

RESPON PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI SENYAWA OSMOREGULATOR LIMA VARIETAS SORGUM TERHADAP CEKAMAN SALINITAS

The Growth Response and Production of Osmoregulatory Compounds of Five Different Sorghum Varieties Exposed to Salinity Stress

Laras Sekar Arum¹, Hidayah Murtiyaningsih^{1*}, Muhammad Hazmi¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No.49, Jember, Jawa Timur

Alamat korespondensi: *hidayahmurtiyaningsih@unmuhjember.ac.id

ABSTRAK

Sorghum merupakan tanaman serealia dengan kandungan karbohidrat yang cukup tinggi dan sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku tepung terigu, gula cair, dan bahan bioetanol. Salinitas merupakan cekaman abiotik utama yang mendominasi lahan marginal dan berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Prolin dan gula merupakan senyawa osmoregulator yang diproduksi tanaman sebagai mekanisme ketahanan terhadap cekaman salinitas. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 2 faktor, yaitu varietas sorgum (Bioguma-1, Bioguma-3, Demak, Numbu, dan Suri-4) dan perlakuan salinitas dengan pemberian larutan NaCl (0, 50, dan 100 mM). Karakter morfologi, kandungan prolin, total karbohidrat, gula terlarut, dan sukrosa diidentifikasi untuk mengetahui respon tanaman sorgum terhadap perlakuan cekaman salinitas tersebut. Hasil penelitian menunjukkan cekaman salinitas dapat menekan tinggi tanaman hingga 60,46% dan berat basah hingga 40,39%. Sebaliknya kandungan prolin, total karbohidrat, gula terlarut, dan sukrosa meningkat secara signifikan. Dari beberapa varietas sorgum tersebut, Numbu menunjukkan potensi yang cukup besar untuk dapat tumbuh dengan baik di lahan salin dengan kemampuan memproduksi gula yang cukup tinggi.

Kata kunci: sorgum, salinitas, prolin, gula

ABSTRACT

Sorghum is a cereal crop with a fairly high carbohydrate content that has the high potentials to be used as raw material for wheat flour, liquid sugar, and bioethanol. Salinity is the main abiotic stress that dominates marginal land and has a negative impact on plant growth and production. Proline and sugar are osmoregulatory compounds produced by plants as a mechanism of resistance to salinity stress. This study used a completely randomized design with 2 factors, namely varieties of sorghum (Bioguma-1, Bioguma-3, Demak, Numbu, and Suri-4) and salinity treatments induced by NaCl (0, 50, and 100 mM). Morphological characters, proline content, total carbohydrates, soluble sugars, and sucrose were identified to determine the response of sorghum exposed with salinity stress. The results showed that salinity stress could suppress plant height up to 60.46% and wet weight up to 40.39%. In contrary, the proline content, total carbohydrate, soluble sugar, and sucrose were increased significantly. It was found that Numbu shows considerable potential to be able to grow well in saline land with high sugar production capability, compared with other varieties used in this experiment.

Keywords: sorghum seedling, salinity, proline, sugar

PENDAHULUAN

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman serealia yang berasal dari benua Afrika dan Asia. Sorghum memiliki kandungan karbohidrat tinggi yaitu sebesar 80% yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku tepung, gula cair dan bioetanol. Di Indonesia tanaman sorgum

belum banyak dibudidayakan meskipun tanaman sorgum memiliki potensi yang tinggi selain padi dan jagung, sebagai sumber pangan, pakan, dan bioenergi. Terlebih lagi, sorgum diketahui memiliki kemampuan toleran terhadap cekaman abiotik, sehingga cocok dijadikan sebagai komoditas tanaman yang dapat

dibudidayakan di lahan-lahan marginal. Menurut Rao et al. (2015) sorgum toleran pada suhu tinggi dan kekeringan sehingga sorgum dianggap sebagai salah satu tanaman yang paling sukses dibudidayakan di daerah semi kering di Afrika dan Asia.

Lahan marginal ditandai dengan kondisi di sekitar lahan budidaya yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga mengakibatkan tanaman tercekam. Salinitas merupakan salah satu kondisi lahan marginal utama yang dapat mengakibatkan kehilangan hasil pada tanaman (Shelden & Roessner, 2013). Menurut BBPPSL (2006), teridentifikasi luasan lahan salindi Indonesia yaitu sekitar 0.44 juta hektar, yang mana disebutkan oleh Sukarman et al., (2018) bahwa terdapat kurang lebih 12 juta hektar yang rentan mengalami salinisasi.

Tanaman yang memiliki kemampuan toleransi terhadap cekaman abiotik akan membentuk mekanisme ketahanan mulai dari tingkat molekuler, biokimia, fisiologi, pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Pinheiro & Chaves, 2011). Kemampuan tanaman toleran terhadap cekaman salinitas dihasilkan oleh mekanisme yang kompleks termasuk jalur pengiriman sinyal di dalam sel untuk membangun homeostasis seluler (Golldack et al., 2014). Salah satu respon ketahanan tersebut yaitu dengan

meningkatkan produksi senyawa osmoregulator seperti prolin dan gula.

