

# Analisis Cekaman Salinitas terhadap Padi Mutan pada Kondisi *In Vitro*

## *Analysis of Stress Saline Mutant Rice at In Vitro Condition*

Rossa Yunita<sup>1\*</sup>, Nurul Khumaida<sup>2</sup>, Didy Sopandie<sup>2</sup> dan Ika Mariska<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian,  
Jl. Tentara Pelajar No. 3A Bogor, Jawa Barat, Indonesia  
\*E-mail: [rossa\\_yunita@yahoo.com](mailto:rossa_yunita@yahoo.com)

<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta, IPB  
Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia

---

Naskah diterima 16 Februari 2017, direvisi 1 Februari 2018, disetujui diterbitkan 8 Februari 2018

---

### ABSTRACT

*Selection of in vitro by using a salt solution (NaCl) is effective for selecting saline tolerant plants. The purpose of this study was to obtain information on the mechanism of rice salinity tolerance at in vitro condition. This study consisted of two experiments: selectivity of mutant putty salinity tolerance in vitro and analysis of salinity tolerance mechanisms of in vitro selection. The results showed that salinity tolerant rice strains of NaCl gave response in the form of larger proline accumulation, but lower levels of Na. The level of K, Mg and Ca were not different compared to control. There were lower stomatal density and greater stomatal length and width ratio when compared to control plants.*

*Keywords: Oryza sativa L. putative mutan somaclon, proline.*

### ABSTRAK

Seleksi *in vitro* menggunakan larutan garam (NaCl) cukup efektif menyeleksi tanaman toleran salinitas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang mekanisme toleransi salinitas tanaman padi pada kondisi *in vitro*. Penelitian terdiri atas dua percobaan, yaitu seleksi toleransi cekaman salinitas putatif mutan somaklon secara *in vitro* dan analisis mekanisme toleransi salinitas hasil seleksi *in vitro*. Hasil penelitian menunjukkan tanaman padi toleran cekaman salinitas memberikan respons berupa akumulasi prolin lebih besar, tetapi kadar Na yang lebih rendah. Tidak terdapat perbedaan kadar K, Mg, dan Ca dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Kerapatan stomata lebih rendah serta rasio panjang dan lebar stomata lebih besar dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Kata kunci: *Oryza sativa L.* putatif mutan somaklon, prolin, mekanisme toleransi.

### PENDAHULUAN

Pengaruh salinitas (NaCl) terhadap tanaman mencakup tiga aspek, yaitu tekanan osmosis, keseimbangan hara, dan racun. Banyaknya Na<sup>+</sup> di dalam tanah menyebabkan menurunnya ketersediaan unsur Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, dan K<sup>+</sup> yang dapat diserap tanaman karena kelat

tanah sudah dipenuhi oleh Na<sup>+</sup>. Salinitas juga dapat menurunkan serapan P meskipun tidak sampai terjadi defisiensi. Meningkatnya kadar Cl<sup>-</sup> diikuti pula oleh berkurangnya kadar NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pada tajuk. Kadar garam penyebab salinitas pada tanah akan menurunkan produksi padi (FAO 2005).

Mekanisme toleransi tanaman terhadap salinitas mengacu pada proses pertumbuhan tanaman untuk berproduksi dengan baik pada lahan dengan kondisi salin (Soepandie 2014). Mekanisme tersebut meliputi mekanisme inklusi dan eksklusi. Mekanisme inklusi dialami tanaman dalam mencegah terjadinya keracunan ion-ion garam dalam jumlah berlebihan dengan mensintesis senyawa solut kompatibel, kompartementasi garam ke dalam vakuola, dan retranslokasi garam melalui floem, dan ekskresi garam menggugurkan daun tua (Marschner 2012). Mekanisme eksklusi yaitu usaha tanaman mencegah masuknya ion Na ke jaringan tanaman dan mencegah terjadinya defisit air secara internal (Sopandie 2014). Untuk mempertahankan stabilitas lingkungan mikro di dalam sitoplasma, tanaman mengatur konsentrasi relatif dari ion anorganik (terutama K<sup>+</sup> dan Na<sup>+</sup>) dalam mempertahankan turgor dan volume sel, pH intraseluler, dan parameter fisiologis penting lainnya. Pada proses fisiologis, sel-sel tumbuhan mengakumulasi K<sup>+</sup> dan mengarahkan Na<sup>+</sup> keluar sel, yang mengarah kepada peningkatan rasio nilai K/Na (Bing *et al.* 2008).

Salah satu kendala pengembangan padi di tanah salin adalah belum tersedianya varietas yang toleran salinitas dan plasma nutfah sebagai donor gen sifat toleran tanah salin masih terbatas. Metode untuk menyeleksi genotipe toleran salin telah tersedia tetapi membutuhkan waktu yang lama dan lahan yang luas dalam pengujian. Salah satu teknologi potensial yang

dapat digunakan untuk mengetahui tanaman yang toleran cekaman salinitas adalah melalui seleksi *in vitro*.

Seleksi *in vitro* telah banyak digunakan untuk menyeleksi tanaman yang toleran cekaman salinitas melalui penggunaan garam (NaCl) sebagai agen seleksi sehingga memungkinkan pemilihan atau penyaringan tanaman yang diinginkan. Pendekatan ini telah dilakukan menggunakan sejumlah bahan tanam (kalus, embriosomatik, plantlet, dan suspensi sel) yang memiliki kemampuan dalam toleransi kadar garam yang relatif tinggi pada media tanam secara *in vitro*. Garam yang digunakan untuk penelitian cekaman salinitas pada tanaman adalah NaCl (Clemente *et al.* 2012). Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang mekanisme toleransi tanaman padi terhadap salinitas pada kondisi *in vitro*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, Kelti BSJ, dan Laboratorium Biokimia, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen), Bogor, pada bulan Juli–Desember 2015.

Bahan tanaman yang digunakan adalah padi varietas Ciherang, Inpari 13, Inpara 3, dan 45 nomor padi putatif mutan somaklon M2 (tanaman yang diduga mutan pada generasi ke-2) yang merupakan hasil mutasi induksi pada kalus dengan sinar gamma yang dikombinasikan dengan seleksi *in vitro*. Nomor mutan asal varietas Ciherang, Inpari 13, dan Inpara 3 disajikan pada Tabel 1. Sebagai kontrol toleran salinitas digunakan varietas Pokkali, dan sebagai kontrol peka adalah varietas IR29 (Gregorio *et al.*, 1997).

Tabel 1. Nomor-nomor mutan padi asal varietas Ciherang, Inpari 13 dan Inpara 3. BB Biogen, Bogor, Juli-Desember 2015.

Nomor mutan asal Ciherang	Nomor mutan asal Inpari 13	Nomor mutan asal Inpara 3
CH- 4-1	II-13-1	IA-3-1
CH-4-2	II-13-2	IA-3-3
CH-4-3	II-13-4	IA-3-4
CH-4-4	II-13-5	IA-3-6
CH-6-1	II-13-7	IA-3-10
CH-6-2	II-13-8	IA-3-11
CH-13-1	II-13-9	IA-3-13
CH-13-2	II-13-10	IA-3-16
CH-16-1	II-13-11	IA-3-17
CH-16-2	II-13-13	IA-3-18
CH-21	II-13-17	IA-3-20
CH-27	II-13-20	IA-3-21
CH-28	II-13-42	IA-3-26
CH-29	II-13-43	IA-3-27
CH-30	II-13-45	IA-3-30

Penelitian terdiri atas dua kegiatan, yaitu: 1) seleksi toleransi cekaman salinitas putatif mutan somaklon secara *in vitro*, dan (2) analisis mekanisme toleransi tanaman padi terhadap salinitas pada kondisi *in vitro*.

