

## Evaluasi Toleransi Salinitas Beberapa Genotipe Padi (*Oryza sativa* L.) Menggunakan Nilai Indeks

### *Evaluation of Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes for Salinity Tolerance Using the Stress Indices*

Alya Aulia Nur<sup>1</sup>, Andy Soegianto<sup>2\*</sup>, Arifin Noor Sugiharto<sup>2</sup>, Nafisah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agronomy Study Program, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Agricultural Cultivation, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

<sup>3</sup>Center for Standard Testing of Rice Plant Instruments, Rancajaya, Subang Regency, West Java, Indonesia

\*Corresponding author email: [a.soegianto@ub.ac.id](mailto:a.soegianto@ub.ac.id)

**Article history:** submitted: August 23, 2023; accepted: March 2, 2024; available online: March 30, 2024

**Abstract.** Rice is a crop that is classified as susceptible to salinity environments that can reduce productivity. Genotype and salinity factors each had a significant effect on all morphological variables and yield components. Estimating the indices of plant tolerance is a process to measure or estimate the salt tolerance indices of a plant to potentially damaging environmental conditions. This study aims to evaluate the effectiveness of several calculations of stress tolerance indices to select rice genotypes that are tolerant of salinity stress. The experiment was conducted in the greenhouse of the Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Tanaman Padi, Jawa Barat. The research was divided into two experimental units. First under optimum conditions. Second under saline conditions with a controlled EC of 5 dS/m throughout the life phase. The results showed that there was one genotype that was tolerant to salinity stress and had greater yields than the comparison varieties, G9 (IR 129336:11-19-Ski-0-KN-20) with  $Y_p=25.39$ gram and  $Y_s=5.74$ gram. Clustergram analysis based on the SSI index value divided the genotypes into 4 groups: highly susceptible, susceptible (R), tolerant vegetative susceptible generative (TVRG), and susceptible vegetative tolerant generative (RTVG).

**Keywords:** *indices stress; rice; salinity; tolerance*

**Abstrak.** Padi merupakan tanaman yang tergolong rentan terhadap lingkungan salinitas (garam tinggi) sehingga dapat menurunkan produktivitas. Faktor genotipe dan lingkungan cekaman salinitas (konsentrasi dan durasi) masing-masing berpengaruh nyata terhadap semua peubah morfologi dan komponen hasil. Pendugaan nilai indeks terhadap toleransi tanaman adalah proses untuk mengukur atau memperkirakan indeks toleransi suatu tanaman terhadap kondisi lingkungan yang berpotensi merusak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keefektifan beberapa perhitungan nilai indeks toleransi cekaman untuk memilih genotipe padi yang toleran cekaman salinitas. Percobaan dilakukan di rumah kaca Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Tanaman Padi, Jawa Barat. Penelitian ini dibagi menjadi dua unit percobaan. Pertama dengan kondisi optimum. Kedua pada kondisi salin dengan EC terkontrol 5 dS/m sepanjang fase hidup. Hasil penelitian menunjukkan terdapat satu genotipe yang toleran terhadap cekaman salinitas dan memiliki hasil lebih besar dibandingkan varietas pembanding yaitu G9 (IR 129336:11-19-Ski-0-KN-20.) dengan nilai  $Y_p=25.39$ gram dan  $Y_s=5.74$ gram. Analisis clustergram berdasarkan nilai indeks SSI membagi genotipe menjadi 4 kelompok yaitu sangat rentan, rentan(R), toleran vegetatif rentan generatif(TVRG), dan rentan vegetatif toleran generatif (RTVG).

**Kata kunci:** nilai indeks; padi; salinitas; toleransi

#### PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman yang tergolong rentan terhadap lingkungan salinitas (garam tinggi) sehingga dapat menurunkan produktivitas. Cekaman salinitas dapat menekan proses pertumbuhan tanaman dengan efek yang menghambat pembesaran dan pembelahan sel, produksi protein serta penambahan biomassa tanaman (Liu et al., 2022). Faktor genotipe dan lingkungan

cekaman salinitas (konsentrasi dan durasi) masing-masing berpengaruh nyata terhadap semua peubah morfologi dan komponen hasil (Zhao et al., 2021). Cekaman salinitas yang tinggi (diluar batas toleransi tanaman) dapat menurunkan beberapa variabel komponen hasil seperti tinggi tanaman, bobot kering tajuk, dan jumlah tanaman hijau. Genotipe yang toleran dipengaruhi oleh faktor genetik, karena tanaman yang toleran cenderung

memiliki batang yang lebih tinggi, bobot kering lebih besar, dan jumlah daun lebih banyak. Genotipe-genotipe yang diuji mengalami penurunan hasil pengukuran peubah morfologi saat tercekam salinitas tinggi (Suhartini & Harjosudarmo, 2017).

Variabel utama yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat seleksi adalah konsentrasi NaCl pada tingkat kematian 90% (Saini et al., 2021). Tanda kematian pada tanaman ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi coklat pada seluruh bagian daun. Perubahan warna coklat ini dimulai dari ujung daun dan secara perlahan merambat ke bagian pangkal. Sebelum perubahan warna coklat muncul, tanda awal yang terlihat adalah pengeringan tepi daun yang menyebabkan daun bergulung. Tingkat kematian tanaman semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi NaCl, yang juga mengakibatkan percepatan dalam proses kematian tanaman. Kemampuan adaptasi varietas-varietas padi sawah terhadap kelebihan air juga bervariasi, tergantung sifat genetik varietas bersangkutan (Santhiawan & Suwardike, 2019).

Faktor utama dalam mengembangkan sifat toleransi terhadap salinitas terletak pada variasi genetik yang ada dalam koleksi plasma nutfah padi, terutama dalam hal sifat-sifat terkait yang akan diuji. Variasi genetik ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti varietas unggul, varietas lokal, padi liar, dan melalui metode rekayasa genetika. (Hairmansis & Nafisah, 2020). Varietas dengan sifat yang unggul dapat dihasilkan melalui teknik pemuliaan tanaman dengan seleksi pada plasma nutfah yang telah tersedia atau dengan melakukan seleksi pada populasi bersegregasi (Sihaloho & Purba, 2021) Keberhasilan dalam mengembangkan varietas padi yang toleran terhadap salinitas sangat bergantung pada pemilihan metode pemuliaan yang sesuai untuk memaksimalkan variasi genetik yang ada dan penggunaan metode penyaringan (screening) untuk menguji tingkat toleransinya terhadap salinitas. (Rumanti et al., 2018). Salah satu

penentu varietas toleran salinitas adalah tersedianya metode screening yang akurat, reproducible dan massal (Gregorio et al., 1997).

Pemilihan tetua toleran cekaman biotik dan abiotik termasuk salinitas dalam nilai kuantitatif umumnya menggunakan perhitungan nilai indeks (Widyastuti et al., 2016). Pendugaan nilai indeks terhadap toleransi tanaman adalah proses untuk mengukur atau memperkirakan indeks toleransi suatu tanaman terhadap kondisi lingkungan yang berpotensi merusak (Bennani et al., 2017). Nilai indeks menjelaskan sejauh mana tanaman dapat bertahan dengan baik dalam menghadapi stres lingkungan tertentu, seperti suhu ekstrem, kekeringan, kelebihan air, atau tingkat salinitas yang tinggi (Singh et al., 2015). Hal ini dapat dilihat melalui pengamatan langsung terhadap respons dan perilaku tanaman terhadap stres lingkungan seperti perubahan morfologi, pertumbuhan, produksi buah, atau tingkat kelangsungan hidup tanaman dalam kondisi tertentu (Jamshidi & Javanmard, 2018).