Prolin disintesis sebagai senyawa yang dapat menjaga tanaman tetap mempertahankan turgor sel. Akumulasi prolin merupakan akibat dari peningkatan asam amino bebas ketika tanaman berada pada lingkungan stress, termasuk salinitas (El Moukhtari et al., 2020). Rahnesan et al. (2018) mengemukakan bahwa pada berbagai jenis tanaman, telah diketahui bahwa prolin dan gula terlarut diproduksi lebih tinggi sebagai osmoprotektan yang dapat melindungi sel terhadap dampak negatif akibat cekaman salinitas. Pada tanaman padi yang ditumbuhkan pada kondisi cekaman salinitas, konsentrasi total gula terlarut meningkat secara signifikan (Nemati et al., 2011).

Respon ketahanan dan jumlah produksi gula dipengaruhi oleh jenis tanaman atau varietas serta tingkat dan jenis cekaman. Saat ini beberapa varietas sorgum telah dikembangkan, namun kemampuan toleransinya terhadap cekaman salinitas dan hubungannya dengan produksi prolin serta gula sebagai senyawa osmoregulator, belum banyak dipelajari. Tahap perkecambahan dan awal pembibitan merupakan fase pertumbuhan kritis dan sensitif terhadap kondisi cekaman. Pada beberapa penelitian-penelitian sebelumnya skirining kemampuan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik dilakukan banyak

dilakukan pada tahap perkecambahan atau awal pembibitan. Heenan et al., (1988) menyebutkan bahwa perkecambahan merupakan tahap awal dalam suatu siklus tanaman, yang sangat sensitif. Cekaman salinitas pada fase perkecambahan merupakan titik kritis tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang, sehingga tepat untuk dilakukan identifikasi kemampuan toleransi tanaman pada kondisi tersebut (Wu et al., 2019). Farid et al., (2021) juga menyebutkan bahwa skrining pada fase perkecambahan dan fase awal vegetative tanaman merupakan metode yang cepat dan digunakan secara luas dalam upaya skrining toleransi tanaman padi terhadap kondisi salin pada kebanyakan spesies. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa periode ini sangat tepat untuk mengevaluasi respon dan melakukan skrining dalam mendapatkan kandidat tanaman yang toleran terhadap cekaman salinitas (Hakim et al., 2010; Keshavarizi & Mohammed, 2012).

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan produksi senyawa osmoregulator beberapa varietas sorgum terhadap cekaman salinitas pada fase awal pertumbuhan. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan untuk melakukan skrining awal dan cepat untuk menemukan kandidat varietas sorgum yang dapat dibudidayakan dengan baik serta potensi produksi gulanya di lahan salin.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Jember dan Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember, Jember, Jawa Timur pada bulan Januari sampai Juli 2020. Benih sorgum yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari Kelompok Tani mitra Dinas Pertanian Kabupaten Lamongan Balai Besar Penelitian (varietas Demak, Numbu, dan Suri-4) dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen) Indonesia (varietas Bioguma-1 dan Bioguma-3

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari 2 Faktor. Faktor pertama adalah varietas sorgum yang terdiri dari 5 taraf yaitu Bioguma-1, Bioguma-3, Demak, Numbu, dan Suri-4. Faktor kedua adalah perlakuan salinitas dengan pemberian larutan NaCl yang terdiri dari tiga taraf, yaitu NaCl 0 (kontrol), 50, dan 100 mM dengan daya hantar listrik larutan setara dengan 0,01, 3,33, dan 6,72 dS/m, sehingga terdapat 15 kombinasi perlakuan yang masing-masing disertai dengan 3 ulangan. Benih disterilisasi menggunakan larutan kloroks 10% dan alkohol 70%, sebelum dikecambahkan yang kemudian dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali dan direndam selama 24 jam. Benih dikecambahkan di dalam botol kaca yang

telah diberi lapisan kapas dan kertas saring (*whatman*) sebagai media tanam. Selanjutnya media disiram secara periodik dengan atau tanpa larutan NaCl sesuai dengan perlakuan, untuk kontrol disiram dengan menggunakan akuades. Pada hari ke-6 setelah tanam dilakukan pengambilan data pertumbuhan (tinggi tanaman, panjang akar, dan berat basah) dan sampel untuk pengujian kandungan prolin, karbohidrat, gula terlarut, dan sukrosa.