### Seleksi Toleransi Putatif Mutan Somaklon terhadap Cekaman Salinitas secara *In Vitro*

Seleksi toleransi putatif mutan somaklon terhadap cekaman salinitas secara *in vitro* dilakukan pada benih padi varietas Ciherang, Inpari 13, Inpara 3 serta 45 nomor padi putatif mutan somaklon M2 yang dikecambahkan pada media MS (Murashige and Shoog 1962) tanpa zat pengatur tumbuh (ZPT) selama 4 hari (tinggi  $\pm 0,5$  cm). Selanjutnya bibit padi disubkultur pada media MS yang diberi perlakuan NaCl pada konsentrasi 0 mM, 75 mM, dan 150 mM. Sistem penilaian mengacu kepada standar penilaian yang dibuat oleh Gregorio *et al.* (1997). Masing-masing perlakuan terdiri atas lima ulangan. Tiap ulangan terdiri atas tiga tanaman. Pengamatan dilakukan pada hari ke-14, setelah benih ditempatkan pada tiga perlakuan tersebut. Pengamatan respons tanaman terhadap cekaman salinitas dari masing-masing varietas didasarkan pada SES (*Standard Evaluation Score*) IRRI (Gregorio *et al.* 1997) (Tabel 2).

### Analisis Mekanisme Toleran Salinitas

Varietas Ciherang, 15 nomor putatif mutan somaklon Inpari 13, 15 nomor putatif mutan somaklon Inpara 3, dan 15 nomor putatif mutan somaklon diberi perlakuan NaCl selama-14 hari. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial. Faktor pertama adalah tanaman putatif mutan somaklon dan faktor kedua adalah konsentrasi NaCl (0 mM, 75 mM, dan 150

Tabel 2. Kriteria skoring gejala keracunan NaCl pada tanaman padi berdasarkan modifikasi SES(IRRI 1997).

Skor	Gejala keracunan	Toleransi
1	Pertumbuhan tanaman normal dan hanya daun tua terlihat strip putih, pada daun muda tidak ada gejala.	Sangat toleran
3	Pertumbuhan agak normal tetapi hanya ujung daun seperti terbakar dan sebagian daun tua yang keputih-putihan	Toleran
5	Pertumbuhan sangat terhambat, banyak daun tua mengalami kerusakan parah sedikit daun muda yang mengalami pemanjangan.	Moderat
7	Pertumbuhan terganggu secara total, hampir semua daun menguning, hanya sedikit daun muda yang hijau.	Rentan
9	Hampir semua tanaman mati	Sangat rentan

mM). Apabila terdapat pengaruh nyata perlakuan terhadap peubah yang diamati dilakukan uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Masing-masing perlakuan terdiri atas lima ulangan. Peubah yang diamati meliputi (1) kadar prolin daun (modifikasi metode Bates *et al.* 1973), (2) kadar Na, K, Ca, Mg daun (menggunakan metode destruksi yang dikembangkan oleh Balai Penelitian Tanah, dan (3) kerapatan stomata daun dan perbandingan antara panjang dan lebar stomata. Pengamatan stomata dilakukan dengan mikroskop.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Seleksi Toleransi Putatif Mutan Somaklon terhadap Cekaman Salinitas

Tunas padi yang diseleksi secara *in vitro* yang berumur satu minggu memiliki tinggi  $\pm 0,5-1$  cm, disubkultur pada media MS yang mengandung NaCl. Gejala kerusakan tanaman terlihat setelah 6 hari pemberian perlakuan. Penilaian gejala gangguan salinitas terhadap tanaman padi dilakukan 14 hari setelah disubkultur pada media yang mengandung NaCl. Secara umum tanaman padi yang diberi perlakuan NaCl 150 mM bereaksi peka.

Perlakuan 75mM NaCl memberikan respons, dengan skor 3 (toleran) pada varietas Ciherang dan 12 putatif mutan somaklon. Tiga putatif mutan somaklon lainnya memiliki skor 1 (sangat toleran) yaitu CH-30, CH4-1, dan CH-4-4. Pada perlakuan 150 mM NaCl terjadi respons yang beragam pada tetua dan nomor putatif

mutan somaklon asal varietas Ciherang, dimana tujuh putatif mutan somaklon bereaksi sangat peka, dua putatif mutan peka, empat putatif mutan moderat, dan dua putatif mutan somaklon toleran (Tabel 3).

Perlakuan 75 mM NaCl selama 14 hari pada media kultur memberikan respons yang berbeda pada varietas Inpari 13 dan putatif mutan somaklon. Varietas Inpari 13 dan 11 putatif mutan somaklon sangat toleran dan empat beraksi toleran. Perlakuan NaCl 150 mM juga memberikan respons yang berbeda terhadap tetua maupun putatif mutan somaklon. Varietas Inpari 13 dan tiga putatif mutan somaklon bereaksi peka, dua sangat peka, lima moderat, dan lima toleran.

Respons tunas *in vitro* tanaman mutan somaklon asal varietas Inpara 3 yang diberi perlakuan NaCl 75 menunjukkan delapan nomor bersifat toleran dan tujuh lainnya sangat toleran. Peningkatan konsentrasi NaCl menjadi 150 mM memberikan respons pada tunas *in vitro* varietas Inpara 3 dan delapan putatif mutan somaklon sangat peka, tiga peka, tiga moderat, dan satu toleran.

Beragamnya toleransi nomor-nomor putatif mutan somaklon padi terhadap NaCl secara *in vitro* (Tabel 3) menunjukkan terjadinya perubahan sifat genetik akibat mutasi induksi sehingga beberapa nomor tanaman mutan lebih toleran terhadap NaCl daripada tanaman asal. Mutasi induksi yang dikombinasikan dengan seleksi *in vitro* dapat mengubah sifat toleransi tanaman padi pada kondisi salin (Shanthi *et al.* 2010, Song *et al.* 2012).