Beberapa nilai indeks telah dikembangkan untuk memperkirakan toleransi tanaman terhadap stres tertentu, seperti Indeks Toleransi Kekeringan (Drought Tolerance Index) atau Indeks Salinitas (Salinity Index) (Jafari et al., 2009). Indeks ini memanfaatkan kombinasi parameter fisiologi dan morfologi untuk memberikan nilai numerik yang menggambarkan tingkat toleransi tanaman terhadap stres lingkungan tertentu (Bennani et al., 2017). Beberapa penelitian mencatat bahwa tanaman padi memiliki sensitivitas terhadap cekaman salinitas saat berada pada fase bibit dan pembungaan, tetapi lebih toleran pada fase kecambah dan bibit (Ismail et al., 2007). Melalui analisis nilai indeks diperoleh beberapa galur toleran salin yang sangat potensial untuk dikembangkan pada sawah irigasi rawan salin (Nafisah et al., 2017). Keragaan galur tersebut perlu diuji pada berbagai fase pertumbuhan untuk diketahui lebih lanjut tingkat toleransinya

terhadap cekaman salinitas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi keefektifan beberapa perhitungan nilai indeks toleransi cekaman dalam memilih genotipe padi yang toleran terhadap cekaman salinitas.

## METODE

Percobaan dilakukan pada Maret-Juli 2023 di rumah kaca Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Tanaman Padi. Sukamandi. Kabupaten Subang. Provinsi Jawa Barat. Materi yang digunakan adalah 12 galur padi sawah toleran salinitas yang diintroduksi dari IRRI dan hasil persilangan BBPadi serta 2 VUB (varietas unggul baru) toleran salin yaitu varietas Inpari 34 dan

Biosaline 2, serta varietas pembanding toleran (+) yaitu pokali, dan varietas pembanding rentan (-) IR 29 (Tabel 1). Penelitian ini dibagi menjadi dua unit percobaan. Percobaan pertama dilakukan di rumah kaca dengan kondisi optimum atau tanpa cekaman. Percobaan kedua dilakukan di rumah kaca pada kondisi salin dengan EC terkontrol 5 dS/m sepanjang fase hidup tanaman padi. Analisis ragam dilakukan berdasarkan rancangan acak kelompok tiap unit percobaan dan analisis ragam gabungan. Uji kehomogenan dua ragam dilakukan menggunakan uji F. Karakter yang memiliki ragam homogen dapat dilakukan analisis ragam gabungan kemudian diuji lanjut menggunakan Tukey HSD

**Tabel 1.** Genotipe yang dievaluasi dan varietas pembanding

No	Genotipe	Keterangan
1.	IR 117834-10-1RGA-1RGA-1RGA-1.	Galur introduksi IRRI
2.	IR 100634-96-AJY 2-2.	Galur introduksi IRRI
3.	IR 108175-B-68-AJY 1-2,IR16T1075.	Galur introduksi IRRI
4.	IR 117749-B-B-CMU 6-1-B,IR18T1012.	Galur introduksi IRRI
5.	IR58443-6B10-3-Ski-Cim-Ski-Ind (2014).	Galur introduksi IRRI
6.	IR 63307-4B-4-3.	Galur introduksi IRRI
7.	IRRI 104.	Galur introduksi IRRI
8.	NSIC RC 222.	Galur introduksi IRRI
9.	IR 129336:11-19-Ski-0-KN-20.	Galur introduksi IRRI
10.	BP 30763C-Ski-14-2-Ski-0-KN-0.	Galur hasil persilangan Bbpadi
11.	BP 30830C-Ski-1-1-Ert-3-Ski-1.	Galur hasil persilangan Bbpadi
12.	BP 30795C-Ski-8-2-Ert-3-Ski-1.	Galur hasil persilangan Bbpadi
13.	Biosaline 2	VUB Toleran
14.	Inpari 34	VUB Toleran
15.	IR 29	Varietas pembanding (-)
16.	Pokali	Varietas pembanding (+)

Persemaian dilakukan dengan cara menyemai benih masing-masing genotipe padi pada baki yang telah diisi dengan media pesemaian. Media pesemaian menggunakan tanah sawah yang dibiarkan macak-macak. Setelah air berkurang namun media tetap basah, baru siap digunakan untuk pesemaian. Pada setiap set percobaan dibuat pesemaian terpisah. Pada set percobaan perlakuan salin, media persemaian diberi garam NaCl dengan konsentrasi 3,2 gram/liter atau setara dengan 5 dSm<sup>-1</sup> sedangkan pada set percobaan

perlakuan normal, media persemaian tidak diberi garam NaCl. Pada kedua set percobaan benih direndam selama 1 malam setelah itu diperam selama 1 malam kemudian benih disemai di baki persemaian yang telah disiapkan. Pemeliharaan pesemaian dilakukan dengan cara monitoring, Pindah tanam dilakukan pada umur bibit 21 HSS. Hanya bibit padi yang tumbuh dengan baik yang akan digunakan sebagai bahan tanam di polybag untuk masing-masing set percobaan. Penanaman dilakukan pada polybag yang

sebelumnya sudah ditempatkan pada ember berukuran 10 liter dan sudah diberi air garam dengan EC 5 dSm<sup>-1</sup> (nilai EC terkontrol sampai panen). Tinggi muka air dalam ember plastik sekitar 1-2 cm di atas permukaan polybag. Tanaman dibiarkan tumbuh dalam keadaan salin sampai saat panen. Pada perlakuan optimum atau tanpa cekaman lingkungan, bibit yang berasal dari perlakuan tanpa cekaman ditanam pada polybag yang berada di dalam kolam yang sudah diberi air.

Tinggi muka air sekitar 1-2 cm diatas permukaan polybag.

Toleransi terhadap cekaman salinitas dinilai dengan menghitung perbedaan hasil antara kondisi lingkungan optimum atau tanpa cekaman salinitas dengan kondisi lingkungan cekaman salinitas (Andayani et al., 2019). Perhitungan nilai indeks toleransi cekaman salinitas dilakukan pada karakter bobot total per rumpun (percobaan dilakukan pada polybag) dengan Persamaan 1-8.

1. Indeks stabilitas hasil (Bousslama & Schapaugh, 1984)

$$ISH = \left( \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) \dots \dots \dots (1)$$

2. Stress tolerance index (Fernandez, 1992)

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(Y_p)^2} \dots \dots \dots (2)$$

3. Stress susceptibility index (Fischerab & Maurerac, 1978)

$$SSI = [1 - \left( \frac{Y_s}{Y_p} \right)] / ISH \dots \dots \dots (3)$$

4. Indeks harmonic (Dadbakhsh et al., 2011)

$$IH = [2 \times (Y_p \times Y_s)] / [Y_p + Y_s] \dots \dots \dots (4)$$

5. Mean productivity (Rosielle & Hamblin, 1981)

$$MP = \frac{(Y_p)(Y_s)}{2} \dots \dots \dots (5)$$

6. Geometric mean productivity (Naseri et al., 2019)

$$GMP = \sqrt{(Y_p \cdot Y_s)} \dots \dots \dots (6)$$

7. Tolerance index (Rosielle & Hamblin, 1981)

$$TOL = Y_p - Y_s \dots \dots \dots (7)$$

8. Reduction (Farshadfar E & Javadinia J, 2011)

$$RED = [1 - \left( \frac{Y_s}{Y_p} \right)] \cdot 100 \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