Pengujian Kandungan Prolin

Kandungan prolin pada tanaman sorgum setelah perlakuan salinitas dianalisis sesuai dengan metode Bates et al. (1973) yaitu dengan menghomogenkan sampel tanaman sebanyak 0.1 g dalam 2 ml larutan 3% asam sulfosalisilat. Ekstrak yang didapat disentrifugasi selama 15 menit, supernatan yang didapat digunakan untuk pengujian. Sebanyak 1 ml asam asetat glasial dan 1 ml ninhydrin ditambahkan ke dalam 1 ml supernatant, kemudian dipanaskan selama 1 jam. Reaksi dihentikan dengan meletakkan sampel yang telah dipanaskan, ke dalam suhu dingin. Selanjutnya 2 ml toluene ditambahkan ke dalam sampel tersebut, lalu dihomogenkan. Absorbansi sampel dibaca pada panjang gelombang 520nm. Jumlah prolin dikalkulasi dengan menggunakan kurva standar prolin.

Pengujian Kandungan Karbohidrat Total

Analisis kandungan total karbohidrat dilakukan dengan menggunakan metode anthrone sebagaimana yang dipublikasikan oleh Hedge & Hofreiter, (1962) yaitu dengan menghidrolisis 0.1 g sampel tanaman sorgum dalam 5ml larutan HCL 2.5M, yang kemudian dipanaskan selama 3 jam. Setelah dipanaskan, sampel tersebut didinginkan pada suhu ruang dan kemudian dinetralkan dengan sodium karbonat hingga tidak terdapat buih. Selanjutnya ditambahkan dengan akuades hingga volume mencapai 100ml dan kemudian disentrifugasi. Sebanyak 1 ml supernatan yang didapat, ditambahkan dengan 4ml reagen 0.2% anthrone (dilarutkan dalam 95% asam sulfat dingin), kemudian dipanaskan dalam air mendidih selama 8 menit. Selanjutnya didinginkan dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 630nm. Jumlah total karbohidrat dikalkulasi dengan menggunakan kurva standar glukosa.

Pengujian Kandungan Gula Terlarut dan Sukrosa

Untuk analisis kandungan total gula terlarut dan sukrosa, sebanyak 0.5 g sampel tanaman sorgum diekstraksi menggunakan 10 ml akuades. Selanjutnya dipanaskan selama satu jam dan kemudian disaring untuk didapatkan ekstraknya. Untuk pengukuran total gula terlarut, sebanyak

0.5ml ekstrak ditambahkan dengan 0.5ml reagen anthrone (2%), 5 ml 98% H₂SO₄, dan 1.5 ml akuades. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 menit, didinginkan pada suhu ruang, kemudian absorbansi diukur pada panjang gelombang 630 nm. Jumlah gula terlarut dikalkulasi dengan menggunakan kurva standar sukrosa (Li, 2000).

Untuk pengujian kandungan sukrosa dilakukan dengan menambahkan 100 µL sampel ke dalam 250 µL 0.1% resorsinol dan 750 µL 30% HCl. Selanjutnya larutan tersebut dipanaskan pada suhu 80°C selama 8 menit. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 520 nm dan kandungan sukrosa dikalkulasi dengan menggunakan kurva standar sukrosa (Zhu et al., 2018).

Analisis Data

Data hasil pengamatan dan pengujian selanjutnya diolah menggunakan analisis sidik ragam. Jika terdapat beda yang nyata, data dianalisis dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada $p=0.05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

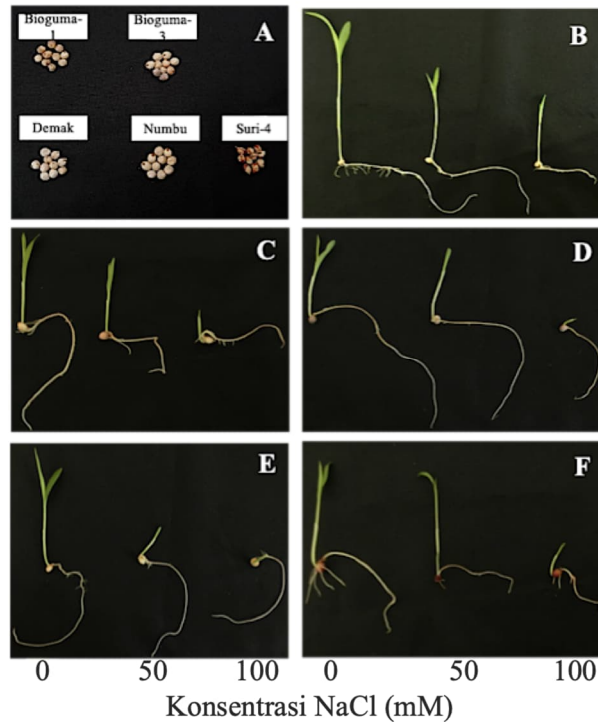
Salinitas memberikan dampak terhadap pertumbuhan dan produksi prolin serta gula sebagai senyawa osmoregulator yang berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman terhadap cekaman. Penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi respon dan kemampuan ketahanan tanaman sorgum dari lima varietas yang berbeda (Bioguma

1, Bioguma 3, Demak, Numbu, dan Suri-4) terhadap cekaman salinitas berdasarkan tingkat produksi senyawa osmoregulator seperti prolin dan gula. Pada Gambar 1, secara morfologi terlihat bahwa salinitas dengan pemberian NaCl 50 dan 100 mM dapat menghambat pertumbuhan tanaman sorgum pada semua varietas, ditandai dengan perbedaan tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan.