Tabel 3 . Tingkat toleransi beberapa varietas padi dan nomor putatif mutan somaklon yang diseleksi secara *in vitro*.BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Ciherang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Ciherang	1	3	9	Inpari 13	1	1	9	Inpara 3	1	3	9
CH- 4-1	1	3	5	II-13-42	1	1	3	IA-3-1	1	3	9
CH-4-3	1	3	7	II-13-43	1	3	5	IA-3-3	1	1	9
CH-6-1	1	3	9	II-13-45	1	3	5	IA-3-4	1	1	9
CH-6-2	1	3	9	II-13-1	1	3	7	IA-3-6	1	3	9
CH-13-1	1	3	7	II-13-4	1	1	7	IA-3-10	1	3	9
CH-13-2	1	3	9	II-13-5	1	1	5	IA-3-11	1	3	9
CH-16-1	1	3	9	II-13-7	1	1	3	IA-3-13	1	3	9
CH-16-2	1	3	9	II-13-8	1	1	7	IA-3-16	1	3	9
CH-21	1	3	9	II-13-9	1	1	5	IA-3-17	1	3	5
CH-27	1	3	9	II-13-10	1	1	3	IA-3-20	1	1	5
CH-28	1	3	7	II-13-11	1	1	5	IA-3-21	1	1	3
CH-29	1	3	7	II-13-13	1	1	3	IA-3-26	1	3	5
CH-30	1	1	3	II-13-2	1	1	3	IA-3-27	1	1	7
CH-4-2	1	1	3	II-13-17	1	3	7	IA-3-18	1	1	7
CH-4-4	1	1	5	II-13-20	1	1	7	IA-3-30	1	1	7
IR29	1	5	9	IR29	1	5	9	IR29	1	5	9
Pokkali	1	1	3	Pokkali	1	1	3	Pokkali	1	1	3

Keterangan: 1 = sangat toleran, 3 = toleran, 5 = moderat, 7 = peka, 9 = sangat peka.

**Analisis Mekanisme Toleransi Salinitas**

**(1) Kadar prolin pada daun padi tetua dan putatif mutan somaklon**

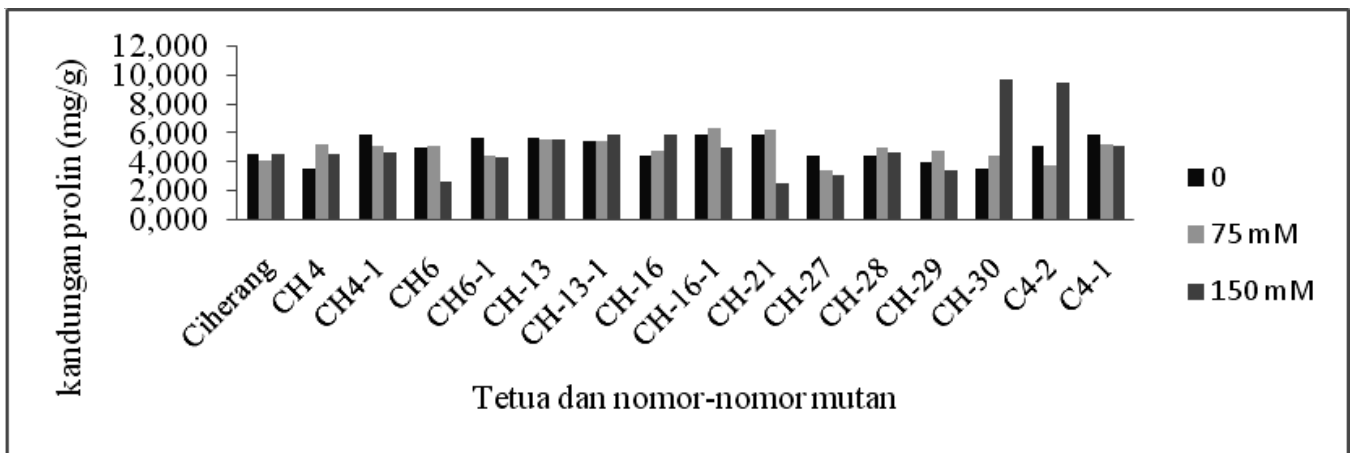
Kadar prolin daun tiga varietas padi dan mutannya semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi NaCl (Gambar 1, 2, dan 3). Peningkatan akumulasi prolin merupakan hasil biosintesis senyawa organik untuk penyesuaian tekanan osmotik sebagai respons fisiologis tanaman terhadap cekaman salinitas (Marschner 2012).

Kadar prolin pada varietas Ciherang dan putatif mutan somaklon pada media tanpa NaCl bervariasi pada masing-masing nomor tanaman. Perlakuan NaCl 75 mM memiliki kadar prolin yang cenderung tetap pada tanaman tetua (Ciherang) dan semua putatif mutan somaklonal. Peningkatan kadar NaCl hingga 150 mM menyebabkan perubahan kadar prolin. Pada putatif

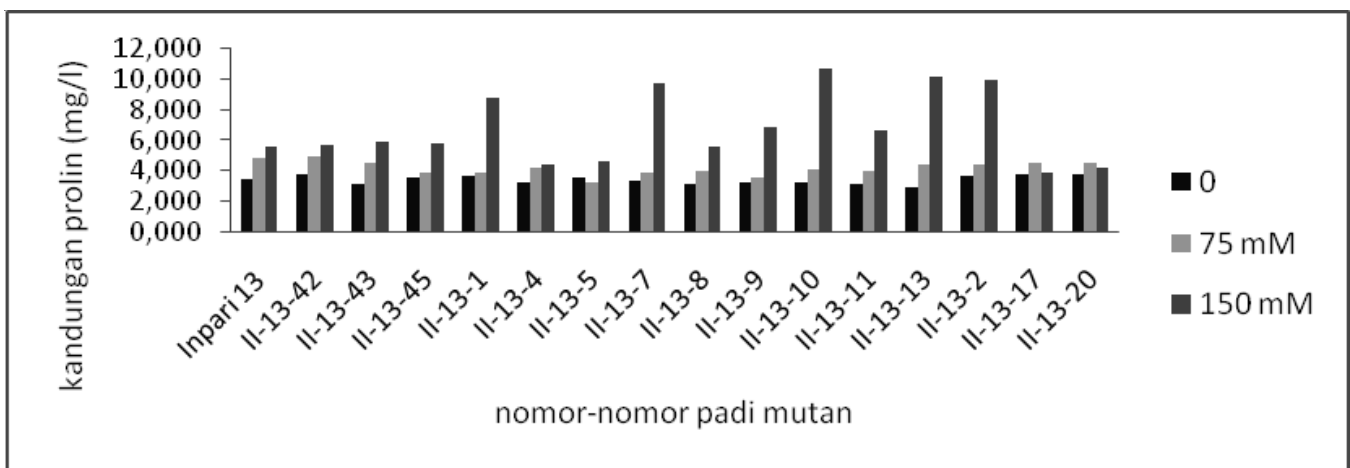
mutan somaklon yang bersifat peka sampai moderat, pemberian NaCl 150 mM menurunkan kadar prolin. Pada putatif mutan somaklon yang bersifat toleran seperti CH4-2 dan CH30, kadar prolin meningkat sangat tinggi (Gambar 1).

Pengkulturan tunas *in vitro* padi varietas Inpari 13 pada media yang mengandung 75 mM NaCl relatif meningkatkan kadar prolin (Gambar 2). Perlakuan NaCl 150 mM pada media kultur meningkatkan kadar prolin cukup tinggi pada putatif mutan somaklon yang toleran, yaitu II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13 dan II-13-2.