Y<sub>s</sub>: Bobot total per rumpun pada cekaman salinitas

Y<sub>p</sub>: Bobot total per rumpun pada lingkungan optimal

$\bar{Y}_s$ : Rata-rata total bobot per rumpun pada cekaman salinitas

$\bar{Y}_p$ : Rata-rata total bobot per rumpun pada lingkungan optimal

Analisis regresi linier dilakukan pada nilai indeks cekaman yang bertujuan untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antar masing-masing nilai indeks diatas dengan persentase penurunan hasil dan hasil. Analisis Komponen Utama (PCA) bertujuan untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap keragaman, dengan menganalisis nilai indeks untuk setiap variabel komponen hasil. Sementara itu, Analisis clustering dan dendrogram bertujuan

untuk mengelompokkan kategori genotipe padi yang toleran terhadap salinitas berdasarkan kemiripan karakteristik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

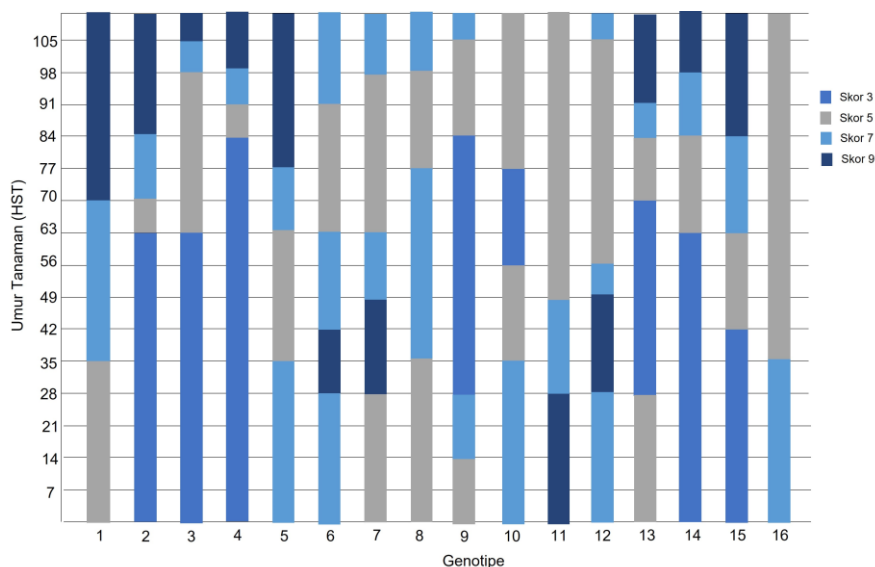
### Scoring salt injury

Dampak yang timbul pada tanaman padi akibat cekaman salinitas dapat dianalisis melalui nilai skor kerusakan yang telah ditetapkan oleh SES (Sistem Evaluasi Standar untuk padi). Gambar 1 menunjukkan

hasil observasi kerusakan pada masing-masing genotipe dalam keseluruhan populasi. Skor 3 mengindikasikan adanya pertumbuhan agak normal, tetapi ujung daun atau beberapa daun memutih dan melengkung. Skor 5 menggambarkan pertumbuhan yang terhambat, dengan hampir seluruh daun yang menggulung dan hanya sedikit yang dapat tumbuh dengan normal. Skor 7 menggambarkan pertumbuhan yang sepenuhnya terhenti dan hampir seluruh daun mengering. Skor 9 mengindikasikan hampir semua bagian tanaman mati.

Respon genotipe padi terhadap cekaman salinitas berbeda-beda. Gambar 1. menjelaskan bahwa terdapat beberapa genotipe yang memiliki daya adaptasi tinggi setelah pindah tanam namun ada beberapa genotipe yang memiliki daya adaptasi rendah setelah pindah tanam. Hal ini dapat dilihat dengan adanya warna grafik yang lebih gelap

di masing-masing genotipe pada fase awal pertumbuhan. Genotipe-genotipe yang memiliki skor 9 (dicirikan dengan warna grafik yang paling gelap) pada saat fase vegetatif, disulam dengan bibit tanaman baru karena tanaman skor 9 sudah terganggu pertumbuhannya dan mati. Sehingga pada grafik diatas diperoleh warna yang fluktuatif atau berubah menjadi warna yang lebih muda (skor < 9) setelah warna yang gelap (skor 9). Penyulaman dilakukan selama fase vegetatif tanaman. Hal ini bertujuan agar tanaman tersebut tetap dapat memberikan hasil optimal meskipun berada pada kondisi cekaman salin dan dapat melihat daya adaptasi tanaman tersebut setelah pindah tanam, karena masing-masing genotipe memiliki respon yang berbeda, sehingga dapat dijadikan rekomendasi waktu pindah tanam yang tepat pada masing-masing genotipe.



**Gambar 1.** Grafik kerusakan tanaman padi akibat cekaman salinitas

G1, G2, G3, dan G4, G8, G14 dan G15 memiliki daya adaptasi yang baik terhadap cekaman salinitas, terlihat pada grafik bahwa warna paling terang berada pada fase awal pertumbuhan tanaman, artinya genotipe-genotipe tersebut dapat pindah tanam pada umur 21 HSS sama dengan pindah tanam pada perlakuan tanpa cekaman lingkungan. Pada G5 direkomendasikan pindah tanam pada umur bibit diatas 56 HSS atau 35 HST

jika mengacu pada pertumbuhan genotipe-genotipe yang memiliki daya adaptasi baik. G6, G7, G10 dan G16 masing-masing genotipe pada umur bibit diatas 63 HSS, 70 HSS, 56 HSS (G10 sama dengan G16) atau diatas 42 HST (G6) dan 49 HST (G7), serta G10 dan G16 adalah 35 HST (jika mengacu pada pertumbuhan genotipe-genotipe yang memiliki daya adaptasi baik). G9 dan G13 direkomendasikan pindah tanam pada 49

HSS atau jika mengacu pada pertumbuhan genotipe-genotipe yang memiliki daya adaptasi baik adalah 28 HST. G11 dan G12 masing-masing genotipe direkomendasikan pindah tanam pada umur bibit 49 HSS dan 70 HSS atau 28 HST dan 49 HST jika mengacu pada pertumbuhan genotipe-genotipe yang memiliki daya adaptasi baik.

Berdasarkan gambar diatas kerusakan tanaman padi akibat cekaman salinitas dapat dibagi menjadi 4 yaitu, rentan pada seluruh fase hidup (R), toleran pada fase vegetatif namun rentan saat memasuki fase generatif sampai panen (TVRG), rentan pada fase vegetatif namun cukup toleran saat fase generatif sampai panen (RVTG), dan tanaman toleran (T). G1 merupakan tanaman rentan (R) cekaman salinitas karena pertumbuhan tanaman genotipe tersebut terhambat dan banyak terdapat daun kering serta sulit membentuk anakan.

Tanaman yang toleran pada fase vegetatif namun rentan ketika fase generatif (TVRG) terdapat pada G2, G3, G4, G5, G14, dan G15. Genotipe-genotipe tersebut tumbuh normal, hanya terdapat sedikit daun yang putih kering atau menggulung dan cepat membentuk anakan saat fase vegetatif namun ketika mulai berbunga, daun dan batang pada genotipe-genotipe tersebut banyak yang kering, akibatnya bunga terbentuk tidak sempurna atau rusak, jika terdapat bunga yang berhasil menjadi malai, rata-rata gabah yang dihasilkan tidak bernas.