Pertumbuhan Tanaman Sorgum

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 1), diketahui bahwa terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan NaCl dan varietas sorgum yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pada parameter tinggi tanaman, kandungan prolin, karbohidrat total, gula terlarut, dan sukrosa. Perlakuan varietas dan NaCl berpengaruh nyata pada berat basah sorgum tanpa diikuti dengan interaksi dari kedua faktor tersebut. Sedangkan pada parameter panjang akar, tidak terdapat perbedaan nyata.

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan NaCl dengan konsentrasi 50 dan 100 mM mengakibatkan penghambatan pertumbuhan pada lima varietas sorgum yang digunakan dalam penelitian ini. Perlakuan NaCl 100 mM mengakibatkan penghambatan tinggi tanaman sorgum yang lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan 50 mM. Penghambatan tersebut dapat dilihat dari penurunan nilai tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan.



Gambar 1. Morfologi lima varietas tanaman sorgum pada 6 hari setelah perlakuan perlakuan salinitas (NaCl). A) Kenampakan benih 5 varietas sorgum; B) varietas Bioguma-1; C) varietas Bioguma 3; D) varietas Demak; E) varietas Numbu; dan F) varietas Suri.

Tabel 1. Hasil analisis sidik ragam pada seluruh parameter pengamatan

| Parameter | Varietas | Notasi | |
|-------------------|----------|--------|-----------------|
| | | NaCl | Varietas x NaCl |
| Tinggi tanaman | ** | ** | * |
| Panjang akar | tn | tn | tn |
| Berat basah | ** | ** | tn |
| Kandungan prolin | ** | ** | ** |
| Karbohidrat total | ** | ** | ** |
| Gula terlarut | ** | ** | ** |
| Sukrosa | ** | ** | ** |

Keterangan: * = berbeda nyata pada $p=0.05$; ** = berbeda sangat nyata $p=0.01$; tn Tidak berbeda nyata.

Tabel 2. Pengaruh interaksi varietas dan konsentrasi NaCl terhadap tinggi tanaman sorgum (cm)

| Varietas | NaCl (mM) | | | Rata-rata |
|-----------|-----------|----------|---------|-----------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Bioguma 1 | 9,57 fgh | 6,97 d | 4,90 c | 7,14 bc |
| Bioguma 3 | 9,40 efgh | 8,07 de | 2,77 ab | 6,74 ab |
| Demak | 8,37 def | 7,97 def | 1,60 a | 5,98 a |
| Numbu | 10,63 gh | 6,77 d | 1,60 a | 6,33 ab |
| Suri-4 | 10,90 h | 9,03 efg | 3,70 bc | 7,87 c |
| Rata-rata | 9,77 a | 7,76 b | 2,91 c | (+) |

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut uji lanjut Duncan pada $p=0.05$. Tanda (+) menunjukkan adanya interaksi dari kedua faktor.

Tabel 3. Pengaruh varietas dan NaCl terhadap berat tanaman sorgum

| Perlakuan | | Berat basah total (mg) | |
|--------------|-----------|------------------------|----|
| Varietas | Bioguma 1 | 21,43 | a |
| | Bioguma 3 | 20,23 | c |
| | Demak | 17,93 | ab |
| | Numbu | 19,00 | bc |
| | Suri-4 | 23,6 | a |
| NaCl (mM) | 0 | 120,00 | c |
| | 50 | 92,53 | b |
| | 100 | 71,53 | a |

Keterangan: angka merupakan nilai rata-rata dari masing-masing perlakuan yang diikuti dengan notasi dari uji lanjut Duncan pada $p=0.05$. Huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata.

Rata-rata persentase penurunan tinggi tanaman pada perlakuan 50 mM untuk kelima varietas tersebut adalah sebesar 19.91% dan 60.46% untuk perlakuan NaCl 100 mM, dibandingkan dengan perlakuan kontrol (NaCl 0 mM). Persentase penghambatan tinggi tanaman yang sangat besar ditemukan pada varietas Demak dengan perlakuan 100 mM, yaitu sebesar 84.95% dibandingkan dengan kontrol.