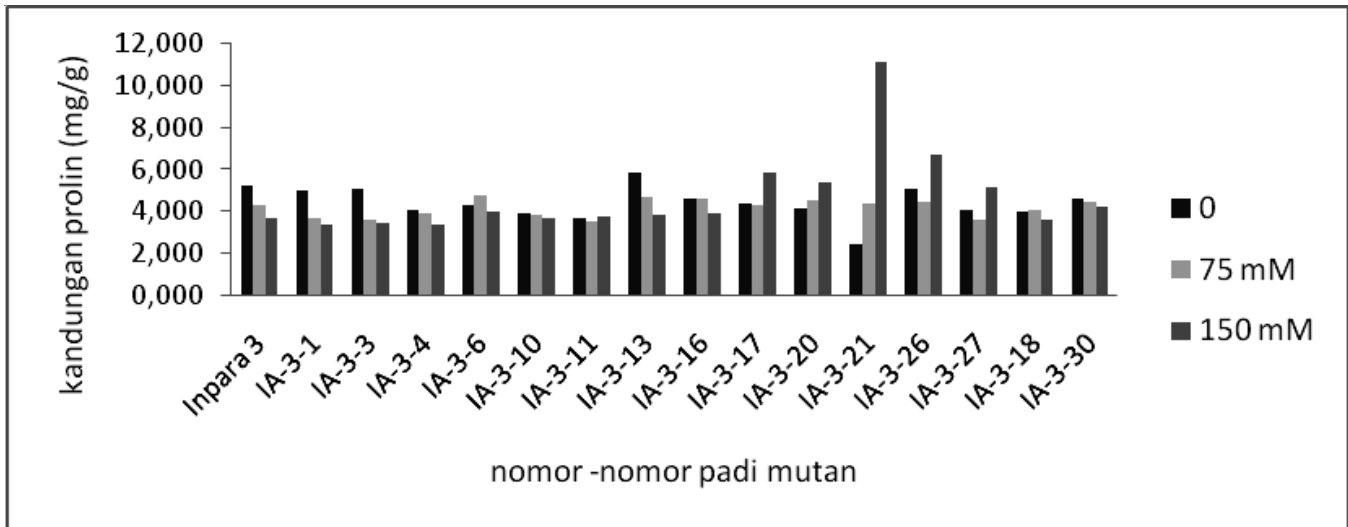
Pada tunas *in vitro* padi varietas Inpara 3, perlakuan NaCl 150 mM mengakibatkan tanaman mati dan kadar prolin menurun. Begitu pula putatif mutan yang bersifat peka. Pada putatif mutan somaklonal yang toleran (IA-3-21), perlakuan NaCl 150 mM meningkatkan kadar prolin cukup tinggi (Gambar 3).



Gambar 1. Kadar prolin (mg/g) pada daun padi varietas Ciherang, dan putatif mutan somaklonal. BB Biogen, Bogor, 2015.



Gambar 2. Kadar prolin (mg/g) pada daun padi varietas Inpari 13 dan putatif mutan somaklonal. BB Biogen, Bogor, 2015.



Gambar 3. Kadar prolin (mg/g) pada daun padi ketiga varietas Inpara 3 dan putatif mutan somaklonal. BB Biogen, Bogor, 2015.

Akumulasi prolin merupakan respons tanaman jika mengalami cekaman salinitas untuk mengurangi kerusakan sel (Ashraf and Foolad 2007, Turan 2009). Prolin umumnya terakumulasi dalam jaringan tanaman yang tercekam salinitas dan berperan penting dalam regulasi tekanan osmotik dan antioksidan dalam sel (Cha-um and Kirdmanee 2009). Pada tanaman padi tercekam salinitas, akumulasi prolin bergantung pada varietas, dan pada tanaman yang toleran, akumulasinya lebih tinggi daripada tanaman peka (Shereen et al. 2007, Chutipaijit et al. 2009).

**(2) Kadar kalium, natrium, kalsium, dan magnesium pada daun tua dan putatif mutan somaklon**

*Kalium (K)*

Kadar K pada daun *in vitro* padi nyata dipengaruhi oleh interaksi antara nomor-nomor mutan putatif somaklon dan konsentrasi NaCl (Tabel 4). Respons putatif mutan somaklon yang toleran terhadap perlakuan NaCl (0, 75, dan 150 mM) pada media kultur memberikan kadar K berbeda nyata dengan tua asal dan putatif mutan somaklon lainnya yang tidak toleran.

Peningkatan konsentrasi NaCl hingga 150 mM menurunkan kadar K pada jaringan daun padi Ciherang dan putatif mutan yang peka, sedangkan pada putatif mutan yang toleran (CH4-2 dan CH-30) hanya terjadi sedikit penurunan kadar K sehingga tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Pada tunas *in vitro* padi varietas Inpara 3, perlakuan NaCl (0, 75, dan 150mM) pada putatif mutan somaklon menurunkan kandungan K pada daun tunas *in vitro* Inpara 3 dan putatif mutan somaklon yang peka. Pada putatif mutan somaklon toleran, terjadi sedikit penurunan kadar K.

Pada tunas *in vitro* padi varietas Inpari 13, perlakuan NaCl hingga konsentrasi 150 mM menurunkan kadar K pada tanaman yang peka maupun toleran tetapi tidak terlalu besar. Tavakkoli et al. (2011) menyatakan cekaman salinitas berpengaruh terhadap ketidakseimbangan ion dalam sel, khususnya menurunkan konsentrasi ion K<sup>+</sup> pada tanaman yang peka.

*Natrium (Na)*

Hasil analisis statistik menunjukkan interaksi antara nomor-nomor putatif mutan somaklon dan konsentrasi NaCl berpengaruh nyata terhadap kadar Na pada daun tanaman padi. Secara umum terlihat tanaman yang toleran pada kondisi salin memiliki kadar Na yang lebih rendah. Tanaman peka memiliki kemampuan menyerap Na yang lebih tinggi daripada tanaman toleran (Turan et al. 2007).

Pada tunas *in vitro* padi putatif mutan somaklon asal varietas Ciherang yang bersifat toleran (C-H-30 dan CH-4-2), kadar Na pada perlakuan NaCl 75 dan 150 mM nyata lebih rendah daripada tanaman tua dan putatif mutan somaklon yang bersifat peka maupun moderat (Tabel 5). Demikian juga mutan yang berasal dari varietas Inpari 13 dan Inpara 3. Pada mutan yang toleran, kadar Na pada perlakuan NaCl lebih rendah dan berbeda nyata dengan tanaman mutan dan tua asalnya.

Secara umum perlakuan NaCl hingga dosis 150mM meningkatkan kadar Na pada jaringan daun. Pada varietas Ciherang, pemberian NaCl meningkatkan kadar Na pada daun tanaman yang toleran (CH-30 dan CH4-2) walaupun tidak terlalu besar, sehingga tanaman relatif masih mampu tumbuh baik. Pada tanaman peka, kadar Na pada daun relatif tinggi. Hal yang sama juga terjadi