Beberapa genotipe lain termasuk dalam kategori tanaman yang rentan saat fase vegetatif namun toleran ketika fase generatif (RTVG). Genotipe-genotipe tersebut diantaranya G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13 dan G16. Genotipe-genotipe tersebut lebih sulit beradaptasi setelah pindah tanam. Dicitrakan dengan daun yang mengering dan jumlah anakan yang tidak bertambah, bahkan ada beberapa tanaman yang langsung mati ketika dipindah tanam. Tanaman mulai dapat beradaptasi dan tumbuh setelah masuk fase generatif. Tanaman tersebut dapat membentuk anakan dan bunganya tidak

banyak yang rusak sehingga dapat menghasilkan gabah yang bernas.

Analisis nilai kerusakan (injury score) berdasarkan pertumbuhan tanaman secara morfologi membantu dalam menilai tingkat toleransi cekaman salin pada tanaman dengan mengelompokkan tanaman berdasarkan kondisi kerusakannya namun belum cukup untuk menilai genotipe-genotipe yang dikategorikan toleran terhadap cekaman salinitas. Hal ini disebabkan karena toleransi suatu tanaman terhadap salinitas dapat mempengaruhi berbagai variabel pertumbuhan dan respons fisiologis tanaman yang tidak terlihat dengan jelas dalam perhitungan injury skor pada daun seperti kemampuan mengekskresikan garam, menahan garam di akar, dan menyesuaikan metabolisme seluler yang nantinya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi (De Leon et al., 2015). Oleh karena itu perlu dilakukan analisis nilai indeks, analisis korelasi dan analisis komponen utama dengan nilai indeks toleran agar mendapat genotipe yang toleran berdasarkan variabel komponen hasil dan hasil.

Tingkat toleransi terhadap cekaman salinitas dapat diketahui melalui perbandingan hasil antara lingkungan normal atau tanpa cekaman salinitas dengan lingkungan yang mengalami cekaman salinitas. Penilaian produktivitas rata-rata dalam kondisi normal atau optimum dan salin menggunakan nilai indeks toleransi terhadap cekaman salinitas.

#### **Nilai indeks cekaman**

Pada kondisi lingkungan cekaman salinitas diperoleh nilai rata-rata bobot total per rumpun sebanyak 0.27-5.74 gram, sedangkan pada kondisi tanpa cekaman salinitas diperoleh 13.03-28.49 gram per rumpun. Tanaman yang berada pada lingkungan cekaman salinitas mengalami penurunan bobot total per rumpun, dimana setiap genotipe tanaman padi yang diuji mengalami penurunan bobot total per rumpun yang berbeda-beda tergantung pada tingkat toleransi dan kemampuan adaptasi genotipe

tersebut pada kondisi cekaman salinitas. Berdasarkan perhitungan nilai indeks, genotipe-genotipe padi yang diuji memiliki perbedaan yang signifikan pada semua nilai indeks toleransi terhadap cekaman salinitas.

Nilai TOL dan SSI terendah berada pada G14, kemudian diikuti oleh G8, G2, dan G12. Nilai RED tertinggi terdapat pada G1, G15, G4, dan G16. Genotipe tersebut menunjukkan kehilangan hasil bobot total per gram yang lebih rendah dari stabilitas hasil rata-rata, baik saat berada pada lingkungan dengan cekaman salinitas atau pada kedua kondisi lingkungan (optimum dan cekaman salinitas).

Genotipe G7, G9, dan G13 memiliki nilai tertinggi untuk indeks MP, GMP, dan STI, sementara G2, G12, dan G14 memiliki nilai terendah dalam konteks ini. Hal tersebut menunjukkan bahwa ketiga indeks ini memiliki pengaruh nyata dalam menentukan genotipe yang lebih toleran terhadap salinitas.

G14 menunjukkan indeks ISH tertinggi, diikuti oleh G9 dan G10, sementara G1 memiliki nilai ISH terendah, diikuti oleh G4 dan G15. Nilai tertinggi untuk indeks IH ada pada G7, diikuti oleh G13, G8, dan G5, sementara nilai terendah terdapat pada G1, diikuti oleh G15 dan G4.

Komponen ISH dan IH menunjukkan korelasi yang nyata signifikan dan positif dengan  $Y_s$  (nilai karakter hasil pada genotipe dalam lingkungan cekaman). Hubungan korelasinya negatif signifikan dengan SSI. Hal ini berarti bahwa indeks ISH dan IH memiliki peran dalam mengidentifikasi genotipe yang paling responsif dan stabil terhadap cekaman lingkungan, seiring dengan korelasi negatifnya terhadap SSI (Andayani et al., 2019). Nilai ISH yang lebih kecil diartikan sebagai tingkat kepekaan yang lebih tinggi terhadap cekaman lingkungan, dan menunjukkan stabilitas hasil yang kurang baik (Tao et al., 2021).

**Tabel 2.** Nilai indeks cekaman pada masing-masing genotipe

Genotipe	$Y_p$	$Y_s$	MP	GMP	Tol	SSI	ISH	STI	IH	RED
G1	20.28	0.27	10.27	2.33	20.01	1.13	0.01	0.01	0.53	98.67
G2	16.59	2.87	9.73	6.90	13.71	0.94	0.17	0.09	4.90	82.67
G3	27.96	1.78	14.87	7.05	26.18	1.07	0.06	0.10	3.35	93.64
G4	23.67	0.81	12.24	4.37	22.87	1.10	0.03	0.04	1.56	96.59
G5	21.23	3.67	12.45	8.82	17.57	0.95	0.17	0.15	6.25	82.74
G6	23.61	3.01	13.31	8.44	20.60	1.00	0.13	0.14	5.34	87.24
G7	34.13	5.41	19.77	13.59	28.72	0.96	0.16	0.36	9.34	84.14
G8	20.80	3.84	12.32	8.94	16.97	0.93	0.18	0.16	6.48	81.55
G9	25.39	5.74	15.56	12.07	19.65	0.88	0.21	0.29	9.36	77.40
G10	15.92	2.73	9.32	6.59	13.19	0.95	0.17	0.08	4.66	82.86
G11	19.93	2.31	11.12	6.79	17.62	1.01	0.12	0.09	4.14	88.41
G12	13.03	1.67	7.35	4.66	11.36	1.00	0.13	0.04	2.96	87.19
G13	31.88	5.45	18.66	13.18	26.42	0.95	0.17	0.34	9.31	82.90
G14	15.02	3.13	9.08	6.86	11.89	0.90	0.23	0.09	5.18	79.16
G15	23.69	0.61	12.15	3.80	23.08	1.11	0.03	0.03	1.19	97.42
G16	28.49	1.76	15.13	7.09	26.73	1.07	0.06	0.10	3.32	93.82
Rerata	22.60	2.82								
Ragam ( $\sigma^2$ )	36.07	2.89								
STD	6.01	1.70								

Keterangan:  $Y_p$ : rata-rata bobot total per rumpun pada kondisi optimum,  $Y_s$ : rata-rata bobot total per rumpun pada kondisi cekaman salinitas, MP: hasil rata-rata, GMP: hasil rata-rata geometrik, TOL: toleransi, IH: indeks harmonik, SSI: stress susceptibility index, STI: stress tolerance index, RED (%): kehilangan hasil.