Pada parameter berat basah, perbedaan varietas menunjukkan keragaman respon terhadap perlakuan NaCl yang cukup signifikan (Tabel 3). Varietas suri menunjukkan berat basah total yang lebih besar dibandingkan jenis varietas lainnya, sedangkan varietas Suri-4 menunjukkan nilai yang paling rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan genetik pada masing-masing varietas dapat mempengaruhi mekanisme respon ketahanan terhadap cekaman salinitas. Semakin tinggi konsentrasi NaCl yang diberikan, menunjukkan penurunan berat

basah yang sangat signifikan dibandingkan dengan kontrol (tanpa pemberian NaCl). Perlakuan NaCl 50 mM dapat menurunkan berat basah total hingga 22.70%, sedangkan NaCl 100mM dapat menurunkan hingga 40.39%, dibandingkan dengan kontrol.

Munns & Tester (2008) menyatakan bahwa tingginya konsentrasi garam di luar sel mengakibatkan terjadinya cekaman osmotik, toksisitas ion akibat tingginya ion Na^+ dan Cl^- di dalam sitosol berdampak pada keseluruhan tanaman mengingat ion dapat berpindah ke bagian atas (*shoot*) melalui proses transpirasi. Dalam penelitiannya, Chaitanya et al. (2014) menyatakan bahwa cekaman abiotik, termasuk salinitas dapat mengakibatkan penurunan potensial air di dalam tanah yang berdampak pada penghambatan penyerapan air oleh tanaman, hal ini dapat berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan sel, pertumbuhan akar dan tunas, serta mengakibatkan penghambatan pemanjangan sel serta mereduksi proses

sintesis dinding sel. Hal yang serupa juga ditemukan pada penelitian Saddiq et al., (2019), bahwa meningkatnya tingkat cekaman salinitas menyebabkan penurunan pada tinggi, berat basah maupun berat kering tanaman, terutama pada fase awal pertumbuhan bibit.

Kandungan Prolin

Prolin merupakan salah satu senyawa osmolit yang menunjukkan respon adaptasi fisiologis pada tanaman yang tercekam salinitas. Terdapat interaksi yang sangat signifikan antara jenis varietas dengan perlakuan konsentrasi NaCl terhadap kandungan prolin tanaman sorgum (Tabel 4). Pemberian larutan NaCl 50 dan 100 mM mengalami peningkatan baik pada varietas Bioguma-1, Bioguma-3, Demak, Numbu, dan Suri-4 jika dibandingkan dengan kontrol. Pada perlakuan 50 mM NaCl kandungan prolin pada tanaman kelima varietas sorgum tersebut rata-rata mengalami peningkatan sebesar 118.40% dan 216.96% pada perlakuan 100 mM

NaCl. Peningkatan kandungan prolin paling besar ditemukan pada varietas Bioguma-1 dengan perlakuan 100mM NaCl, yaitu sebesar 345.92%. Peningkatan konsentrasi NaCl, hingga 100 mM diikuti dengan peningkatan kandungan prolin pada kelima varietas sorgum tersebut.

Peningkatan prolin ini menunjukkan adanya mekanisme pertahanan pada tanaman sorgum yang juga menjadi salah satu indikasi kemampuan toleransi terhadap cekaman salinitas. Senyawa ini merupakan salah satu mekanisme pertahanan tanaman terhadap cekaman abiotik, sebagai osmoregulator. Tingginya sodium dan klorin menstimulus produksi prolin (Pro) yang berperan sebagai osmoregulator dan buffer dalam mempertahankan turgor sel (Meriem, 2020). Singh et al. (2015) menyatakan bahwa pada tingkat cekaman yang berat, tanaman akan mengakumulasi senyawa osmoprotektan pada jumlah tinggi, yang kemudian digunakan untuk melindungi tanaman dengan membangun

Tabel 4 Pengaruh interaksi varietas dan konsentrasi NaCl terhadap kandungan prolin

| Varietas | NaCl (mM) | | | Rata-rata |
|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Bioguma 1 | 1,96 a | 7,27 d | 8,73 e | 5,99 a |
| Bioguma 3 | 7,23 d | 17,50 i | 31,29 k | 18,68 e |
| Demak | 7,32 d | 7,05 d | 13,81 h | 9,39 c |
| Numbu | 6,09 c | 11,77 f | 17,76 j | 11,87 d |
| Suri-4 | 5,11 b | 5,95 c | 12,49 g | 7,85 b |
| Rata-rata | 5,54 a | 9,91 b | 16,82 c | (+) |

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut uji lanjut Duncan pada $p=0,05$. Tanda (+) menunjukkan adanya interaksi dari kedua faktor.

keseimbangan osmotik di dalam sel. Pada penelitian sebelumnya, Kishor & Sreenivasulu (2014) menyatakan bahwa prolin merupakan senyawa yang juga dapat membantu suplai energi bagi tanaman pada saat masa *recovery* setelah mengalami cekaman.