Tabel. 4 Kadar kalium (%) pada daun tiga varietas padi dan putatif mutan somaklon yang diseleksi secara *in vitro*. BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Ciherang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Ciherang	3,93a	2,74ij	2,32l	Inpari 13	3,40c	2,97c	2,95c	Inpara 3	3,43c	3,11e	2,77f
CH -4-1	3,28g	3,11h	2,82i	II-13-42	3,87a	3,65b	3,53bc	IA-3-1	3,23d	2,11h	2,95f
CH-4-3	3,17h	3,2gh	2,73ij	II-13-43	2,84c	1,77d	1,56d	IA-3-3	3,4c	3,07e	2,75g
CH-6-1	2,87i	2,85i	2,80ij	II-13-45	2,84c	1,75d	1,55d	IA-3-4	3,41c	3,09e	2,75g
CH-6-2	3,18h	3,00hi	2,71ij	II-13-1	2,85c	1,73d	1,54d	IA-3-6	3,33e	3,01ef	2,67g
CH-13-1	2,84ij	2,82ij	2,50k	II-13-4	2,89c	1,75d	1,56d	IA-3-10	3,23f	3,00e f	2,66g
CH-13-2	3,92ab	2,73ij	2,32l	II-13-5	2,85c	1,76d	1,55d	IA-3-11	3,42c	3,09e	2,75g
CH-16-1	2,82i	2,83i	2,70ij	II-13-7	3,89a	3,66b	3,54bc	IA-3-13	3,41c	3,09e	2,75g
CH-16-2	3,91b	2,72ij	2,30lm	II-13-8	2,93c	2,92c	2,92c	IA-3-16	3,47c	3,15e	2,81fg
CH-21	3,81c	2,62j	2,20m	II-13-9	2,85c	1,75d	1,56d	IA-3-17	3,71a	3,55b	3,49c
CH-27	3,43g	2,22m	2,11m	II-13-10	3,87a	3,59b	3,51bc	IA-3-20	3,77a	3,61b	3,53b
CH-28	2,87i	2,84i	2,79ij	II-13-11	2,90c	2,87c	2,89c	IA-3-21	3,88a	3,75a	3,75a
CH-29	3,53f	2,64j	2,32l	II-13-13	3,91a	3,68b	3,58bc	IA-3-26	3,81a	3,57b	3,45c
CH-30	3,78d	3,65e	3,53f	II-13-2	3,78ab	3,60bc	3,53bc	IA-3-27	3,13e	3,1e	3,08c
CH4-2	3,77d	3,64e	3,55f	II-13-17	3,42 c	2,96c	2,91c	IA-3-18	3,17e	3,1e	3,10c
CH4-4	3,20gh	3,02hi	2,73ij	II-13-20	3,50b	2,89c	2,91c	IA-3-30	3,14e	3,22d	2,93f

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak berganda Duncan

Tabel 5. Kadar natrium (%) pada daun tiga varietas padi dan putatif mutan somaklon. BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Ciherang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Ciherang	0,04gh	0,29ab	0,25b	Inpari 13	0,02d	0,25a	0,25a	Inpara 3	0,01g	0,097e	0,248d
CH -4-1	0,16c	0,18c	0,21bc	II-13-42	0,07c	0,08bc	0,07bc	IA-3-1	0,02f	0,100e	0,255d
CH-4-3	0,16c	0,18c	0,22b	II-13-43	0,08bc	0,11b	0,12b	IA-3-3	0,01g	0,093e	0,238d
CH-6-1	0,31a	0,22b	0,15c	II-13-45	0,08bc	0,09 bc	0,08bc	IA-3-4	0,01g	0,095e	0,246d
CH-6-2	0,14c	0,16c	0,20bc	II-13-1	0,08bc	0,08bc	0,08bc	IA-3-6	0,01g	0,097e	0,21d
CH-13-1	0,34a	0,25b	0,19c	II-13-4	0,08bc	0,07bc	0,08bc	IA-3-10	0,01g	0,091e	0,34cd
CH-13-2	0,04gh	0,29ab	0,25b	II-13-5	0,07bc	0,07bc	0,07bc	IA-3-11	0,01g	0,095e	0,242d
CH-16-1	0,33a	0,23b	0,14c	II-13-7	0,07bc	0,08bc	0,08bc	IA-3-13	0,01g	0,095e	0,244d
CH-16-2	0,04gh	0,29ab	0,24b	II-13-8	0,09b	0,12b	0,13b	IA-3-16	0,02f	0,101e	0,252d
CH-21	0,05d	0,26b	0,28b	II-13-9	0,07bc	0,07bc	0,07bc	IA-3-17	0,022f	0,799b	1,01a
CH-27	0,05d	0,24b	0,35a	II-13-10	0,07bc	0,07bc	0,07bc	IA-3-20	0,022f	0,795b	1,05a
CH-28	0,31a	0,23b	0,15c	II-13-11	0,11a	0,15b	0,16b	IA-3-21	0, 022f	0,022f	0,022f
CH-29	0,04d	0,17c	0,30a	II-13-13	0,07bc	0,08bc	0,07bc	IA-3-26	0,022f	0,791b	1,09a
CH-30	0,11c	0,12c	0,15c	II-13-2	0,07bc	0,08bc	0,08bc	IA-3-27	0,028f	0,400c	0,48c
CH4-2	0,10cd	0,12c	0,14c	II-13-17	0,016d	0,25a	0,24a	IA-3-18	0,027f	0,380c	0,47c
CH4-4	0,14c	0,16c	0,2 d	II-13-20	0,016d	0,26a	0,24a	IA-3-30	0,026f	0,360c	0,47c

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak berganda Duncan

pada varietas Inpari 13 dan Inpara 3. Peningkatan konsentrasi NaCl pada media kultur meningkatkan kadar Na pada jaringan tanaman, terutama pada tanaman peka. Peningkatan kadar Na pada tanaman toleran (II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13, II-13-2, dan IA-3-21) relatif tidak terlalu tinggi sehingga tidak meracuni tanaman.

Tanaman yang mampu mempertahankan kadar Na tetap rendah memiliki mekanisme ketahanan ekslusi,

yaitu mampu mencegah masuknya ion Na<sup>+</sup> ke dalam jaringan tanaman (Matsushita and Matoh 2006).

#### Rasio K/Na

Keseimbangan kadar K dan Na atau rasio K/Na merupakan salah satu indikator toleransi tanaman terhadap kondisi salin. Pada Tabel 6 terlihat bahwa putatif mutan somaklon yang bersifat toleran memiliki

Tabel 6. Ratio K/Na pada daun tiga varietas padi dan putatif mutan somaklon. BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Cihorang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Cihorang	39,3	9,5	9,3	Inpari 13	56,7	11,9	11,8	Inpara 3	163,3	32,1	11,2
CH -4-1	20,5	17,3	13,4	II-13-42	55,3	45,6	39,2	IA-3-1	161,5	19,2	11,6
CH-4-3	19,8	17,8	12,4	II-13-43	35,5	16,1	13,0	IA-3-3	147,8	33,0	11,6
CH-6-1	13,7	12,9	18,7	II-13-45	35,5	20,4	19,4	IA-3-4	142,1	32,5	11,2
CH-6-2	22,7	18,7	13,6	II-13-1	35,6	21,6	19,2	IA-3-6	144,8	31,0	12,5
CH-13-1	20,3	11,3	8,6	II-13-4	36,1	25,0	19,5	IA-3-10	146,8	32,9	7,9
CH-13-2	39,2	9,4	9,3	II-13-5	40,7	25,1	22,1	IA-3-11	155,4	32,5	11,4
CH-16-1	14,1	12,3	19,3	II-13-7	55,6	45,7	44,2	IA-3-13	162,4	32,5	11,3
CH-16-2	48,9	9,3	9,5	II-13-8	32,6	24,3	22,5	IA-3-16	173,5	31,2	11,2
CH-21	42,3	10,1	7,8	II-13-9	40,7	25,0	22,3	IA-3-17	168,6	4,4	3,5
CH-27	38,1	9,3	6,1	II-13-10	55,3	51,3	50,1	IA-3-20	171,4	4,5	3,4
CH-28	9,3	12,4	18,4	II-13-11	26,4	19,1	18,1	IA-3-21	176,4	170,5	168,2
CH-29	35,3	15,5	7,7	II-13-13	55,9	46,0	51,1	IA-3-26	173,2	4,5	3,2
CH-30	34,4	30,4	23,5	II-13-2	54,0	45,0	44,1	IA-3-27	111,8	7,8	6,4
CH-4-2	37,7	30,3	25,4	II-13-17	57,0	11,8	12,1	IA-3-18	117,4	8,3	6,5
CH-4-4	22,9	18,9	13,7	II-13-20	58,3	11,1	12,1	IA-3-30	120,8	8,9	6,3

nila rasio K/Na yang cenderung tetap setelah diberi NaCl. Bila terjadi penurunan, tetapi tidak terlalu besar, sedangkan pada putatif mutan somaklon yang bersifat peka terjadi penurunan rasio K/Na yang cukup besar.