Kriteria untuk menilai tingkat toleransi tanaman saat mengalami cekaman akibat kekeringan dan rendahnya ketersediaan nitrogen, berdasarkan nilai SSI dan ISH berhubungan dengan kemampuan genotipe jagung dalam mengurangi kehilangan hasil (Efendi & Azrai, 2015). Korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah persentase tingkat penurunan hasil suatu genotipe jagung pada kondisi cekaman kekeringan dan N rendah, maka semakin tinggi tingkat toleransi genotipe tersebut. Pendekatan pada kasus tersebut dapat dijadikan perbandingan karena kekeringan dan salinitas memiliki hubungan sangat erat karena keduanya dapat menginduksi stres air pada tanaman. Kekeringan terjadi saat pasokan air ke akar tanaman terbatas, sementara salinitas muncul ketika tanah memiliki konsentrasi garam yang tinggi, menghambat penyerapan air oleh tanaman. Kekurangan nitrogen dapat meningkatkan kerentanan tanaman terhadap cekaman salinitas, sedangkan cekaman salinitas dapat menghambat penyerapan nitrogen oleh tanaman. Kondisi ini mengakibatkan tekanan hiperosmotik dan kekeringan fisiologis pada tanaman, yang mengganggu kemampuan penyerapan air secara optimal. Sejalan dengan hal tersebut, dalam memilih genotipe padi hibrida yang toleran terhadap cekaman kekeringan pada fase pembibitan dengan perlakuan PEG 6000 konsentrasi 25% menggunakan nilai SSI atau ISK atau Nilai ISH yang lebih kecil diartikan sebagai tingkat kepekaan yang lebih tinggi terhadap cekaman lingkungan, dan menunjukkan stabilitas hasil yang kurang baik (Widyastuti et al., 2016)

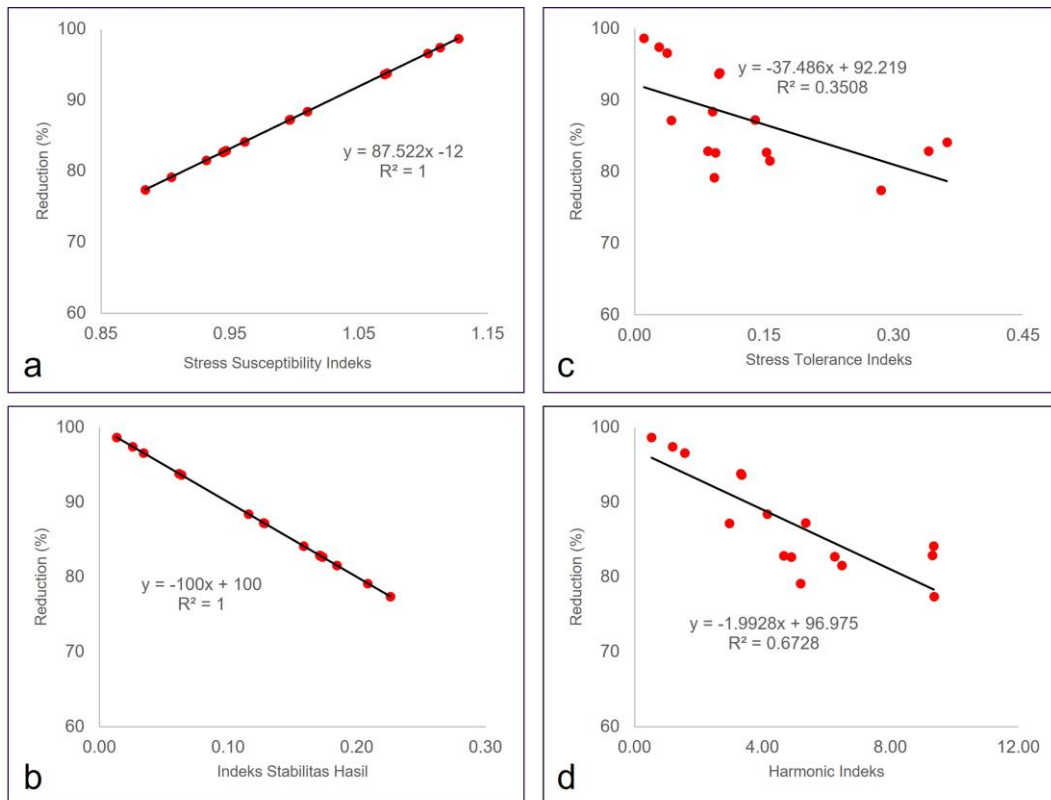
Tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman salinitas berdasarkan nilai SSI dan ISH berhubungan erat dengan kemampuan genotipe padi dalam menekan kehilangan

hasil (Gambar 2). Hal tersebut didasari pada perolehan nilai koefisien korelasi SSI yang berkorelasi positif nyata secara linier naik dan ISH yang memiliki nilai korelasi nyata secara linier turun, perbandingan penurunan hasil relatif pada kondisi cekaman dengan nilai koefisien regresi sebesar ( $R^2$ )=1.00.

Semakin rendah persentase penurunan hasil suatu genotipe padi pada kondisi cekaman salinitas maka genotipe tersebut dapat dikategorikan semakin toleran. G9 mempunyai hasil bobot per rumpun pada kondisi cekaman salinitas sebesar 5.74 gram dan pada kondisi normal atau tanpa cekaman menjadi lebih tinggi, yaitu 25.39 gram sehingga persentase penurunan hasilnya paling rendah, 77.40% (SSI = 0.88). Sementara itu G1 dan G15 (sebagai varietas pembanding rentan) dapat dikategorikan sebagai genotipe yang rentan terhadap cekaman salinitas karena mempunyai rata-rata nilai bobot total per rumpun masing-masing sebesar 0.27 gram dan 0.61 gram dengan penurunan hasil tertinggi, yaitu 98.67% (SSI=1,13) dan 97.42% (SSI=1.11).

Semakin rendah persentase pengurangan hasil (RED) pada genotipe padi dalam kondisi cekaman salinitas, maka semakin tinggi tingkat toleransi genotipe tersebut. G9 mempunyai hasil bobot per rumpun pada kondisi cekaman salinitas sebesar 5.74 gram dan pada kondisi normal lebih tinggi, yaitu 25.39 gram sehingga persentase penurunan hasilnya paling rendah, 77.40% (SSI = 0.88). Sementara itu G1 dan G15 (sebagai varietas pembanding rentan) dapat dikategorikan sebagai genotipe yang rentan terhadap cekaman salinitas karena mempunyai rata-rata nilai bobot total per rumpun masing-masing sebesar 0.27 gram dan 0.61 gram dengan penurunan hasil tertinggi, yaitu 98.67% (SSI = 1,13) dan 97.42% (SSI=1.11).