Karbohidrat total, gula terlarut, dan sukrosa

Selain prolin, gula juga merupakan senyawa osmolit yang juga berperan sebagai salah satu indikator respon adaptasi tanaman toleran terhadap cekaman salinitas. Pada penelitian Parida et al. (2002), diketahui bahwa karbohidrat seperti gula dan pati diproduksi dalam jumlah yang lebih besar saat tanaman mengalami cekaman salinitas, yang berperan dalam menjaga keseimbangan osmosis, akumulasi karbon, dan penghambatan radikal bebas. Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa peranan karbohidrat termasuk gula turunannya menjadi sangat penting untuk dipelajari dalam mekanisme toleransi tanaman terhadap cekaman salinitas.

Perlakuan pemberian NaCl 50 dan 100 mM dapat menginduksi peningkatan kandungan total karbohidrat (Tabel 5), gula terlarut (Tabel 6), dan sukrosa (Tabel 7) jika dibandingkan dengan kontrol (0 mM NaCl). Kandungan total karbohidrat pada sorgum varietas Bioguma-1, Bioguma-3, Demak,

Numbu, dan Suri-4 mengalami peningkatan yang signifikan pada perlakuan 50 dan 100 mM NaCl. Pada perlakuan 50 mM NaCl, rata-rata kandungan total karbohidrat adalah sebesar 142.44% dan 259.71% pada perlakuan 100 mM NaCl, jika dibandingkan dengan control (0 mM NaCl). Diketahui bahwa, dari kelima varietas tersebut, peningkatan karbohidrat total paling besar ditemukan pada varietas Numbu. Untuk kandungan gula terlarut, peningkatan rata-rata dari kelima varietas tersebut yaitu sebesar 126.17% dan 248.99% untuk perlakuan 50 dan 100 mM. terjadi peningkatan yang signifikan antara perlakuan 0, 50, dan 100 mM NaCl. Peningkatan kandungan gula terlarut paling besar ditunjukkan pada perlakuan 100 mM NaCl varietas Numbu. Linear dengan kandungan total karbohidrat dan gula terlarut, sukrosa yang merupakan komponen dari gula terlarut, juga mengalami peningkatan seiring dengan tingginya konsentrasi NaCl yang diberikan pada kelima varietas sorgum. Rata-rata peningkatan sukrosa pada perlakuan 50 mM adalah sebesar 147.77% dan 456.70% pada perlakuan 100 mM NaCl. Adapun peningkatan kandungan sukrosa tertinggi ditemukan pada varietas Suri-4 dan Numbu, dengan perlakuan 100 mM NaCl.

Tabel 5. Pengaruh interaksi varietas dan konsentrasi NaCl terhadap kandungan karbohidra total

| Varietas | NaCl (mM) | | | Rata-rata |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Bioguma 1 | 52,03 a | 134,02 b | 200,13 e | 128,73 a |
| Bioguma 3 | 147,37 c | 162,63 d | 468,37 j | 259,46 e |
| Demak | 202,16 e | 171,40 d | 324,84 h | 232,80 c |
| Numbu | 43,76 a | 216,02 f | 341,88 i | 200,55 b |
| Suri-4 | 197,71 e | 213,99 f | 304,76 g | 238,82 d |
| Rata-rata | 128,61 a | 179,61 b | 327,99 c | (+) |

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut uji lanjut Duncan pada $p=0,05$. Tanda (+) menunjukkan adanya interaksi dari kedua faktor.

Tabel 6. Pengaruh interaksi varietas dan konsentrasi NaCl terhadap kandungan gula terlarut

| Varietas | NaCl (mM) | | | Rata-rata |
|-----------|-----------|---------|---------|-----------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Bioguma 1 | 4,74 d | 8,69 g | 13,85 i | 9,09 d |
| Bioguma 3 | 2,99 b | 5,36 d | 6,85 e | 5,07 b |
| Demak | 2,36 b | 4,03 c | 3,94 c | 3,44 a |
| Numbu | 4,06 c | 10,84 h | 22,78 j | 12,56 e |
| Suri-4 | 1,66 a | 6,85 e | 7,77 f | 5,43 c |
| Rata-rata | 3,16 a | 7,15 b | 11,04 c | (+) |

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut uji lanjut Duncan pada $p=0,05$. Tanda (+) menunjukkan adanya interaksi dari kedua faktor.

Tabel 7 .Pengaruh interaksi varietas dan konsentrasi NaCl terhadap kandungan sukrosa

| Varietas | NaCl (mM) | | | Rata-rata |
|-----------|-----------|--------|--------|-----------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Bioguma 1 | 0,60 b | 3,23 g | 5,18 h | 3,00 c |
| Bioguma 3 | 1,65 d | 1,61 d | 3,17 g | 2,14 b |
| Demak | 0,25 ab | 1,22 c | 2,00 e | 1,16 a |
| Numbu | 0,20 a | 0,99 c | 4,95 h | 2,05 b |
| Suri-4 | 0,41 ab | 2,72 f | 6,73 i | 3,29 d |
| Rata-rata | 0,62 a | 1,96 b | 4,40 c | (+) |

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama, menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut uji lanjut Duncan pada $p=0,05$. Tanda (+) menunjukkan adanya interaksi dari kedua faktor.