Pada putatif mutan somaklon asal varietas Cihorang (CH-30 dan CH-4-2) terjadi penurunan rasio K/Na. Tanpa NaCl nilainya 34,4-37,7 sedangkan pemberian NaCl hingga 150 mM terjadi penurunan menjadi 23,5 dan 25,4. Pada tanaman kontrol dan putatif mutan somaklon yang bersifat peka terjadi penurunan rasio yang cukup besar. Pada tanaman kontrol Cihorang tanpa perlakuan NaCl rasio K/Na adalah 39,3 dan setelah diberi perlakuan NaCl 150mM terjadi penurunan rasio menjadi 9,3.

Pada putatif mutan somaklon asal varietas Inpari 13 yang bersifat toleran seperti II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13, II-13-2, pemberian NaCl hingga 150 mM menurunkan rasio K/Na yang cukup besar. Hal yang sama juga terjadi pada putatif mutan somaklon toleran asal Inpara 3 yaitu IA-3-21.

Tanaman yang toleran kondisi salin memiliki kemampuan menyimpan garam dalam kondisi rendah di tajuk sehingga rasio K/Na pada tajuk (daun) tidak terlalu besar (Martínez-Atienza *et al.* 2007, Khan *et al.* 2009, Soepandi 2014). Dalam penelitian ini, tanaman yang toleran memiliki mekanisme toleransi eksklusi yang mampu menolak ion Na tidak masuk ke dalam jaringan tanaman (Tabel 4).

#### Kalsium (Ca)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan adanya interaksi antara mutan somaklon dengan perlakuan konsentrasi

NaCl yang dikulturkan secara *in vitro* terhadap kadar Ca pada daun padi (Tabel 7). Peningkatan konsentrasi NaCl menurunkan kadar Ca dalam jaringan daun tunas *in vitro*. Pada tanaman yang toleran CH-30 CH-4-2 (putatif mutan somaklon Cihorang), penurunan kadar Ca di daun relatif kecil. Kadar Ca pada media tanpa NaCl berkisar antara 0,049 -0,051%, setelah diberi perlakuan NaCl hingga 150 mM turun menjadi 0,046-0,047%. Pada tanaman kontrol dan putatif mutan somaklon yang bersifat rentan terjadi penurunan nilai Ca yang cukup besar.

Hal yang sama juga terjadi pada putatif mutan somaklon asal Inpari 13 yang bersifat toleran, seperti II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13, II-13-2, dan putatif mutan somaklon asal Inpara 3 yaitu IA-3-21. Pada tanaman kontrol dan mutan peka, penurunan nilai Ca cukup besar. Ca berperan dalam sintesis dinding sel tanaman (Taiz and Zeiger 2006). Membran padi rusak akibat kekurangan Ca dan peningkatan Na mengganggu metabolisme tanaman. Oleh karena itu, tanaman yang mampu mempertahankan kandungan Ca pada jaringan tanaman relatif lebih toleran pada kondisi salin.

#### Magnesium (Mg)

Hasil analisis statistik menunjukkan interaksi antara mutan dan konsentrasi NaCl berpengaruh nyata terhadap kadar Mg pada daun *in vitro*. Perlakuan NaCl (0, 75, 150 mM) pada tanaman toleran mengurangi kadungan Mg pada daun tetapi tidak terlalu besar dan berbeda nyata dengan mutan yang peka hingga moderat. Pada tanaman yang moderat hingga peka

Tabel 7. Kadar kalsium (%) pada daun tiga varietas padi dan putatif mutan somaklon. BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Ciherang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Ciherang	0,051c	0,059bc	0,040d	Inpari 13	0,047d	0,045d	0,044d	Inpara 3	0,060b	0,051c	0,040d
CH -4-1	0,051c	0,049a	0,046d	II-13-42	0,077a	0,060b	0,049d	IA-3-1	0,050c	0,047d	0,040d
CH-4-3	0,044d	0,043d	0,040d	II-13-43	0,070a	0,033e	0,015g	IA-3-3	0,057c	0,053c	0,031e
CH-6-1	0,040d	0,036e	0,030e	II-13-45	0,066b	0,032e	0,016g	IA-3-4	0,052c	0,050c	0,040d
CH-6-2	0,041d	0,039e	0,036e	II-13-1	0,063b	0,031e	0,017g	IA-3-6	0,066b	0,049cd	0,042d
CH-13-1	0,070a	0,039e	0,021f	II-13-4	0,062b	0,030e	0,018g	IA-3-10	0,050c	0,042d	0,033e
CH-13-2	0,069ab	0,059bc	0,041d	II-13-5	0,066b	0,032e	0,015g	IA-3-11	0,060b	0,049cd	0,030e
CH-16-1	0,050c	0,034e	0,029ef	II-13-7	0,077a	0,060b	0,047d	IA-3-13	0,054c	0,047d	0,038e
CH-16-2	0,072a	0,060b	0,042d	II-13-8	0,022f	0,033e	0,046d	IA-3-16	0,061b	0,055c	0,045d
CH-21	0,061b	0,048d	0,031e	II-13-9	0,066b	0,033e	0,015g	IA-3-17	0,072a	0,055c	0,048d
CH-27	0,073a	0,062b	0,044d	II-13-10	0,079a	0,059bc	0,047d	IA-3-20	0,070a	0,051c	0,044d
CH-28	0,038e	0,035e	0,029 ef	II-13-11	0,019g	0,031e	0,040de	IA-3-21	0,072a	0,055c	0,050c
CH-29	0,072a	0,062b	0,063b	II-13-13	0,076a	0,050c	0,044d	IA-3-26	0,068b	0,049cd	0,040d
CH-30	0,051c	0,049d	0,047d	II-13-2	0,075a	0,050c	0,043d	IA-3-27	0,054c	0,048d	0,040d
CH4-2	0,049cd	0,048d	0,046d	II-13-17	0,046d	0,066b	0,083a	IA-3-18	0,048d	0,040d	0,030e
CH4-4	0,041d	0,039e	0,036c	II-13-20	0,066b	0,069b	0,072a	IA-3-30	0,050c	0,043d	0,043d