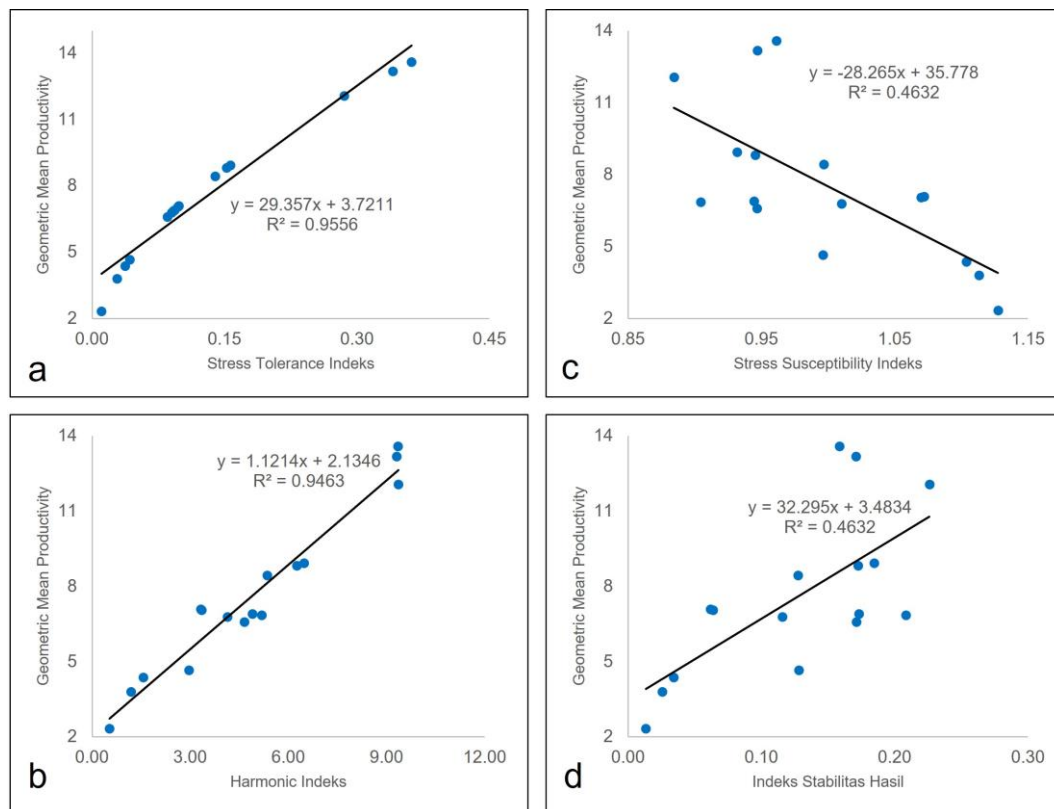


**Gambar 2.** Hubungan nilai indeks sensitivitas cekaman (a), indeks stabilitas hasil (b), toleransi cekaman (c), dan indeks harmonik (d), terhadap RED atau tingkat kehilangan hasil (%) pada kondisi cekaman salinitas

Parameter ISH menunjukkan kecenderungan yang terbalik dengan SSI, dimana semakin tinggi nilai SSI maka semakin rendah tingkat kehilangan hasil (RED), sedangkan semakin rendah nilai ISH maka semakin tinggi tingkat kehilangan hasil (RED). G9 dan G14 (varietas pembanding toleran) mempunyai nilai ISH tertinggi yaitu 0.21 dan 0.23 sedangkan G1 mempunyai nilai ISH terendah 0.01. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat toleransi genotipe terhadap cekaman berbeda-beda, tergantung pada tingkat cekaman yang dialami genotipe tersebut selama pertumbuhan tanaman.

Karakteristik toleransi genotipe padi berdasarkan produktivitas dapat dinilai melalui indeks harmonik (IH) yang dijelaskan dalam Gambar 3. Hal ini menunjukkan bahwa nilai STI dan IH

memiliki korelasi linier yang signifikan dengan tingkat produktivitas genotipe padi (GMP) dalam lingkungan cekaman salinitas, dengan koefisien regresi masing-masing sebesar 0,955 dan 0,946. Keterkaitan nilai IH dan STI dengan produktivitas juga terbukti kuat pada berbagai kondisi cekaman salinitas. Korelasi tinggi ini dibuktikan oleh tingginya koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara IH dan STI dengan bobot total per rumpun dalam kondisi cekaman salinitas. Dalam konteks ini, semakin tinggi nilai IH dan STI pada genotipe padi, semakin besar produktivitas yang bisa dihasilkan oleh genotipe tersebut saat menghadapi cekaman salinitas. Hasil ini menegaskan bahwa kriteria toleransi seperti STI dan IH dapat digunakan untuk memilih genotipe padi yang memiliki produktivitas tinggi saat berada dalam kondisi cekaman.



**Gambar 3.** Hubungan nilai indeks sensitivitas (a), dan indeks stabilitas hasil (b), toleransi cekaman (c), dan indeks harmonik (d), terhadap rata-rata produktivitas geometric pada kondisi cekaman salinitas

Peran penting juga dimiliki oleh nilai indeks toleransi terhadap cekaman (ITC) atau STI (stress tolerance index) dan indeks harmonik (IH) dalam penentuan genotipe yang toleran terhadap cekaman lingkungan. Karakteristik yang menunjukkan toleransi suatu genotipe berdasarkan nilai STI atau IH adalah semakin tinggi nilai STI dan IH dari genotipe tersebut, maka semakin besar produktivitas yang dapat dihasilkan oleh genotipe tersebut dalam kondisi cekaman. Hal ini mengindikasikan tingkat toleransi genotipe terhadap lingkungan tercekam. (Wu et al., 2019). Pendugaan toleransi cekaman abiotik suatu aksesori dengan STI (stress tolerance index) dapat digunakan untuk memilih aksesori toleran dengan potensi hasil tinggi. Nilai STI yang tinggi sama artinya dengan meningkatnya tingkat toleransi aksesori tersebut terhadap cekaman abiotik (Singh et al., 2015).

Pendugaan toleransi genotipe padi toleran cekaman salinitas dilakukan menggunakan nilai SSI ( $R^2=1$ ). Nilai SSI dihitung untuk pada 17 variabel penyusun

komponen hasil. Perhitungan nilai SSI tersebut menunjukkan kategori toleran yang berbeda-beda pada setiap variabelnya, sehingga menyulitkan untuk mengategorikan nilai SSI pada masing-masing variabel komponen hasil yang dapat digunakan untuk mengelompokkan toleransi genotipe padi cekaman salinitas. Masalah ini dapat terurai jika dilakukan analisis komponen utama.

### Analisis komponen utama

Analisis komponen utama adalah analisis yang dapat digunakan untuk mencari karakter mana yang memiliki nilai kontribusi tinggi baik dalam kontribusi positif maupun negatif terhadap variasinya. Pada percobaan ini, analisis komponen utama dilakukan untuk mencari genotipe yang tahan terhadap cekaman salinitas. Komponen utama (PC) ditetapkan berdasarkan nilai eigenvalue. Nilai eigenvalue di bawah satu ( $<1$ ) tidak digunakan untuk menghitung jumlah komponen utama yang terbentuk. Dari hasil

analisis komponen utama pada 16 genotipe padi, 5 komponen utama dengan nilai eigenvalue lebih dari 1 dapat menunjukkan keragaman total sebesar 87,215%.

**Tabel 3.** Analisis komponen utama terhadap 17 variabel komponen hasil

Karakter Komponen Hasil	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Tinggi tanaman	0.025	-0.070	0.209	<b>0.622</b>	0.301
Jumlah anakan	0.254	-0.123	-0.247	0.381	<b>0.631</b>
Jumlah daun	0.258	-0.087	-0.135	<b>0.635</b>	0.182
Umur berbunga	0.107	0.282	-0.206	0.399	-0.033
Umur panen	-0.156	0.179	<b>0.597</b>	0.115	-0.303
Fertilitas polen	0.243	<b>0.611</b>	-0.091	-0.189	0.427
Luas daun	0.248	<b>0.564</b>	0.268	-0.010	0.158
Kerapatan Stomata	<b>0.724</b>	0.448	0.216	0.239	0.282
Panjang Akar	<b>0.691</b>	0.314	0.173	0.408	0.025
Bobot basah batang	0.324	0.027	0.025	-0.010	-0.100
Bobot kering batang	0.200	0.077	-0.170	0.083	-0.375
Bobot basah daun	0.189	0.336	0.366	-0.200	0.059
Bobot kering daun	0.169	0.346	-0.040	-0.220	0.076
Panjang malai	0.282	-0.120	-0.041	0.108	-0.301
Persentase Gabah isi	<b>0.615</b>	-0.078	-0.037	-0.252	0.229
Bobot 1000 butir	<b>0.616</b>	-0.132	0.431	-0.147	-0.155
Bobot Total	0.329	-0.111	0.040	-0.165	-0.054
Nilai Eigen	7.367	3.152	2.312	1.526	1.342
Tingkat kontribusi (%)	40.925	17.513	12.843	8.476	7.458
Akumulasi tingkat kontribusi (%)	40.925	58.439	71.282	79.758	87.215

Keterangan: Angka yang ditulis **tebal** adalah nilai variabel komponen utama > 0,5.