Karbohidrat total tersusun atas beberapa komponen, termasuk di dalamnya adalah pati dan gula terlarut. Pada kondisi tertentu, karbohidrat juga berperan dalam mengontrol transkripsi, paska-transkripsi, dan paska-translasi pada tahap pengiriman

sinyal untuk membentuk mekanisme ketahanan terhadap cekaman lingkungan (Muller et al., 2011). Sukrosa menjadi salah satu jenis gula yang sangat berperan dalam mekanisme ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik. Dalam mekanismenya,

tanaman akan melakukan re-mobilisasi pati untuk melepas energi, gula, dan derivasi metabolit lainnya sebagai bentuk mitigasi terhadap cekaman. Proses tersebut berimplikasi pada produktivitas tanaman pada kondisi lingkungan yang tercekam (Thalman & Santelia, 2017). Pada kondisi tanaman menghadapi cekaman salinitas, gula menjadi regulator utama yang berperan dalam memfasilitasi berbagai proses fisiologis dalam jaringan tanaman, termasuk proses fotosintesis, perkecambahan biji, pembungaan, penuaan, dan beberapa metabolisme lainnya. Gula berinteraksi dengan biosintesis beberapa fitohormon, dalam mekanisme respon fisiologis pada kondisi tercekam. Peningkatan kandungan gula pada tanaman, bergantung pula pada tingginya level cekaman yang dialami tanaman (Sami et al., 2016).

Peningkatan kandungan karbohidrat pada semua varietas sorgum dengan perlakuan NaCl 50 maupun 100 mM, diikuti dengan peningkatan gula terlarut dan sukrosa dengan sangat signifikan. Gula terlarut merupakan komponen utama dalam membentuk struktur karbohidrat dan juga sifatnya sangat peka terhadap paparan cekaman abiotik (Fu et al., 2010). Pada beberapa kultivar padi yang terpapar cekaman salinitas juga telah diketahui bahwa kandungan gula terlarutnya mengalami peningkatan yang sangat tinggi,

terutama di bagian tunas. Gula terlarut tersebut berperan dalam mekanisme pertahanan diri tanaman untuk menghindari kematian sel dengan menjaga keseimbangan potensial osmotik agar tanaman tetap dapat tumbuh dengan optimal (Nemati et al., 2011). Sukrosa dapat dikatakan sebagai metabolit utama yang berperan dalam metabolisme tanaman. Li et al. (2020) menyatakan bahwa sukrosa merupakan disakarida penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, mekanisme pengiriman sinyal serta menjaga keseimbangan sel pada saat terpapar cekaman. Pembentukan sukrosa pada proses perkecambahan biji juga berkaitan dengan mekanisme pertahanan tanaman pada saat kondisi tercekam dengan berperan aktif dalam proses pengaturan potensial osmotik dan proses keseimbangan osmotik jaringan (Sami et al., 2016).

KESIMPULAN

Cekaman salinitas dengan pemberian NaCl 50 dan 100 mM mengakibatkan penghambatan pertumbuhan tanaman sorgum varietas Bioguma-1, Bioguma-3, Demak, Numbu, Suri-4. Sebaliknya, kandungan prolin, karbohidrat, gula terlarut, dan sukrosa pada semua varietas mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Dari hasil skrining fase awal pertumbuhan didapatkan bahwa Varietas Numbu potensial untuk dikembangkan di

lahan-lahan salin dengan produksi gula yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Jember yang telah membantu mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205–207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. (2006). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Bogor.
- Chaitanya, K. V., Krishna, C. R., Ramana, G. V., & Beebi, S. K. (2014). Salinity stress and sustainable agriculture-A review. *Agricultural Reviews*, 35(1), 34-41. <https://doi.org/10.5958/j.0976-0741.35.1.004>.
- El Moukhtari, A., Cabassa-Hourton, C., Farissi, M., & Savouré, A. (2020). How does proline treatment promote salt stress tolerance during crop plant development? *Frontiers in Plant Science*, 11, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01127>.
- Farid, Muh, Anshori, Muhammad Fuad, Musa, Yunus, Iswoyo, Hari, & Sakinah, Andi Isti. (2021). Interaction of rice salinity screening in germination and seedling phase through selection index based on principal components. *Chilean journal of agricultural research*, 81(3), 368-377. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392021000300368>.
- Fu, J., Huang, B., & Fry, J. (2010). Osmotic potential, sucrose level, and activity of sucrose metabolic enzymes in tall fescue in response to deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 135(6), 506–510. <https://doi.org/10.21273/jashs.135.6.506>.
- Golldack, D., Li, C., Mohan, H., & Probst, N. (2014). Tolerance to drought and salt stress in plants: Unraveling the signaling networks. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00151>.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Begum, M., Hanafi, M. M., Ismail, M. R., & Selamat, A. (2010). Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(13), 1911–1918. <https://doi.org/10.5897/ajb09.1526>.
- Hedge, J. & Hofreiter, B. (1962). *Carbohydrate Chemistry* (Whistler R). Academic Press.
- Heenan D. P., Lewin L. G., McCaffery D. W. (1988). Salinity tolerance in rice varieties at different growth stages. *Aus. J. Exp. Agric.* 28343–349. <https://doi.org/10.1071/EA9880343>.
- Kavi Kishor, P. B., & Sreenivasulu, N. (2014). Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? In *Plant, Cell and Environment* 37(2), 300–311. <https://doi.org/10.1111/pce.12157>.
- Keshavarizi, B., & Mohammed, H. (2012). Studying the effects of different levels of salinity which caused by NaCl on early growth and germination of *Lactuca Sativa* L. seedling. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 8(1), 203–208.