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak berganda Duncan

Tabel 8. Kadar magnesium (%) pada daun tiga varietas padi dan putatif mutan somaklon. BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Ciherang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Ciherang	0,07c	0,08 c	0,07c	Inpari 13	0,08i	0,076de	0,075d	Inpara 3	0,080e	0,073ef	0,076e
CH -4-1	0,15a	0,03de	0, 03d	II-13-42	0,12bcd	0,11abc	0,099b	IA-3-1	0,079e	0,070fg	0,066f
CH-4-3	0,14a	0,04d	0,03de	II-13-43	0,11def	0,11abc	0,052e	IA-3-3	0,070f	0,073ef	0,076e
CH-6-1	0,15a	0,12b	0,09cd	II-13-45	0,11def	0,10abcd	0,049e	IA-3-4	0,060g	0,071f	0,074e
CH-6-2	0,14a	0,03de	0,03de	II-13-1	0,109def	0,098cde	0,050e	IA-3-6	0,090d	0,080d	0,077de
CH-13-1	0,15a	0,12b	0,09cd	II-13-4	0,107efg	0,092cde	0,049e	IA-3-10	0,062g	0,065g	0,068f
CH-13-2	0,06cd	0,08c	0,07c	II-13-5	0,114de	0,10abcd	0,051e	IA-3-11	0,060g	0,071f	0,074e
CH-16-1	0,15a	0,12b	0,08c	II-13-7	0,128abc	0,11abc	0,09bc	IA-3-13	0,080e	0,072ef	0,075e
CH-16-2	0,07c	0,08 c	0,08 c	II-13-8	0,101fg	0,11abc	0,122a	IA-3-16	0,120b	0,077de	0,080d
CH-21	0,05d	0,03 de	0,02e	II-13-9	0,115cde	0,10abcd	0,053e	IA-3-17	0,118bc	0,117bc	0,116ab
CH-27	0,09bc	0,09bc	0,06cd	II-13-10	0,130ab	0,128ab	0,092c	IA-3-20	0,116bc	0,115bc	0,114bc
CH-28	0,15a	0,12b	0,09bc	II-13-11	0,095gh	0,104abc	0,122a	IA-3-21	0,116bc	0,1116c	0,111c
CH-29	0,06cd	0,08c	0,07c	II-13-13	0,133ab	0,124ab	0,093c	IA-3-26	0,114c	0,113c	0,113bc
CH-30	0,15a	0,15a	0,15a	II-13-2	0,1376a	0,130a	0,09bc	IA-3-27	0,152a	0,120b	0,118a
CH4-2	0,15a	0,14a	0,14b	II-13-17	0,0844hi	0,077de	0,076d	IA-3-18	0,148a	0,126a	0,116ab
CH4-4	0,14a	0,13ab	0,12b	II-13-20	0,081i	0,072e	0,073d	IA-3-30	0,148a	0,126a	0,114bc

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak berganda Duncan

terjadi penurunan kadar Mg cukup besar sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman (Tabel 8).

Peningkatan kadar NaCl pada media kultur secara umum menurunkan kadar Mg pada jaringan daun. Pada tanaman peka, perlakuan NaCl hingga dosis 150 mM menurunkan kadar Mg relatif cukup besar pada daun. Secara umum peningkatan kadar NaCl pada media tanam menurunkan kadar Mg pada jaringan daun. Hal ini juga terjadi pada beberapa genotipe tanaman padi di Malaysia (Hakim *et al.* 2014). Pada putatif mutan

somaklon yang bersifat toleran asal varietas Ciherang (CH-30 dan CH4-2), pemberian NaCl 150 mM cenderung tidak mengurangi kadar Mg.

Pada putatif mutan somaklon asal Inpari 13 (II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13, II-13-2 ) terjadi penurunan kadar Mg pada jaringan daun tetapi tidak terlalu besar. Hal yang sama juga terjadi pada putatif mutan somaklon asal Inpara -3 dimana perlakuan cekaman NaCl menurunkan kadar Mg tetapi tidak terlalu besar.



Tabel 9. Kerapatan stomata pada daun tiga varietas padi dan putatif mutan somaklon. BB Biogen, Bogor, 2015.

Nomor mutan Ciherang	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpari 13	Konsentrasi NaCl (mM)			Nomor mutan Inpara 3	Konsentrasi NaCl (mM)		
	0	75	150		0	75	150		0	75	150
Ciherang	3,719abc	3,649	3,719acb	Inpari 13	4,421a	4,421bc	4,421a	Inpara 3	5,192b	5,193	5,12ab
CH -4-1	3,157g	3,298	3,228cde	II-13-42	3,368f	3,438efg	3,368c	IA-3-1	5,263b	5,123b	5,05ab
CH-4-3	3,43cde	3,439	3,508abc	II-13-43	3,79de	3,719d	3,719b	IA-3-3	5,263b	5,193b	5,12ab
CH-6-1	3,859a	3,789	3,719ab	II-13-45	3,79de	3,789d	3,789b	IA-3-4	5,192b	5,123b	5,05ab
CH-6-2	3,719abc	3,649	3,859a	II-13-1	4,28ab	4,210bc	4b	IA-3-6	5,333b	5,263ab	5,192a
CH-13-1	3,368def	3,368	3,438bc	II-13-4	4,07bc	3,929dc	3,929b	IA-3-10	5,263b	5,193b	5,19ab
CH-13-2	3,649abc	3,789	3,649ab	II-13-5	4cd	3,929dc	3,929b	IA-3-11	5,263b	5,193b	5,12ab
CH-16-1	3,789a	3,789	3,859a	II-13-7	3,368f	3,438efg	3,368c	IA-3-13	5,263b	5,263ab	5,192a
CH-16-2	3,859abc	3,719	3,789a	II-13-8	4,07bc	3,929dc	3,929b	IA-3-16	5,403b	5,333ab	5,122a
CH-21	3,859a	3,860	3,859a	II-13-9	3,719e	3,649d5	3,719b	IA-3-17	4,561d	4,491d	4,491d
CH-27	3,859a	3,789	3,859a	II-13-10	3,298f	3,368fg	3,298c	IA-3-20	4,491d	4,421d	4,421d
CH-28	3,298ef	3,298	3,157ef	II-13-11	3,719e	3,719de	3,719b	IA-3-21	3,859e	3,719e	3,719e
CH-29	3,51bcde	3,368	3,438bcd	II-13-13	3,368f	3,157g	3,157c	IA-3-26	4,701cd	4,631cd	4,631d
CH-30	2,947g	3,018	2,947ef	II-13-2	3,368f	3,368fg	3,298c	IA-3-27	4,842c	4,842c	4,84bc
CH4-2	2,947g	2,947	2,877f	II-13-17	4,491a	4,491a	4,351a	IA-3-18	4,912c	4,842c	4,84bc
CH4-4	3,228efg	3,228	3,228cde	II-13-20	4,351a	4,351ab	4,351a	IA-3-30	5,894a	5,473a	5,263a

Angka selajur dan sebaris yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak berganda Duncan

### (3) Kerapatan stomata daun beberapa tetua padi dan putatif mutan somaklon padi

Kerapatan stomata pada daun tunas *in vitro* terdapat perbedaan antara putatif mutan somaklon dengan tetua ketiga varietas. Hal ini menunjukkan iradiasi sinar gamma dapat mengubah kerapatan stomata pada daun padi. Nomor putatif mutan somaklon asal tanaman Ciherang yaitu CH4-2 dan CH-30 yang toleran terhadap NaCl, memiliki stomata yang tidak rapat dibandingkan varietas lainnya. Hal yang sama juga terlihat pada putatif mutan somaklon varietas Inpari 13, dimana mutan yang bersifat toleran (II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13 II-13-2) mempunyai tingkat kerapatan stomata yang lebih rendah daripada mutan yang peka. Putatif mutan somaklon padi varietas Inpara 3 (IA-3-21) yang bersifat toleran memiliki kerapatan stomata yang rendah dan berbeda dengan mutan Inpari 13 lainnya yang bersifat peka (Tabel 9).