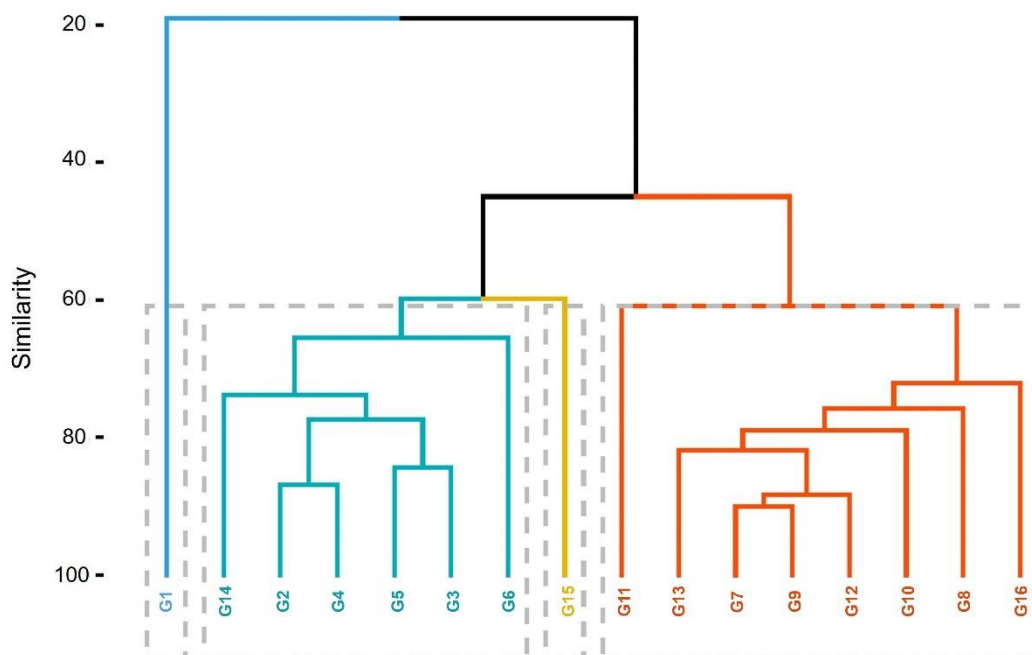
Hasil analisis komponen utama (tabel 3) menjelaskan bahwa komponen utama pertama (PC1) menerangkan keragaman variabel komponen hasil sebesar 40.93%, sedangkan pada PC2 17.51%, PC3 sebesar 12.84%, PC4 sebesar 8.48 dan PC5 sebesar 7.46. Pada PC1 terlihat bahwa variabel kerapatan stomata, panjang akar, persentase gabah isi dan bobot 1000 butir memberikan informasi sumber keragaman lebih banyak dibandingkan variabel fertilitas polen dan luas daun pada PC2, variabel umur panen pada PC3, variabel tinggi tanaman dan jumlah daun pada PC4 serta variabel jumlah anakan pada PC5. Hal ini berarti bahwa karakteristik morfologi dari keempat variabel komponen hasil pada PC1 memiliki peran penting dalam kemampuan adaptasi genotipe terhadap lingkungan yang terpengaruh oleh cekaman salinitas dan dapat menjadi karakter seleksi toleran salinitas.

Analisis clustergram digunakan untuk mengelompokkan karakter-karakter komponen hasil (PC) dan genotipe (dendrogram) yang terindikasi toleran cekaman salinitas berdasarkan nilai korelasi SSI dan nilai analisis komponen utama. Untuk mengetahui berbagai variabel yang dapat mempengaruhi toleransi terhadap cekaman berdasarkan analisis multivariabel, analisis ini dapat menghilangkan variabel yang tidak penting dan menemukan variabel penting pendukung toleransi cekaman, sehingga dapat digunakan sebagai indikator toleransi terhadap cekaman (Widyastuti et al., 2016). Hasil dari analisis komponen utama menunjukkan bahwa kategori genotipe toleran cekaman salin adalah genotipe yang mampu bertahan hidup sampai akhir fase/panen dan menghasilkan bobot total yang lebih berat.

### Analisis clustergram

Analisis cluster berdasarkan nilai indeks sensitivitas cekaman (SSI) pada 17 variabel komponen hasil menghasilkan dendrogram seperti gambar diatas. Teknik pengelompokan atau klasterisasi merupakan pendekatan multivariat yang bertujuan untuk mengkategorikan genotipe-genotipe berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki oleh masing-masing genotipe tersebut. Melalui analisis klaster, genotipe-genotipe ini diklasifikasikan sehingga setiap genotipe yang memiliki kesamaan paling mendekati akan tergabung dalam satu kelompok.

Berdasarkan hasil dendrogram pada Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa 16 genotipe padi yang diamati memiliki keragaman yang tersebar pada koefisien tingkat kemiripan 20%-92%. Pengelompokan tersebut dapat dibedakan secara lebih spesifik pada koefisien kemiripan 60% dan kemudian terbagi menjadi 4 kelompok. Kelompok pertama memiliki satu anggota yaitu G1. Kelompok kedua memiliki 6 anggota yaitu G14, G2, G4, G5, G3, dan G6. Kelompok ketiga memiliki 1 anggota yaitu G15, dan kelompok keempat memiliki 8 anggota yaitu G11, G13, G7, G9, G12, G10, G8, dan G16.



**Gambar 4.** Dendrogram pada 16 genotipe padi toleran salinitas

Dendrogram hasil analisis clustering (Gambar 4) memiliki kelompok yang sama dengan pendugaan toleransi cekaman salinitas pada injury score berdasarkan SES (disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 1. Kelompok kedua dalam dendrogram berisi genotipe-genotipe TVRG atau toleran pada fase vegetatif dan rentan pada fase generatif, sedangkan kelompok keempat dendrogram berisi genotipe-genotipe dengan karakter RVTG atau rentan pada fase vegetatif namun toleran saat memasuki fase generatif. Pada hasil injury score, G15 termasuk pada kategori TVRG namun berdasarkan

dendrogram diatas G15 memiliki kelompok sendiri dan terpisah pada kelompok TVRG. Hal ini disebabkan karena nilai  $Y_0$  (bobot total per rumpun pada lingkungan optimum) yang digunakan dalam menghitung SSI pada G15 lebih besar dibandingkan dengan G1, sehingga diperoleh nilai SSI pada G15 lebih kecil dibandingkan G1 (semakin kecil nilai SSI maka genotipe tersebut semakin toleran). Oleh karena itu dalam dendrogram diatas, G15 membentuk kelompok sendiri (terpisah dari G1) sebagai genotipe yang rentan, sedangkan G1 sangat rentan terhadap cekaman salinitas.