- Li, C., Liu, Y., Tian, J., Zhu, Y., & Fan, J. (2020). Changes in sucrose metabolism in maize varieties with different cadmium sensitivities under cadmium stress. *PLoS ONE*, 15(12): 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243835>.
- Li, H. (2000). *Principles and Experimental Techniques of Plant Physiology and Biochemistry*. Higher Education Pers.
- Meriem, S. (2020). Mekanisme Toleransi Tanaman pada Lahan Salin : Akumulasi Prolin. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19, September*, 133–139.
- Muller, B., Pantin, F., Génard, M., Turc, O., Freixes, S., Piques, M., & Gibon, Y. (2011). Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *Journal of Experimental Botany*, 62(6), 1715–1729. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq438>.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanism of Salinity Tolerance. *Ann. Rev. of Plant Biol*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>.
- Nemati, I., Moradi, F., Gholizadeh, S., Esmaeili, M. A., & Bihamta, M. R. (2011). The effect of salinity stress on ions and soluble sugars distribution in leaves, leaf sheaths and roots of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Plant, Soil and Environment*, 57(1), 26–33. <https://doi.org/10.17221/71/2010-pse>.
- Parida, A., Das, A. B., & Das, P. (2002). NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins, and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *Journal of Plant Biology*, 45(1), 28–36. <https://doi.org/10.1007/bf03030429>.
- Pinheiro, C., & Chaves, M. M. (2011). Photosynthesis and drought: Can we make metabolic connections from available data? In *Journal of Experimental Botany*, 62(3), 869–882. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq340>.
- Rahnesan, Z., Nasibi, F., & Moghadam, A. A. (2018). Effects of salinity stress on some growth, physiological, biochemical parameters and nutrients in two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 73–82. <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1424355>.
- Rao, P. S., Prakasham, R. S., Rao, P. P., Chopra, S., & Jose, S. (2015). Sorghum as a sustainable feedstock for biofuels. In *Biomass and Biofuels: Advanced Biorefineries for Sustainable Production and Distribution* (pp. 27–47). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18398>.
- Saddiq, M. S., Iqbal, S., Afzal, I., Ibrahim, A. M. H., Bakhtavar, M. A., Hafeez, M. B., Jahanzaib, & Maqbool, M. M. (2019). Mitigation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through physiological seed enhancements. *Journal of Plant Nutrition*, 42(10), 1192–1204. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1609509>.
- Sami, F., Yusuf, M., Faizan, M., Faraz, A., & Hayat, S. (2016). Role of sugars under abiotic stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 109, 54–61. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2016.09.005>.
- Shelden, M. C., & Roessner, U. (2013). Advances in functional genomics for investigating salinity stress tolerance mechanisms in cereals. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 4, Issue MAY). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00123>.

- Singh, M., Kumar, J., Singh, S., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: a review. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 14, Issue 3, pp. 407–426). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s11157-015-9372-8>.
- Sukarman, Mulyani A, Purwanto S. 2018. Modifikasi metode evaluasi kesesuaian lahan berorientasi perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1): 1-11. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jsdl.v12n1.2018.1-11>
- Thalman, M., & Santelia, D. (2017). Starch as a determinant of plant fitness under abiotic stress. In *New Phytologist*, 214 (3), 943–951. <https://doi.org/10.1111/nph.14491>
- Wu, H., Guo, J., Wang, C., Li, K., Zhang, X., Yang, Z., Li, M., & Wang, B. (2019). An Effective Screening Method and a Reliable Screening Trait for Salt Tolerance of *Brassica napus* at the Germination Stage. *Frontiers in plant science*, 10, <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00530>
- Zhu, J., Qi, J., Fang, Y., Xiao, X., Li, J., Lan, J., & Tang, C. (2018). Characterization of sugar contents and sucrose metabolizing enzymes in developing leaves of *Hevea brasiliensis*. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00058>.