–563.

- Cornic, G., Ghashghaie, J., Genty, B., and Briantais, J.M., 1992. Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. *Photosynthetica* 27 : 295–309.
- Delfine, S., Alvino, A., Villani, M.C., and Loreto, F., 1999. Restrictions to carbon dioxide conductance dan photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. *Plant Physiology* 119 (3):1101-1106.
- Delfine, S., Alvino, A., Zacchini, M., and Loreto, F., 1998. Consequences of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, rubisco characteristic dan anatomy of spinach leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 395– 402.
- Garcia, A.B., Engler, J. D. A., Iyer, S., Gerats, T., Montagu, M. V., and Caplan, A. B., 1997. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. *Plant Physiology* 115: 159–169.
- Greenway, H., and Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31: 149–190.
- Khush, G. S., 1997. Origin, dispersal, cultivation of rice. *Plant Molecular Biology* 35: 25–34.
- Liu, C. N., Li, X. Q., and Gelvin, S.B., 1992. Multiple copies of virG enhance the transient transformation of celery, carrot and rice tissues by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Molecular Biology* 20: 1071-1087.
- Longstreth, D.J., and Nobel, P.S., 1979. Salinity effects on leaf anatomy. *Plant Physiology* 63: 700–703.
- Lu, C. and Zhang, J., 1998. Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence dan photoinhibition in wheat plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 883–892.
- Lutts, S., and Bouharmont, J., 1993. *In vitro* selection for salt tolerance in rice: possible involvement of ethylene. In: Fritig and Legrand, M., (eds.): Mechanisms of plant defence responses. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p. 174.
- Lutts, S., Kinet, J.M., and Bouharmont, J., 1995. Changes in plant response to NaCl during development of Rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany* 46 (293): 1843–1852.
- Lutts, S., Kinet, J.M., and Bouharmont, J., 1996. Effects of various salts dan of mannitol on ion dan proline accumulation in relation to osmotic adjustment in Rice (*Oryza sativa* L.) callus cultures. *Journal of Plant Physiology* 149: 186–195.
- Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas dan hypotheses. *Plant Cell dan Environment* 16: 15–24.
- Pardossi, A., Malorgio, F., Oriolo, D., Gucci, R., Serra, G., and Tognoni, F., 1998. Water relations dan osmotic adjustment in *Apium graveolens* during long-term NaCl stress dan subsequent relief. *Physiologia Plantarum* 102: 369–376.
- Robinson, M.F., Very, A., Sanders, D., and Mansfield, T.A., 1997. How can stomata contribute to salt tolerance. *Annals of Botany* 80: 387–393.
- Shabala, S.N., Shabala, S.I., Martynenko, A.I., Babourina, O., and Newman. I.A., 1998. Salinity effect on bioelectric activity, growth, Na⁺ accumulation dan chlorophyll fluorescence of maize leaves: a comparative survey dan prospects for screening. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 609–616.
- Tran, D.V., 2001. Closing the rice yield gap for food security. In: Peng, S., Hardy, B., (Eds) 2001. Rice research for food security and poverty alleviation. Proceeding of the International Rice Research Conference, 31 March–3 April 2000, Los Banos, Philippines. Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute. 692 p.

- Yeo, A., 1998. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-Plant Physiology. *Journal of Experimental Botany* 49 (323): 915–929.
- Yeo, A.R., Yeo, M.E., Flowers, S.A., and Flowers, T.J., 1990. Screening of rice (*Oryza sativa*) genotypes for physiological characters contributing to salinity resistance, and their relationship to overall performance. *Theoretical and Applied Genetic* 79: 377–384.
- Zhang, J., Xu, R. J., Elliott, M.C., and Chen, D.F., 1996. *Agrobacterium*-mediated production of transgenic plants from mature embryos of commercial rice varieties. In: Khush, G.S. (ed.), 1996. *Rice Genetics III*. IRRI, Manila: 697–702.
- Zhang, W., and Wu, R., 1988. Efficient regeneration of transgenic plants from rice protoplast and correctly regulated expression of the foreign gene in plants. *Theoretical and Applied Genetic* 76: 835–840.
- Zhu, Y., Ouyang, W., Li, Y., and Chen, Z., 1996. The effects of 2ip and 2,4-D on rice calli differentiation. *Plant Growth Regulation* 19: 19–24.

Lampiran 1. Hasil uji BNT rata-rata kandungan khlorofil pada akhir penelitian
Appendix 1. HSD analysis on average of chlorophyl at the end of research period

Perlakuan Nilai rata-rata	K0 243,04	K1 219,70	K2 213,55	K3 201,59	K4 184,07	K5 95,92
K0 243,04	-					
K1 219,70	23,33 ^{ns}	-				
K2 213,55	29,48 ^{ns}	6,15 ^{ns}	-			
K3 201,59	41,45 [*]	18,11 ^{ns}	11,96 ^{ns}	-		
K4 184,07	58,97 ^{**}	35,63 [*]	29,48 ^{ns}	17,52 ^{ns}	-	
K5 95,92	147,12 ^{**}	123,79 ^{**}	117,64 ^{**}	105,67 ^{**}	88,15 ^{**}	-

Keterangan : nilai bnt 05 = 33,98
 Nilai bnt 01 = 44,69
 ** berbeda sangat nyata
 * berbeda nyata
 ns tidak berbeda nyata