Metode analisis kelompok atau cluster digunakan untuk mengamati hubungan antara sejumlah variabel yang diuji dengan mengelompokkannya menjadi kelompok objek yang memiliki kesamaan ciri berdasarkan variabel tertentu yang sedang diselidiki (Wu *et al.*, 2019). Teknik cluster ini memisahkan objek-objek sehingga yang memiliki kemiripan terdekat, ditempatkan dalam satu kelompok. Tingkat kesamaan ini bisa diukur berdasarkan jarak antara objek-objek tersebut (Widyastuti *et al.*, 2016). Hasil pengelompokan, terutama yang menggunakan pendekatan hierarkis, dapat digambarkan dalam bentuk dendrogram. Dendrogram merupakan representasi visual dari tahapan dalam analisis cluster yang menunjukkan pembentukan kelompok dan nilai jarak antar genotipe pada setiap langkah (Singh *et al.*, 2015). Data mengenai kedekatan antar genotipe ini dapat memberikan saran dalam menetapkan genotipe yang berpotensi dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut melalui program pemuliaan tanaman (Wu *et al.*, 2019).

## SIMPULAN

Berdasarkan skoring salt injury, perhitungan nilai indeks, analisis komponen utama, dan analisis clustergram dapat ditarik kesimpulan bahwa SSI dan ISH adalah nilai indeks terbaik dalam menentukan tingkat toleransi cekaman salinitas pada 16 genotipe padi yang diuji karena memiliki hubungan korelasi positif yang sangat kuat terhadap nilai RED ( $R^2=1$ ). Terdapat satu genotipe yang toleran terhadap cekaman salinitas dan memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan dengan varietas pembanding yaitu G9 (IR 129336:11-19-Ski-0-KN-20.) tergolong RTVG pada analisis skor injury dan clustergram.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Tanaman Padi, Ibu Dr. Nafisah, kelompok peneliti pemuliaan tanaman beserta tim yang

telah memberikan dana dan dukungan untuk penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, N. N., Riadi, M., Roy, E., & Azrai, M. (2019). Respon genotipe jagung hibrida silang tiga jalur terhadap cekaman intensitas cahaya rendah. *Buletin Penelitian Tanaman Serealia*, 3(1), 1–8.
- Bennani, S., Nsarellah, N., Jlibene, M., Tadesse, W., Birouk, A., & Ouabbou, H. (2017). Efficiency of drought tolerance indices under different stress severities for bread wheat selection. *Australian Journal of Crop Science*, 11(4), 395–405.  
<https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.04.pne272>
- Bousslama, M., & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of Three Screening Techniques for Heat and Drought Tolerance<sup>1</sup>. *Crop Science*, 24(5), 933–937.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x>
- Dadbakhsh, A., Yazdansepar, A., & Ahmadizadeh, M. (2011). Corresponding Author Study Drought Stress on Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes by Drought Tolerance Indices. *Advances in Environmental Biology*, 5(7), 1804–1810.
- De Leon, T., Linscombe, S., Gregorio, G., & Subudhi, P. (2015). Genetic variation in Southern USA rice genotypes for seedling salinity tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1–13.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00374>
- Efendi, R., & Azrai, M. (2015). Kriteria indeks toleran jagung terhadap cekaman kekeringan dan nitrogen rendah. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*.
- Farshadfar E, & Javadinia J. (2011). Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance.

- Seed Plant Improv Journal*, 24(4), 517–537.
- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. International symposium*.
- Fischerab, R. A., & Maurerac, R. (1978). Drought resistance in spring Wheat Cultivars. I grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.*, 29, 897–912.
- Gregorio, G. B., Senadhira, D., & Mendoza, R. D. (1997). *Screening rice for salinity tolerance*.
- Hairmansis, A., & Nafisah. (2020). *Development of improved rice varieties for saline affected areas*.
- Ismail, A. M., Heuer, S., Thomson, M. J., & Wissuwa, M. (2007). Genetic and genomic approaches to develop rice germplasm for problem soils. *Plant Molecular Biology*, 65(4), 547–570. <https://doi.org/10.1007/s11103-007-9215-2>
- Jafari, A., Paknejad, F., & Al-Ahmadi, M. J. (2009). Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn *Zea mays* L. hybrids. *International Journal of Plant Production*, 3(4), 1735–8043. [www.ijpp.info](http://www.ijpp.info)
- Jamshidi, A., & Javanmard, H. R. (2018). Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for salinity tolerance under field conditions using the stress indices. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 2093–2099. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.02.006>
- Liu, C., Mao, B., Yuan, D., Chu, C., & Duan, M. (2022). Salt tolerance in rice: Physiological responses and molecular mechanisms. In *Crop Journal* (Vol. 10, Issue 1, pp. 13–25). Institute of Crop Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.02.010>
- Nafisah, Hairmansis, A., & Sitaesmi, T. (2017). Grain yield of rice elite lines under saline prone condition in Cilamaya Wetan, Karawang Subdistrict West Java. *Journal of Suboptimal Lands*, 6(1), 21–32. [www.jlsuboptimal.unsri.ac.id](http://www.jlsuboptimal.unsri.ac.id)
- Naseri, M. A., Bayat, H., Aminifard, M. H., & Moradinezhad, F. (2019). Effect of drought and salinity stress on growth, flowering and biochemical characteristics of *Narsicuss tazetta* L. *Journal Of Horticultural Science*, 33(3), 451–466. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.76772>
- Rosielle, A. A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21, 943–946.
- Rumanti, I. A., Hairmansis, A., Nugraha, Y., Nafisah, Susanto, U., Wardana, P., Subandiono, R. E., Zaini, Z., Sembiring, H., Khan, N. I., Singh, R. K., Johnson, D. E., Stuart, A. M., & Kato, Y. (2018). Development of tolerant rice varieties for stress-prone ecosystems in the coastal deltas of Indonesia. *Field Crops Research*, 223, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.04.006>
- Saini, S., Kaur, N., Marothia, D., Singh, B., Singh, V., Gantet, P., & Pati, P. K. (2021). Morphological analysis, protein profiling and expression analysis of auxin homeostasis genes of roots of two contrasting cultivars of rice provide inputs on mechanisms involved in rice adaptation towards salinity stress. *Plants*, 10(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/plants10081544>
- Santhiawan, P., & Suwardike, P. (2019). Adaptasi padi sawah (*Oryza sativa* L.) terhadap peningkatan kelebihan air sebagai dampak pemanasan global. *Agrobali Agricultural Journal*, 2(2), 130–144.
- Sihaloho, A. N., & Purba, J. (2021). Evaluasi karakter vegetatif F3 tanaman kedelai (*Glycine max* L.) hasil seleksi pedigree pada tanah masam dataran tinggi. *Agrobali Agricultural Journal*, 4(1), 74–

93.  
<https://doi.org/10.37637/ab.v4i1.686>  
Singh, S. K., Sengar, R. S., Kulshreshtha, N., Datta, D., Tomar, R. S. S., Rao, V. P., Garg, D., & Ojha, A. (2015). Assessment of multiple tolerance indices for salinity stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 7, 49. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55757299>
- Suhartini, T., & Harjosudarmo, T. Z. P. (2017). Tolerance of local rice germplasm to salinity. *Bul. Plasma Nutfah*, 23(1), 51–58.
- Tao, R., Ding, J., Li, C., Zhu, X., Guo, W., & Zhu, M. (2021). Evaluating and screening of agro-physiological indices for salinity stress tolerance in wheat at the seedling stage. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.646175>
- Widyastuti, Y., Purwoko, S. B., & Yunus, M. (2016). Identifikasi toleransi kekeringan tetua padi hibrida pada fase perkecambahan menggunakan Polietilen Glikol (PEG) 6000. *J. Agron. Indonesia*, 44(3), 235–241.
- 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>
- Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>