Perbandingan panjang dan lebar stomata memberikan gambaran tentang bentuk stomata. Jika nilainya lebih besar maka bentuk stomata lebih pipih yang mengindikasikan stomata tertutup dan bila perbandingannya lebih kecil menggambarkan bentuk stomata bulat dan mengindikasikan stomata membuka.

Hasil analisis statistik menunjukkan interaksi antara nomor-nomor mutan dan konsentrasi NaCl berpengaruh nyata pada tanaman padi asal varietas Ciherang dan Inpara 3 tetapi tidak nyata pada mutan Inpari 13. Putatif mutan somaklon yang bersifat toleran asal varietas Ciherang (CH-30 dan CH4-2) memiliki nilai perbandingan panjang dan lebar stomata yang lebih

tinggi daripada tanaman asal dan putatif mutan somaklon lainnya. Begitu juga putatif mutan somaklon asal varietas Inpari 13 (II-13-42, II-13-7, II-13-10, II-13-13 II-13-2) dan putatif mutan somaklon Inpara 3 (IA-3-21). Dari data ini diketahui tanaman yang bersifat toleran memiliki bentuk stomata yang lebih lebar dan pipih (lebih menutup) sehingga terjadi penurunan transpirasi.

Menurunnya tingkat kerapatan dan meningkatnya nilai perbandingan panjang dan lebar stomata pada tanaman toleran merupakan salah satu bentuk mekanisme toleransi tanaman untuk mempertahankan sel dari transpirasi yang tinggi. Kerapatan stomata yang lebih rendah dapat mencegah transpirasi yang lebih besar, sehingga kehilangan air yang berlebihan pada jaringan tanaman dapat ditekan. Semakin banyak stomata pada daun atau semakin tinggi kerapatan stomata berarti semakin banyak ruang pada daun yang dapat melepaskan air ke atmosfer. Hasil penelitian ini menunjukkan somaklon yang toleran umumnya mempunyai struktur dan kerapatan stomata yang lebih rendah dibandingkan dengan nomor putatif somaklon yang peka.

### KESIMPULAN

Respons masing-masing putatif mutan terhadap cekaman garam (NaCl) bervariasi, sesuai dengan tingkat toleransi masing-masing putatif mutan terhadap salinitas. Pada saat berumur 14 hari pada media kultur, putatif mutan somaklon yang bersifat toleran terhadap NaCl memiliki kadar prolin yang lebih tinggi, kadar Na

daun lebih rendah tetapi kadar K, Mg, dan Ca pada daun cenderung tetap, tingkat kerapatan stomata lebih rendah dan perbandingan panjang dan lebar stomata lebih besar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M., M. R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* 59: 206-216.
- Bing, L., B. C. Zhao, Y. Z. Shen, Z. J. Huang, R. C. Ge, 2008. Progress of study on salt tolerance and salt tolerant related genes in plant. *Journal of Hebei Normal University/ Natural Science Edition.* 32(2): 243-248.
- Cha-um, S., C. Kirdmanee. 2009. Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum ofû cinarum* L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deû cit stress. *Agric. Sci. China* 8:51-58.
- Chutipaijit, S., S. Cha-um, K. Sompornpailin. 2009. Diferential accumulations of proline and flavonoids in indica rice varieties against salinity. *Pak. J. Bot.* 41(5): 2497-2506.
- Clemente, R. M. P., A. Montoliu, S. I. Zandalinas, C. Ollas, A. G. Cadenas. 2012. Carrizo citrange Plants Do Not Require the Presence of Roots to Modulate the Response to Osmotic Stress. *The Scientific World Journal* 20(12):1-13.
- Food and Agricultural Organization (FAO) of United Nations. 2005. Panduan lapang untuk diketahui tentang dampak air laut pada lahan pertanian di Propinsi NAD. FAO. 20 hal.
- Greorio, G. B., D. Senadhira, R. D. Mendoza. 1997. Screening rice for salinity tolerance. *IRRI.* 33p
- Hakim, M. A., A. S. Jaraimi, M. Begum, M. M. Hanafi, M. R. Ismail, A. Selamat. 2012 Effect of Salt stress on Germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L). *African Journal of Biotechnology* 9(13):1911-1918.
- Khan, M.A., M.U. Shirazi, Muhammad Ali Khan, S.M. Mujtaba, E. Islam, S. Mumtaz, A. Shereen, R.U. Ansari And M. Yasin Ashraf. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot.* 41(2): 633-638.
- Marschner, P. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Third Edition. Elsevier. 649 p.
- Martýnez-Atienza, J., X. Jiang, B. Garcíadeblas, I. Mendoza, J. Zhu, J. M. Pardo, F. J. Quintero. 2007. Conservation of the salt overly sensitive pathway in rice. *Plant Physiol.* 143(2):1001-1012.
- Matsushita, M., T. Matoh. 2006. Characterization of Na<sup>+</sup> exclusion mechanisms of salt-tolerant reed plants in comparison with salt-sensitive rice plants. *Hysiolgia Plantarum* 83(1):170-176.
- Shanthi P, Jebaraj S, S Geetha S. 2010. In vitro screening for salt tolerance in Rice (*Oryza sativa*). *Electronic Journal of Plant Breeding* 1(4): 1208-1212.
- Shereen, A., R. U. Ansari, S. Yamin, S. Raza, S. Mumtaz, M. A. Khan, S. M. Mujtaba. 2007. Physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) to saline stress. *Pak. J. Bot.* 39: 2527-2534.
- Song J Y., D. S. Kim, M. C. Lee, J. B. Kim, B. K. Ha, S. J. Yun, S. Y. Karng. 2012. Physiological characterization of gamma-ray salt tolerant rice mutants. *AJCS.* 6(3):421-429.
- Sopandje, D. 2014. *Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika.* Bogor. Indonesia. IPB press. 228p.
- Taiz, L., E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology.* 4th ed, sinauer Associates, Inc. Publishers, Massachusetts. 320p.
- Tavakkoli, E., F. Fatehi, S. Coventry, P. Rengasamy, G. K. McDonald. 2011. Additive effects of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions on barley growth under salinity stress. *J. Ex. Bot.* 62(6):2189-2203.
- Turan, M.A., A. H. A. Elkarim, N. Taban, S. Taban. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. *African Journal of Agricultural Research* 4(9): 893-897.
- Turan, M.A., N. Türkmen, N. Taban. 2007. Effect of NaCl on stomatal resistance and proline, chlorophyll, Na, Cl and K concentrations of lentil plants *J. Agron.* 6: 378-381.